

# Ensinando “alfabetização científica”\*

---

John E. Penick\*\*

## Uma necessidade e um problema

Segundo Bowyer (1990), a alfabetização em ciência e tecnologia é importantíssima para o desenvolvimento econômico na atualidade e no futuro e deve ser priorizada em nossas escolas. Nossa falta de uma alfabetização em ciências já foi citada com veemência por Miller (1983), começando com seus estudos de níveis desta ciência no começo da década de 80. Sua abordagem testava a habilidade dos alunos em reconhecer termos, processos e conceitos em ciência. Relatou que somente 5% dos alunos entendem a abordagem científica da solução de problemas e desenvolvimento do conhecimento. O trabalho posterior de Miller (1989) indicava que apenas 6% dos adultos nos Estados Unidos e 7% no Reino Unido podem ser considerados cientificamente alfabetizados. Além disso, ele constatou que a idade e o número de cursos secundários de ciências completados não prediziam o nível de alfabetização.

Baker (1991), numa linha similar de pesquisa, concluiu que indivíduos do sexo masculino são considerados mais cientificamente alfa-

\* Este capítulo apresenta uma série de tópicos onde a alfabetização em ciências é tratada não só como um problema mas também como uma solução, ou ambas ao mesmo tempo. Ao discutir estes tópicos, o autor propõe uma definição operacional da alfabetização em ciências e uma descrição relativamente explícita do ambiente de sala de aula e do papel do professor inclinado a facilitar o desenvolvimento de tal alfabetização. A cada passo desta descrição, o autor proverá sugestões fundamentadas em pesquisas. Tradução do professor Wilson Taveira de Los Santos (CEFET-PR) e revisão da Editora da UFPR.

\*\* Ph.D., Departamento de Matemática, Ciência e Tecnologia da Educação/Universidade da Carolina do Norte, EUA.

betizados do que os do feminino, possivelmente devido ao fato de como a ciência é ensinada e os mecanismos de recompensa que podem favorecer as abordagens masculinas na aquisição do conhecimento científico. A avaliação também favorece os homens. Hirsch (1987), ao perceber que a maioria dos norte-americanos conhece pouco da ciência, incluiu esta disciplina como um componente específico da alfabetização, que é parte do conhecimento básico necessário para ser bem sucedido no mundo de hoje. Muitos dos tópicos relativos à alfabetização em ciências giram em torno da probabilidade de ser tal alfabetização mais uma função do conhecimento, habilidade ou atitude. Todos concordam que necessitamos de cidadãos que entendam e apreciem as ciências (Gatewood, 1968). Nos idos de 1620, Francis Bacon declarou que o esforço científico tem como objetivo o serviço à humanidade e o aumento do poder intelectual visando ao bem-estar geral. Embora a retórica de hoje seja diferente, a mensagem permanece com o mesmo vigor.

## **Alfabetização em ciências**

Alguns autores descrevem a pessoa alfabetizada em ciências como aquela que detém conceitos ou princípios nessa área (Demastees & Wandersee, 1992; Hirsch, 1987), ao passo que outros falam da atitude e componentes da ação. Shamos (1988) escreveu que um homem educado (instruído) deve sentir-se bem quando lê ou discursa sobre ciências de uma forma não técnica, resume bem o pensamento de muitos indivíduos que se concentram na “ciência da observação”. Hurd (1958) aparentemente foi o primeiro a usar o termo “alfabetização em ciência”, incluindo a observação da ciência, a natureza da ciência, a ciência do conhecimento e como todos estes se combinam para resolver problemas no mundo real. Independentemente da definição, até mesmo uma leitura superficial do trabalho revela que a maioria ainda usa a alfabetização em ciências como uma análise racional para qualquer coisa que estiverem fazendo na sala de aula e todos têm uma opinião sobre a natureza e necessidade da ciência e tecnologia para todos, sem considerar a faixa etária e a escolaridade.

A Associação Americana para o Avanço da Ciência (AAAS) (1989, 1992) atribui ao alfabetizado em ciências “hábitos da mente que o tornam inquisitivo, participante crítico nos assuntos do mundo”, concordando com

uma focalização multidimensional e percebendo que uma pessoa pode ser alfabetizada em um aspecto mas em outro não. O estudo do Currículo de Ciências Biológicas (1993) identifica quatro níveis hierárquicos da alfabetização biológica: nominal, funcional, estrutural e multidimensional.

Considerando a hierarquia, uma pessoa, então, deve possuir um grau inferior de alfabetização biológica antes de atingir um outro superior, evidentemente. Uma pessoa dita alfabetizada, por exemplo, pode identificar termos e conceitos como biológico na natureza, mas possui falsos conceitos e apresenta explicações ingênuas a respeito da conceituação científica. A pessoa funcionalmente letrada usa um vocabulário científico e termos definidos corretamente, mas com frequência apenas os memorizou sem compreendê-los cabalmente. No nível da alfabetização biológica estrutural, a pessoa compreende “esquemas conceituados de biologia, entende o conhecimento e habilidades processuais e pode explicar os conceitos biológicos com suas próprias palavras”. O alfabetizado em ciência multidimensional “sabe exatamente o lugar da biologia entre outras ciências, sabe a história e a natureza da biologia e entende as interações entre a biologia e a sociedade”. Infelizmente, na maioria das salas de aula de ciências no mundo inteiro, ensina-se apenas, no melhor dos casos, a ciência nominal.

Alguns se aventuram a dizer que o objetivo da alfabetização em ciência ou é desnecessário ou impossível. Cohen (1987) indica que a maioria dos trabalhadores de um futuro próximo nos países desenvolvidos estará no setor de serviços, onde pode haver menos necessidade de conhecimento intelectual ou hábitos de cientista. Shamos (1988) já há muito tempo vem defendendo que a verdadeira alfabetização científica para a maioria das pessoas é provavelmente irreal porque até mesmo muitos cientistas poderiam ser considerados analfabetos em ciências. Ele acrescenta que “a alfabetização científica não é essencial para preparar pessoas para uma sociedade que cresce em tecnologia”. Mas, novamente, tudo indica que nossos alunos devem sair da escola apreciando e entendendo a natureza das ciências e o seu papel na sociedade. Todavia, poucas são as salas de aula onde estes são seus objetivos declarados. Uma exceção são aquelas salas de aula onde os professores conscientemente tratam de ensinar as ciências e a tecnologia focalizando os temas sociais, muitos dos quais detêm um aspecto científico ou tecnológico, o que se chama abordagem STS (em português, CTS - ciência/tecnologia/sociedade). Nestas situações os alunos e os professores identificam tópicos e problemas relacionados com o interesse pessoal. Na verdadeira sala de aula CTS, os alunos progredem além do mero conhecimento tácito e agem usando

suas idéias e descobertas. Neste processo, os alunos CTS utilizam uma gama de recursos, especialmente os adultos, de suas comunidades e geralmente decidem por si mesmos como acontecerá a investigação. Estas aulas CTS abordam a aprendizagem desde um ângulo multidisciplinar e numa perspectiva centrada no aluno enquanto utiliza habilidades analíticas, comunicativas e de pesquisa.

De acordo com Harms e Yager (1977), vários grupos de objetivos principais caracterizam a sala de aula CTS, independentemente do assunto central que esteja sendo discutido:

1. *Conhecimento para Satisfazer Necessidades Pessoais.* A educação deveria preparar pessoas para utilizar o conhecimento visando ao melhoramento da qualidade de vida e oferecer ferramentas para adequar-se a um mundo em crescimento tecnológico.

2. *Conhecimento para Resolver Assuntos Sociais Comuns.* A educação deveria produzir cidadãos informados e preparados para tratar com responsabilidade os assuntos científicos no contexto social.

3. *Conhecimento Visando ao Auxílio na Escolha da Profissão.* A educação deveria ofertar a todos os alunos o conhecimento da natureza e a vasta variedade das profissões à disposição do cidadão de acordo com suas aptidões e inclinações.

CTS significa focalizar nas necessidades pessoais dos alunos, tecer conceitos e fomentar habilidades e processos dentro de suas vidas diárias. Professores experientes já descobriram que começar com tópicos permite aos alunos ter uma oportunidade real de começar com grandes perspectivas e afunilam seus interesses à medida que se tornam mais aptos e conhecedores. Por exemplo, um professor que lecionava para uma turma muito difícil nas proximidades da cidade de Chicago, durante uma aula de placas tectônicas, percebeu que alguns alunos estavam discutindo sobre o alto preço de calçados para basquetebol. Alguns alunos sentiam que haviam sido "roubados" no preço e tinham pago mais por artigos inferiores. Outros, igualmente seguros em seu posicionamento, declararam que os modelos mais caros eram, de fato, melhores. Como os alunos estavam todos interessados na discussão, o professor decidiu esquecer um pouco a geologia e ajudá-los a concentrar sua atenção na identificação de assuntos e problemas inerentes ao debate sobre calçados.

Uma coisa levou a outra e logo os alunos estavam ligando para os melhores fabricantes (usando o número de telefone grátis que todos tinham) para averiguar detalhes sobre os calçados e qual era a justificativa dos preços. Ficaram sabendo que os calçados contêm polímeros especializados (os alunos tiveram que estudar também mais para saber o que era

isso) e o *design* dos calçados. A prova acabou envolvendo muito mais coisas de ciências e tecnologia do que eles jamais teriam imaginado. Durante suas três semanas de estudo, até conversaram com um físico da área esportiva que descreveu como os calçados e os polímeros são testados antes que o *design* final seja estabelecido.

Contrariamente ao fato de que os alunos nunca retornaram ao estudo das "placas tectônicas", aprenderam realmente que eles sozinhos podiam identificar problemas e resolvê-los. Também descobriram que não existe uma única resposta exata para a maioria das suas indagações, mas que, formulando as perguntas certas, eles podiam chegar bem perto de respostas satisfatórias. Embora sem perceber, estes alunos estavam estudando ciências. Esta é a conquista que os professores CTS procuram ansiosamente. Sabem que o conhecimento das placas tectônicas não é necessário para todos e que não estabelece diferenciação entre pessoas bem ou mal sucedidas. Todavia, dirão a eles que acham que pessoas bem sucedidas em todos os aspectos da vida podem sondar um assunto, procurar informação, desenvolver consensos e usar seu conhecimento da mesma forma que aqueles alunos norte-americanos.

É interessante notar que a concentração nestas três metas colocadas por Harms e Yager em 1977 nos permite quase que ignorar a maior meta comum dos professores: *preparar os alunos para aprendizagem suplementar na disciplina*. Estudo após estudo, confirmou-se que, quando os alunos estão pessoalmente envolvidos na aprendizagem, aprendem e retêm o conhecimento e as habilidades de uma forma mais adequada. E ao fazer isto, tornam-se mais capazes de trabalhar com outrem, aprendem a tomar decisões razoáveis e a descobrir as fronteiras entre a escola e a comunidade, que se tornam mais transparentes (Leonard et al., 1999).

As aulas de CTS também refletem o melhor do que conhecemos sobre como os alunos aprendem. Como essas aulas são ministradas dentro dos limites do contexto cognitivo pessoal do aluno, espera-se que estes construam seus próprios significados, identifiquem seus próprios caminhos à aprendizagem, perseguindo seus próprios interesses. Os alunos chegam à conclusão de que estão aprendendo ciências, estudos sociais ou matemática, não simplesmente aprendendo como os cientistas ou matemáticos utilizam suas habilidades, conhecimento e processos ou suas disciplinas. Ciências para os alunos de CTS é muito mais pessoal do que em salas de aulas tradicionais.

## Ciências e outras disciplinas

Eward Teller (1957), criador da bomba de hidrogênio, percebeu a necessidade da educação para a ciência partindo de uma perspectiva diferente. Se expressou convincentemente sobre a universalidade do teatro e a dramaturgia em todas as culturas durante milhares de anos. Em sua análise, todos nós, em geral, concordamos com o valor da dramaturgia e a necessidade dos atores desempenharem bem seus papéis na medida em que recebem apoio dos cidadãos e das nações. Também percebeu que sem uma platéia interessada os teatros estariam fadados a desaparecer.

Da mesma forma disse que deveríamos preparar cidadãos para formar platéias de apreciadores e conhecedores da ciência. Arrazouo que uma boa e eficiente educação na área das ciências deve preparar os alunos para apreciá-las, tanto quanto as aulas de artes, música ou de teatro quando os preparam para entender e apreciar estes aspectos da cultura. No teatro, apenas poucos cidadãos irão se tornar atores; muitos necessitam se tornar membros da comunidade que apreciam esta arte, que apoiarão esta expressão da cultura. Da mesma forma, poucos alunos irão se tornar cientistas: a maioria precisará apreciar e apoiar a ciência mesmo que não a entendam cabalmente.

Fazendo a mesma ligação, Shamos (1994) descreve como um currículo elaborado para o ensino da apreciação da ciência seria divertido, interessante, motivador, agradável e apenas incidentalmente com uma orientação profissional ou mesmo útil para o indivíduo. Analogamente, Trefil (Hirsch, 1987) disse que "...a utilidade puramente instrumental do conhecimento científico pode ser menos importante do que o maior valor adquirido da familiarização com as ciências como uma das grandes expressões do espírito humano... Partindo do ponto de vista humanístico, suas conquistas são iguais às grandes conquistas na arte, na literatura e nas instituições políticas e nesta perspectiva as ciências devem se tornar conhecidas pelas mesmas razões que estas outras matérias." É interessante ressaltar que as salas de aula das escolas do ensino fundamental podem refletir muito mais esta atmosfera ideal na preparação e treinamento de alunos "alfabetizados" em ciências onde são motivados a estudar e desfrutar da sua aprendizagem do que o que acontece nas escolas do ensino médio. Se nossos alunos deixam o ensino médio sabendo como as ciências e os cientistas geram conhecimento, qual o papel das ciências na sociedade, que as aulas de ciências foram amenas e frutíferas e que poderiam

continuar no caminho da aprendizagem, podemos, então, achá-los mais inclinados a aceitar a natureza potencialmente esotérica da pesquisa científica básica, mais céticos às alegações científicas e leigas e sentindo-se mais auto-eficientes a respeito das ciências.

Embora a natureza exata da alfabetização em ciências ou mesmo uma necessidade de uma educação científica não seja clara considerando os escritos da maioria daqueles que exigem o ensino da alfabetização da ciência, é evidente que necessitamos de alunos que sejam conhecedores e auto-confiantes no estudo das ciências e que as apreciem. Também precisamos de cientistas e do estabelecimento científico. Então, independentemente dos tópicos envolvidos ou dos argumentos usados para o ensino das ciências, é digno considerar como tal processo de ensino será atingido. Neste caso, a pesquisa é muito mais clara se considerarmos este ensino conforme definido pela National Science Teachers Association (Associação Nacional de Professores de Ciências) em 1990 ou pela American Association for the Advancement of Science - AAAS (Associação Americana para o Avanço da Ciência) em 1989 (tabelas 1 e 2).

**Tabela 1**

- Usa conceitos com a alfabetização científica na ciência e tecnologia e valores éticos em resolver problemas diários e tomando decisões responsáveis diariamente, incluindo trabalho e leitura.
- Comprometido na responsabilidade pessoal e ações cívicas depois de avaliar as possíveis conseqüências das opções alternativas.
- Defender decisões e ações usando argumentos racionais baseado em fatos.
- Comprometido na ciência e tecnologia para explicações motivantes que eles proporcionam.
- Mostrar curiosidade e apreciação do mundo natural e humano. Aplicar ceticismo, métodos cuidadosos, lógica racional e criatividade na investigação de observar o universo.
- Pesquisa o valor científico e tecnológico para solução de problemas.
- Local, coletar, analisar e avaliar recursos de informações científicas e tecnológicas e utilizar esse recursos na solução de problemas, decidindo e agindo.
- Distinguir entre as evidências científico-tecnológicas, e opiniões pessoais entre informações confiáveis e não confiáveis.
- Permanecer aberto para o conhecimento, novas evidências e tentativas científico- tecnológicas.
- Reconhecer que a ciência e a tecnologia são esforços do empenho humano.
- Pesar os benefícios e a carga da ciência no seu desenvolvimento científico e tecnológico.
- Reconhecer as forças e limitações da ciência e tecnologia para o avanço do bem-estar humano.
- Analisar as interações entre ciência, tecnologia e sociedade.
- Conectar a ciência e a tecnologia aos esforços dos outros empenhos humanos, como por exemplo a história, a matemática, as artes e as ciências humanitárias.
- Considerar a política, a moral e a ética como aspectos da ciência e da tecnologia, e como elas se relacionam com aspectos pessoais e globais.
- Oferece explicações aos fenômenos da natureza que podem ser testados para sua validação.

**Tabela 2**

- Questões que podem ser endereçadas pelo método científico, como por exemplo estabelecer uma hipótese.
- Prover uma explicação científica para um processo natural, como por exemplo a fotossíntese, a digestão e a combustão.
- Ter acesso a apropriações das metodologias de um experimento.
- Ler e entender artigos de ciência num jornal.
- Ler e interpretar gráficos exibindo informações científicas.
- Acreditar que o conhecimento científico vale a pena mesmo que não traga benefícios práticos.
- Definir termos básicos e científicos, como por exemplo DNA, molécula e eletricidade.
- Desenhar um experimento que é teste válido de uma hipótese.
- Engajar numa discussão com base científica em assuntos contemporâneos, como por exemplo se poderia uma criança com AIDS frequentar escola pública.
- Acessar a veracidade de declarações científicas, como por exemplo se as estações mudam com a distância da Terra ao Sol.
- Dar um exemplo de como uma descoberta científica ou uma idéia afetou a sociedade, como a teoria do período das doenças.
- Ser inclinados a desafiar a autoridade na evidência que apóia as declarações científicas.
- Descrever os fenômenos naturais, como as fases da lua.
- Aplicar informações científicas nas decisões pessoais, como por exemplo a ruptura da camada de ozônio e o uso dos aerossóis.
- Localizar as informações científicas quando necessárias.

Vale a pena perceber a esta altura as claras omissões destas duas listas: conhecimento de conceitos científicos específicos, habilidades e fatos. Quase todos os itens focalizam as características pessoais e padrões de pensamento, atributos genéricos que atravessam as disciplinas e as séries da escola. Do desprezivo conteúdo advém outra sugestão carregada de tópicos para melhorar a aprendizagem das ciências: menos é mais. No cerne deste tópico reside a noção de que por ensinar menos, enquanto simultaneamente provemos mais oportunidades para a reflexão, tomada de decisões e aplicação do conhecimento, colocaremos os alunos em posições onde possam desenvolver verdadeiros significados e compreensão plena daquilo que estão estudando, tanto quanto for especificado pelo currículo. Ao mesmo tempo, os defensores do “o menos é mais” enfatizam que o ensino da ciência (ou qualquer outra disciplina, no que diz respeito ao assunto) para o “aqui e agora” é até certo ponto muito mais do que uma mera preparação para a série seguinte da escola. Essencialmente, dizem que devemos parar de praticar para algum acontecimento futuro e tornar a escola significativa, útil e importante agora (Yager, 1996). Tal focalização no presente e uma redução significativa na cobertura do conteúdo não impede que alguém progrida até se tornar um cientista. Mas ajuda realmente a assegurar que os cidadãos tenham certeza daquilo que sabem e tenham uma visão mais positiva da ciência.

## Sugestões para aperfeiçoamento

Embora as definições da alfabetização em ciência estejam longe de serem definitivas ou consistentes, as sugestões para melhoramento são inúmeras. E, como as definições, as sugestões variam largamente em seus conceitos, significados, discernimentos e utilidades. A maioria são mais ou menos vagas e seriam de pouco uso para um professor pouco preparado. Elas variam desde a declaração de Ali (1974) de que “ensinamos aos alunos o conhecimento científico” ou de Zeidler e Lederman (1989), que assim se expressam: “mudar a linguagem dos professores”, até o argumento de Penick e Bonnstetter (1993), que dizem que os professores, ao desempenharem papéis específicos de facilitadores, podem criar salas de aula onde os alunos aprendam ciências em uma atmosfera de inovação. No mesmo caminho, a AAAS, que tem defendido o desenvolvimento dos “hábitos mentais” dos alunos, promove o ensino “consistente com o espírito da pesquisa”.

Ao focalizar-se no professor, Hamm (1992) sugere que melhoremos o ensino tornando-nos mais inovadores, envolvendo os professores em todos os aspectos do desenvolvimento curricular e da valorização do professor. Outrossim, faz-se necessário o desenvolvimento de novos modelos de currículos, que atraiam mais a atenção dos alunos. Além disso, ao considerar a função do professor, Penick e Bonnstetter (1993) sugerem uma série de metas para os alunos que, segundo eles, estão corriqueiramente associadas à alfabetização da ciência como uma expectativa. Ao começar com metas (tais como habilidades de comunicação, criatividade, aplicação de conhecimento), descrevem relações entre as metas e os papéis do professor e dos alunos, sempre com os olhos fitos na descrição de comportamentos observáveis e as funções do professor.

Com exceção da ênfase de Ali no conteúdo das ciências, os defensores do melhoramento do ensino das ciências tendem a promover idéias que são aplicáveis a quase todas as áreas da matéria com conceituação orientada. Estas referem-se aos muitos processos de ensino/aprendizagem que são gerais, não específicos a uma disciplina em particular.

## **Enaltecendo a alfabetização em ciências**

Enquanto as definições da alfabetização em ciências são mais ou menos vagas e a necessidade para tal alfabetização é freqüentemente expressa em amplos termos gerais, inúmeros elementos comuns de não somente definição mas também necessidade ainda permanecem. Muitos eruditos das ciências parecem concordar que a pessoa alfabetizada na ciência possui as seguintes características:

1. Um interesse marcante na ciência e na tecnologia.
2. Uma compreensão de alguns conceitos científicos básicos.
3. A habilidade e desejo de aprender mais, ampliando o interesse e a compreensão por iniciativa própria.
4. Toma atitudes, vasculha e aplica seu conhecimento de forma que externa estes interesses.
5. Aprecia as ciências e percebe que o conhecimento é útil na solução dos problemas e tópicos cotidianos.
6. Entende a natureza e a história das ciências em relação a esforços, idéias e práticas da atualidade.
7. Comunica de maneira eficiente as idéias das ciências para outrem.
8. É criativo ao procurar soluções e problemas alternativos.
9. Demonstra autoconfiança e segurança ao lidar com as ciências.

O desenvolvimento destas características implica em considerável atividade e iniciativa por parte do aluno. Evidentemente, estas características não são melhor desenvolvidas na sala de aula tradicional e passiva descrita por Goolad (1983), onde o conhecimento presumivelmente emana dos livros e do professor, penetrando o intelecto do aluno. Para que os alunos adquiram as nove qualidades atribuídas ao alfabetizado em ciências, faz-se necessário que eles ativamente realizem os aspectos de cada característica, sistemática e pessoalmente. Desta forma, a sala de aula de ciências eficiente se torna um lugar onde se pode ver os alunos mostrando seu interesse e compreensão, expressando desejo de aprender mais e agindo de modo que propicie a aprendizagem e a aplicação de seu conhecimento.

A alfabetização em ciências não é algo que possa ser concedido a uma pessoa; ao invés disso, os papéis não somente do aluno mas também do professor e da conseqüente atmosfera da sala de aula devem ser propiciadores do desenvolvimento de tais características. Já aprendemos muito sobre como os alunos aprendem; que eles fazem a construção de

idéias e conhecimentos baseados em suas próprias idéias e experiências. A construção de um conhecimento significativo pelos alunos é o desafio com que os professores e elaboradores de currículos se deparam. Igualmente importante na educação de nossas crianças é que todas as salas de aula em todas as matérias escolares reflitam as mesmas metas básicas e estratégias didáticas. Ao observar as metas da alfabetização das ciências apresentadas anteriormente, percebe-se novamente que estas apresentam as mesmas características desejadas na maioria das salas de aula, independentemente da matéria a ser ministrada. Para que se tornem realidade, estas metas devem ser nutridas em todas as salas por igual.

Considerando cada uma das nove características, somos facilmente levados a vislumbrar o que os alunos estariam fazendo se estivessem, de fato, desenvolvendo aquela qualidade em particular. Enquanto não esperamos ver todas as qualidades como uma abertura e centro de interesse de um aluno em particular, sabemos que as condições que levam ao desenvolvimento de cada uma deve ser penetrante, contínua e acontecer dentro de um período de tempo significativo se a pessoa precisa mudar para a direção desejada (Rogers, 1969). E uma aula concentrada em uma única disciplina pode fazer um pouco mais para desenvolver isto. Para alcançar um bom sucesso, todas as turmas devem estar envolvidas de forma coordenada.

Por exemplo, se realmente quisermos que um aluno aplique o conhecimento de modo que demonstrem interesses pessoais (número 4, acima), esperaríamos ver cada aluno achando suas próprias soluções (logicamente numerosas) para problemas utilizando várias abordagens e técnicas. Soluções múltiplas indicam que diferentes alunos estão trabalhando de diversas maneiras em momentos diferentes. Assim, uma sala de aula onde todos os alunos estão trabalhando no mesmo problema da mesma maneira é provavelmente uma sala onde a ciência tem uma definição mais ou menos afinada, ao invés da multidão de características apresentadas anteriormente.

Ao mesmo tempo, na sala onde os alunos estão aprendendo a aplicar o conhecimento, esperaríamos ver considerável atividade estudantil à medida que os alunos estiverem em diferentes patamares do seu desenvolvimento, trabalhando mental e fisicamente em grupos ou sozinhos. Como os alunos por si mesmos aplicam o conhecimento, consideramos o professor trabalhando com alunos não como uma fonte de todo o conhecimento mas como uma fonte de idéias e um recurso que pode ser aproveitado. A aula expositiva ou teórica seria eliminada e seria introduzido então o projeto de trabalho em grupo. Os alunos estariam fazendo a

maior parte do trabalho da sala de aula e o papel do professor estaria bem longe do tradicional.

Observando as características descritas nas tabelas 1 e 2, poderíamos proceder a formulação das listas das qualidades e ações da sala de aula onde cada aluno é estimulado. E, ao mesmo tempo, percebemos que na maioria dos casos as ações desejadas dos alunos são muito similares. Tipicamente, o desenvolvimento de cada uma das características sugere uma sala de aula onde os alunos trabalham juntos da mesma forma, comunicando-se, tomando decisões e tecendo ou chegando a suas próprias conclusões. É interessante perceber que nem a lista do NSTA nem a do AAAS inclui conteúdo específico de conhecimento. Só inclui exemplos.

Debatidas em todo este artigo estão as metas específicas que já determinamos para os alunos. É nossa maior prioridade ter exatidão computacional rápida e o conhecimento de milhares de termos, fórmulas e conceitos ou ter as características descritas pela NSTA e pela AAAS? Podemos realmente ensinar tais atributos pessoais e são eles transferíveis a ambientes não escolares? Alguns argumentarão que não há nada de novo aqui; o professor caracterizado como aquele que procura a alfabetização da ciência não é nada mais do que o “bom” professor frequentemente descrito na literatura de todas as disciplinas.

## **Teoria e prática**

O professor, que trabalha visando à criação de uma classe de alfabetização em ciências e que luta para conseguir as características enunciadas, deve evitar aqueles comportamentos e papéis que “matam” os comportamentos desejados e sistematicamente enaltecer aqueles comportamentos que são necessários. Logicamente, isto significa que os professores devem saber clara e conscientemente quais são seus próprios padrões comportamentais, algo que Good e Brophy (1991) apontaram como raro. Continuam a perceber, contudo, que os professores podem aprender. Mas saber especificamente sobre nosso próprio comportamento e papel, ao passo que é necessário, não é suficiente. O professor eficiente na alfabetização da ciência deve ter um argumento claro e bem justificado sobre o ensino e possuir destreza a respeito das habilidades de sala de aula para a sua implementação (Penick e Bonnstetter, 1993). Tal argumento inclui me-

tas para os alunos, metas que sejam claramente articuladas e gerais, um plano para atingir essas metas (incluindo um papel bem definido do professor, com avaliações que sejam consistentes com as metas dos alunos). Independentemente do assunto a ser ensinado, a combinação da argumentação e as habilidades de sala de aula requer que o professor tenha um conhecimento adequado da disciplina e conteúdo do conhecimento pedagógico, permitindo ao professor a criação de uma atmosfera de sala de aula onde o conhecimento desejado acaba acontecendo.

Ao criar a atmosfera de sala de aula, o papel do professor atinge uma posição de destaque. Muitas das características da alfabetização de ciências requerem considerável liberdade intelectual para que possam ser alcançadas. Tal liberdade intelectual não implica em liberdade social, mas focaliza, ao invés disso, a concessão de oportunidades para levantar assuntos e questões, tentar soluções e comunicação com outros. A liberdade intelectual requer uma atmosfera segura, onde nos sentimos confortáveis para sugerir possibilidades, formular perguntas sem medo de humilhação ou iniciar uma ação para testar as idéias pessoais. Uma sala de aula intelectualmente segura também provê múltiplas oportunidades de interação com outros. Esta é a mesma atmosfera defendida pela maioria das correntes líderes de pensadores em educação, mesmo quando falam sobre arte, estudos sociais ou ciências humanas. Em todos estes casos, falam da humanidade dos alunos e da necessidade de desenvolver respeito próprio e respeito pela disciplina que está sendo ministrada.

Nesta sala de aula, esperaríamos ver o professor intencional e sistematicamente criando ambientes intelectualmente seguros através da redução de instruções explicitamente desnecessárias (Flanders, 1951) (parte da ciência é imaginar como fazer algo, não simplesmente vê-lo acontecer depois de seguir uma receita), evitando a avaliação gerada pelo professor (Trefinger, 1978) (em ciências, a avaliação é duvidosa no que se refere a causas e conseqüências; a avaliação surge das idéias a serem testadas), e também fazendo pedidos aos alunos para que criem explicações para os fenômenos. Ao fazer isto, os alunos devem considerar o que fizeram, as evidências e os dados coletados, e como estes podem ser colocados dentro de uma explicação racional. Além disso, formar uma explicação leva naturalmente a idéias que testem a explicação de forma não arbitrária.

A estratégia instrucional do professor que procura alfabetização em ciências geralmente começa com a forte estimulação dos alunos mediante uma atividade ou um tópico.

Inicialmente, espera-se que os alunos explorem, procurem idéias, levantem questões e descubram o que já é conhecido, não apenas por si mesmos mas também com outros colegas. Este não é o momento para o professor fornecer todo o conhecimento. Neste momento, o professor provê recursos conforme for necessário, formulando perguntas para constatar e procurar esclarecimento, usando um extensivo tempo de espera com propósito definido (Rowe, 1986) e então evita a avaliação. O objetivo será o de fazer com que os alunos se aprofundem na atividade para descobrir alguns aspectos de interesse pessoal para perseguir. Quando tal ação acontece, o professor deve ser paciente, pois sabe que nem todos os alunos trabalham na mesma velocidade. Enquanto em muitas maneiras esta estratégia não é diferente daquela dos primeiros educadores como Dewey, Taba e outros, é, por outro lado, muito mais específica do que eles descreveram. Além disso, pesquisas recentes sobre os falsos conceitos dos alunos (Yager, 1993) demonstraram claramente que devemos interagir sistematicamente com os alunos para determinar suas idéias e procurar meios de intervir à medida que elaboram novos significados.

Enquanto os alunos trabalham, o professor observa, buscando dicas para auxiliar na compreensão ou ainda momentos didáticos onde a informação fornecida possa estimular o aluno ou permitir-lhe novos discernimentos do problema a ser investigado. No mesmo momento, o professor escuta atentamente as perguntas dos alunos com o mesmo objetivo em mente. Em ambos os casos, o professor está tentando adotar ações que revelem aos alunos a lógica do professor, um dos passos mais críticos ao ensinar aos alunos como resolver problemas científicos. Isto é o que os bons e progressistas professores têm sempre feito, mas raramente o que receberam como instrução no magistério. E, como é um modelo raramente usado, a maioria de nós nunca experienciou em nossa docência.

Quando conhecedores (professores, por exemplo) solucionam um problema, dão vários pequenos passos em lógica. Quando comunicam como resolver um problema, contudo, freqüentemente pulam passos (ou etapas) que lhes parecem óbvias mas que não o são para os principiantes. Muitos de nós já reparou como um professor de matemática resolve um problema no quadro de giz, rapidamente e com segurança movendo as partes da equação, dividindo várias unidades, e como que por milagre chega a uma solução. Infelizmente, enquanto nós apreciamos a bela demonstração de força intelectual, não temos nem idéia de como ele decidiu dividir o que dividiu ou como escolheu as outras ações. Estas pequenas decisões lógicas de como solucionar os problemas são exatamente o que nossos

alunos precisam aprender, mas não farão se as fizermos por eles e além disso nunca lhes revelarmos claramente o processo do nosso raciocínio.

Sabemos muito bem que as pessoas passam a construir seus próprios significados partindo das informações que agruparam e às quais foram expostas (Yager, 1993). Esta idéia, denominada *construtivismo*, desempenha uma papel importantíssimo na sala de aula onde a alfabetização em ciências é um objetivo. O professor construtivista reconhece que não podemos ministrar o significado, apenas a informação. Infelizmente, muitas vezes a informação é tangencial, estranha ou até mesmo irrelevante. Independentemente disto, os alunos tentam com bastante ímpeto a reorganização dessa informação em padrões que se tornam significativos para eles mesmos (Kagan, 1971). O resultado final é freqüentemente informação e padrões de significados que os conhecedores considerariam incorretos e que muitas vezes não têm significado para os alunos.

Não podemos frustrar (nem devemos) nos alunos o desenvolvimento de seus próprios significados, freqüentemente contrários ao que é desejado pelo professor. Em lugar disso, devemos usar perguntas e observações que identifiquem os falsos conceitos dos alunos e depois esforçarmo-nos para modificá-los. Os professores devem conversar com seus alunos, aprofundando seus conceitos cada vez que se depararem com seus conhecimentos débeis e baseados em estruturas frágeis. Muitas vezes os professores descobrem que tais estruturas tombam perante a indagação e o questionamento. Aí, então, podemos propiciar experiências, oportunidades e informação que os alunos podem usar para construir ainda uma outra visão da realidade. A execução desta tarefa regular e consistentemente fará com que os alunos obtenham conceitos mais congruentes com aquilo que nós desejamos.

Temos considerável evidência de que um aluno que é ajudado sistematicamente a construir o significado a respeito de cada uma das nove características da alfabetização em ciências desenvolverá, de fato, a maioria daquelas características. Sabemos que o interesse advém do bom sucesso e esta é uma sala de aula orientada para o êxito, livre de avaliação arbitrária e do elogio. E com o bom sucesso vem a autoconfiança, conforto e oportunidades de correr riscos e tornar-se até mesmo mais criativo. Ao mesmo tempo, o risco e a criatividade muitas vezes aumentam o entendimento dos conceitos que saem da manipulação mental e física das idéias e dos objetos (Piaget, 1964). As manipulações que são imitações são muito mais prováveis de levar ao discernimento do que ações designadas e avaliadas pelo aprendiz. O aprender a aprender deveria ser desenvolvido

enquanto o professor modela a aprendizagem e revela a lógica em qualquer assunto (Anderson e Brewer, 1946).

Concentrando-se na classe que estuda ciências, os alunos aprenderão que a ação e a aplicação do conhecimento é o padrão normal dos eventos na aula de ciências. E o United States National Assessment of Educational Progress (Mullis e Jenkins, 1988) indica uma forte correlação positiva entre as boas notas e os alunos que relataram que na sala de aula o professor dava ênfase às aplicações de conhecimento. Estes mesmos alunos são mais capazes de encontrar a utilidade da ciência na vida cotidiana. Enquanto isto era um relatório da aprendizagem das ciências, parece bastante óbvio que as mesmas idéias e as descrições de sala de aula pudessem ser aplicadas igualmente a uma variedade de outras salas de aula. A aula centralizada na criança, onde os alunos estão ocupados e engajados no fazer para poder aprender, continua ser bem sustentada na literatura. O resultado final é um professor que está consciente da poderosa e penetrante função como docente e que cuidadosamente dirige uma variedade de atividades didáticas.

A seqüência mais predominante dos comportamentos nessa estratégia seria:

1. Prover materiais, assuntos e idéias estimulantes.
2. Formular perguntas inteligentes e bem acabadas.
3. Aguardar as respostas dos alunos.
4. Acusar recebimento (pode ser oralmente), sem avaliar o que os alunos dizem.
5. Aguardar e encorajar a apresentação de mais respostas, verbalmente ou não.
6. Pedir aos alunos esclarecimentos e explicações.
7. Usar as idéias dos alunos para propôr novas perguntas.

Vários aspectos perfazem a chave para alcançar o êxito com este modelo. Primeiramente, o professor deve providenciar estímulo para os alunos, procurando uma maneira onde os alunos possam tomar decisões e fazer escolhas (Kohn, 1993). Os alunos devem considerar o professor como um colaborador atencioso e não um juiz; eles precisam sentir-se seguros para ter êxito no desenvolvimento da alfabetização em ciências (Fisher et al., 1980; Marlave e Filby, 1985). As perguntas do professor não devem ser do tipo "sim" ou "não" e serão melhores ainda se o mestre está à procura de informação muito mais do que meramente querendo testar seus alunos. O melhor diálogo de sala de aula é semelhante a uma conversação de adultos. Os adultos raramente formulam perguntas para testar os outros (Qual é o número de Avogadro?); ao invés disso, eles conversam e

perguntam sobre sentimentos, idéias ou recebem informações não previamente adquiridas ou talvez até esquecidas. Ninguém gosta de ser testado. Além disso, os alunos logo esquecem o que memorizaram para a prova, independentemente do assunto que devia ser aprendido.

O tempo de espera (ou falta do mesmo) é também um comportamento chave. Sem tempo de espera, os alunos rapidamente aprendem aquilo que o professor não quer realmente receber como resposta. Com um curto tempo de espera, somente os mais inteligentes e mais rápidos alunos podem responder (Rowe, 1986). O tempo de espera II, a espera depois que um aluno tenha respondido, também leva à conversas paralelas onde os alunos se desafiam, oferecendo idéias adicionais e realmente integrando-os no debate. Parece que se um professor pudesse simplesmente formular boas perguntas e depois aguardar, o ensino em sala de aula em todas as disciplinas e o aluno da alfabetização em ciências melhoraria muito.

Ao observar uma sala de aula onde o professor explicitamente procura ensinar ciências a seus alunos, esperaríamos ver uma sala com ricos materiais, idéias e ações. Os alunos em cada série seriam estimulados visualmente e o foco não seria o professor como único detentor do conhecimento. Ao invés disso, os alunos de todas as idades veriam o real conhecimento gerado dentro deles enquanto exploram, analisam e explicam as atividades nas quais estão engajados (Penick e Bonnstetter, 1993). O professor deve estar preparado para criar uma sala de aula que organize, estimule e torne disponível prontamente um leque de recursos, idéias e ações que estimulem os alunos a atingirem as funções e metas desejadas. O que sabemos sobre como as crianças aprendem nos leva a sugerir mais uma abordagem laboratorial centrada no assunto e no problema, onde os alunos usem materiais práticos e que levem à concentração.

A chave para o ensino eficiente é ofertar aos alunos numerosas oportunidades para tomarem decisões significativas por si mesmos não apenas a respeito do que investigam (o problema) e como eles o abordam (o processo). A evidência de 1986 do National Assessment of Educational Progress (Mullis e Jenkins, 1988) indica que os alunos preferem e têm as mais altas notas nas classes em que há inovação. Se concordamos que professores inovadores são aqueles que fazem algo diferente, temos boa evidência de que uma alternativa tremendamente visível em contrapartida ao professor e a prática pedagógica tradicional é valorizada e bem-vinda entre os alunos.

## A educação do professor

Para melhorar o ensino no contexto da alfabetização em ciências, a educação do professor deve ser encarada como detentora de um *status* como qualquer outro programa educacional. Para fazer isto, devemos considerar os cursos de educação do professor com tanta seriedade quanto o fazemos com qualquer outro curso universitário, tal como ciências e engenharia. Isto provavelmente demande que a educação do professor seja vista seriamente e com respeito por prestigiadas universidades, não isoladamente como são, às vezes consideradas instituições de segunda categoria.

Tornar-se um professor, como em quase todas as profissões, requer que uma pessoa mude certos padrões de comportamento. Tais mudanças exigem tempo, intensidade, abstração e prática. Como resultado, os cursos de formação para professores devem prever tempo para intenso e extenso trabalho e habilidade intelectual na educação. Os professores necessitam experiência clínica em escolas e tempo para refletirem sistematicamente sobre suas atividades. Igualmente obsoleta, talvez, é a noção das aulas de "métodos". Ao invés dessas aulas de métodos, os professores em perspectiva necessitam de uma imersão completa na sua profissão, abordando não apenas o conteúdo mas também o ponto de vista pedagógico. Quem pode considerar com seriedade um profissional que estuda química ou história ou literatura por quatro anos, faz três ou quatro cursos de metodologias e é, então, considerado um professor qualificado? Nenhuma outra área tem um repertório tão limitado de cursos de formação para profissionais que focalize a realidade (não apenas a teoria) do trabalho a ser desempenhado.

Para romper o ciclo vicioso de muitos professores serem menos preparados adequadamente para a prática docente, as universidades deveriam modificar seus currículos e conteúdos para refletir as necessidades dos futuros professores. Estas necessidades incluem programas de estudo que contenham cursos apropriados para professores de um determinado nível. Professores das séries iniciais do ensino fundamental, por exemplo, necessitam de cursos centrados na área das ciências e não palestras sobre termodinâmica. Mesmo professores do ensino médio, que podem razoavelmente ensinar conteúdos consideráveis, necessitam de cursos centrados em laboratório de ciências se sua orientação é realmente a de ensinar de uma forma prática. Contudo, nos Estados Unidos há uma tendência para eliminar os laboratórios do ensino médio, pois são considerados ineficien-

tes e uma verdadeira perda de tempo e esforço. Os cursos universitários de ciências também poderiam combinar o conteúdo pedagógico com o assunto da disciplina a ser ensinado. Os futuros professores não deveriam se concentrar só no *como* mas também no *que* é ensinado?

## **Currículo**

O currículo em um sistema educacional reformado permitiria ao professor e ao estudante a decisão e o interesse. Os materiais incluiriam muitas coisas que é desenvolvido para o professor e devemos aumentar a disponibilidade da língua local e contexto em todos os materiais didáticos. O currículo deveria deixar de ser apenas o livro de estudo (Brandwein, 1981) e passar a ser visto como um campo flexível, sujeito a constantes mudanças, no qual alunos e professores possam planejar e conduzir uma excelente experiência educacional.

Dessa forma, o currículo deveria começar com assuntos relevantes. Enquanto os alunos trabalham buscando soluções para os problemas apresentados, acham detalhes, fatos e habilidades no contexto. Isto contrasta com as normas existentes, onde alunos são ensinados sobre habilidades e conhecimentos diretamente no contexto e fora dele. Espera-se que apliquem isto posteriormente. A maioria de nossos conhecimentos adultos e úteis é oriunda de um contexto significativo e uma necessidade pessoal de saber. No mundo real da ciência, o laboratório representa o começo da geração do conhecimento, muito mais do que o fim onde os alunos simplesmente confirmam o que receberam como informação. Esta é freqüentemente a realidade nas escolas de ciências. O conhecimento que integramos e aprendemos prontamente é aquele em que encontramos significado e substância; o conhecimento gerado dos problemas que identificamos e resolvemos. Muitas vezes, este é o conhecimento que percebemos em nosso lares, vizinhanças e comunidades.

## **Avaliação**

A avaliação do aluno deve ser conduzida como uma parte integral do processo ensino/aprendizagem. Neste sentido, a avaliação permite que o aluno e o professor saibam onde estão e, talvez, como e quando prosseguir. A avaliação do aluno deve permitir e encorajar a auto-avaliação, freqüentemente com a avaliação embutida no currículo. Essencialmente, a avaliação se torna uma parte importantíssima do processo de aprendizagem e não o fim do mesmo. A avaliação pode incluir todas as metas para os alunos, não apenas as centradas na disciplina. Os alunos deveriam considerar a avaliação como algo útil e desejável e nunca ameaçador.

A avaliação dos professores deveria ser consistente com as funções estabelecidas para os professores, não baseadas nos resultados dos alunos diretamente. Deve-se esperar que os professores se auto-avaliem antes de que outros o façam. E toda avaliação deveria ser consistente com os critérios estabelecidos para o ensino. Como com os alunos, a avaliação é melhor quando é contínua e progressista, um componente essencial e integral no processo de ensino. Professores de todas as matérias devem avaliar e modificar à medida que ensinam, ao invés de esperar até que os alunos estudem por muito tempo antes de iniciar as mudanças.

## **RESUMO**

Como a alfabetização em ciências não se define em uma frase ou duas, temos consistência considerável nas descrições das características das pessoas alfabetizadas em ciências. Estas descrições prevêm que uma pessoa que aprecia as ciências e o esforço científico usa as ciências diariamente e se sente impelida a aprender ciências quando é necessário.

Enquanto pouca evidência existe para mostrar o valor econômico da alfabetização em ciências, a maioria concorda que as características descritas são aquelas que queremos para nós mesmos e para outros. Ninguém estaria contra o ato de deter os atributos relacionados pela AAAS ou pela NSTA. O maior tópico é, talvez, a redução da quantidade de conhecimento específico como parte da estrutura da meta. Contudo, grupos (tais como a NSTA e a AAAS) que têm tentado especificar o conhecimento exato a ser

adquirido não têm ganho apoio global para estas listas. A maior parte das evidências mostra que podemos melhorar a alfabetização em ciências (conforme definido pela AAAS e pela NSTA) e os melhores procedimentos para se fazer isto são relativamente claros e provavelmente igualmente relevantes para uma variedade de áreas de disciplinas escolares. Os professores devem promover a alfabetização em ciências aberta e diretamente, mas através de estratégias didáticas que são consideravelmente diferentes da norma. Os professores (e seu ambiente de sala de aula) devem estar abertos intelectualmente com oportunidades sistemáticas para a tomada de decisão por parte dos alunos e também para agir. Os alunos construirão seus próprios significados; nossa tarefa é nos assegurarmos de que estes significados são congruentes com a realidade desejada, enquanto os ajudamos a aprender como usar o que eles construíram.

Como sabemos há anos, tudo isto demanda um professor bem habilitado e com alto grau de profissionalismo; um professor que aprenda com os alunos, que estimule e que, sobretudo, crie um ambiente seguro onde as idéias e os tópicos possam florescer. O professor, como o jardineiro, não pode fazer com que as sementes germinem. Porém, os dois podem preparar o ambiente, lutar para eliminar interferências e propiciar o crescimento desejado. E, ambos, requerem habilidade, educação e considerável abstração e previsão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALI, Muhammad. *Secondary Science Education in Bangladesh*. Report from the National Secondary education and Science Development Center, Dhaka, 1974.
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Capabilities of the Scientifically Literate High School Graduate*. Unpublished paper, 1989.
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Project 2061 - An American Reform Initiative for Science Literacy*. American Association for the Advancement of Science, Washington, D. C. 20005. The Author, 1992.
- ANDERSON, Harold H.; BREWER, Joseph E. *Studies of Classroom Personalities II: Effects of Teacher's Dominative and Integrative Contacts on Children's Classroom Behavior*. *Applied Psychology Monographs*, n. 8, 1946.
- BAKER, Dale R. *A Summary of Research in Science Education*. *Science Education*, n. 75, p. 330-333, 1991.
- BIOLOGICAL SCIENCES CURRICULUM STUDY. *Developing Biological Literacy*. Colorado Springs, CO: The Author, 1993.

- BOWYER, Jane. *Scientific and Technological Literacy: Education for Change*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. World Conference on Education for All. Thailand, March 5-9, 1990.
- BRANDWEIN, Paul F. *Memorandum on Renewing Schooling and Education*. New York: Harcourt Brace Jovanovitch, 1981.
- BRANSCOMB, Anne W. Knowing How to Know. *Science, Technology, and Human Values*, n. 36, p. 5-9, 1981.
- CHAMPAGNE, Audrey B.; HORNING, Leslie E. Critical Questions and Tentative Answers for the School Science Curriculum. In: CHAMPAGNE, A. B.; HORNING, L. E. (Eds.). *This year in school science 1986: The science curriculum*. Washington D. C.: American Association for the Advancement of Science, 1987, p. 1-12..
- COHEN, Rosalie A. A Match or Not a Match: A Study of Intermediate Science Teaching Materials. In: CHAMPAGNE, A. B.; HORNING, L. E. (Eds.). *This year in school science 1986: The science curriculum*. Washington D.C.: American Association for the Advancement of Science, 1987, p. 1-12.
- DEMASTES, Sherry; WADERSSE, James H. Biological Literacy in a College Biology Classroom. *BioScience*, n. 42, p. 63-65, 1992.
- MILLER, Jon D. Scientific Literacy: A Conceptual and Empirical Review. *Daedalus*, n. 112, p. 29-48, 1983.
- MILLER, Jon D. Scientific Literacy. Paper presented at the 1989 Annual Meeting of the American Association for the Advancement of Science. San Francisco, CA, 1983.
- MILLER, Jon D.; SUCHNER, R. W.; VOELKER, Alan. *Citizenship in na Age of Science: Changing Attitudes Among Young Adults*. New York: Pergamon, 1980.
- MULLIS, Ina V.; JENKINS, Lynn B. (Eds.). *The Science Report card: Elements of Risk and Recovery*. Princeton, NJ: Educational Testing Service, 1988.
- NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION. NSTA Position Paper, Qualities of a Scientifically and Technologically Literate Person. Washington D. C.: The Author, 1990.
- PENICK, John E.; BONNSTETTER, Ronald J. Classroom Climate and Instruction: New Goals Demand New Approaches. *Journal of Science Education And Technology*, n. 2, p. 389-395, 1993.
- PIAGET, Jean. Development and Learning, Part 1 of Cognitive Development in Children. *Journal of Research in Science Teaching*, n. 2, p. 74-85, 1964.
- ROGERS, Carl. *Freedom To Learn*. Columbus OH: Charles E. Merrill Publishing Company, 1969.
- ROWE, Mary B. Wait Time: Slowing Down May Be Speeding Up! *Journal of Teacher Education*, p. 43-50, 1986.
- SHAMOS, Morris. The Price of Scientific Literacy. NASSP Bulletin, 4741-51, 1963.
- SHAMOS, Morris. The Flawed Rationale of Calls for Literacy. *Education Week*. p. 18, 22, 1988.

- SHAMOS, Morris. *The Myth of Scientific Literacy*. Unpublished Book Manuscript, 1994.
- TELLER, Edward. Testimony Before the U. S. Senate Armed Services Committee, November 27, 1957.
- TREFFINGER, Donal. Guidelines for Encouraging Independence and Self-Direction Among Gifted Students. *Journal of Creative Behavior*, n. 12, p. 14-20, 1978.
- FISHER, C. W. et al. Teaching Behaviors, Academic Learning Time, and Student Achievement: Na Overview. In: DENHAM, C.; LIEBERMAN, A. (Eds.). *Time to learn*. Washington, D.C.: U.S. Department of Education, 1980, p. 28-53.
- FLANDERS, Ned A. Personal-Social Anxieties as a Factor in Experimental Learning Situations. *Journal of Educacional Research*, n. 45, p. 131-124, 1951.
- GATEWOOD, Claude. The Science Curriculum Viewed Nationally. *The Science Teacher*, n. 35, p. 20, 1968.
- GOOD, Jere E.; BROPHY, Thomas L. *Looking in Classrooms*. 5. ed. New York: Harper Collins, 1991.
- GOODLAD, John. *A Place called School*. New York: McGraw-Hill, 1983.
- HAMM, Mary. Achieving Scientific Literacy Through a Curriculum Connected with Mathematics and Teaching. *School Science and Mathematics*, n. 92, p. 6-9, 1992.
- HARMS, Norris C.; YAGER, Robert E. (Eds.). *What Research Says to the Science Teacher*. v. 3. Washington, D.C.: National Science Teachers Association, 1981.
- HIRSCH, E. D. *Cultural Literacy*. Boston: Houghton Mifflin Company, 1987.
- HURD, Paul D. Science Literacy: Its Meaning for American Schools. *Educational Leadership*, n. 16, p. 13-16, 1958.
- KAGAN, Jerome. *Understanding Children*. New York: Harcourt Brace Jovanovich, 1971.
- KOHN, Alfie. Choices for Children: Why and How to Let Students Decide. *Phi Delta Kappan*, n. 75, p. 8-20, 1993.
- LEONARD, W. H.; PENICK, J. E.; SPEZIALE, B. Results of field testing Biology: A Community Context. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for research in Science Teaching, Boston, 1999.
- MARLAVE, N. S.; FILBY, N. N. Success Rate: A Measure of Task Appropriateness. In: FISHER, C. W.; BERLINER, D. C. (Eds.). *Perspepectives on Instructional Tme*. New York: Longman, 1985.
- YAGER, Robert E. The Constructivist Learning Model. *The Science Teacher*, n. 60, p. 27-31, 1993.
- YAGER, Robert E. (Ed.). *Science/Technology/Societhy as Reform in Science Education*. Albany NY: State University of New York Press, 1996.
- ZEIDLER, Dana; LEDERMAN, Norman G. The Effect of Teachers' Language on Students' Conceptions of the Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, n. 26, p. 771-783, 1989.