



Para este número seleccionámos

Conexões entre as Ciências e a Matemática Escolares

Donna F. Berlin

Arthur L. White

A problemática da ligação entre o ensino da Matemática e das Ciências não é nova nem sequer recente. Sobre ela há já muito trabalho realizado em outros países, embora entre nós haja ainda muito caminho a percorrer e muito pouca discussão sobre o assunto. Como um contributo para esta reflexão, indispensável para a reorganização curricular, seleccionámos um texto de Donna F. Berlin e Arthur L. White, no original «Connecting School Science and Mathematics», integrado no 1996 Yearbook, Connecting Mathematics across the Curriculum, House, P. A. & Coxford, A. F. (Eds.) e publicado pelo National Council of Teachers of Mathematics.

A integração das ciências e da matemática na escola tem sido objecto de muita atenção nos actuais documentos da reforma educativa, como um meio para melhorar o desempenho e a compreensão dos alunos, e para desenvolver atitudes positivas e realísticas em relação à ciência e à matemática. Na literatura, encontramos uma abundante quantidade de termos que se referem à ideia de "integração", como por exemplo, *conexões, cooperação, coordenação, correlação, cruzamento-disciplinar, fusão, interações, interdependência, interdisciplinaridade, inter-relação, elo de ligação, multidisciplinaridade, transdisciplinaridade, e unificação* (Berlin 1991). Em toda a literatura, existe um sentimento geral de que integração é uma coisa "boa". Contudo, muito pouco tem sido escrito sobre o que realmente significa integrar ciências e matemática, e ainda menos investigação tem sido feita no que respeita a explorar benefícios e dificuldades (Berlin 1991). Se bem que muitos estejam de acordo com a afirmação "integra a forma de ensinar antes de te preocupares muito em integrar aquilo que ensinas" (Steen 1994), outros advogam a inclusão de "métodos matemáticos nas ciências e de métodos científicos na matemática, de forma que tudo fique indistinguível tanto para a matemática como para as

ciências" (Berlin and White 1992, p. 341). Tudo isto aponta para a necessidade crítica de desenvolver uma linguagem comum a partir da elaboração de um modelo para a integração escolar das ciências e da matemática.

Modelo de Integração

A integração escolar das ciências e da matemática precisa de ter em conta um leque alargado de aspectos para orientar de forma eficaz as práticas educativas e a investigação. O modelo *Integrated Science and Mathematic de Berlin-White* (BWISM) identifica os seis seguintes aspectos: (1) aprendizagem, (2) formas de conhecimento, (3) processos e capacidades de raciocínio, (4) conhecimento conceptual, (5) atitudes e percepções, e (6) ensino. Não é nossa intenção considerar estes aspectos como isolados ou exclusivos entre si. A identificação e desenvolvimento de cada um destes aspectos isoladamente são feitas de forma a proporcionar alguma clarificação sobre as suas características que se encontram em confronto permanente quando procuramos definir, implementar e avaliar a integração. Estes aspectos, em várias combinações, podem servir de base para obter definições operacionais e investigações comparáveis.

Aprendizagem

A integração pode ser encarada na perspectiva do aluno e no modo como são desenvolvidos e organizados conceitos científicos e matemáticos, processos, destrezas e atitudes na sua estrutura cognitiva. Tanto os professores de ciências como os de matemática valorizam uma perspectiva construtivista da aprendizagem (Piaget 1970; Vygostsky 1978) e a necessidade da construção significativa do conhecimento (Ausubel 1963; Novak e Gowin 1993). Na base da investigação cognitiva, as seguintes afirmações gerais podem servir como infraestrutura para o desenvolvimento integrado das ciências e da matemática na escola:

- O conhecimento é construído a partir de conhecimento prévio.
- O conhecimento é organizado em torno de grandes ideias, conceitos, ou temas.
- O conhecimento envolve a interrelação de conceitos e de processos.
- O conhecimento é situado ou contextualizado.
- O conhecimento progride através do discurso social.
- O conhecimento é socialmente construído ao longo do tempo.

Estes princípios construtivistas manifestam-se em todos os seis aspectos do modelo BWISM.

Descobertas recentes na área da neuropsicologia, que envolvem processamento paralelo no cérebro, podem vir a acrescentar uma nova e intrigante dimensão à integração, encarada na perspectiva da aprendizagem. Para além das várias capacidades de processamento de informação em série, os seres humanos têm a capacidade de processar informação e acontecimentos, paralela ou simultaneamente, de que resulta a habilidade única de fazer previsões. As observações e experiências de indivíduos e os modelos, tanto qualitativos como quantitativos, que descrevem estes acontecimentos podem ser assimiladas de forma mais eficiente quando experimentados simultaneamente (Anderson 1992). Se desde pequenas as crianças experimentarem modelos qualitativos e quantitativos, apropriados a vários níveis de abstracção, desenvolvem a capacidade para relacionar esses modelos e para fazer previsões.

Formas de Conhecimento

A ciência procura desenvolver o conhecimento através da observação e da manipulação dos fenómenos de forma a explorar a natureza do meio ambiente e da existência humana nesse mesmo meio. A ciência procura modelos consistentes e verificáveis para poder construir um conhecimento de base e explicar o mundo real. Esta forma de conhecimento pode ser caracterizada como *indutiva*, uma vez que o modelo ou generalização emerge ou é revelado a partir de dados.

Na matemática, a procura do conhecimento envolve frequentemente modelação e pesquisa de padrões e relações que não são limitadas pelo mundo observável. Um fenómeno pode não ser facilmente observável ou encarável por causa de condições extremas como o tamanho (i.e., muito pequeno ou muito grande), o tempo (i.e., passado ou futuro), ou o grau de abstracção. Muitas vezes, a matemática envolve modelação e o uso da lógica, sistemas simbólicos que descrevem padrões e relações. Estes

símbolos podem ser manipulados sem os contrangimentos da realidade ou a necessidade de representações concretas.

são refutadas, os resultados poderão ser reconsiderados matematicamente levando à construção de um modelo reformulado.

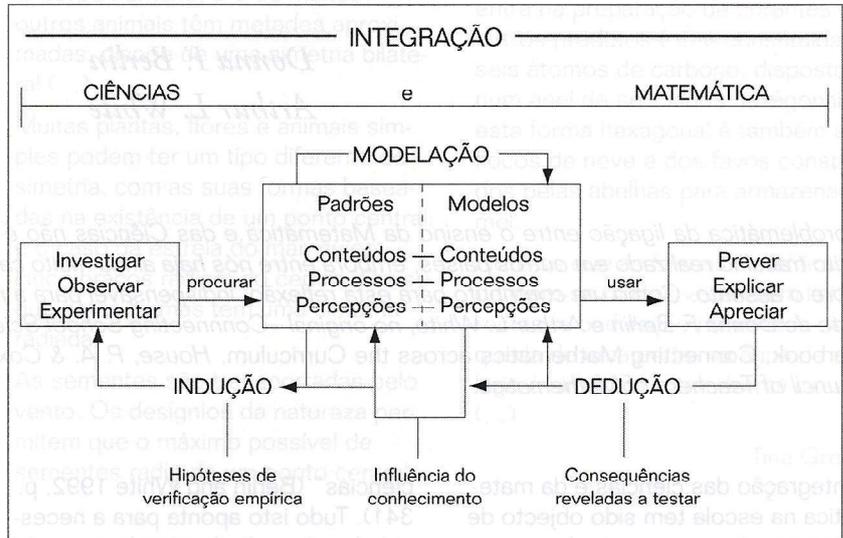


Fig 1. Formas de conhecimento: indução e dedução (reprodução de Barnes et al. [1992], com autorização do National Center for Science Teaching and Learning).

A figura 1 ilustra como os processos de indução e dedução se interrelacionam ciclicamente. A observação do meio, a recolha de dados, e a procura de relações (indução) podem constituir a base da descrição quantitativa. A matemática pode ser usada para expressar e comunicar as relações dos dados através de modelos (gráfico, simbólico, numérico, geométrico, ou funcional). Estes modelos podem ser sujeitos a transformações matemáticas que por seu lado podem ser usadas para fazer previsões (dedução). Frequentemente, os modelos matemáticos permitem prever fenómenos do mundo real que ainda não foram estudados ou sequer observados. Por exemplo, um modelo matemático permite prever a existência de planetas ou de partículas subatómicas no sistema solar que ainda não foram descobertos. Estas previsões podem orientar futuras explorações no sistema sobre o qual foram feitas, conduzindo a observações adicionais e a manipulações para verificar ou refutar as previsões. Se as previsões são verificadas, podem resultar novos conhecimentos e novas teorias. Se

A característica mais significativa deste ciclo sobre "formas de conhecimento" pode ser a importância desta relação simbiótica entre os processos indutivos e dedutivos. É um objectivo razoável proporcionar a todos os alunos amplas oportunidades de adquirirem uma compreensão das conexões entre estas duas formas de conhecimento. Considerando que os alunos devem beneficiar da relação simbiótica e do poder destas formas de conhecimento, são recomendados o aumento do uso da modelação matemática nas aulas de ciências e o uso de dados científicos obtidos pelos alunos nas aulas de matemática. Deve ser dada atenção a este ciclo de "formas de conhecimento" que articula os processos de indução e dedução para promover uma visão da construção do conhecimento integrada e holística.

Capacidades de Investigação e de Raciocínio

A integração pode ser encarada através da perspectiva dos processos e das capacidades de raciocínio válidos tanto para as ciências como



para a matemática. Embora os termos possam diferir, as normas para o currículo de matemática reconhecem a resolução de problemas (investigação), o raciocínio, a comunicação e as conexões (integração) como processos centrais nas ciências e na matemática (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM] 1989; National Research Council 1993b, 1993c).

A revisão de literatura revela o aumento de apoio à inclusão das capacidades de investigação nos currículos das ciências. A ciência é dinâmica, é feita de avanços, está sempre em constante procura, e as capacidades de investigação reflectem a natureza da ciência e a actividade típica dos cientistas; elas são prontamente transferidas para outras situações problemáticas, e aplicadas a problemas da vida real (American Association for the Advancement of Science 1963; National Research Council 1993b, 1993c; Padilla 1986). A *National Science Teachers Association* e numerosos especialistas curriculares, individuais ou de organizações, têm realçado as capacidades de investigação como específicas e resultantes dos objectivos dos programas de ciências.

O desenvolvimento de capacidades básicas e integradas de investigação tem sido a grande ênfase dos programas de educação científica desde da década de cinquenta (Tobin e Capie 1980). As capacidades básicas de investigação incluem observação, inferência, medição, comunicação, classificação, e previsão. As capacidades integradas de investigação incluem controlo de variáveis, definição de operacionalidade, formulação de hipóteses, interpretação de dados, experimentação, e construção de modelos. (Ver Padilla [1986] para definição destas capacidades.) Estas mesmas capacidades de investigação científica são integrantes do desenvolvimento das competências de resolução de problemas, que têm sido fortemente apontadas como sendo o principal objectivo da matemática escolar (NCTM 1980, 1989).

Champagne (1992) desenvolveu uma taxonomia compreensiva das capacidades de pensamento das ciências e da matemática que inclui raciocínio, metacognição, manipulação de informação, gestão de informação, raciocínio formal, e capacidades de representação simbólica. As actividades integradas de ciências e de matemática têm a potencialidade de envolver os alunos em tarefas de resolução de problemas desafiantes, autênticas e relevantes que fornecem a aplicação e a prática das capacidades de raciocínio de ordem superior

Conhecimento Conceptual

A integração pode ser vista através da perspectiva de sobreposição do conhecimento conceptual das ciências e da matemática. Isto requer uma análise dos conceitos, princípios, e teorias das ciências e da matemática para determinar quais são as ideias exclusivas das ciências ou da matemática e quais são aquelas que se sobrepõem. Uma análise de documentos actuais (NCTM 1989; Rutherford e Ahlgren 1990) e emergentes (National Research Council 1993b, 1993c) sobre normas curriculares revela um compromisso partilhado para o desenvolvimento de um número limitado de conceitos fundamentais. Tópicos comuns a ambos os currículos de ciências e matemática incluem o estudo da medição, padrões e relações, probabilidades e estatística, relações espaciais e variáveis e funções. Exemplos de formas de inter-relacionar os conceitos de ciências e de matemática podem incluir (a) selecção natural com amostragem, métodos aleatórios, probabilidades, razões, proporcionalidade e área; (b) energia de activação e taxas de reacção com a área subtensa a curvas de distribuição; (c) crescimento da população e genética com amostras e probabilidades; (d) reflexão e refacção com geometria angular.

Muitas vezes conceitos previamente identificados com "ciências" ou "matemática" podem ser relacionados através de analogias. Por exemplo, as variáveis que descrevem as proprieda-

des de uma alavanca e aquelas que descrevem as características de uma distribuição de frequências são análogos e podem ligar as ciências e a matemática escolar. O ponto de equilíbrio de uma alavanca é o fulcro. Este é ponto em que a resultante dos momentos é nula, ou em que a alavanca está em equilíbrio. Analogamente, a média aritmética de uma distribuição de frequências é o ponto em que os desvios positivo e negativo são iguais o que resulta num ponto "equilibrado" para a distribuição. Há momentos em que os conceitos de ciências e os conceitos de matemática têm muito em comum. Ligar a aprendizagem desses conceitos torna-os mais significativos para o aluno e mais eficaz a sua aprendizagem (Penafiel e White 1989; White e Berlin 1989).

Atitudes e Percepções

A integração pode ser vista através da perspectiva das atitudes e percepções relativas ao desenvolvimento da literacia científica e matemática. As convicções e as crenças que temos sobre as ciências e a matemática como disciplinas podem ser consideradas semelhantes. Finalmente, a criação de um meio favorável, que proporcione oportunidades para aumentar a eficácia científica e matemática pode servir como uma outra ligação afectiva.

Os actuais documentos das reformas educativas de ciências e matemática são bastante explícitos sobre as atitudes valorizadas, a nível das ciências e da matemática (NCTM 1989; National Research Council 1993b, 1993c). A seguinte lista (Loucks-Horsley et al. 1990, p. 41) foi alterada para incorporar atitudes partilhadas:

- Desejar conhecer: ver as ciências [e a matemática] como uma forma de conhecimento e de compreensão;
- Ser crítico: reconhecer o tempo e altura apropriados para questionar afirmações autoritárias e "verdades auto-evidentes";
- Confiar nos dados: explicar ocorrências naturais recolhendo e organizando informação, testando ideias



e respeitando os factos que são revelados;

- Aceitar ambiguidades: reconhecer que os dados raramente são claros e conclusivos, e valorizar as novas questões e problemas que possam surgir;
- Estar disposto a alterar explicações: ver novas possibilidades nos dados;
- Cooperar nas respostas às questões e na resolução de problemas: trabalhar em conjunto para reunir ideias, explicações e soluções;
- Respeitar o raciocínio: valorizar modelos de pensamento que partam dos dados, conduzam às conclusões e, eventualmente, à construção de teorias;
- Ser honesto: ver a informação objectivamente, sem preconceitos.

Os hábitos de pensamento e as disposições específicas dos actuais currículos de ensino e da avaliação, tanto de ciências como de matemática, incluem curiosidade, criatividade, imaginação, liderança, organização, persistência, engenho, correr riscos, auto-confiança, autonomia, reflexão e perfeição (NCTM 1989; National Research Council 1993b, 1993c; Rutherford e Ahlgren 1990; Stenmark 1991).

Outra consideração afectiva partilhada é a promoção das ciências e da matemática como empreendimentos humanos. Como tal, elas são aproximações da verdade sujeitas a mudanças. As experiências integradas de ciências e matemática podem servir para dissipar a ideia que estes assuntos são inalteráveis, irrefutáveis, corpos de conhecimento provado que podem fornecer respostas correctas a todas as questões.

As experiências integradas de ciências e matemática baseadas em questões e interesses pessoais e sociais podem motivar os alunos para o sucesso. As oportunidades de serem bem sucedidos ajudam a encorajar, apoiar, e alimentar a confiança dos alunos nas suas capacidades para fazer ciências e matemática. A promoção da eficácia científica e mate-

mática pode servir para contrariar a ideia de que as ciências e a matemática são difíceis, acessíveis apenas a um grupo restrito de indivíduos (por exemplo, homens brancos), e que não são essenciais para a generalidade da população.

Ensino

A integração pode ser vista através da perspectiva dos métodos e estratégias comuns de ensino das ciências e da matemática e que se apoiam uns nos outros. Ensinar, relacionando a integração escolar das ciências e da matemática, inclui quatro dimensões: a estrutura e a organização do ambiente de aprendizagem, estratégias de ensino, avaliação, e a mudança do papel do professor. O objectivo de integrar o ensino das ciências e da matemática é o de proporcionar aos alunos a "aquisição de um conhecimento científico [e matemático] do mundo e ao mesmo tempo hábitos científicos [e matemáticos] de pensamento" (Rutherford and Ahlgren 1990, p. 190). Um ambiente assim incluirá um amplo espectro de conteúdos, dando tempo para uma aprendizagem baseada em investigações, um discurso de estímulos e apoio, proporcionando oportunidades para o uso de instrumentos de laboratório e outras ferramentas, possibilitando o uso frequente de tecnologia apropriada, encorajando o recurso a procedimentos alternativos de avaliação maximizando oportunidades para a realização de experiências bem sucedidas. As experiências de aprendizagem deverão conduzir os alunos a estabelecer ligações qualitativas e quantitativas nas descrições do seu mundo. Ferramentas de modelação como o *STELLA* poderão ajudar os alunos a estabelecer conexões (Linn 1986).

As estratégias integradas de ensino devem ser baseadas na investigação cognitiva sobre como os alunos aprendem no geral e como aprendem ciências e matemática, em particular.

As actividades iniciais deverão incidir sobre fenómenos interessantes, decorrentes e aplicados a situações

do mundo real. Deverão existir amplas oportunidades para desenvolver o pensamento e as capacidades de raciocínio, capacidades de investigação tanto básicas como integradas e capacidades de resolução de problemas, de tomada de decisões e de comunicação. As actividades deverão envolver os alunos no *fazer*, *analisar*, e *reflectir* sobre ciências e matemática e em adquirir poder científico e matemático. Deve estar disponível uma vasta variedade de recursos educativos, escolares e da comunidade, envolvendo múltiplos modos sensoriais (tacto, auditivo, e visual). São recomendadas estratégias cooperativas de aprendizagem para reforçar a natureza colaborativa dos empreendimentos científicos e matemáticos.

Fogarty (1991a, p. xv; 1991b, p. 63) propõe uma variedade de estratégias úteis para integrar disciplinas:

- Sequencial: os tópicos ou unidades de estudo são rearrumados e sequenciados para coincidir uns com os outros. Ideias semelhantes são ensinadas consertadamente embora permanecendo em temas separados.
- Partilhada: o planeamento e o ensino são partilhados e acontecem em duas disciplinas em que a sobreposição de conceitos e ideias emergem como elementos organizadores.
- Em rede: um tema rico é ligado aos conteúdos do currículo e às disciplinas; os assuntos recorrem ao tema para fazer uma selecção de conceitos, tópicos e ideias apropriados.
- Transversal: a abordagem curricular combina capacidades de pensamento, capacidades sociais, inteligências múltiplas, tecnologia, e capacidades de estudo através das várias disciplinas.
- Integrado: esta aproximação interdisciplinar combina temas que se sobrepõem em tópicos e conceitos, em ensino colaborativo, formando um autêntico modelo integrado.

São também sugeridos procedimentos alternativos e autênticos de avaliação para que haja uma ligação



Quota 2001

plena, significativa e integrada do currículo, do ensino e da avaliação em ciências e matemática. As avaliações integradas poderão incluir avaliações de desempenho, projectos, e portfólios. Há um número significativo de publicações actuais, relativas à avaliação alternativa em ciências (Hein 1990; Kulm e Malcolm 1991; Ostlund 1992; Raizen et al. 1989, 1990) e em matemática (Kulm 1991; Lesh e Lamon 1992; NCTM 1993; National Research Council 1993a; Romberg 1992; Stenmark 1989, 1991) que estão disponíveis para ajudar os professores a planear de forma apropriada experiências com significado, com vista a estabelecer o que os alunos sabem e a melhorar o ensino.

Para o ensino integrado das ciências e da matemática é fundamental a mudança do papel do professor. Professores e alunos tornam-se parceiros naturais na resolução de problemas e no desenvolvimento das suas próprias capacidades para aprender ao longo da vida. (NCTM 1989). O professor poderá ser visto como uma espécie de instrutor intelectual assumindo vários papéis como o de actor, consultor, moderador, interlocutor, e aquele que questiona (National Research Council 1991). Os professores como especialistas e as equipas de professores ganham relevo nesta abordagem integrada.

Um exemplo: "Basta deixar cair!"

Nesta investigação, os alunos vão comparar as alturas dos ressaltos que resultam de deixar cair diferentes tipos de bolas de diferentes alturas. Também podem ser comparados os ressaltos resultantes da queda de bolas em diferentes tipos de superfícies. A partir dos dados obtidos, pode ser obtida uma fórmula que relaciona a altura do ressalto com a altura da queda. Usando a fórmula, os alunos serão capazes de prever a que altura ressalta uma bola que cai de uma dada altura.

Esta actividade de *Math + Science: A Solution* (Wiebe e Ecklund 1987)

ilustra a interdependência dos aspectos do modelo integrado de ciências e matemática. As crianças são envolvidas na observação, experimentação, medição, registo de dados, procura de modelos, interpretação, aplicação, previsão e generalização. Os conceitos e princípios das ciências e da matemática desenvolvidos na actividade incluem médias, coeficientes, conservação, constantes, elasticidade, equações, fricção, gráficos, modelação matemática, razão e declive.

A investigação pode encorajar e apoiar métodos de ensino valorizados tanto na educação científica como na educação matemática. Sugere-se que as crianças trabalhem cooperativamente em grupos de dois até quatro elementos e se envolvam em actividades de investigação e de resolução de problemas. Esta metodologia pode promover o desenvolvimento de atitudes científicas e matemáticas válidas, bem como de hábitos de pensamento e motivações positivas. Outros valiosos métodos de ensino incorporados nesta actividade incluem manipulação; modos de representação variados (p.e., desenhos, diagramas, gráficos, fórmulas); construção baseada em experiências anteriores; personalização da aprendizagem; uso de recursos familiares e disponíveis (p.e., bolas de ténis, golf, basquetebol, basebal, futebol, bilhar, etc.); diferentes níveis de questionamento (variando desde os que requerem níveis de pensamento de ordem inferior até aos que requerem níveis de processamento cognitivo de ordem superior); uso de uma calculadora elementar de quatro operações para calcular a média dos dados; e o uso de uma calculadora gráfica para tabulação e modelação dos dados. De modo consistente com o modelo apresentado, esta actividade fornece numerosas possibilidades para fazer ligações apropriadas e efectivas entre o ensino e a aprendizagem das ciências e da matemática.

Recursos

Desde os anos setenta têm sido produzidos um grande número de

recursos e programas curriculares notáveis. Entre eles estão o *Minnesota Mathematics and Science Teaching Project* (MINNEMAST); os materiais do MINNEMAST não estão editados, mas podem ser obtidos a partir do *ERIC Document Reproduction Service*; *Unified Science and Mathematics for Elementary Schools* (USMES – Educational Development Center); os materiais do USMES não estão editados mas podem ser obtidos a partir do *ERIC Document Reproduction Service*; *Activities Integrating Math and Science* (AIMS – AIMS Educational Foundation); *Great Explorations in Math and Science* (GEMS – Lawrence Hall of Science); *The Jasper Series* (Optical Data Corporation); *Teaching Integrated Mathematics and Science* (TIMS – University of Illinois at Chicago); *The Voyage of the Mimi and The Second Voyage of the Mimi* (Sunburst/Wings); e *School Science and Mathematics Integrated Lessons* (SSMILES – School Science and Mathematics Association). Dois documentos que serão publicados pelo *National Center for Science Teaching and Learning* estarão em breve à disposição como recurso para professores interessados em realizar actividades integradoras de conceitos, capacidades e processos de ciências e de matemática. Os documentos incluem uma base de dados com aproximadamente trezentas actividades integradoras de ciências e de matemática (Berlin 1994) e uma compilação do SSMILES (*School Science and Mathematics Integrated Lessons*) já publicada na revista *School Science and Mathematics* (no prelo). Os materiais relacionados com a educação do consumidor, educação ambiental, educação para a saúde e segurança, educação tecnológica e educação vocacional são áreas ricas para concepção e elaboração de actividades de ciências e de matemática.

Conclusão

Para que a implementação da integração escolar das ciências e da matemática ocorra de uma forma racional e realista, é crucial que haja professores envolvidos na exploração



e relacionamento dos seis aspectos do modelo apresentado, assim como interessados em recolher informação sobre os efeitos da integração. O modelo descrito neste artigo pode servir para orientar educadores, responsáveis da administração, políticos, e investigadores no desenvolvimento, implementação e avaliação dos programas e das actividades para a integração escolar das ciências e matemática.

Referências

- American Association for the Advancement of Science. *Science — a Process Approach*. Washington, D.C.: The Association, 1963.
- Anderson, O. Roger. "Some Interrelationships between Constructivist Models of Learning and Current Neurobiological Theory, with Implications for Science Education." *Journal of Research in Science Teaching* 29 (December 1992): 1037-58.
- Ausubel, David P. *The Psychology of Meaningful Learning*. New York: Grune & Stratton, 1963.
- Barnes, Marianne, Francis Conway, Lynn Narasimhan, Richard Shumway, e Arthur White. "Ways of Knowing: Induction - Deduction." In *Proceedings of the Integration Conceptualization and Writers Conference*, editado por Donna F. Berlin. Columbus, Ohio: National Center of Science Teaching and Learning, 1992.
- Berlin, Donna F. *Integrating Science and Mathematics in Teaching and Learning: A Bibliography*. School Science and Mathematics Association Topics for Teachers Series, N.º 6. Columbus, Ohio: ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education, 1991.
- . ed. *Database of Integrated Science and Mathematics Instructional Activities*. Columbus, Ohio: National Center for Science Teaching and Learning, 1994.
- . *School Science and Mathematics Integrated Lessons (SSMILES)*. School Science and Mathematics Association Classroom Activities Monograph Series. Columbus, Ohio: National Center for Science Teaching and Learning, no prelo.
- Berlin, Donna F., e Arthur L. White. "Report from the NSF/SSMA Wingspread Conference: A Network for Integrated Science and Mathematics Teaching and Learning". *School Science and Mathematics* 92 (October 1992): 340-42.
- Champagne, Audrey B. "Cognitive Research on Thinking in Academic Science and Mathematics: Implications for Practice and Policy." In *Enhancing Thinking Skills in the Sciences and Mathematics*, editado por Diane F. Halpern, pp. 117-33. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 1992.
- Fogarty, Robin. *The Mindful School: How to Integrate the Curricula*. Palatine, Ill.: Skylight Publishing, 1991a.
- . "Ten Ways to Integrate Curriculum." *Educational Leadership* 49 (October 1991b): 61-65.
- Hein, George, ed. *The Assessment of Hands-on Elementary Science Programs*. Grand Forks, N. Dak.: University of North Dakota Press, 1990.
- Kulm, Gerald, ed. *Assessing Higher Order Thinking in Mathematics*. Washington, D.C.: American Association for the Advancement of Science, 1991.
- Kulm, Gerald, e Shirley M. Malcom, eds. *Science Assessment in the Service of Reform*. Washington, D.C.: American Association for the Advancement of Science, 1991.
- Lesh, Richard, and Susan J. Lamon, eds. *Assessment of Authentic Performance in School Mathematics*. Washington, D.C.: American Association for the Advancement of Science, 1992.
- Linn, Marcia C. *Education and the Challenge of Thecnology: Proceedings of a Conference on Thecnology and Teacher Education*. Cupertino, Calif.: Apple Computer, 1986.
- Loucks-Horsley, Susan, Roxanne Kapitan, Maura D. Carlson, Paul J. Kuerbis, Richard C. Clark, G. Marge Melle, Thomas P. Sachse, e Emma Walton. *Elementary School Science for the '90s*. Andover, Mass.: NETWORK, 1990.
- National Council of Teachers of Mathematics. *An Agenda for Action: Recommendations for School Mathematics for the 1980s*. Reston, Va.: The Council, 1980.
- . *Assessment in Mathematics Classroom*. 1993 Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics, editado por Norman L. Webb. Reston, Va.: The Council, 1993.
- . *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston, Va.: The Council, 1989.
- National Research Council. *Counting on You: Actions Supporting Mathematics Teaching Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1991.
- . *Measuring Up: prototypes for Mathematics Assessment*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1993a.
- . *National Science Education Standards: An Enhanced Sampler*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1993b.
- . *National Science Education Standards: July '93 Progress Report*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1993c.
- Novak, Joseph D., e D. Bob Gowin. *Learning How to Learn*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
- Ostlund, Karen L. *Science Process Skills: Assessing Hands-on Student Performance*. Menlo Park, Calif.: Addison-Wesley Publishing Co., 1992.
- Padilla, Michael J. *The Science Process Skills: Research Matters ... to the Science Teacher*. Calgary, Alta.: National Association for Research in Science Teaching, 1986. (ERIC Document service N.º ED 266961.)
- Penafiel, Alfinio F. and Arthur L. White. "SSMILES: Exploration of the Mean as a Balance Point." *School Science and Mathematics* 89 (March 1989): 251-58.
- Piaget, Jean. "Piaget's Theory." In *Carmichael's Manual of Child Psychology*, editado por Paul H. Mussen. New York: Jhon Wiley & Sons, 1970.
- Raizen, Senta A., Joan B. Baron, Audrey B. Champagne, Edward Haertel, Ina V. S. Mullis, e Jeannie Oakes. *Assessment in Elementary School Science Education*. Andover, Mass.: NETWORK, 1989.
- . *Assessment in Science Education: The Middle Years*. Andover, Mass.: NETWORK, 1990.
- Romberg, Thomas A., ed. *Mathematics Assessment and Evaluation*. Albany, N.Y.: State University of New York Press, 1992.
- Rutherford, F. James e Andrew Ahlgren. *Science for All Americans*. New York: Oxford University Press, 1990.
- Steen, Lynn Arthur. "Integrating School Science and Mathematics: Fad or Folly?" In *NSF/SSMA Wingspread Conference: A Network for Integrated Science and Mathematics Teaching and Learning — Conference Plenary Papers*, editado por Donna F. Berlin., pp. 7-12. Columbus, Ohio: National Center for Science Teaching and Learning, 1994.
- Stenmark, Jean K., ed. *Assessment Alternatives in Mathematics: An Overview of Assessment Techniques That Promote Learning*. Berkeley, Calif.: EQUALS, 1989.
- . *Mathematics Assessment: Myths, Models, Good Questions, and Practical Suggestions*. Reston, Va.: National Council of Teachers of Mathematics, 1991.
- Tobin, Kenneth G., e William Capie. "Teaching Process Skills in the Middle School." *School Science and Mathematics* 80 (November 1980): 590-600.
- Vygotsky, Lev S. "Mind in Society." In *The Development of Higher Psychological Process*, editado por Michael Cole, Vera John-Steiner, Sylvia Scribner, e Ellen Souberman. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1978.
- White, Arthur L., e Donna F. Berlin. "SSMILES—Fulcrum and Mean: Concepts of Balance." *School Science and Mathematics* 89 (April 1989): 335-42.
- Wiebe, Arthur, e Larry Ecklund. *Math + Science: A Solution*. Fresno, Calif.: AIMS Education Foundation, 1987.

Tradução Cristina Loureiro

N.T.

Este texto é traduzido e publicado com a autorização do NCTM.