



Resumo

SICRE é um sistema computacional destinado ao ensino da resolução de equações de 1º grau. Sua implementação foi baseada na integração dos conceitos de ferramentas do tipo “SHELL”, específicas para construção rápida de Sistemas Especialista, e na metodologia educacional da linguagem LOGO, onde o estudante aprende através do processo de “ensinar”o computador. O usuário fornece regras à base de conhecimento e, assim, consegue formalizar e explicitar seu conhecimento. O sistema permite que o aluno, durante a resolução dos exercícios, seja capaz de testar suas regras e corrigí-las, se necessário. Descreve-se neste trabalho não apenas os aspectos de implementação do SICRE, mas também a metodologia e os resultados obtidos durante a realização de um Trabalho de Campo, o que ao final permitiu efetuar-se uma avaliação sobre as contribuições deste sistema

NIED - Memo Nº 28
1994

SICRE - Sistema Computacional para Resolução de Equações de 1º Grau

Klaus Schlünzen Junior
José Armando Valente

Cidade Universitária "Prof. Zeferino Vaz"
Prédio V da Reitoria - 2º Piso
13083-970 - Campinas - SP
Telefones: (019) 3788-7350 ou 3788-7136
Fac-símile: (19) 3788.7350 e 3788.7136 (ramal 30)

SICRE - Sistema Computacional Para Resolução de Equações de 1º Grau

Klaus Schlünzen Junior*
José Armando Valente**

1 - Introdução

O presente trabalho está inserido em um contexto amplo, que representa um dos temas mais fascinantes e polêmicos da atualidade - a questão da Informática na Educação.

Analisando, inicialmente, a questão do ensino, percebe-se que a aquisição de um conteúdo pode ser feita através de duas maneiras distintas. Na primeira, esse conteúdo é recebido por meio de um conjunto de instruções. A segunda abordagem procura criar um ambiente de aprendizagem onde o aluno pode resolver problemas e neste processo analisar o conteúdo específico envolvido.

Infelizmente, o que predomina no ensino é o processo de transmissão de conhecimento, no qual o professor é o controlador que repassa um conteúdo para o aluno. Isto ocasiona uma situação onde o aluno é considerado um recipiente que é obrigado a aceitar definições e conceitos. Tal atitude pode provocar uma ruptura do conhecimento que é fornecido da sua aplicação prática. Em conseqüência, o aluno torna-se desestimulado e não tem a oportunidade de desenvolver sua criatividade e senso crítico.

Inserindo o computador nesta realidade educacional, faz-se necessário uma profunda reflexão sobre o que esta tecnologia pode realmente contribuir no processo de ensino-aprendizagem. É preciso que seu uso seja desvinculado da idéia de panacéia solucinadora

*NIED-UNICAMP

**UNESP - FCT - Departamento de Matemática
Caixa Postal 957
19060-900 Presidente Prudente, SP, Brasil
UEPPR@EU.ANSP.BR
Fac-símile: (0182) 33-2227

para todos os problemas e de um caráter de apelo atrativo para os alunos, e considerá-lo como um instrumento a mais na busca pela superação dos problemas enfrentados pelo ensino.

A idéia de utilizar a máquina como uma ferramenta educacional é algo que vem atraindo a atenção de muitos pesquisadores, tendo sido este processo desencadeado à partir do final dos anos 50.

Com relação às formas gerais de uso do computador no processo ensino-aprendizagem, pode-se destacar duas abordagens: os Sistemas Educacionais e a Resolução de Problemas Através do Computador.

Os primeiros Sistemas Educacionais foram os sistemas do tipo CAI (Computer Assisted Instruction), nos quais o aluno interage diretamente com o computador, que é programado para apresentar o material instrutivo ao aluno e verificar, através de testes, o que o aluno realmente assimilou, sem fazer qualquer análise ou diagnóstico das respostas. Nesta concepção o computador "ensina" o aluno. No final dos anos 70 surgiram os "Intelligent Computer Assisted Instruction" - ICAI. Além de possuírem o conhecimento e permitirem um diálogo com o estudante, estes sistemas utilizam os erros e acertos do aluno para avaliar seu desempenho, depurando suas idéias e determinando novos conteúdos. Vários esforços foram e estão sendo feitos para aplicar estes ICAI's em Educação com o desenvolvimento de sistemas computacionais que usam conceitos, procedimentos, e técnicas de Inteligência Artificial para análise e resolução de problemas.

Uma outra abordagem é usualmente denominada como Resolução de Problemas através do Computador. Esta abordagem é caracterizada pela formalização, explicitação e construção do conhecimento, através do uso de computadores. Nesta concepção, o aluno "ensina" o computador ao invés de ser ensinado por ele. Assim, este aluno está envolvido diretamente com a programação de computadores como meio de representar a resolução de um problema através de uma linguagem de programação. Dentro desta proposta, encontra-se o trabalho pioneiro de Seymour Papert (PAPERT,1985), com a implementação da linguagem LOGO. Essa abordagem

vai de encontro ao processo de ensino-aprendizagem através da criação de situações que permitem o aluno resolver problemas reais e aprender através do uso e da experiência com os conceitos envolvidos no problema.

Confrontando-se a crise educacional e a possibilidade de utilização do computador no processo de ensino-aprendizagem, pode-se identificar a Matemática como sendo uma das disciplinas mais problemáticas em relação ao modo como ela é apresentada aos alunos, e orientar o uso do computador no sentido de suavizar este impacto.

No ensino da Matemática em todos os níveis, e principalmente nos níveis de 1º e 2º graus são observados certos aspectos negativos decorrentes do enfoque que é dado a este ensino: o treino de habilidades e memorização de algoritmos em detrimento a uma aprendizagem compreensiva dos conceitos; o fornecimento de regras e esquemas em detrimento dos porques, do significado do que se faz; a repetição e a imitação, ao invés de incentivar a criatividade, curiosidade, iniciativa e exploração; aos resultados e não ao processo de aprendizagem; etc...

Buscando aproveitar algumas características que se mostraram mais apropriadas, do ponto de vista computacional, identificou-se uma possibilidade interessante: aproveitar a concepção da linguagem LOGO, que permite ao aluno explorar, criar e construir conhecimento, aliado a idéia básica de sistemas especialistas onde este conhecimento pode ser formalizado.

Assim sendo, propõe-se o desenvolvimento e implementação de um sistema, que permita a um estudante de nível primário, atuar como o especialista, bastando para isto, que ele forneça conhecimento básico sobre equações do 1º grau.

2 - Uma Proposta Alternativa

Apesar dos Sistemas Educacionais usados na transferência de conhecimento representarem uma grande variedade de aplicações no campo educacional, eles apresentam uma linha de

conduta similar àquela utilizada atualmente nas salas de aula. A capacidade criativa do aluno passa a não ser explorada nestas aplicações, transformando o aluno em um ser passivo.

Com base na integração dos conceitos de ferramentas do tipo "SHELL" (GERSHON,1986) (HARMON,1988) (KINNUCAN,1985), aplicadas a Sistemas Especialistas (BOYER,1987) (CHORAFAS,1988) (D'AMBRÓSIO,1985) (FEINGENBAUM,1988) (GERSHON,1986) (HARMON,1988) (HARMON,1988), e na concepção educacional que a metodologia LOGO possui, procurou-se criar condições apropriadas, em um ambiente computacional, para que um estudante possa elaborar e explicitar seu conhecimento. Tal conhecimento é representado em termos de regras SE ENTÃO que o estudante adiciona a base de dados no sistema. Este conhecimento é testado por meio de problemas que o estudante tenta resolver usando o conjunto de regras que ele construiu. A solução final obtida pelo estudante usando suas próprias regras é confrontada com a solução obtida pelo sistema usando as suas próprias regras. Se o resultado diverge, o estudante deverá depurar seu conjunto de regras. Portanto, o estudante assume o papel de um especialista que define as regras, insere-as no sistema e utiliza este sistema para testar seu próprio conhecimento.

O sistema desenvolvido foi denominado Sistema Computacional para Resolução de Equações de 1º grau - SICRE. Ele permite qualquer estudante de nível primário, formalizar, explicitar e testar seu conhecimento através de regras, atuando na sua definição, execução, reflexão e depuração (Valente,1993).

Optou-se pela abordagem de equações de 1º grau, inicialmente, pelo fato de tratar-se de um assunto de difícil ensino, porém estudado por qualquer aluno de 1º grau. Foi levado em conta ainda, que o conhecimento envolvido na resolução destas equações, pode ser facilmente expresso na forma de regras, o que o torna útil para ilustrar a idéia aqui proposta. Finalmente, cabe ressaltar que SICRE é utilizado na resolução de qualquer equação de 1º grau com coeficientes inteiros.

3 - O Sistema SICRE

SICRE é um sistema computacional baseado na arquitetura de um sistema especialista implementado em linguagem Prolog (ARITY CORPORATION,1986)(ARITY CORPORATION, 1988).

Ele consiste basicamente de quatro módulos e dois arquivos tipo “dribble file”:

- Módulo Regras;
- Módulo Tradutor;
- Módulo Expert;
- Módulo Testes;
- Arquivo de regras;
- Arquivo de Equações.

O **Módulo Regras** é o módulo pelo qual o aluno insere as regras que julgar necessárias e suficientes para resolver suas equações. Consiste basicamente de um editor de texto especial que permite a inserção e alteração de regras definidas pelo aluno.

A regra é expressa em uma linguagem simples e inserida no Arquivo de Regras como segue:

REGRA #
SE
ENTÃO

As regras são inseridas segundo a idéia de preenchimento de lacunas nas suas partes antecedentes e consequentes, conforme mostra a figura 1.

Uma vez inseridas as regras, ao deixar-se este Módulo, inicia-se o processo de análise das regras por parte do Módulo Tradutor.

O **Módulo Tradutor** é um analisador léxico/sintático de Regras. Ele faz a análise léxica e sintática das regras escritas no Módulo Regras e armazenadas no Arquivo de Regras. Ele também gera cláusulas Prolog para cada uma das regras e armazena-as no Módulo Expert. O Módulo Tradutor é transparente ao usuário e acionado quando este sai do Módulo Regras.

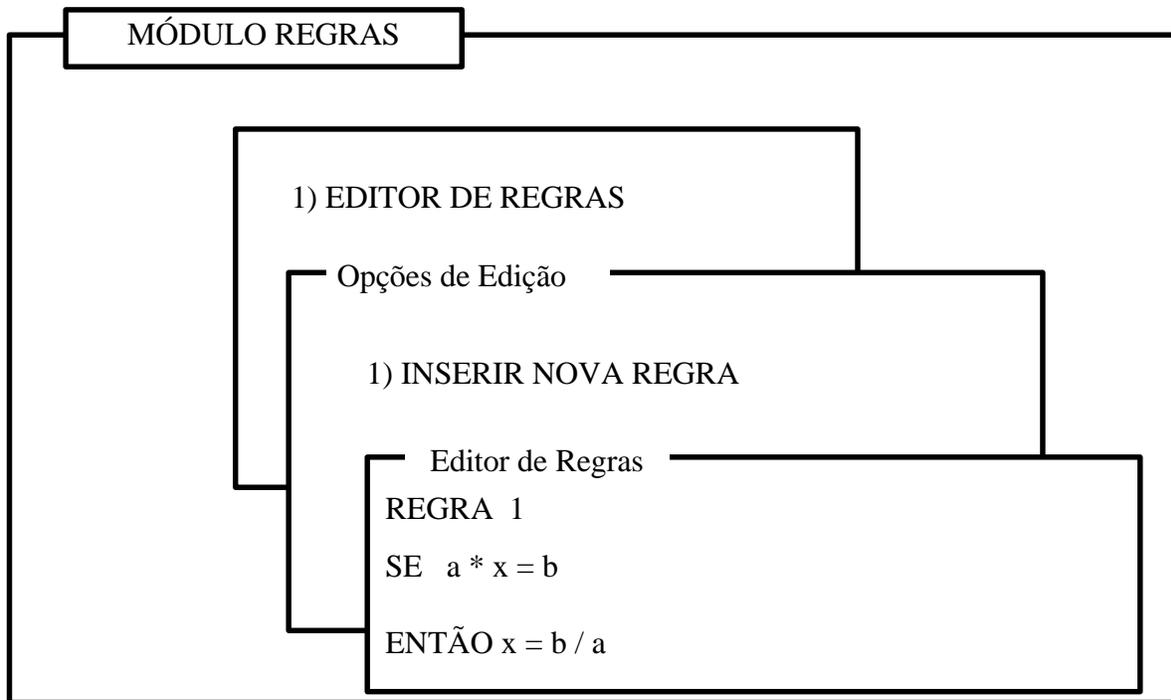


Figura 1 - Edição de Regras

O **Módulo Expert** é núcleo do SICRE, ou seja, contém as regras do aluno, armazenadas no Arquivo de Regras, em forma de cláusulas Prolog. Esse módulo também é transparente ao usuário.

O **Módulo Testes** permite ao usuário testar as regras inseridas no sistema através do processo de resolver equações de 1º grau.

Neste módulo, o controle da resolução de uma equação é totalmente tomado pelo estudante, que indica a operação que ele quer executar na equação. O sistema então tenta executar a operação indicada transferindo o controle para o Módulo Expert. O Módulo Expert tenta encontrar uma regra que pode ser aplicada. Isto é feito pelo casamento de padrões ("matching"), ou seja, encontrada uma cláusula Prolog em que o antecedente seja satisfeito, o consequente desta cláusula será aplicado na resolução do problema. Ocorrido isto, o processo de procura de regras é interrompido.

A resolução dos problemas é baseada, então, na verificação da existência da regra e na aplicação de seu consequente, caso haja um "casamento de padrões" com o antecedente da mesma. Não havendo uma regra que satisfaça as condições, o sistema emitirá uma mensagem indicando a impossibilidade de executar a operação solicitada. Neste ponto, o estudante pode ou modificar uma regra existente ou adicionar novas regras.

Por exemplo, na resolução da equação mostrada na figura 2, o passo $2*x=4$ para $x=4/2$ somente é possível se no Arquivo de Regras do SICRE está presente a regra 1 mostrada na figura 1.

Ao final da resolução de uma equação, o SICRE verifica se a resposta obtida pelo aluno é correta ou não, emitindo também uma mensagem simples, do tipo "O RESULTADO ESTÁ CORRETO" ou "O RESULTADO NÃO ESTÁ CORRETO". Para fazer isto, o sistema utiliza suas próprias regras que são aplicadas na mesma equação.

As operações mostradas na figura 2 que podem ser aplicadas nas equações são descritas como:

F1 Selecionar: indica o elemento inicial da equação a ser marcada;

F2 Executar: executa a operação aritmética requerida;

F3 Adicionar: adiciona um elemento em um ou em ambos os membros da equação;

F4 Subtrair: subtrai um elemento de um ou de ambos os membros da equação;

F5 Multiplicar: multiplica um ou ambos os membros por um elemento;

F6 Dividir: divide um ou ambos os membros por um elemento;

F7 Verificar: verifica se a resposta está correta;

F8 Simplificar: simplifica uma equação;

F9 Cancelar: cancela uma operação;

F10 Fim Seleção: indica o elemento final da equação a ser marcado pela seleção;

-> : cursor para a direita;

<- : cursor para a esquerda;

ESC: finalizar o processo de resolução de uma equação;

R Regras: deixar a resolução e ir para o Módulo Regras.

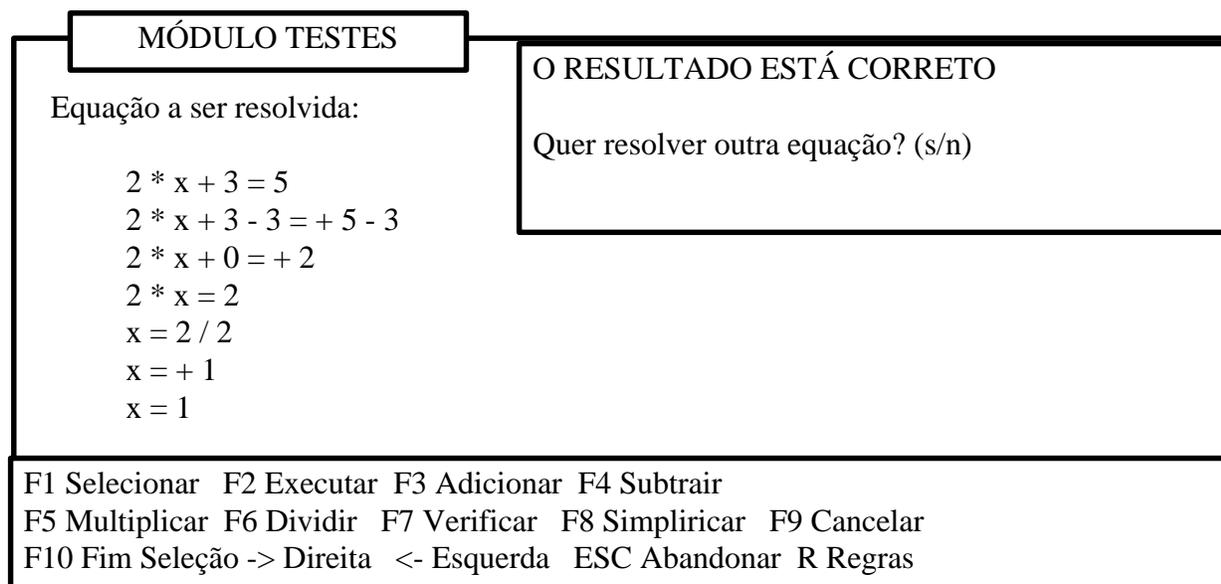


Figura 2 - Resolução de Equações no Módulo Testes

O **Arquivo de Regras** tem a função de guardar sempre a última versão do conjunto de regras definidas pelo aluno. As regras contidas neste arquivo, estão escritas na linguagem usada pelo estudante para escrever suas regras, ou seja, da seguinte forma:

REGRA #

SE
ENTÃO

O **Arquivo de Equações** guarda todas as operações executadas pelo estudante no Módulo Testes. Fazendo uma analogia, pode-se considerar o **Arquivo de Equações** como sendo a "caixa preta" de um avião. As informações nele contidas são:

- data e nome do arquivo;
- equação inicial e passos de sua resolução;
- regras usadas durante o processo de resolução das equações;
- as partes selecionadas em modo reverso;
- mensagens do sistema.

Este arquivo é um importante meio de diagnóstico das dificuldades encontradas pelo usuário ao resolver uma equação. Por exemplo, através dele, um professor pode fazer um levantamento dos erros mais comuns e depurá-los durante as atividades em classe.

4 - Projeto Piloto

A definição da configuração final do sistema implementado, é fruto também de um constante trabalho de melhorias possibilitadas pela execução de um Projeto Piloto. O Projeto Piloto foi levado a uma escola particular de 1^o grau e a uma universidade. Os participantes da universidade foram: um professor, Ph. D. em Matemática e especialista em Análise Numérica; uma professora assistente, graduada em Matemática e especialista em Ciência da Computação; e um estudante de graduação em Licenciatura Matemática. Da escola de 1^o grau participaram quatro estudantes de 7^a série que já haviam estudado equações de 1^o grau e apresentavam bons históricos escolares. Adotou-se este critério esperando que pessoas com um bom desempenho escolar fornecessem uma maior contribuição para a melhoria do sistema.

Baseado nas observações efetuadas durante a realização do Projeto Piloto pode-se concluir, em síntese, que o SICRE é utilizável tanto por alunos que já tenham estudado equações do 1^o grau, quanto por professores. O sistema tem uma interface amigável e de fácil compreensão, uma

vez que, no decorrer das sessões, não foram registrados maiores problemas de comunicação entre o usuário e o sistema. Além disso, ele torna explícitas certas características inerentes ao processo de aprendizagem, através da formalização do próprio conhecimento do estudante, na reflexão dos resultados do sistema e na depuração deste conhecimento.

Esta fase pode ser considerada como a primeira aplicação prática do SICRE. Baseado nas opiniões e sugestões coletadas, desenvolveu-se a versão do sistema que foi utilizado em sala de aula.

5 - Trabalho de Campo

O sistema refinado foi usado em um ambiente escolar apropriado para a aplicação de SICRE. Um grande grupo de estudantes trabalharam em dois diferentes modos:

1-) No primeiro modo, dez estudantes de diferentes níveis escolares, da 4^a a 8^a séries, trabalharam individualmente com o experimentador. Cada um desses alunos utilizou o sistema individualmente por um período de 90 minutos e este trabalho foi observado e documentado pelo experimentador. Neste modo, cada um dos alunos resolveu cinco tipos de equações (as equações foram propostas pelo experimentador e foram as mesmas para os dez alunos).

2-) No segundo modo, um grupo de onze alunos da 7^a série do 1^o grau usou SICRE individualmente. Este experimento durou aproximadamente duas horas. Durante este período, o experimentador observou as limitações e vantagens do SICRE em uma situação de sala de aula.

Usando o sistema em situações reais, analisando cada sessão e as regras geradas pelos estudantes, é possível observar que:

a) É fácil perceber que a base de regras criada pelos diferentes alunos, reflete claramente a maneira como eles aprenderam o assunto em sala de aula e o que eles aprenderam desta

experiência. As regras do estudante podem ser vistas como um espelho do entendimento que eles tem sobre o assunto em questão.

b) Com SICRE o aluno pode aprender fazendo, agindo diretamente sobre o sistema. A possibilidade do estudante ensinar o sistema torna-se parte essencial de sua aprendizagem, pois ele pode formalizar e construir seu conhecimento. O caso de estudante de 4^a série mostrou que eles podem construir conhecimento sobre equações de 1^o grau usando o sistema.

c) O ato de executar uma operação não é uma mera substituição do computador pela calculadora, pois o sistema exige uma regra que indique como fazer. Nesse sentido, o aluno "recheia" um Sistema Especialista, como um "expert" faria. Portanto, ele considera o estudante como um especialista que gera e testa regras e não como um recipiente passivo que recebe regras do professor.

d) O fato de poder verificar a resposta permite, ou força a depuração das regras. Durante a interação do estudante com o sistema, foi comum notar-se que, quando o aluno comete um erro, ele rapidamente o identifica e tem a oportunidade de corrigí-lo quase que imediatamente.

e) O mais importante da interação com o sistema ocorreu quando o estudante comete um erro e ele tem que retornar a sua base de conhecimento para descobrir qual regra está incorreta. Para isto, ele pode utilizar também o "Arquivo de Equações", onde são encontradas as regras usadas no exercício que foi resolvido anteriormente. O ponto principal é que o aluno passa a refletir sobre suas idéias e tenta descobrir o erro cometido. Logo, o estudante tem que buscar a solução ao contrário de obtê-la do professor.

f) O aluno pode consultar a base de regras e ter uma visão ampla do que é necessário conhecer, para então estar apto a resolver uma equação de 1^o grau (meta-conhecimento). Foi comum ouvir comentários do tipo: "Puxa, já tenho muitas regras, olha quanto eu preciso saber para resolver uma equação". Com frases como esta pode-se observar que o estudante passou a ter

uma noção mais real de todo o conhecimento por ele aprendido, e o processo de resolver uma equação deixou de ser algo feito mecanicamente, sem qualquer reflexão.

g) O sistema pode ser utilizado por alunos de idade escolar compatível com o assunto que SICRE se destina a abordar. Esta conclusão foi obtida da experiência com os alunos que contribuíram nesta etapa, pois todos conseguiram trabalhar normalmente com o sistema.

Referências Bibliográficas

CLEMENTS, D. H.(1988). Research on Variables, Algebra, and Logo, Part IV: Logo Tools. LOGO EXCHANGE.

ARTITY CORPORATION (1986). The Arity/Expert Development Package.

BARR, A. e FEIGENBAUM, E. A.(1982). The Handbook of Artificial Intelligence. Heuris Tech Press, Vol 1 e 2.

BRATKO, I. (1988). PROLOG Programming for Artificial Intelligence. Addison-Wesley.

BOYER, C. (1987). Artificial Intelligence. Think, number 1, 1987.

BUCHANAN, B. G. e SHORTLIFFE, E. H. (1984). Rule-Based Espert Systems. Addison Wesley Publishing Company, Inc.

CALMET, J. e LUGIEZ, D (1987). A Knowledge-based System for Computer Algebra. ACM-SIGSAM, n^o 1, Vol 21.

CHAVES, E. O.C. e SETZER, V (1988). O Uso de Computadores em Escolas: Fundamentos e Críticas, Editora Scipione.

CHORAFAS, D N. (1988). Sistemas Especialistas: Aplicações Comerciais. Editora McGraw Hill, São Paulo.

COLLARTE, S. A. (1987). Dessarrollo de Dislogos Estudiante-Msquina, mediante el Lenguaje Computacional Micro-Prolog. Tese de mestrado, Universidad de Chile.

D'AMBRPSIO, B (1985). Expert Systems - Myth or Reality?. BYTE, january.

FEIGENBAUM, E. (1988). The Rise of the Expert Company. Times Books.

FEURZEIG, W. (1986). Algebra Slaves and Agents in a Logo-Based Mathematics Curriculum. Instructional Science 14, Elsevier Science Publishers B.V..

GERSHON, G. (1986). The Genesis of a Knowledge-based Expert System. IBM Systems Journal, n^o 2, Vol 25.

HARMON, P. (1988). Expert Systems Tools and Applications. John Wiley & Sons, Inc., 1988.

HARMON, P. e KING, D. (1988). Sistemas Especialistas: a Inteligência Artificial chega ao mercado. Editora Campus, Rio de Janeiro.

KINNUCAN, P. (1985). Software Tools Speed Expert System Development. High Technology, march.

ARITY CORPORATION (1988). Manual Arity/Prolog Programming Language version 5.0.

NILSSON, N. J. (1982). Principles of Artificial Intelligence. Springer-Verlag.

O' SHEA, T. e SELF, J. (1983). Learning and Teaching with Computers , Prentice-Hall Inc.

PAPERT, S. (1985). LOGO: Computadores e Educação , editora Brasiliense S.A, São Paulo.

ROCHA, H. V. (1991). Representações Computacionais Auxiliares ao Entendimento de Conceitos de Programação. Tese de doutorado, FEE, UNICAMP.

SLEEMAN, D. (1984). An Attempt to Understand Students' Understanding of Basic Algebra , Cognitive Science, vol 8.

SLEEMAN, D. e BROWN, J.S. (1982). Intelligent Tutoring Systems , Academic Press Inc.

VALENTE, J. A. (1993). Computadores e Conhecimento: Repensando a Educação. Campinas, Gráfica Central da UNICAMP.

WENGER, E. (1987). Artificial Intelligence and Tutoring Systems. Morgan Kaufmann Publishers.

WOOLF, B. P. e outros (1991). Knowledge-base Environments for Teaching and Learning. AI Magazine, 1991.