



Aprendendo a construir algoritmos através da mediação digital

Magda Bercht¹
Luís de França Ferreira²
Sidnei Renato Silveira³

Resumo: Saber construir algoritmos é fundamental na formação de profissionais de informática ou computação e como tal, proporcionar condições para essa aprendizagem é um constante desafio aos professores. Este artigo apresenta uma abordagem que busca as condições que favoreçam o aprendizado da construção de algoritmos mediado por tecnologia digital. O entendimento sobre o papel da emoção na aprendizagem influencia o desenvolvimento dos objetos de aprendizagem que são utilizados como ferramentas de apoio ao ensino.

Palavras-Chave: computação afetiva, ensino de algoritmos, formação de profissionais de computação, objetos de aprendizagem.

Abstract: The knowing of the construction of algorithms is one of the basis of the formation of computer professionals, and providing conditions to this learning constitutes a constant challenge to the teachers. This paper presents an approach that researchs the conditions that improve the learning of developing an algorithm that is mediated by digital technology. The understanding of the paper of emotion in the learning affect the project of the learning objects that are used to support the teaching.

Key-words: Affective computing, teaching of algorithms, computing professional formation, learning objects.

¹ Doutora em Ciência da Computação (PPGC–UFRGS), Professora do Instituto de Informática da UFRGS, bercht@inf.ufrgs.br

² Doutor em Informática na Educação (PPGIE–UFRGS), Professor do Centro Universitário Ritter dos Reis, Professor do Instituto de Informática da UFRGS, franca@ritterdosreis.br

³ Mestre e Doutorando em Ciência da Computação (PPGC-UFRGS), Professor do Centro Universitário Ritter dos Reis (UniRitter), da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) e da Faculdade Cenecista Nossa Senhora dos Anjos (FACENSA), sidnei@ritterdosreis.br

1. Introdução

Este artigo situa-se na fronteira da Educação e Computação Afetiva. No campo da Educação, especificamente, os estudos são relativos aos problemas da aprendizagem na formação de um profissional em computação; no campo da Computação Afetiva, o foco são os problemas técnicos e metodologias para a melhor ação de programas que possam levar em conta os afetos envolvidos na interação com sistemas educacionais, especificamente, a modelagem do aluno no desenvolvimento de sistemas capazes de promover a adaptação desses sistemas às necessidades de aprendizagem, expectativas e preferências do aluno-usuário.

Na formação do profissional em computação, o desenvolvimento de algoritmos constitui a base para a programação de computadores que é, por sua vez, um dos alicerces de sua formação.

A criação de ambientes que apóiam esse aprendizado é de grande interesse, já que o processo de construção do conhecimento necessário à produção de algoritmos para a programação constitui uma árdua tarefa ao aprendiz.

A implementação de artefatos ou objetos de aprendizagem que levem em conta aspectos afetivos em sua adaptação de comunicação de conteúdos e proposições de exercícios e problematizações, é de grande utilidade e interesse a centros de ensino de formação de profissionais de computação.

Os progressos na modelagem cognitiva trouxeram novos entendimentos sobre o fenômeno da memória humana, aprendizagem, percepção e raciocínio através dos estudos na psicologia experimental com as teorias SOAR (Newel, 1990) e ACT (Anderson, 1993), por exemplo. Em complemento, a emoção, componente base da psicologia humana, passou a ser considerada e pesquisada pela comunidade da Ciência da Computação, constituindo a área da Computação Afetiva, uma vez que ela afeta os processos cognitivos da aprendizagem, memória e a tomada de decisão (Damásio, 1994), (Bercht, 2001).

Este trabalho apresenta e discute a introdução de características afetivas em sistemas voltados ao apoio à aprendizagem de algoritmos, bem como apresenta alguns aspectos da fundamentação de um projeto em desenvolvimento no Centro Universitário Ritter dos Reis, através do seu Grupo de Pesquisa de Tecnologias de Informação e Comunicação em Educação, em conjunto com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, através do seu Grupo de Pesquisa de Informática na Educação.

2. O contexto (O problema) da aprendizagem em algoritmos

A construção de programas de computador exige, entre outras habilidades, a capacidade de resolver problemas através da identificação de um conjunto ordenado e finito de etapas e/ou instruções que levam a sua resolução. Este conjunto é a representação de um algoritmo e forma a base de um programa de computador.

A construção desse conjunto exige do aprendiz, além da aprendizagem das ferramentas para representação do algoritmo, a habilidade de abstração relativa à solução de um problema em especial. Esta abstração exige o conhecimento do domínio do problema, o conhecimento de procedimentos que, se seguidos, determina uma solução para o problema.

O problema em questão não é novo, pois em Taylor (Taylor, 1977) já era constatada a dificuldade de aprendizagem nessa disciplina, através do relato de uma experiência com um sistema icônico para o ensino de programação estruturada.

A aprendizagem é individual e demanda para muitos alunos um tempo de exercícios e de problematização bem maior que o especificado nos currículos e planos

pedagógicos. Na maioria das vezes, um professor em sua humanidade não onipresente, necessita de artefatos que apoiem o ensino e a aprendizagem de forma assíncrona e no tempo do aprendizado do aluno e não de um tempo de sala de aula. Este artefato entretanto, deve ser adaptável a cada aluno. E, essa adaptabilidade deve levar em conta tanto as características do estilo de aprendizagem de cada um como de fatores afetivos, como motivação, humores e emoções da situação.

Para que se possa tratar da aprendizagem é preciso tratar dos esquemas: os esquemas constituem a condição de possibilidade (condição necessária) de toda aprendizagem. O processo de construção de novos esquemas e de sua coordenação é o próprio processo de equilíbrio, ou seja, o processo de aprendizagem *lato sensu*. (BECKER, 1993, p. 36).

Flavell, ao abordar o assunto, escreve com muita propriedade que

um esquema é uma estrutura cognitiva que se refere a uma classe de sequências de ação semelhantes, sequências que constituem totalidades potentes e bem delimitadas nas quais os elementos comportamentais que as constituem estão estreitamente inter-relacionados. (FLAVELL, 1996, p. 52).

Conhecer consiste na ação do sujeito sobre o real, transformando-o e incorporando-o aos seus esquemas. Desta forma, o esquema desempenha um papel fundamental na construção do conhecimento humano. Sua noção remete às unidades de comportamento. O esquema é um organizador da conduta cognitiva. Eles podem ser entendidos como condição da ação. “Agir é no fim das contas, coordenar esquemas entre si ou encaixá-los num sistema regido por leis de totalidade” (DOLLE, 1995, p. 45). Segundo Delval,

os esquemas são ações automatizadas - uma vez implementados, desenvolvem-se automaticamente. Por essa razão, o conceito de esquema tem muito a ver com o que se chama hábitos... (e)... só por um esforço de reflexão é que se pode tomar consciência, em parte, do mecanismo de um esquema. (DELVAL, 1998, p. 110).

Contribuições significativas para a noção de esquema foram investigadas por Gerard Vergnaud (VERGNAUD apud GOMES, 1999, p 32), que desenvolveu um enfoque no qual afirma que esquema é uma totalidade dinâmica organizada e funcional. Segundo Vergnaud, se uma situação pertence a uma classe de situações bem dominada, o esquema é definido como uma invariante funcional do comportamento para esta classe de situações. Quando a situação for nova para o sujeito que, neste caso, não sabe como tratá-la, ele, agora sujeito da aprendizagem, vai buscar relações entre esta nova situação e aquelas que lhe são mais familiares, podendo desta forma, criar novos esquemas (aprendizado). Elementos constituintes precisos para os esquemas foram definidos por Vergnaud bem como as funções de cada um destes elementos que os constituem. Estes elementos são:

- (a) as **Regras de Ação**, que englobam o controle e a informação necessária para a seqüência e continuação da atividade do sujeito, de acordo com os valores obtidos pelas variáveis das situações;
- (b) as **Invariantes Operatórias**, que são os conhecimentos contidos nos esquemas e que se aplicam sempre às mesmas classes de situações;
- (c) as **Expectativas**, que englobam as antecipações e os propósitos que devem ser atingidos (as intenções da ação) e
- (d) as **Inferências**.

As invariantes operatórias, por sua vez, podem ainda ser desdobradas em:

- invariantes do tipo **proposições**, que são enunciados categóricos, verdadeiros ou falsos. Se enquadram neste tipo os chamados teoremas-em-ato.
- invariantes do tipo **funções proposicionais**, que se constituem nas partes essenciais para a construção das proposições. Se enquadram neste tipo os chamados conceitos-em-ato.
- invariantes do tipo **argumentos**, que podem ser objetos materiais, personagens, números, relações ou mesmo proposições.

As expressões teoremas-em-ato e os conceitos-em-ato designam os conhecimentos contidos nos esquemas.

Os esquemas podem ser comparados, de certa forma, a verdadeiros algoritmos, que aplicam-se a situações genéricas. O aprendizado de algoritmos para programação de computador tem a ver então com a criação de esquemas, que solucionam situações análogas.

Para apoiar o processo de ensino e aprendizagem de algoritmos, alguns pesquisadores e professores têm desenvolvido ambientes de simulação, que permitem a implementação e testagem de algoritmos. Neste sentido, existem ambientes de simulação tais como o ASA (Ambiente de Animação e Simulação de Algoritmos) desenvolvido pelo SENAC e o AMBAP (Ambiente de Aprendizado de Algoritmos), desenvolvido pela UFAL (Universidade Federal de Alagoas). Estes ambientes permitem que o aluno possa testar os algoritmos construídos, simulando a execução dos mesmos, como se fossem pequenos programas. Os ambientes permitem o acompanhamento da execução dos comandos, passo-a-passo, como se estivesse sendo realizado um *teste de mesa*. Entretanto, esses ambientes não desenvolveram a adaptabilidade ao aluno no que concerne às características afetivas inerentes à interação Homem-máquina. A introdução destas ferramentas nas aulas de algoritmos é um fator importante no rendimento acadêmico dos alunos. Nesta pesquisa desenvolvem-se sistemas que apoiem o ensino de algoritmos, avançando no sentido de torná-los adaptáveis, utilizando recursos de hipermídia adaptativa e considerando as emoções dos estudantes, através das aplicações da Computação Afetiva.

Através dos recursos de hipermídia adaptativa, os conteúdos podem ser apresentados de diferentes formas, utilizando-se diferentes recursos, permitindo que alunos com estilos de aprendizagem diversos possam estudar de uma forma mais atrativa e adequada, permitindo um melhor rendimento. Através da utilização de métodos e técnicas de hipermídia adaptativa, os objetos de aprendizagem poderão modificar os conteúdos apresentados, inclusive utilizando diferentes mídias, tais como texto, imagens, vídeos e sons (Brusilovsky, 1996).

O problema da aprendizagem de construção de algoritmos está na resolução de problemas e conforme Holmes (Holmes,1975), o segredo da aprendizagem de resolução de problemas está na criação de uma atitude no aluno para solucioná-los, ou seja, conforme um legado da civilização grega, especificamente de Sócrates, a análise de problemas, formulação de questões e um alto espírito de competitividade e esforço, como era e é exigido em atividades nos Jogos Olímpicos.

3. O contexto da Computação Afetiva

A expressão Computação Afetiva congrega as pesquisas que visam o uso das emoções em diferentes aspectos nos sistemas, desde o controle até a personalização de interfaces, da simulação de sistemas com emoções à representação de emoções, do

estudo das emoções através de sistemas até pesquisas que envolvem emoções nas interações Homem-Máquina.

Um sistema de apoio à aprendizagem, em que pese sua adaptabilidade (estratégias de interação, de ensino e de avaliação), deve levar em conta os afetos ou as emoções inferidas através de observáveis comportamentais do aluno em interação. Entende-se por observáveis comportamentais todas as ações de um usuário passíveis de serem identificadas por um sistema ou agente artificial e que são consideradas importantes definidoras de comportamentos, conforme visão dos projetistas. Os observáveis comportamentais, podem ser, no caso, os elementos considerados na análise de identificação dos fatores, como a quantidade de vezes que um aluno desenvolve a mesma tarefa, a desistência na execução de um problema e o número de vezes que o sistema atua oferecendo ajuda ao aluno.

O aluno, em sua representação no sistema – modelo do aluno-, é uma das partes mais complexas e, ao mesmo tempo, importantes para a adaptabilidade de um sistema a um aluno. É a presença do modelo do aluno que permite adaptabilidade do tutor a cada estudante. Esse modelo deve ser dinâmico, pois deve refletir também as mudanças que ocorrem com o aluno no decorrer das interações (além das interações com o ambiente, as interações com o tutor também influenciam o estado do aluno). Akhras e Self (1996) colocam que o modelo do aluno descreve o conhecimento do estudante num domínio específico e é utilizado para que o ambiente adapte-se às características individuais do aluno. Em um modelo de aluno são armazenadas informações sobre o nível de conhecimento, objetivos, planos, capacidades, atitudes, conhecimentos e crenças do aluno, entre outros (Shiri, 1998).

Além das informações que podem ser coletadas pelo sistema para integrarem o modelo de aluno citadas anteriormente, o modelo pode ser complementado através da observação de características afetivas. A observação dos afetos e emoções ocorre no mundo físico através dos sentidos, do movimento visível através de gestos, posturas, das palavras e dos sons emitidos, dos olhares que depositamos em alguém ou em algo e dos comportamentos. As emoções são visíveis ou podem estar escondidas e quando visíveis podem ser observadas e estudadas. Mas, mesmo quando se medem alguns dos aspectos físicos e fisiológicos das emoções, como temperatura ou a pressão sanguínea de um agente biológico, não é possível reconhecer, com exatidão, as emoções presentes nele no dado instante. No caso específico de comportamentos, pode-se encontrar padrões de informação, associá-las a estados afetivos e intelectuais e representá-los em computador.

As correlações entre estados afetivos e suas expressões não estão absolutamente definidas apesar dos esforços de pesquisadores, mas com a melhoria da tecnologia no processamento (análise) de sinais, algumas características fisiológicas já podem ser consideradas como padrões para alguns estados emocionais. Entretanto, outras pesquisas afirmam que os padrões autonômicos somente variam em intensidade nas diversas emoções, e a diferenciação emocional não é física e sim cognitiva.

Apesar da forte ligação entre emoções e reações fisiológicas, as reações fisiológicas, sozinhas, não fornecem subsídios suficientes para identificar as emoções, e quase sempre estão associadas a aspectos comportamentais. Ou seja, nenhum dos aspectos sozinhos pode identificar qual a emoção possível. O uso de sinais fisiológicos aliado à informação expressiva e contextual é a melhor solução para aproximação de identificação do estado afetivo do agente biológico.

Uma das opções metodológicas para pesquisa permite cortes para investir-se com maior segurança em uma área escolhida. E, como a área de emoções é muito extensa e interdependente, a necessidade do corte se torna imperiosa. A opção de nossos estudos está no comportamento apresentado pelo aluno que pode ser observado em situações

específicas e do qual são extraídas informações para análise e inferência de possíveis estados afetivos de modo a subsidiar um sistema em sua práxis pedagógica. O corte que estabelecemos foi de estudar o comportamento entre ações do aluno e do sistema, sempre o sistema desejando melhor se adequar ao aluno no momento considerado.

Na avaliação de situações afetivas far-se-á uso da teoria da avaliação cognitiva de Ortony, Clore e Collins OCC (Ortony, 1999) do paradigma cognitivista de emoções, para a gerar as crenças de um agente pedagógico artificial sobre as emoções que possam ocorrer no aluno que está em aprendizagem.

O modelo OCC está baseado em três grupos: 1) eventos, 2) agentes e 3) objetos, que identificam o modo como indivíduos percebem o mundo, conforme já citado. Eventos são construções que indivíduos fazem sobre o que acontece (não são exatamente crenças e nem sempre estão relacionadas com as causas); agentes podem ser biológicos (animais ou humanos), artificiais, abstrações e objetos inanimados; os objetos dizem respeito a como o indivíduo vê, sente, percebe o objeto.

Essa classificação direciona a análise para geração ou para a identificação da emoção, isto é, ao focar-se nos eventos, agentes e objetos, o interesse está prioritariamente nas conseqüências, nas ações e nas propriedades, respectivamente. Ou de outra maneira, essa organização direciona o foco de interesse e determina a concepção das variáveis que regulam a intensidade da reação do indivíduo à situação tida como afetiva ou geradora de emoções. Uma das linhas centrais da OCC é a idéia de que emoções são reações valoradas e que a intensidade dessas reações afetivas é o fator determinante à geração da emoção no indivíduo.

Os três grupos formam linhas de raciocinar sobre e com emoções e são classificados em subgrupos. O grupo Objetos, que diz respeito às emoções que surgem das percepções do indivíduo sobre o objeto (aspectos como forma, cores, texturas...), como gostar, não gostar e, conforme os autores, inclui amor e ódio, pode ser considerado o mais simples. As emoções desse grupo são as que são determinadas por *atração* em relação ao objeto.

O segundo grupo – Eventos - como o próprio nome diz, relaciona emoções que são vistas como conseqüências de eventos. O terceiro grupo – Agentes - compreende as emoções com a propriedade de atribuição. Adicionalmente, um subgrupo é formado pela composição de subgrupos do eventos e de subgrupos de agentes, uma vez que tem por foco tanto a ação de um agente como seu “bem-estar”:

4. As ferramentas em desenvolvimento para a pesquisa

A pesquisa em desenvolvimento é experimental, de natureza exploratória, mas projeta a construção de Objetos de Aprendizagem, como suporte à experimentação. Os *Objetos de Aprendizagem* são componentes de software e a origem de sua implementação prática (aspectos tecnológicos) é oriunda do paradigma de orientação a objeto. Este paradigma, utilizado na programação de computadores, é a idéia básica por trás dos objetos de aprendizagem que podem ser usados em múltiplos contextos. Objetos de aprendizagem são distribuídos através da Internet e intranets, podendo ser disponibilizados simultaneamente para um considerável número de pessoas. Professores e projetistas de conteúdo podem construir pequenos componentes que podem ser utilizados inúmeras vezes em diferentes contextos de aprendizagem, podendo colaborar com novas versões, beneficiando-se de forma cooperativa (LTSC, 2003).



Para o suporte desta investigação estamos desenvolvendo um sistema de apoio ao ensino de algoritmos e de resolução de problemas para ser validado junto a alunos e professores. O sistema assim validado é a base para a avaliação qualitativa com sua aplicação em grupos experimentais através da observação e estudo de caso.

As características ou fatores em foco da pesquisa estão na ação do sistema através de sua atuação de táticas, estratégias e conteúdos expostos em qualquer formato (texto, áudio, vídeo, Realidade Virtual e suas combinações) e oriundas de diferentes fontes (banco de dados, internet, serviços, ...). A possibilidade de expor os conteúdos em qualquer formato será implementada utilizando-se métodos e técnicas de hipermídia adaptativa e a utilização de objetos de aprendizagem permitirá a diversidade de fontes, pois os mesmos poderão ser integrados ao ambiente.

O projeto atual está na busca de quais características de sistemas de apoio à construção de conhecimento são determinantes para a promoção da aprendizagem de futuros profissionais em computação. No caso específico de construção de algoritmos, a aprendizagem é baseada na resolução de problemas (*Problem Based Learning*). Através desta metodologia, os conteúdos são apresentados na forma de problemas e, cabe ao estudante, encontrar a melhor forma de solucioná-los, aplicando os conhecimentos que serão necessários no decorrer da sua vida profissional. Uma das características necessárias para a construção de conhecimento para o aprendizado de algoritmos envolve a curiosidade e necessidade de encontrar a melhor solução para um problema, resolvendo-o através de recursos computacionais.

Uma vez que a resolução de problemas envolve criatividade, competência em aplicar diferentes áreas de conhecimentos em formato de procedimentos, exige-se do aluno atenção e muito esforço em dominar sua sensação de fracasso, com provável baixa em sua auto-estima, quando ocorrem os fracassos de suas propostas de uma solução algorítmica para uma determinada tarefa ou problema.

5. Conclusões

Pouco tem sido produzido sobre resultados empíricos na relação de fatores afetivos na aprendizagem de construção de algoritmos. Verifica-se, entretanto, que os professores experientes no ensino de construção de algoritmos possuem premissas a respeito de como ajudar a aprendizagem dos futuros profissionais, mas são intuitivas, carecendo da verificação através de critérios mais formais. Estas pesquisas descritas se desenvolvem no sentido de diminuir essa lacuna existente.

Busca-se, então, com a realização deste trabalho, responder importantes questões a respeito do uso de artefatos digitais como apoio à aprendizagem de algoritmos, a partir da compreensão de eventos particulares, quando a investigação propiciará generalizações a respeito do uso de tecnologias digitais em educação.

6. Bibliografia

- ANDERSON, J.R. Rules of mind, 1993 Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.
- AKHRAS, F; SELF, J. From the Process of Instruction to the Process of Learning: Constructivist Implications for the Design of Intelligent Learning Environments. In: European Conference on Artificial Intelligence in Education. Lisboa, Portugal, Sep. 30-Oct. 2, 1996.

- BERCHT, Magda. Em direção a Agentes Pedagógicos com dimensões afetivas. Tese de Doutorado, PPGC, UFRGS, 2001.
- BRUSILOVSKY, Peter. Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia In: User Modelling and User Adapted Interaction, 1996, v. 6, n. 2-3, p. 87-129. Special Issue on Adaptive Hypertext and Hypermedia.
- DAMÁSIO, Antonio. O Erro de Decartes: Emoção, Razão e o Cérebro Humano. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.
- DELVAL, Juan. Introdução à Prática do MÉTODO CLÍNICO. Descobrimo o pensamento das crianças. ArtMed Editora, 2002
- FERREIRA, Luis de França. Condições para o Fazer e Compreender na Realidade Virtual. Tese de doutorado. Pós-Graduação em Informática na Educação. UFRGS. PortoAlegre, 2003.
- FLAVELL, John. A Psicologia do Desenvolvimento de Jean Piaget, Livraria Pioneira Editora, São Paulo, 1996.
- HOLMES,P.R. The teaching of Problem Solving. In: The American Mathematical Monthly, 1974,vol 82, no. 5, São Francisco.
- LEARNING Systems Architecture Lab. SCORM Best Practices Guide for Content Developers. Carnegie Mellon University. Disponível em: <http://www.lsal.cmu.edu/lisal/expertise/projects/developersguide/> acessado em 06/12/2004.
- LTSC. Learning technology standards committee website [On-line]. Disponível em: <http://ltsc.ieee.org/> , acessado em 06/12/2004.
- LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A. Pesquisa em Educação: Abordagens qualitativas, Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1986.
- NEWELL,A. Unified theories of cognition , Harvard University Press, Cambridge, MA
- MELLON, Carnegie. SCORM Best Practices for Content Developers. Learning Systems Laboratory. <http://www.lsal.cmu.edu/lisal/expertise/projects/developersguide/>, acessado em 10/12/2004.
- ORTONY, A; CLORE, G; COLLINS, A. The Cognitive Structure of Emotions. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. 207 p.
- PIAGET, Jean. Biologia e Conhecimento, Editora Vozes, Petrópolis, 1996.
- PIAGET, Jean. O Desenvolvimento do Pensamento, Equilibração das Estruturas Cognitivas, Publicações Dom Quixote, Lisboa, 1977.
- RANGEL, Ana Cristina Souza. Educação matemática e a construção do número pela criança: uma experiência em diferentes contextos sócio-econômicos, Artes Médicas, 1992.
- SHIRI, Mohammad E.; AIMEUR, Esmá; FRASSON, Claude. Student Modelling by Case Based Reasoning. In: Intelligent Tutoring Systems – ITS '98. San Antonio, Texas, August, 1998.
- TAYLOR, Robert. Teaching Programming to beginners. In: Proceedings of the 17th SIGCSE, 1977. Program in Computing and Education College, Columbia University, NY, pp.88-92.