

**Estado da Arte em
Ambientes de
Aprendizagem que
Consideram a Afetividade
do Aluno**

Patrícia Augustin Jaques
Rosa Maria Vicari

**Intelligent Learning
Environments that Consider
Student's Emotions**

Resumo: Este texto tem por objetivo apresentar o estado da arte em Ambientes Inteligentes de Aprendizagem que consideram a afetividade do aluno. Estes sistemas podem ser classificados em: (1) sistemas que inferem as emoções dos alunos; (2) sistemas que expressas emoções; e (3) sistemas que simulam emoções. Para cada tipo, são apresentadas as perspectivas adotadas pelos pesquisadores para a solução de problemas (por exemplo, que tipo de ferramentas computacionais devem ser utilizadas para reconhecer as emoções do usuário) e são descritos alguns trabalhos mais conhecidos como exemplos. Também é apresentado o background necessário para entender estes estudos que envolvem alguns conceitos dos campos de pesquisa de Inteligência Artificial, Informática na Educação e Interação Homem-Computador, bem como uma breve introdução sobre as principais teorias de emoções. Finalmente, este artigo apresenta alguns desafios e as principais dificuldades encontradas na pesquisa sobre afetividade em Ambientes Inteligentes de Aprendizagem e algumas idéias de novos trabalhos sobre o assunto.

Palavras-chave: Computação Afetiva, Ambientes Inteligentes de Aprendizagem, Agentes pedagógicos, Emoções em máquinas, emoções na interação homem-computador.

Abstract: This text aims to present the current state of the art of the e-learning systems that consider the student's affect. These systems can be divided in three main types: (1) systems that infer student's affective states; (2) systems that express emotions, and (3) systems that simulate emotions. For each type of system, it presents the perspectives adopted by the researchers for the solution of the problems (for example, which kind of tools we might use to recognize users emotions) and also some better-known works in order to exemplify. It also describes the necessary background to understand these studies that involves some concepts on Artificial Intelligence, Computer in Education, and Human-Computer Interaction research fields, as also a brief introduction on the main theories about emotion. The authors conclude the chapter by presenting challenges and the main difficulties of the research in affectivity in e-learning systems and ideas on some new work on the matter.

JQUES, Patrícia Augustin; VICARI, Rosa Maria. Estado da Arte em Ambientes Inteligentes de Aprendizagem que Consideram a Afetividade do Aluno. *Informática na Educação: teoria & prática*, Porto Alegre, v.8, n. 1, p. 15-37, jan./jun. 2005.

Keywords: Affective Computing, Intelligent Learning Environments, Pedagogical Agents, emotions in machines, emotions in human-computer interaction.

1 Introdução

A tradicional dicotomia entre razão e emoção existente na sociedade ocidental, herdada da visão dualista de Descartes sobre a mente e corpo, contribuiu para que pouca atenção fosse dada ao papel da afetividade na aprendizagem e em outras atividades cognitivas no século passado. Como acontecia nas aulas presenciais, os ambientes computacionais de aprendizagem consideravam somente as capacidades cognitivas do aluno e seu conhecimento a fim de tornar o ambiente educacional mais personalizado a ele.

Porém, recentes trabalhos de psicólogos e neurologistas têm destacado o importante papel da motivação e da afetividade em atividades cognitivas (Damásio, 1994; Izard, 1984). Psicólogos e pedagogos têm apontado a maneira como as emoções afetam a aprendizagem (Goleman, 1995; Piaget, 1989; Vygotsky, 1994). De acordo com Piaget (1989), o papel acelerador ou perturbador da afetividade na aprendizagem é incontestável. Ele afirma que uma boa parte dos estudantes que são fracos em matemática falha devido a um bloqueio afetivo. Os trabalhos de Izard (1984) mostram que emoções negativas induzidas prejudicam o desempenho em tarefas cognitivas, e emoções positivas têm um efeito contrário.

Devido a este importante papel da afetividade na aprendizagem, pesquisadores da área de Informática na Educação têm estudado técnicas de Inteligência Artificial a fim de tornar os ambientes computacionais de aprendizagem mais personalizados também aos estados afetivos do aluno.

O campo da Inteligência Artificial que pesquisa sobre emoção em computadores é

chamado de Computação Afetiva ("Affective Computing" em inglês). Picard (1997) define Computação Afetiva como "computação que está relacionada com, que surge de ou deliberadamente influencia emoções". O campo é dividido em dois ramos maiores de pesquisa. O primeiro estuda mecanismos para reconhecer emoções humanas ou expressar emoções por máquinas na interação homem-computador. O segundo ramo investiga a simulação de emoções em máquinas (síntese de emoções) a fim de descobrir mais sobre as emoções humanas e também construir robôs que pareçam mais reais. Na Figura 1 pode-se observar um esquema que ilustra estes dois ramos de pesquisa da Computação Afetiva.



Figura 1: Ramos de Pesquisa da Computação Afetiva

A pesquisa sobre emoção na área de Informática na Educação se situa principalmente no primeiro ramo da Computação Afetiva, pois está especialmente interessada em reconhecer emoções dos alunos e exibir emoções na interação entre tutor artificial e o estudante.

Para que o sistema possa se adaptar à afetividade do aluno, esse deve reconhecer as emoções do aluno. Por exemplo, quando o aluno encontra-se frustrado com sua performance, ele provavelmente irá abandonar a tarefa que está sendo realizada. O sistema precisa saber quando o aluno está frustrado a fim de encorajá-lo a continuar estudando e a realizar as suas atividades. Assim, é necessário também que o ambiente tenha, além de

um modelo cognitivo do aluno, um modelo afetivo que considere o histórico afetivo do aluno: todas as emoções que ele sentiu enquanto usou o ambiente educacional.

Os sistemas educacionais podem expressar emoções, assim como professores empáticos fazem na vida real. Quando eles são capazes de exibir emoções, eles podem motivar e engajar o estudante no seu aprendizado, tornar o aprendizado mais divertido e promover emoções positivas no aluno, o qual acredita-se que promove um melhor aprendizado (Coles, 1998; Izard, 1984). Para transmitir emoções, esses ambientes educacionais são implementados como agentes pedagógicos animados. Os agentes pedagógicos animados são agentes de software que tem um papel pedagógico de facilitar e aperfeiçoar a aprendizagem do aluno e que são representados por um personagem animado. Desta maneira, esses agentes usam recursos de multimídia para fornecer ao usuário um personagem animado com características semelhantes daquelas de seres vivos inteligentes. Quando projetados para interagir afetivamente com o aluno, estes agentes exibem comportamentos emotivos que são compostos por animações do personagem animado. Em tais casos, o agente escolhe o seu comportamento de uma biblioteca de comportamentos físicos (animações do agente) e verbais (fala do agente), ou ele pode gerá-lo dinamicamente a partir de algoritmos gráficos 3D.

Vários pesquisadores acreditam que para um agente exibir comportamento coerente ele deve ser constituído de modelo de emoções, o qual Picard (1997) se refere como "síntese de emoções" ("Emotion Synthesis" em inglês). Nestes casos, o agente possui uma arquitetura que o permite analisar as situações e eventos do ambiente com algumas

heurísticas que são baseadas no modelo de emoções humanas. Mas a escolha da implementação de uma arquitetura de emoções precisa ser bem justificada, pois o processo de síntese de emoções torna o sistema substancialmente mais complexo.

Neste artigo, primeiramente, na seção 2, é apresentada uma introdução sobre emoções e afetividade. Para implementar ambientes educacionais que são capazes de reconhecer, expressar e simular emoções, é necessário conhecer as principais teorias sobre emoções, o que é emoção e também os principais modelos psicológicos de emoções que são usados pelos trabalhos de Computação Afetiva. Posteriormente, na seção 3, é introduzida a apresentação do atual estado da arte sobre afetividade em Ambientes Inteligentes de Aprendizagem. Esta seção é dividida em três partes de acordo com os principais interesses de pesquisa da comunidade científica: (1) inferência dos estados afetivos do aluno; (2) expressão de emoções por máquinas; e (3) simulação de emoções em máquinas. Em cada sub-seção são apresentadas as perspectivas adotadas pelos pesquisadores para a solução de problemas (por exemplo, que tipo de ferramentas podem ser utilizadas para reconhecer emoções do aluno) e descritos alguns trabalhos mais conhecidos como exemplos. Serão também apresentados o *background* necessário para entender estes trabalhos, que envolve conceitos das áreas de Inteligência Artificial, Informática na Educação e Interação Homem-Computador. Na conclusão, são apresentadas algumas considerações sobre o atual estado da arte, desafios e as principais dificuldades da pesquisa sobre afetividade em Ambientes Inteligentes de Aprendizagem. O artigo é finalizado com a apresentação de algumas idéias de trabalhos inéditos sobre o tema.

2 Entendendo emoções

A fim de melhor compreender os trabalhos sobre afetividade e emoções em sistemas inteligentes de aprendizagem, é necessário primeiramente compreender o que são emoções, humor, motivação e estados afetivos. Estas noções são apresentadas nesta seção. É também introduzido um breve histórico da pesquisa psicológica sobre emoções que ajudará a compreender as investigações atuais sobre emoção.

2.1 O que são emoções, humor e motivação?

Embora o termo "emoção" seja usado popularmente para muitos fenômenos de ordem afetiva, esses fenômenos devem ser denominados pelo termo genérico "estado afetivo". Um estado afetivo pode ser visto como um termo mais abrangente, o qual inclui outros estados além das emoções, como, por exemplo, o humor (Scherer, 2000; Fridja, 1994). Emoções e humor são dois tipos principais de estados afetivos, que são levados em consideração em ambientes educacionais.

De acordo com Scherer (2000), emoção é um episódio relativamente breve de resposta sincronizada para a maioria ou todos os seres vivos, para a avaliação de um evento interno ou externo, como sendo de maior importância. Alguns exemplos de emoções são: raiva, tristeza, alegria, medo, desespero e vergonha. Ortony, Clore e Collins (1988) propõem uma definição similar, porém mais precisa, para emoções. De acordo com eles, emoções são reações com valência a eventos, agentes ou objetos, cuja natureza particular é determinada pela maneira que a situação disparadora é construída. De acordo com esta definição,

surpresa não é uma emoção, pois ela não tem uma valência. Fridja (1994) considera que uma emoção é um estado mental intencional, porque é direcionada a um objeto, seu objeto intencional. Por exemplo: eu estou com raiva de John, mas eu admiro Nicolas.

Um outro tipo de estado afetivo é o humor. Ele é um estado afetivo difuso, que consiste em mudanças no sentimento subjetivo, possui baixa intensidade, mas longa duração, e não tem causa aparente (Scherer, 2000). Alguns exemplos de humor são: irritado, deprimido, chateado e nervoso. Fridja (1994) considera que o humor difere das emoções mais fortemente em não possuir um objeto intencional. Sua causa é tipicamente conceitual ou avaliativa (coisas não estão indo muito bem).

Como pode ser observado, cientistas tentam diferenciar emoções de outros estados afetivos, entretanto, não há uma definição única e clara para emoção. A emoção, a qual tem sido bem estudada, é diferenciada dos outros estados afetivos através de algumas de suas características, tais como resposta breve, resultado de uma avaliação de um evento e outros, como explicado previamente.

Os trabalhos em afetividade e educação têm também considerado a motivação do aluno. Motivação do estudante tem a ver com o seu desejo de participar no processo de aprendizagem (Ames, 1990). De acordo com Ames (1990), estudantes podem ter motivação intrínseca ou extrínseca, a qual determinam as razões pelas quais os estudantes se interessam por aprender.

Estudantes que são motivados intrinsecamente são orientados a desenvolver novas habilidades, tentar entender seu trabalho, melhorar seu nível de competência e aprender novas coisas (Ames, 1990). "Eles resolvem uma

atividade pelo prazer que esta lhes traz, pelo aprendizado que ela lhes permite, ou pelo sentimento de realização que ela invoca." (Lepper, 1988). Estes indivíduos fazem um grande esforço para aprender alguma coisa nova ou quando eles se confrontam com tarefas desafiantes. Quando eles experimentam dificuldades, eles aumentam seus esforços, porque eles acreditam que tentativas são necessárias para o sucesso e a realização (Meece e Mccolskey, 2001).

Quando os estudantes são motivados extrinsecamente, eles acreditam que o desempenho é importante e querem mostrar que possuem habilidades (Ames, 1990). Eles se sentem bem sucedidos quando agradam o professor, os pais, ou apresentam melhores resultados do que seus colegas, ao invés de quando eles realmente aprendem alguma coisa nova. Quando estes alunos se confrontam com dificuldades, eles não aumentam seus esforços, porque isso demonstra falta de habilidade de acordo com seu ponto de vista. Eles representam aqueles estudantes que são primeiramente motivados por fatores extrínsecos (notas, aprovação dos pais, etc...).

Alguns pesquisadores sugerem que o melhor aprendizado ocorre quando motivação intrínseca (aprender porque é interessante e útil) é enfatizada em relação a motivadores extrínsecos (aprender porque estará na prova) (Meece e Mccolskey, 2001). Quando motivados intrinsecamente, os alunos tendem a empregar estratégias que demandam maior esforço e que lhes permite processar informação mais profundamente (Lepper, 1988). Além disso, estudantes que são orientados intrinsecamente tendem a se implicar em tarefas mais desafiadoras, persistem mais tempo em uma atividade, aceitam de melhor maneira as suas falhas e usam melhores estratégias de apren-

dizagem (Meece e Mccolskey, 2001).

Em estudos iniciais, a motivação era vista como traço de personalidade, como uma coisa que pessoas tinham em alto ou baixo grau, uma parte dependente da natureza genética e nas experiências infantis (Meece e Mccolskey, 2001). Entretanto, hoje em dia, os pesquisadores acreditam que a motivação é sensível ao contexto e que pode ser alimentada em sala de aula. Desta maneira, muitos trabalhos têm sido desenvolvidos no sentido de também promover a motivação do aluno em ambientes computacionais de aprendizagem (del Soldato e de Boulay, 1995; Bercht e Viccari, 2000; de Vicente e Pain, 2002). Alguns destes trabalhos são descritos nas próximas seções.

2.2 As funções da emoção

Uma importante questão relacionada às emoções é "quais são as funções da emoção?". Qual é o seu papel em nossas vidas?

Darwin (1965) foi um dos primeiros cientistas a estudar as emoções. Em seus estudos, que foram publicados no livro "A expressão de emoções no homem e em animais", ele apontou duas funções principais para a emoção: sobrevivência de espécies e comunicação social.

Em relação à primeira função, a adaptação do comportamento dos seres vivos ao seu meio se deve em grande parte ao sistema emocional. As emoções excitam a reação comportamental e a recepção de estímulos. Na presença de estímulos, elas substituem modos de comportamentos mais flexíveis por reação, modelos de reflexo e mecanismos de instinto (Scherer, 1989). A psicologia

evolucionária acredita que isso acontece pelo fato de que o ser humano tem circuitos de emoção inatos que refletem situações de sobrevivência enfrentadas por homens pré-históricos (Clore e Ortony, 1999). Talvez o medo surgiu devido a cobras e cães predatórios; e a raiva pode ter aparecido quando alguém teve sua comida roubada. Na pré-história, indivíduos que responderam a estas situações com inclinações e sentimentos particulares sobreviveram e passaram suas tendências. Emoções negativas assinalam a aversão ou dor e promovem reações de evitar a situação, enquanto que as emoções positivas constituem sinal de sucesso e recompensa (Scherer, 1989).

Em segundo, as emoções, principalmente a expressão de emoções através de expressões faciais, têm tido um papel de comunicação não-verbal (Darwin, 1965). As expressões faciais de outra pessoa são sempre a base pelo qual se forma impressões significativas, tais como *status*, se a pessoa é amigável e confiável.

2.3 As diferentes teorias de emoções

Para entender melhor a pesquisa atual sobre emoções é necessário entender o desenvolvimento histórico dos estudos sobre emoção. Desta maneira, esta seção apresenta um sumário sobre o caminho histórico traçado pelos modelos psicológicos de emoções¹.

Um dos primeiros estudos sobre emoção foi realizado por Platão por volta de 430 a.c. Platão sugeriu que a alma é uma estrutura com 3 partes: cognição, emoção e motivação. Quinze anos mais tarde, Aristóteles questionou essa divisão e sugeriu a interação entre os diferentes componentes.

Por volta de 1600, Descartes insistiu na visão dualista que separa a mente do corpo e do cérebro (Damásio, 1994). De acordo com a concepção de Descartes, a alma racional, uma entidade distinta do corpo, faz contato com o corpo através da glândula pineal do cérebro. Descartes escolheu a glândula pineal porque ela pareceu ser para ele o único órgão do cérebro que não era bilateralmente duplicado e porque ele acreditou, erradamente, que era unicamente humano (Wozniak, 1992). Descartes levou à fundação do debate mente-corpo sobre o relacionamento entre fenômenos mentais e corporais. Apenas recentemente, os teóricos têm ligado a avaliação de eventos a padrões estáveis de respostas adaptativas no sistema nervoso, somático, periférico e central nos seres humanos.

Darwin (1965) estudou principalmente a expressão de emoções na face, corpo e voz. Nos seus estudos ele verificou que fenômenos emocionais, particularmente a expressão, pode ser encontrados em diferentes culturas. Como apontado por Darwin e mais recentemente por Ekman (1999), parece existir um conjunto de expressões faciais emocionais que são universais, isto é, que representam a mesma emoção em diferentes culturas. Essa constatação levou ao surgimento da teoria das emoções básicas. Os teóricos que seguem esse modelo, Ekman (1999) e Izard (1984) por exemplo, acreditam na existência de um conjunto de emoções básicas tais como raiva, alegria e tristeza.

Existem diferentes critérios para classificar uma emoção como básica. Alguns cientistas, como Ekman (1994), acreditam que durante o curso da evolução um número maior de estratégias emocionais adaptativas se desenvolveu. Estas estratégias consistem de 7 a 14 emoções básicas, cada uma com suas

próprias condições de disparo e seus padrões específicos de reação comportamental, expressiva e fisiológica. Outros baseiam a idéia de emoções básicas na evidencia empírica da universalidade de padrões de expressões faciais e condições de disparo das emoções.

Atualmente o modelo de emoções básicas tem recebido críticas (Ortony et al., 1988; Averill, 1994). De acordo com estes pesquisadores, este modelo é vago. Ortony, Clore e Collins (1988) atestam que a maior fraqueza deste modelo é a maneira pela qual as emoções básicas estão supostamente relacionadas a outras emoções não básicas: as outras emoções são uma mistura dessas emoções básicas. Existem algumas emoções as quais é irracional dizer que são compostas por outras. Por exemplo, o modelo OCC (ver seção 2.4.1) mostra que a emoção reprovação não pode ser vista como composta da emoção raiva, como a teoria das emoções básicas acredita. Uma outra dificuldade está em não existir nenhum consenso para classificar as emoções como básicas. Existem muitas abordagens e muita confusão porque existem muitas maneiras de classificar uma emoção como básica.

William James (1884), psicólogo e filósofo norte-americano, acreditava que a emoção é a percepção de mudanças corporais. Isso significa que a emoção é o resultado de uma reação corporal a um evento. Uma pessoa tem uma emoção porque percebe mudanças corporais. De acordo com ele, uma emoção possui um padrão único de mudanças fisiológicas, do esqueleto e dos músculos, já que a nossa experiência de emoção é função direta do *feedback* do corpo. Há pouca evidência do postulado de James, pois existem diferentes padrões de respostas para certas emoções. De acordo com Ortony e colegas (1988, p. 11), "o problema em concentrar no comportamento

quando considerar as emoções é que o mesmo comportamento pode resultar em diferentes emoções (ou nenhuma emoção), e diferentes comportamentos podem resultar na mesma emoção".

O foco atual da psicologia das emoções é principalmente o disparo de emoções através de uma avaliação precedente. As emoções são disparadas por uma avaliação cognitiva de situações e eventos antecedentes e o padrão de reação nos diferentes domínios de resposta (fisiologia, sensações e tendência à ação) é determinado pelo resultado dessa avaliação. Os psicólogos cognitivistas estão interessados na avaliação cognitiva e nos eventos que disparam as emoções. Esta abordagem, a qual é conhecida como abordagem cognitiva das emoções, tem influenciado vários trabalhos em computação afetiva.

2.4 A abordagem cognitiva da emoção

Os psicólogos cognitivistas da emoção focam seus estudos principalmente no processo de "*appraisal*". De acordo com Scherer (1999), a idéia central é que as emoções são disparadas e diferenciadas por uma avaliação subjetiva de um evento, situação ou objeto. Esta avaliação cognitiva realizada pela pessoa é chamada de *appraisal*. Por exemplo, Nicolas e Rafael estão assistindo um jogo de futebol onde seus times favoritos estão jogando. O time do Rafael vence (evento). O *appraisal* do Nicolas é de que um evento indesejável aconteceu: seu time perdeu. Ele está triste. Para Rafael o *appraisal* da mesma situação é que o evento é desejável e ele fica alegre.

Então, ao contrário do que Descartes pensava, emoção e razão não estão desconectadas. Na verdade, emoções reque-

rem processos cognitivos para gerar ou recuperar preferências e significados. As emoções são ativadas pela interpretação de um indivíduo em relação aos aspectos irritantes ou alegres de um evento, o *appraisal*. É o *appraisal*, um processo cognitivo, que dispara as emoções.

Baseada nesta abordagem cognitiva das emoções existe uma teoria de emoções, o modelo OCC (Ortony et al., 1988), que tem sido bastante usada para reconhecimento de emoções do usuário em sistemas computacionais e para implementação de emoções em máquina. Esta teoria é descrita na próxima seção.

2.4.1 O Modelo OCC

Ortony, Clore e Collins (1988) construíram uma teoria baseada na abordagem cognitiva da emoção, que explica a origem das emoções descrevendo os processos cognitivos que ativam cada uma delas. Por exemplo, a esperança aparece quando uma pessoa desenvolve a expectativa de que algum evento bom irá acontecer no futuro. Esta teoria resulta em um modelo psicológico que explica a origem de 22 tipos de emoções. Este modelo é chamado de OCC devido às letras iniciais dos sobrenomes dos autores.

De acordo com a abordagem cognitiva das emoções, emoções aparecem como resultado de um processo de avaliação chamado de *appraisal*. O modelo OCC assume que as emoções podem surgir a partir da avaliação de três aspectos do mundo: eventos, agentes e objetos. Eventos são a maneira pela qual as pessoas percebem as coisas que acontecem. Agentes podem ser pessoas, animais, objetos inanimados ou abstrações como institui-

ções. Objetos são coisas vistas como objetos inanimados. Há três tipos de estruturas de valores que fundamentam as percepções de bom ou ruim: objetivos, padrões ou atitudes. Os eventos são avaliados de acordo com a sua desejabilidade, ou seja, se eles promovem ou impedem os objetivos e preferências de alguém. As ações de um agente são avaliadas de acordo com a sua obediência a normas e padrões morais, sociais, comportamentais. Finalmente, objetos são avaliados como atraentes de acordo com a compatibilidade de seus atributos aos gostos de alguém.

A ativação da emoção depende da percepção do mundo de uma pessoa – sua interpretação (“*construal*” em inglês). Se uma emoção de tristeza é uma reação a um evento indesejável, esse evento deve ser interpretado como indesejável. Retomando o exemplo em que Rafael e Nicolas estavam assistindo seus times favoritos de futebol jogarem. O evento é o mesmo, mas Rafael interpretou o evento como desejável e Nicolas como indesejável.

Os autores acreditam que uma vez implementado em máquina, esse modelo pode ajudar a entender quais emoções as pessoas experimentam sob quais condições. De acordo com os autores, não é o objetivo deste modelo implementar máquinas com emoções, mas prever e explicar cognições humanas (para reconhecimento de emoção). Por outro lado, Picard (1997) acredita que o modelo OCC pode ser usado para síntese de emoções. Este modelo é então usado para reconhecimento de emoções do usuário em ambientes computacionais e para implementar emoções em máquinas, como será apresentado na seção 3.

2.5 Ponto de vista pedagógico: Afetividade e Motivação na Aprendizagem

Alguns psicólogos e pedagogos, tais como Piaget (1989), Vygotsky (1994), Goleman (1995), Vail (1994) e John-Steiner (2000), têm destacado o papel importante da motivação e da afetividade na aprendizagem. Segundo Piaget (1989), é incontestável o papel perturbador ou acelerador da afetividade na aprendizagem. Ele coloca que boa parte dos estudantes que são fracos em matemática falha devido a um bloqueio afetivo. Goleman (1995) tem apontado a maneira pela qual os distúrbios emocionais afetam a vida mental. Ele chama a atenção para a idéia bem conhecida de que alunos deprimidos, mal-humorados e ansiosos encontram maior dificuldade em aprender.

Os trabalhos de Izard (1984) mostram que emoções negativas induzidas no estudante costumam prejudicar o seu desempenho em tarefas cognitivas e emoções positivas possuem um efeito contrário. Coles (1998) chama atenção para os estudos realizados por Masters, Barden e Ford o qual mostraram que induzindo um humor triste em uma criança aumenta o tempo que ela leva para realizar uma tarefa e também aumenta o número de erros. A mesma pesquisa mostrou que resultados contrários foram alcançados quando foi induzida alegria. Coles também destacou o trabalho de Tanis e Bryan que mostraram que crianças identificadas como em risco na escola completaram exercícios de matemática mais precisamente quando em emoções positivas induzidas.

Um outro fator fundamental à aprendizagem é a motivação. Enquanto motivados, os alunos buscam encontrar resposta aos seus

problemas e satisfazer suas necessidades. Para Vygotsky, a motivação é a razão da ação. É a motivação que impulsiona as necessidades, interesses, desejos e atitudes particulares dos sujeitos:

The thought has its origin in the sphere of consciousness, a sphere that includes our inclinations and needs, our interests and impulses, and our affect and emotions. The affective and volitional tendency stands behind thought. Only here do we find the answer to the final 'why' in the analysis of thinking. (Vygotsky, 1962, p. 282)

No que se refere ao papel da afetividade na aprendizagem, Vygotsky propõe a unidade entre os processos intelectuais, evolutivos e afetivos. Segundo ele, o afeto não pode ser dissociado da cognição:

"When we approach the problem of the interrelation between thought and language and other aspects of mind, the first question that arises is that of intellect and affect. Their separation as subjects of study is a major weakness of traditional psychology, since it makes the thought process appear as an autonomous flow of 'thoughts thinking themselves' segregated from the fullness of life, from personal needs and interests, the inclinations and impulses of the thinker." (Vygotsky, 1962, p.10)

Em uma de suas últimas publicações (Vygotsky, 1994), Vygotsky apresenta um novo conceito introduzindo afetividade na aprendizagem: *perezhivanie*. O desenvolvimento de uma criança depende da maneira que a criança experimenta uma situação no ambiente, isto é "como uma criança se torna consciente de, interpreta, e emocionalmente se relaciona com um certo evento" (Vygotsky, 1994, p. 341), na qual Vygotsky chamou de *perizhivanie*. Neste trabalho ele apontou o importante papel da emoção no desenvolvimento infantil.

Coles (1998) considera que como um professor pode contribuir para o desenvolvimento das habilidades cognitivas do aluno, ele também pode assistir no desenvolvimento emocional da criança através de instrução e suporte. Como Coles aponta:

"Fear of failure may be changed to feelings of self-confidence; motivation may change from low to high; intellectual insecurity may become confidence in one's intelligence. These transformations can occur through a teacher's 'scaffolding' and guidance in the formation of new emotional states a learner can achieve and sustain by him- or herself."

3 Considerando as Emoções dos Estudantes em Ambientes Inteligentes de Aprendizagem

Como já comentado nas seções anteriores, psicólogos e pedagogos têm apontado como as emoções podem interferir positivamente (quando o aluno está motivado e sentindo emoções positivas) e negativamente (quando o aluno está mal-humorado e deprimido por exemplo) na aprendizagem de um aluno. Dessa maneira, os pesquisadores de informática na educação acreditam que os ambientes educacionais seriam mais pedagogicamente efetivos se eles tivessem mecanismos para mostrar e reconhecer emoções do aluno. Como professores empáticos se comportam em sala de aula, esses ambientes pedagógicos deveriam observar o aluno, tentar reconhecer as suas emoções e responder afetivamente a ele, dando suporte emocional e o motivando e o encorajando.

Para responder apropriadamente ao aluno, o ambiente educacional deve interpretar de

maneira apropriada as emoções do aluno. Por exemplo, supõe-se que o aluno encontre dificuldades para a realização de um exercício porque ele se encontra ansioso. Se o sistema interpreta de maneira errada o estado afetivo do aluno, ele pode mostrar um comportamento que tornará o aluno ainda mais ansioso, ao invés de ajudá-lo. Desta maneira o sistema deve ser capaz de inferir as emoções do aluno e possuir, além de um modelo cognitivo do aluno, **um modelo afetivo** que considere os seus estados afetivos.

Devido à tendência humana de antropomorfizar software, recentes estudos têm mostrado que sistemas educacionais compostos por agentes pedagógicos animados são mais efetivos pedagogicamente (Lester et al., 1997c) e possuem um forte efeito motivacional no aluno (Lester et al., 1997b) devido a sua capacidade de expressar emoções. Como alguns trabalhos de desenhistas de histórias em quadrinhos demonstram, o impacto dramático na comunicação, também como a qualidade, podem ser aumentados através da criação de movimentos emotivos que comunicam o conteúdo afetivo da mensagem (Johnson et al., 2000b). Além disso, o uso de emoções torna possível transmitir mais entusiasmo ao conteúdo a ser aprendido e, então, estimula a vontade de aprender (Elliot et al., 1999).

Alguns pesquisadores (Bates, 1994; Reilly e Bates, 1992) acreditam que tais agentes pedagógicos animados iriam interagir de uma maneira mais real com o aluno se eles possuíssem uma arquitetura interna de emoções, se eles se comportassem como se tivessem as suas próprias emoções. Neste caso, o agente tem uma arquitetura computacional que o permite analisar as situações e eventos do ambiente com algumas heurísticas que são baseadas no modelo humano de emoções.

Pode-se observar que os trabalhos em afetividade em Ambientes Inteligentes de Aprendizagem podem ser classificados em três grupos principais de acordo com os seus interesses de pesquisa: (1) reconhecimento das emoções do usuário, (2) expressão de emoções, e (3) síntese de emoções. Nas próximas sub-seções serão descritas as principais técnicas usadas por estes trabalhos para reconhecer, expressar e simular emoções.

3.1 Reconhecendo e modelando as emoções do aluno

Atualmente, observa-se quatro principais modos de reconhecimento das emoções do usuário: (1) voz (prosódia) (Kopecek, 2000; Tcherkassof, 1999); (2) comportamento observável, isto é, as ações do usuário na interface do sistema (por exemplo, opções escolhidas e velocidade de digitação) (Bercht e Viccari, 2000; Martinho et al., 2000; de Vicente e Pain, 2002; Jaques et al., 2004a; 2004b); (3) expressões faciais (Ekman, 1999; Wehrle e Kaiser, 2000); e (4) sinais fisiológicos (batimentos cardíacos, eletromiograma – tensão muscular, condutividade da pele, respiração) (Picard et al., 2001). Figura 2 ilustra esses mecanismos.

Trabalhando com reconhecimento através de sinais fisiológicos, Rosalind Picard do MIT media lab¹ alcançou bons resultados com o reconhecimento de oito emoções (neutro, raiva, ódio, tristeza, amor platônico, amor romântico, alegria e veneração) com uma taxa de sucesso de 81% (Picard, 2000). Estes resultados foram obtidos através de testes realizados com uma pessoa no curso de vinte dias, espalhados em 5 semanas. Os sinais usados foram: batimento cardíaco, eletromiograma,

condutividade da pele e respiração.

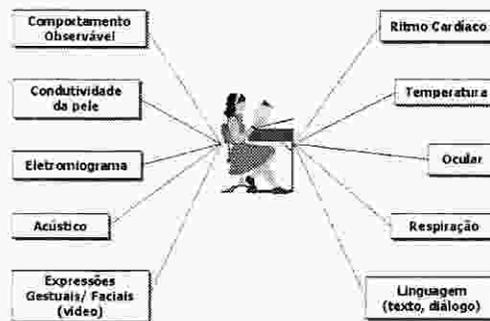


Figura 2: Mecanismos auxiliares no reconhecimento das emoções do usuário

Geralmente, estes mecanismos de reconhecimento, como, por exemplo, reconhecimento por expressões faciais, são compostas por um hardware que detecta os sinais fisiológicos e um software que é responsável por decodificar a informação enviada pelo equipamento. Por exemplo, Wehrle and Kaiser (2000) registraram em vídeo as expressões faciais de usuário enquanto jogando e usaram o software FEAT para automaticamente analisar o comportamento facial gravado.

Pode-se reconhecer as emoções do aluno apenas analisando as suas expressões faciais ou sua voz, mas, geralmente, os sensores fisiológicos não são usados como mecanismos isolados para inferir as emoções do aluno. Visto que eles apenas fornecem apenas algumas evidências sobre o “arousal” (excitamento), valência e outras informações sobre emoções, eles são usados como mecanismos auxiliares para inferir emoções mais precisamente, ou em conjunto. Alguns exemplos de indícios detectados por esses sensores fisiológicos são (Conati, 2002; Picard, 1997):

nhcimento provem da combinação de várias modalidades e incluindo não somente sinais de inferência de baixo nível, mas também raciocínio em alto nível sobre a situação (como explicamos no parágrafo anterior).

Para o sistema responder apropriadamente ao usuário, além de reconhecer as suas emoções, ele deve possuir um modelo afetivo do aluno, o qual é chamado de "modelo de aluno afetivo" ("Affective User Modelling" em inglês - AUM). Elliot e seus colegas (1999) definem AUM como a capacidade do sistema computacional modelar os estados afetivos do usuário. O modelo afetivo do usuário deve ser dinâmico o suficiente para considerar as mudanças no estados emocionais, já que emoções são vistas como um processo dinâmico o qual acontece na forma de episódios delimitados no tempo (Bercht e Vicari, 2000).

Um dos primeiros trabalhos que propôs a integração de modelo afetivo de aluno em um ambiente educacional foi o desenvolvido por Elliot e seus colegas (1999). Ele apresenta o uso do Affective Reasoner (baseado na teoria de OCC e descrito na seção 3.3.1) no ambiente pedagógico Design-a-Plant do agente Herman (Lester e Stone, 1997) para modelar emoções do estudante. Mas o modelo não foi implementado e eles não mostram como identificar os objetivos do estudante, o que é necessário para inferir emoções de acordo com o modelo OCC. Os autores assumem que os objetivos e as preferências do usuário que são necessários para definir o resultado do *appraisal* são conhecidos.

Conati e Zhou (2002) propõem um modelo probabilístico para inferir emoções do estudante em um jogo educacional. O modelo é implementado com redes dinâmicas de deci-

são (DDNs) que são uma extensão das redes bayesianas. O modelo considera seis emoções (alegria, aflição, orgulho, vergonha, admiração, e reprovação) que são inferidas de acordo com o modelo OCC. O modelo contém variáveis que representam os objetivos do estudante, variáveis de decisão que representam as ações do agente (que indicam pontos que o agente tem que se decidir e como intervir) e uma classe de nós *Goals_Satisfied* que representa a desejabilidade de um evento. Os objetivos são inferidos pela personalidade do estudante (é usado o modelo Five-Factor de personalidade) e pelo modo como os estudantes jogam (por exemplo, os estudantes que têm o objetivo *have_fun* tendem a se mover mais rapidamente no jogo). A fim de determinar os possíveis objetivos do estudante, foi apresentado um questionário para 23 estudantes que estavam sob observação durante o jogo. O modelo faz também a distinção entre emoções de si próprio (do aluno) e emoções para com o agente (como as emoções admiração e reprovação). As emoções do estudante em relação a um parceiro no jogo não foram implementadas ainda. O DDN e as redes bayesianas provaram ser uma ferramenta poderosa para modelar emoções, pois permite representar explicitamente as dependências probabilísticas entre as causas, os efeitos e os estados emocionais, o que possibilita determinar as emoções do estudante com mais exatidão nas situações que o usuário experimenta uma grande variedade das emoções. Por outro lado, é difícil definir as probabilidades prévias e condicionais que são necessárias em redes bayesianas (Conati, 2002).

Vicente e Pain (2002) modelaram o estado motivacional do aluno baseado em fatores tais como controle, desafio, independência, fantasia, confiança, interesse sensorial,

- a) A condutividade da pele é um bom indicador do nível de *arousal*;
- b) Os batimentos cardíacos aumentam na presença de emoções com valência negativa.

As emoções também podem ser inferidas a partir do comportamento observável do aluno, isto é, das ações do aluno na interface do ambiente educacional. Alguns exemplos de comportamento observável são: tempo para realizar um exercício, sucesso ou falha na realização de tarefas, pedido de ajuda ou negação de uma ajuda, etc. Neste caso, o sistema deve realizar um processamento sobre uma situação geradora de emoção e tentar inferir as emoções do usuário usando um modelo psicológico de emoções. Geralmente, o sistema infere a emoção do aluno usando um modelo psicológico cognitivo de emoções, principalmente o modelo OCC. A idéia é usar a informação fornecida pelo modelo psicológico para construir uma interpretação de uma situação do ponto de vista do usuário e raciocinar sobre qual emoção esta interpretação leva. Por exemplo, para inferir a emoção feliz de acordo com o modelo OCC, o sistema raciocina sobre o aspecto desejável de um evento em relação aos objetivos do aluno. Se o aluno tem o objetivo de agradar os pais, obter uma nota boa em um exercício é um evento desejável (situação) já que ele promove seus objetivos e, desta maneira, dispara emoções positivas como felicidade.

De acordo com Paiva (2000), embora estes mecanismos para reconhecimento das emoções se diferem já que eles captam diferentes expressões de emoções, eles podem ser vistos como complementares e parte de um sistema sensorial afetivo multi-modal maior. Picard (1997) acredita que o melhor reco-

interesse cognitivo, esforço e satisfação, que são capturados através do comportamento observável do aluno. Para determinar que ações são indicações de fatores afetivos, eles observaram interações gravadas no MOODS, um ambiente computacional de aprendizagem (de Vicente e Pain, 1999).

Martinho e outros (2000) propuseram um modelo de usuário afetivo para o jogo colaborativo Teatrix. Neste jogo, as crianças colaboram umas com as outras para criar uma história. Cada criança controla um personagem selecionando uma ação para ele executar a partir de uma lista. O modelo afetivo é dividido em duas partes: (1) o perfil emocional do aluno contém a informação sobre a resistência do usuário para sentir uma emoção e quanto tempo ela dura; e (2) as emoções que ele sente de acordo com o modelo OCC.

Bercht e Vicari (2001) definiram um modelo afetivo dinâmico baseado em uma abordagem Belief-Desire-Intention - BDI (Georgeff et al., 1999) que considera os fatores auto-confiança, independência e esforço para detectar o estado motivacional do aluno. O reconhecimento da motivação do aluno por esses fatores é baseado no trabalho de del Soldato e de Boulay (1995).

3.2 A Expressão de Emoções em Máquinas

Devido ao aspecto motivacional dos personagens animados, vários grupos de pesquisa têm enriquecido a interface dos seus programas com personagens que exibem expressões faciais e corporais (André et al., 1999; Johnson et al., 2000a; Lester et al., 1997c; Paiva e Machado, 1998). Na Informática na Educação, alguns trabalhos usam agentes representados por personagens animados para a apresentação de conteúdo pedagógico para

o aluno, fazendo demonstrações, com o objetivo de engajar o aluno e motivá-lo (Abou-Jaoude e Frasson, 1998; Elliot et al., 1999; Paiva et al., 1999). Estes agentes são conhecidos como Agentes Pedagógicos Animados.

3.2.1 Agentes em Ambientes Inteligentes de Aprendizagem

Atualmente, pode-se observar que muitos sistemas educacionais tem sido implementados como agentes. De acordo com Shoam (1997), um agente de software é uma entidade que funciona autônoma e continuamente em um ambiente particular sempre habitado por outros agentes e processos. O termo autonomia não é muito exato e é usado no senso que o agente realiza suas tarefas sem a constante intervenção de um humano.

Os agentes inteligentes que têm um papel educacional ou pedagógico para facilitar ou aperfeiçoar a aprendizagem do aluno são chamados de Agentes Pedagógicos (Gürer, 1998). Estes agentes podem ser modelados como (1) agentes cooperativos que trabalham em *background* como parte da arquitetura de um sistema educacional, ou (2) agentes pedagógicos animados que interagem com o usuário.

No primeiro caso, os ambientes de aprendizagem são modelados e implementados de acordo com uma abordagem multiagente (uma sociedade de agentes que se comunicam entre si), onde cada agente tem uma função específica no sistema. Estes agentes agem em *background*. Eles são transparentes ao usuário e trocam informação a fim de realizar ações que sejam apropriadas a um melhor aprendizado do aluno. Nesta direção pode-se destacar os trabalhos de

(Silveira e Vicari, 1999; Gouardères e Frasson, 1998; Aïmeur e Fahmi, 1998; Gürer, 1998).

De acordo com Giraffa e Vicari (1998), as arquiteturas baseadas nessa abordagem são variações da tradicional e funcional arquitetura de um Sistema Tutor Inteligente (base de conhecimento, modelo de aluno, estratégias afetivas), onde um ou mais agentes implementam uma função do sistema. O controle é distribuído entre os agentes, entretanto o usuário vê o sistema como um único, enquanto, internamente, ele é composto por uma sociedade de agentes.

No segundo caso, os Agentes Pedagógicos Animados são agentes pedagógicos que são representados por um personagem animado que interage com o aluno. Estes agentes usam recursos de multimídia para fornecer ao usuário um personagem animado com características semelhantes àquelas de seres vivos inteligentes. Estas características, tais como, expressões faciais e entendimento das emoções humanas, juntamente com uma boa interface de diálogo com o usuário, torna esses agentes mais atraentes ao aluno (Elliott e Brzezinski, 1998). Desta maneira, diferentemente dos sistemas convencionais, a comunicação de agentes pedagógicos animados tem uma natureza mais social e antropomórfica. Eles exploram a tendência natural das pessoas em engajar em interações sociais com computadores, nomeada "The Media Equation" ("A Equação da Mídia" em português) por Reeves e Nass (1996).

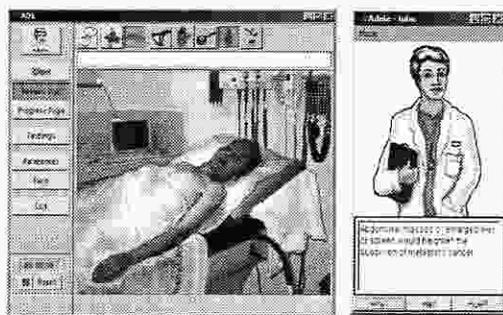


Figura 3: Adele e o Ambiente Educacional para Simulação Médica¹

Como exemplos de Agentes Pedagógicos Animados pode-se mencionar os agentes: Adele (Johnson et al., 1998), Steve (Rickel e Johnson, 1998b), Vincent (Paiva e Machado, 1998), Cosmo (Lester et al., 1997a) e Herman (Lester e Stone, 1997). O uso de agentes pedagógicos animados para propostas educacionais abre novas possibilidades interessantes para sistemas educacionais como, por exemplo, o agente pode demonstrar tarefas (Rickel e Johnson, 1998b; Lester et al., 1997b) e usar locomoção e gestos para focar a atenção do aluno em aspectos mais importantes da tarefa (Rickel e Johnson, 1998a). Os agentes pedagógicos animados prometem aumentar a capacidade de comunicação de sistemas educacionais (Johnson et al., 1998) e aumentar a habilidade destes sistemas em engajar e motivar os alunos (Lester et al., 1997b). Na Figura 3 pode ser visualizada Adele (Johnson et al., 1998) e o ambiente educacional onde ela existe: Interface Gráfica para Simulação Médica.

Já que eles são representados por personagens animados, estes se tornam uma poderosa ferramenta para a expressão de emoções em máquina. Eles expressam emoções através de sinais faciais e corporais. Por exemplo, os agentes animados Herman (Lester

e Stone, 1997) e Cosmo (Lester et al., 1997a) têm algumas expressões faciais e movimentos emocionais que são apresentados de acordo com a interação com o aluno.

3.2.2 Gerando Atitudes Afetivas de um Agente Animado

Para um agente pedagógico animado expressar emoções, ele deve mostrar animações compostas de expressões faciais, atitudes corporais e falas emotivas. Neste caso, os agentes escolhem seu comportamento afetivo de uma biblioteca de comportamentos verbais (falas) e físicos (animações do agente) ou ele pode gerar dinamicamente a partir de algoritmos gráficos 3D.

No primeiro caso, os comportamentos animados do agente são armazenados em uma base de dados de falas e atitudes. Estes comportamentos são geralmente armazenados no banco de dados como arquivos de áudio e imagens. O agente escolhe deste banco um comportamento a ser apresentado. Este tipo de implementação foi denominado de “Espaço de Comportamentos” por Lester et al. (1997a) e foi usado para a geração de comportamentos animados no agente Cosmo. Para os comportamentos serem recuperados pelo agente, eles devem armazenar alguma informação afetiva associada a eles. Por exemplo, em Cosmo todos os comportamentos do “Espaço de Comportamento” são mapeados, um a um, para estados emotivos que eles expressam.

Outro tipo de implementação é gerar dinamicamente o comportamento do agente através de algoritmos gráficos 3D. Este tipo de implementação é geralmente usado quando o agente já está inserido em um ambiente 3D.

Embora a geração de comportamentos do agente através de algoritmos 3D seja uma tarefa substancialmente complexa, um agente 3D tem vantagens importantes, tais como demonstrar tarefas que podem ser críticas de serem feitas na prática como pilotar um avião. VRML (Netscape, 2004) tem mostrado ser uma interessante linguagem de script para a implementação de ambientes Web 3D, já que é suportada por muitos *browsers*.

3.2.3 Os Benefícios de Incluir Agentes Pedagógicos Animados em Ambientes Educacionais

Lester e seus colegas (1997b; 1997c) realizaram algumas avaliações com agentes pedagógicos animados. As investigações realizadas verificaram o impacto de usar agentes pedagógicos animados na interação homem-máquina em ambientes de aprendizagem e os benefícios destes agentes para assistir os alunos na resolução de problemas.

Eles realizaram uma avaliação formal com 100 alunos. Estes alunos interagiram com 5 clones do agente pedagógico animado Herman: cada clone interagiu com 20 alunos. Na Figura 4 pode-se observar Herman e o ambiente Design-a-Plant, o sistema educacional onde encontra-se inserido.



Figura 4: O agente Herman e o Ambiente Design-a-Plant

Primeiramente, eles investigaram com o teste o impacto positivo do personagem animado na percepção do aluno de sua experiência de aprendizagem, a qual é conhecida como efeito persona. Os autores verificaram 2 efeitos potenciais dos agentes na aprendizagem: um efeito cognitivo e um efeito motivacional.

Existe um efeito cognitivo na aquisição de conhecimento. Como os agentes engajam o aluno mais ativamente na sua aprendizagem, eles podem estimular reflexão e auto-explicação.

O efeito persona também parece ter um efeito motivacional nos alunos. Os autores acreditam que os agentes despertam entusiasmo nos alunos devido a sua presença credível e devido à resposta humana inata a estimulações psico-sociais. Como resultado, o aluno pode escolher interagir mais freqüentemente com o ambiente e por um período maior de tempo. Este mesmo efeito persona foi visualizado em uma outra avaliação realizada com o agente Cosmo (Lester et al., 1999). Rizzo (2000) coloca que agentes credíveis (representados por personagens animados) tornam a interação com computadores mais fácil e agradável porque permite aos usuários (mesmo os tímidos) adotar estilos de comunicação similares àqueles da comunicação entre humanos e também por aumentar o nível de interatividade e engajamento social-emocional.

Mesmo os estudantes que trabalharam com clones do tipo mudo (eles não apresentavam nenhum tipo de ajuda) perceberam o agente de maneira positiva. Isto demonstra, segundo os autores, que a simples presença do agente animado, mesmo mal projetado, traz benefícios ao aluno.

Uma outra avaliação realizada por André e colegas (1999) mostrou resultados similares com a presença de agentes pedagógicos animados em ambientes educacionais. A investigação mostrou que a presença do agente não trouxe melhores resultados para o entendimento pelo aluno das explicações do agente. Os alunos preferiam a presença do agente porque suas apresentações eram mais divertidas e menos difícil (no caso de apresentações técnicas).

3.2.4 Pat: Um Agente Pedagógico Animado com Inferência e Expressão de Emoções

Pat é um agente pedagógico animado que aplica táticas pedagógicas afetivas que têm como objetivo promover um estado de espírito positivo no aluno o qual estimula o aprendizado, bem como fornecer um suporte emocional ao aluno, motivando e o encorajando. Como um caso de estudo, o agente proposto é implementado como o Agente Mediador da arquitetura multiagente do sistema educacional MACES (Andrade et al., 2001).

Para o agente escolher as táticas afetivas adequadas de acordo com a afetividade do aluno, o agente deve também reconhecer as emoções do aluno. Pat reconhece as seguintes emoções do aluno: satisfação, frustração, alegria, tristeza, gratidão, raiva e vergonha. As emoções do aluno são inferidas através de seu comportamento observável, i. e., as ações do aluno na interface do ambiente educacional. A inferência das emoções foi baseada na teoria cognitiva das emoções, mais precisamente no modelo OCC, o qual é baseado na teoria cognitiva das emoções e é possível de ser implementado computacionalmente. A inferência das emo-

ções e o modelo de aluno afetivo são implementados em BDI (Belief-Desire-Intention) (Georgeff et al., 1999).

Para saber mais sobre Pat, veja (Jaques et al., 2004a) e (Jaques et al., 2004b).

3.3 Síntese de Emoções (Possuir Emoções)

Em alguns casos, para o agente exibir comportamento afetivo de uma maneira coerente, eles são constituídos de emoções o que Picard (1997) chamou de Síntese de Emoções ("Emotions Synthesis" em inglês). Pode-se observar um grande interesse na comunidade científica em estudar teorias e arquiteturas para obter emoções em máquinas.

Muitos pesquisadores discutem se é possível que computadores tenham emoções já que emoções nos humanos são constituídas da integração de vários componentes, inclusive o componente de sentimento subjetivo (Castelfranchi, 2000; Clore e Ortony, 1999). Em relação a esta questão, Picard (1997) afirma que a computação afetiva se refere a emoções em computadores em um senso descritivo, por exemplo, ele pode rotular o estado em que ele recebeu muita informação conflitante como frustração.

Um dos primeiros trabalhos que sugeriu a modelagem de arquitetura de emoções em agentes pedagógicos foi o de Elliot et al. (1999). Ele e seus colegas propuseram o uso do "Affective Reasoner Framework" para implementar emoções no agente pedagógico animado Steve. No Affective Reasoner, os agentes são capazes de gerar emoções através de um conjunto de regras que seguem o modelo OCC (este framework é descrito em maiores detalhes na próxima seção). De acor-

do com o modelo OCC, as emoções são resultado de uma avaliação cognitiva que o agente realiza baseado em seus objetivos e princípios. Neste caso, os autores propõem um conjunto de objetivos e princípios para Steve, o qual é a base para a geração de emoções em Steve. Por exemplo, um dos objetivos de Steve é engajar o aluno. Desta maneira, Steve está ansioso e deprimido quando o aluno estiver entediado com as atividades a serem realizadas. Como pode-se observar, é necessário para o agente também inferir as emoções do estudante. O uso do Affective Reasoner para inferir as emoções do aluno é outra proposta do artigo.

Síntese de emoções pode ser usado não somente como uma maneira para obter comportamento racional, mas também para tornar agentes animados mais credíveis, isto é, mais realísticos. Há alguns pesquisadores interessados em desenvolver agentes emocionais¹, tais como os trabalhos de El-Nasr e seus colegas (1999a) que são especificamente interessados no uso de emoções para aumentar a credibilidade de personagens animados. Outros trabalhos são: Elliott (1997), Reilly e Bates (1992), Loyall e Bates (1997), e Bates (1994).

El-Nasr e seus associados (1999a) propõem um modelo de resposta emocional chamado FLAME, o qual é integrado com um modelo para a geração de expressões faciais desenvolvido para a construção de agentes que são capazes de gerar e mostrar emoções credíveis em tempo-real. FLAME usa lógica fuzzy para representar a relação entre eventos, objetivos e emoções com a proposta de produzir transições homogêneas entre comportamentos diferentes. O modelo FLAME tem três componentes: um componente emocional, um componente para tomada de decisão, e um componente de aprendizagem. O agente

percebe vários eventos no ambiente e envia esta percepção para os componentes emocional e de aprendizagem. O componente emocional avalia a relevância de cada evento e então estima um novo nível para cada variável interna do estado emocional. Como a avaliação depende da expectativa do agente e das experiências aprendidas, o componente de aprendizagem mantém associações no histórico de eventos e fornece entradas para o componente emocional. Finalmente, os níveis emocionais são fusionados para produzir uma mistura coerente e um comportamento emocional adequado é escolhido e enviado para o componente de tomada de decisão para influenciar na escolha das ações a serem realizadas. O mesmo modelo de agente emocional foi usado em um agente chamado PETEEI (El-Nasr et al., 1999b), representado como um cachorro em um ambiente de simulação. O usuário pode interagir com o ambiente introduzindo objetos, pegando e batendo neles, inclusive no cachorro. O agente reage emocionalmente às ações do usuário. Resultados da avaliação deste ambiente podem ser encontrados em (El-Nasr et al., 1999b). Embora o protótipo não fora construído com propósitos pedagógicos, FLAME é um modelo genérico que pode ser aplicado também em agentes pedagógicos animados.

3.3.1 O Framework Affective Reasoner

Grande parte dos trabalhos de modelagem de emoções em agentes que são baseados numa abordagem cognitiva se baseiam no trabalho de Ortony, Clore e Collins (1988): o modelo OCC. O Framework Affective Reasoner (AR) (Elliott, 1992; Elliott, 1997), desenvolvido na Universidade de DePaul, usa o modelo OCC para projetar agentes que são responsáveis por responder emocionalmente.

Os agentes possuem pseudo-personalidades modeladas tanto através de um conjunto elaborado de *frames* de *appraisal* representando os objetivos individuais do agente em relação aos eventos que podem acontecer, os princípios em relação às ações intencionais do agente, as preferências em relação aos objetos, humor, assim como um conjunto de 440 canais para expressão de emoções. Por exemplo, um agente pode avaliar o sucesso do usuário em uma atividade como sendo desejável para ele (um amigo), produzindo uma emoção alegria-por-alguém e levando a uma expressão de orgulho por seu bom trabalho.



Figura 5: Elliot e um agente do projeto Affective Reasoner¹

Para se comunicar com o usuário, os agentes AR usam vários canais multimídia. Os agentes podem ter expressões faciais que são desenhadas em tempo real, produzindo em torno de 3000 formas. As formas são geradas na máquina cliente, no momento em que elas são exibidas. Para falar com o usuário, os agentes AR usam um sintetizador de voz, o que lhes permite construir dinamicamente as sentenças que serão faladas e também tocar músicas para aumentar a expressão de emoções. Os agentes também possuem um software de reconhecimento de voz para responder em tempo real ao usuário, embora não há um entendimento de ponto de vista da linguagem natural (a agente não entende nada além de emoções). Na Figura 5 pode-se ob-

servar Elliot e um agente do projeto Affective Reasoner.

4 Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste artigo foram apresentados alguns dos trabalhos em andamento na área de Computação Afetiva, principalmente na aplicação deste em ambientes computacionais de aprendizagem. A Computação Afetiva é uma área de pesquisa bastante recente, entretanto, os resultados são bastante promissores na área de Inteligência Artificial em geral e em particular na Informática na Educação.

Como pôde-se observar nos trabalhos mencionados neste artigo, as emoções têm um importante papel na aprendizagem e não podem ser negligenciadas por professores ou ambientes educacionais. Entretanto, inferir emoções em sistemas computacionais não é uma tarefa simples. Por exemplo, para a inferência de emoções dos alunos, é necessário um modelo psicológico de emoções que as fundamente. O maior desafio está em encontrar um modelo psicológico possível de ser implementado computacionalmente. Como citado neste texto, um grande número de trabalhos está baseado no modelo OCC (Ortony, Clore e Collins, 1988). Isso se deve, em grande parte, ao fato de que este modelo foi concebido para ser implementado computacionalmente.

Ainda em relação à inferência de emoções, determinar a intensidade das emoções pelo comportamento observável do aluno é uma tarefa difícil e que não fornece exatidão. Porém, a inserção de sensores fisiológicos que detectam expressões corporais de emoções pode ser usado em conjunto com as informa-

ções inferidas pelo comportamento observável do aluno (analisadas de acordo com um modelo cognitivo de emoções) para determinar a intensidade das emoções com uma maior precisão. Estes sensores fisiológicos são úteis para identificar quando o aluno sente uma emoção, a valência e a intensidade das emoções.

Em relação ao modelo afetivo do aluno, este modelo deve ser dinâmico o suficiente para considerar as mudanças nos estados emocionais. Já que as emoções que o aluno sente e sua motivação podem variar de maneira muito dinâmica (o estudante pode estar frustrado em um dado momento e satisfeito em um outro), o uso da abordagem BDI para a implementação de modelos de aluno se mostrou ser conveniente, porque ela permite simples revisões e freqüente modificação na informação sobre o aluno (Bercht e Vicari, 2000). O modelo de aluno é construído dinamicamente a partir de cada interação com o aluno e em tempo-real. Outra abordagem, as redes bayesianas, tem provado ser uma ferramenta poderosa para modelar emoções também se baseando em um modelo cognitivo de emoções, pois permite representar explicitamente as dependências probabilísticas entre causas, efeitos e estados emocionais, o que possibilita determinar as emoções dos alunos com maior exatidão em situações que eles expressam uma grande variedade de emoções.

Tratando da expressão de emoções em máquinas, muito trabalho pode ser realizado no sentido de que mensagens e atitudes de encorajamento um agente afetivo pode aplicar. Como não há muitos trabalhos sobre que táticas afetivas e mensagens de encorajamento são melhores e devem ser aplicadas e em que situações, muito trabalho pode ser realizado no mesmo sentido de que as pesquisas de

Cooper (2000, 2002a, 2002b). Cooper investigou os comportamentos que professores empáticos demonstram que podem ser aplicadas em agentes pedagógicos animados. Também, para projetar agentes que expressam emoções mais realísticos, já que eles são representados geralmente por personagens animados, é necessário trabalhar com um grupo interdisciplinar que compreende desenhistas, psicólogos, pedagogos, pesquisadores de Inteligência Artificial, entre outros.

Outro trabalho futuro que pode ser realizado é estender o modelo belief-desire-intention (Georgeff, 1999) a fim de incluir traços de personalidades, emoções e humor. De acordo com de Rosis (2002), esta abordagem oferece várias vantagens. Uma é que abre a oportunidade para dirigir comportamentos consistentes de agentes a partir de um modelo de seu estado cognitivo: o sistema de crenças, desejos e intenções pode disparar emoções, regular a decisão de quando mostrá-las ou escondê-las e, finalmente, guiar ações externalizadas. Em tais casos, se está incorporando uma arquitetura de emoções (síntese de emoções) no agente a fim deste gerar comportamentos afetivos mais consistente e credíveis. Jaques e Vicari (2004a) propõem a extensão do modelo e ambiente de implementação BDI, o X-BDI (Móra, 1998), para implementar síntese de emoções em máquinas.

Referências

- ABOU-JAOUDE, S.; FRASSON, C. Emotion computing in competitive learning environments. In: ITS WORKSHOP ON PEDAGOGICAL AGENTS, 2., 1998, San Antonio, Texas. **ITS Workshop on Pedagogical Agents**. San Antonio: 1998. p. 33-39.
- AÏMEUR, E. e FAHMI, M. Pedagogical Agents in DTL: the Double Test Learning Strategy. In: ITS WORKSHOP ON PEDAGOGICAL AGENTS, 2., 1998, San Antonio, Texas. **ITS Workshop on Pedagogical Agents**. San Antonio: 1998. p. 14-19.
- AMES, C. Motivation: What Teachers Need to Know. **Teachers College Record**, [S. l.], v. 91, n. 3, p. 409-421, 1990.
- ANDRADE, A. et al. A Computational Model of Distance Learning Based on Vygotsky's Sociocultural Approach. In: AI-ED, 2001. **Workshop Papers: multi-agent architectures for distributed learning environments**. [S. l.: s.n.], 2001.
- ANDRÉ, E.; RIST, T.; MULLER, J. Employing AI Methods to Control the Behavior of Animated Interface Agents. **Applied Artificial Intelligence**, [S. l.], v. 13, p. 415-448, 1999.
- AVERILL, J. R. In the Eyes of the Beholder. In: EKMAN, P.; DAVIDSON, R. (Ed.). **The Nature of Emotion**. Oxford: Oxford University Press, 1994. p. 7-14.
- BATES, J. The Role of Emotion in Believable Agents. **Communications of ACM**, New York, v. 37, n. 7, p. 122-125, 1994.
- BERCHT, M.; VICCARI, R. Pedagogical agents with affective and cognitive dimensions. In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE INFORMATICA EDUCATIVA, 2000, Vina del Mar. **Actas...** Santiago: Universidad de Chile, 2000.
- CASTELFRANCHI, C. Affective Appraisal versus Cognitive Evaluation in Social Emotions and Interactions. In: PAIVA, A. (Ed.). **Affective Interactions - Towards a New Generation of Computer Interfaces**. Berlin: Springer, 2000. p. 196-203. (Lecture Notes in Computer Science, 1814).
- CLORE, G.; ORTONY, A. Cognition in emotion: always, sometimes, or never? In: NADEL, L.; LANE, R.; AHERN, G. L. (Ed.). **The Cognitive Neuroscience of Emotion**. New York: Oxford University Press, 1999.

¹ Este trabalho obteve apoio do CNPq através da bolsa de doutorado de Patrícia Jaques e do programa PAPED/Capes.

² Esta seção foi baseada no artigo de Scherer (2000).

³ Grupo de Computação Afetiva da Rosalind Picard no MIT Media Lab:
<http://vismod.www.media.mit.edu/vismod/demos/affect/>

⁴ Pictures available at <http://www.isi.edu/isd/ADE/ade-body.html>.

⁵ Figura disponível em <http://www4.ncsu.edu/~lester/images/DAP>.

⁶ Geralmente, os autores chamam de agentes emocionais todos os agentes inteligentes (podendo ser representado por um personagem animado ou não) que são constituídos de uma arquitetura interna de emoções (síntese de emoções). Agentes pedagógicos animados que apenas inferem ou expressam emoções não estão incluídos nesta denominação. Os agentes emocionais são também conhecidos como agentes credíveis (Bates, 1994).

⁷ Disponível em <http://condor.depaul.edu/~elliott/drea.html>.

Recebido em julho de 2005

Aceito para publicação em dezembro de 2005

Dra. Patrícia Augustin Jaques

Professora do ESPIE - CINTED - UFRGS

E-mail: pjaques@inf.ufrgs.br

Dra. Rosa Maria Vicari

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

PPGC – Instituto de Informática - UFRGS

Bloco IV, Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre

RS – Brazil, +55 0 51 3316 6801, fax +55 0 51 3316 6832

E-mail: rosa@inf.ufrgs.br