

Sistemas computacionais e avaliação formativa: uma experiência em contextos semipresenciais e à distância

Gerson Pastre de Oliveira*

RESUMO

A investigação descrita neste artigo procurou demonstrar, através de métodos experimentais, a eficácia associada ao uso de um sistema computacional de avaliação formativa – baseado em princípios de inteligência artificial – como ferramenta adicional para o trabalho docente. Contendo todos os tópicos abordados na ementa, o sistema propõe questões para os estudantes e, de acordo com as respostas obtidas, pode avaliar a performance atingida, adaptando-se ao perfil de aprendizagem do usuário, além de fornecer um *feedback* extrínseco ao estudante. Semelhante retorno consiste, fundamentalmente, na proposição de outras atividades relativas a diversos conteúdos, principalmente aqueles nos quais identifica defasagens, e na sugestão de abordagem de outros tópicos. Aplicado a um grupo experimental aleatoriamente selecionado, o método demonstrou ser eficaz, produzindo considerável melhoria na aprendizagem de seus participantes.

Palavras-chave: Inteligência artificial e educação, aprendizado colaborativo, avaliação formativa, tecnologias de informação e comunicação na educação, avaliação do processo de ensino-aprendizagem

ABSTRACT

This research study tried to demonstrate, through an experimental method, the efficacy of the use of a formative evaluation computational system, based on the principles of artificial intelligence as a supplementary aid to the professor. The system has in its structure all the topics treated in the subject contents and proposes multiple-choice questions to the student. According to the answers provided, the system is able to evaluate the performance achieved, to adapt itself to each user and provide extrinsic feedback in order to propose other activities on several subjects – mainly those ones in which it identifies lack of learning – or to suggest the exploration of new topics. Applied to a randomly selected experimental group, the method proved effective, producing a higher increase in the achievement of its participants.

Key-words: Artificial intelligence and education, Collaborative learning, E-learning, Formative evaluation, Information and communication technologies applied to education, Evaluation of the teaching-learning process

INTRODUÇÃO

Uma análise sucinta da avaliação do processo de ensino-aprendizagem nos cursos universitários é necessária aqui, quando se pretende descrever uma

* Mestre em Educação – Doutorando em Educação (USP) – Professor universitário – Membro/pesquisador do Grupo de Estudos e Pesquisas “Memória, Ensino e Novas Tecnologias” (MENT)

experiência de uso de sistemas computacionais na avaliação formativa de estudantes de graduação.

Como avaliar o aprendizado – ou, antes, de que avaliação se está falando? Subutilizados como parte do processo e da estratégia didático-pedagógica, os instrumentos avaliativos são frequentemente empregados para perpetuar uma estrutura de poder que reflete uma concepção de educação e da própria sociedade, concepção esta que busca manter o status quo, impedindo, por diversos meios, a conquista da autonomia por parte do educando e a sua transformação, como elemento ativo na construção do próprio aprendizado (Luckesi, 2001; Althusser, s/d; Bourdier e Passeron, 1975). É o corolário do ensino como reprodução e da transmissão vertical, no fluxo mestre-aprendiz, estanque e vazio de críticas, oportunizador da conversão do educando em um ser domesticado e visto como assimilador passivo de conteúdos (Freire, 1975; Oliveira, 1999). Neste contexto, a avaliação é quase sempre sinônimo de prova, e não de processo; é estática e definitivamente posicionada como elemento classificador, com foco na memorização, ocorrendo após uma seqüência de conteúdos com ânimo definitivo, o que desconsidera o educando em sua feição histórica, como sujeito em mudança num mundo dinâmico e amplo em suas transições. Em certas ocasiões, ocorre até mesmo o uso de provas como instrumentos de punição, através dos quais se reafirma uma postura autoritária e descolada dos objetivos pedagógicos previamente estabelecidos.

PARA ALÉM DA SALA DE AULA TRADICIONAL

O espaço reduzido da sala de aula atinge, atualmente, o superlativo do acanhamento. Os saberes que os estudantes podem adquirir multiplicam-se e ganham formas diversas, considerando a mediação tecnológica possível através de redes de computadores (e da Internet, em particular), em uma realidade hipertextual e, conseqüentemente, não-linear, permitindo transição e movimento, além da criação de verdadeiras “extensões eletrônicas”, as quais, por sua vez, geram a possibilidade de “tocar” um ponto qualquer sobre o qual se pesquisa, por exemplo, e ter um efeito demonstrável sobre ele (Kerckhove, 1995). É possível, pois, para o estudante, inserir-se em um verdadeiro “universo oceânico de informações”, abrigadas por uma enorme infraestrutura de comunicação digital e prodigalizada pela “interconexão mundial de computadores”, construindo interações neste universo – o ciberespaço (Lévy, 1999, p.17). Entretanto, esta é uma visão que pede mudanças, reconfigurações, reconstruções do próprio processo de ensino-aprendizagem, de modo a alterar, também, em alguma medida, o papel do estudante e do professor neste contexto. Dentro e fora da sala de aula – que não precisa ser exorcizada, mas expandida e atualizada – o estudante deve atuar diretamente sobre a formação de seus saberes e competências, os quais permanecem em constante e dinâmica renovação. Para

isso, deve ter acesso e precisa ser incentivado à apropriação da tecnologia disponível, sem que, com isso, o professor perca de vista sua estratégia didático-pedagógica. O professor, como elemento essencial que é, aprendendo a lidar com o instrumental tecnológico a serviço da educação, tende a renovar sua prática e adequá-la as reconfigurações urgentes que se fazem necessárias na escola. Trata-se, em amplo aspecto, de participar como educador de um processo de “transição entre a educação e uma formação estritamente institucionalizada (a escola, a universidade) e uma situação de intercâmbio generalizado dos saberes, de instrução da sociedade por si mesma, de reconhecimento autogerido, móvel e contextual das competências” (Lévy, 1997). Cardoso (1998) comenta, oportunamente, sobre a modificação rápida da “visão clássica de ensino”, pela qual o professor exerceria o papel ativo de provedor do conhecimento, enquanto que, ao aluno, restaria o papel passivo de receptor deste mesmo conhecimento. Segundo a autora, o foco do novo modelo é o aluno, o que lhe confere um papel ativo e autônomo no processo de aprendizagem pelo qual passa.

PROFESSORES E MÁQUINAS: CRÍTICA E PARTICIPAÇÃO, NÃO SUBSTITUIÇÃO

Evidentemente, não há que se falar em substituição dos professores por máquinas. De fato, “a tecnologia não substitui o professor e deve ser vista como um instrumental para ser utilizado em etapas definidas do processo de ensino, ao invés de ser pensada como estratégia única a ser adotada durante um curso” (Godoy, 1998, p.101). Xavier (1998, p.24-25) acrescenta, em esclarecimento deste aspecto, que o correto uso do computador na sala de aula, como ferramenta de ensino, tende a aumentar e valorizar a figura do professor, e pede a eliminação dos medos. De acordo com o autor, o professor continua com o seu papel de condutor da aprendizagem, proporcionando, ainda, ao aluno a possibilidade de experimentação de alternativas novas na busca de informações e na resolução de problemas, o que faz do professor um elemento insubstituível, principalmente nas tarefas de orientação, estímulo, correção, ajustes em projetos e adequação de tarefas ao nível ideal da formação dos alunos e das exigências da disciplina que está sendo ministrada, gerando “condições de familiarização dos envolvidos com a informática” (Xavier, p.24-25). Ainda sobre este assunto, Niquini e Botelho (1999) comentam que o professor é peça imprescindível nos ambientes criados pelas diversas tecnologias educacionais, assumindo, portanto, papel fundamental no processo de ensino-aprendizagem proporcionado em tais circunstâncias. Segundo os autores, deve a tecnologia fornecer ao professor “a possibilidade permanente de reformulação dos cursos e do monitoramento da aprendizagem do educando” (1999, p.27).

Sobre o mesmo tema, Kenski assevera que o professor deve ter consciência que não há substituição possível, para sua ação profissional competente, por

parte dos computadores. Tais equipamentos, na verdade, tendem a ampliar sua atuação como docente “para além da escola clássica – ‘entre muros’ e da sala de aula tradicional” (1998, p.68).

Lampert (1999) esclarece sobre a importância da chamada “tecnologia educativa”, que pode proporcionar “a apreensão de novas formas de conhecimento”, além de garantir indispensável renovação nas práticas docentes e a “reorganização, através de novas abordagens, do processo de ensino-aprendizagem”. O autor assinala, porém, que a tecnologia, isoladamente, não alterará nada, nem substituirá o professor permanentemente atualizado. Segundo Lampert, “o computador, que ao mesmo tempo deve ser superestimado e subestimado, não é uma panacéia que irá resolver todos os problemas do ensino” (1999, p.8). Ainda quanto ao professor universitário, Lampert (1999) comenta que o mesmo, em seu papel de educador, precisará reconhecer que “a tecnologia, quando operada com ética, metodologia e ponderação, estará a serviço do homem, atualizando-o e trazendo uma série de benefícios à humanidade”. É importante, segundo o autor, reconhecer o dinamismo do conhecimento e a sua expansão praticamente explosiva. Deve o professor perceber que, neste aspecto, “somente através da apropriação da tecnologia é possível preparar o homem para o cotidiano e o futuro” (Lampert, 1999, p.8).

No uso das chamadas tecnologias de informática na educação, cresce, ainda mais, a relevância da intervenção docente. O professor assume o fundamental papel de crítico dos usos possíveis da tecnologia, selecionando, com conhecimento de causa, aquelas que possam contribuir efetivamente para o tipo de aprendizado desejado para seus alunos. Na opinião de Kenski:

Identificar quais as melhores maneiras de uso das tecnologias para a abordagem ou para a reflexão sobre um determinado tema ou em um projeto específico, de maneira a aliar as especificidades do ‘suporte’ pedagógico (do qual não se exclui nem a clássica aula expositiva e, muito menos, o livro) ao objetivo maior da qualidade de aprendizagem de seus alunos (Kenski, 1998, p.68).

Comentando sobre a importância do professor no atual contexto da sociedade, fortemente calcado na informação, assevera Garcia (1998, p.10) que “mais do que um especialista em conhecimentos ou em disciplinas, ele será um estimulador e um orientador de pessoas em busca de valores e conhecimentos de um novo tipo de homem da nova sociedade que está emergindo”.

DE VOLTA À AVALIAÇÃO...

Agora, a pergunta deve ser repetida: como avaliar o aprendizado – e como fazê-lo, diante das mudanças necessárias já descritas? O contraponto do quadro descrito anteriormente pode ser expresso por posturas transformadoras que vêem a avaliação como uma ocorrência longitudinal, através da qual se torna

possível efetuar o recolhimento de subsídios para o aperfeiçoamento do ensino e para a tomada de decisões quanto aos rumos do processo de ensino-aprendizagem. Através desta visão, passa a ser possível verificar a compatibilidade entre os objetivos direcionadores do processo e os resultados efetivamente alcançados, fornecendo aos alunos feedbacks oportunos para suas ações como participante do processo de ensino-aprendizagem, de forma a privilegiar a qualidade. Como elemento integrante de tal postura, consta o incentivo à busca de fontes alternativas para a construção do conhecimento e sua crítica, visando a autonomia do educando. Através do acompanhamento, provido por um processo avaliativo de caráter multidimensional*, torna-se possível superar a visão reducionista através da qual se enxerga o erro como mero revelador de incompetência e não como ocorrência aproveitável, mediante tratamento. Enfim, na visão de Both (1999), "a avaliação e o ensino devem manter simultaneidade e concomitância de ação, de intervenção e de efeito, pois ensinando avalia-se e avaliando ensina-se, ao mesmo tempo" (*apud* Cerny, 2001, p.4). Esta visão tende a inserir "a avaliação como parte do processo de ensino-aprendizagem, permeando e auxiliando todo esse processo, não mais como uma atividade em momentos estanques e pontuais" (Cerny, 2001, p.4). Nisto tudo, as tecnologias computacionais e de comunicação têm papel importante a desempenhar.

DESCRIÇÕES DE UMA EXPERIÊNCIA DE AVALIAÇÃO FORMATIVA APOIADA POR COMPUTADOR

O objetivo deste trabalho foi o de introduzir um instrumento computacional de avaliação formativa, baseado em princípios de inteligência artificial, verificando sua eficácia como elemento auxiliar para professores e estudantes dentro e fora da sala de aula, de modo que, ao longo do processo de ensino-aprendizagem, seja possível ao aluno continuar seu aprendizado em modo não-presencial, mantendo contato com o professor através de métodos de comunicação assíncronos para o esclarecimento de dúvidas, quanto à trajetória que lhe seja peculiar, e para promover sua participação ativa no processo através de sugestões, questionamentos e críticas.

Secundariamente, pretendeu a pesquisa oferecer a docentes e aprendizes um método válido de análise dos contextos, das formas e dos meios nos quais se dá o ensinar-aprender, permitindo que, eventualmente, possa ser criado um 'ponto de apoio' para as reconfigurações já comentadas anteriormente.

Como hipótese substantiva, considerou-se que a introdução do instrumento formativo mencionado proporcionaria acréscimos consideráveis no desempenho

* O caráter multidimensional do processo avaliativo seria garantido, segundo Zambelli (1997), pelo uso conjunto e equilibrado de avaliações somativas, formativas e diagnósticas. Esta modalidade de aplicação substituiria a visão unidimensional, baseada exclusivamente em avaliações somativas

dos estudantes a ele submetidos, sendo tal desempenho medido através dos resultados obtidos nos processos avaliativos, em comparação com estudantes submetidos à aplicação isolada de avaliações somativas.

Os participantes desta pesquisa foram selecionados de uma mesma classe, formada por alunos do primeiro ano de um curso de publicidade e propaganda de uma universidade particular, na disciplina de Informática. Interessante observar que, em tal escolha, foram consideradas outras possibilidades, entre as quais a utilização de componentes de turmas diferentes, a mais significativa dentre as alternativas analisadas. Semelhante idéia foi descartada, uma vez que a mesma poderia comprometer a validade externa do estudo. Tal opinião baseia-se no fato de serem formadas as turmas por diferentes fases do processo seletivo, sendo que algumas delas são constituídas por candidatos que não teriam sido aprovados em um primeiro momento, o que poderia constituir um viés, calcado na competência. Além disso, ao considerar tal procedimento, garante-se que todos os participantes sejam submetidos às mesmas aulas, com o mesmo professor, na mesma hora e no mesmo local, sem qualquer variação de método ou de conteúdo, sem o que poderiam ocorrer diferenças não atribuíveis ao tratamento experimental.

Uma vez, portanto, estabelecido o uso de uma única turma, restou, em função do caráter experimental da pesquisa, dividi-la em duas partes distintas: um *grupo experimental*, submetido à intervenção do efeito equivalente, produzido pela aplicação do instrumento de pesquisa já descrito, e um outro, denominado *grupo de controle*, obviamente não submetido aos mesmos efeitos de ordem experimental.

Houve a pretensão de que os grupos experimental e de controle fossem equivalentes, tanto quanto possível. Para isso, a técnica optada para a seleção dos componentes de cada grupo foi a escolha aleatória, procedida através de sorteio entre os estudantes da turma escolhida. Antes de proceder-se ao sorteio, entretanto, foram anunciados os objetivos da pesquisa e da composição de grupos distintos na classe, o que permitiu que fossem descartados aqueles que não quisessem participar, voluntariamente. Também não foram incluídos os alunos faltosos, ou seja, aqueles que acumulavam mais de cinco faltas consecutivas. Isto porque, já que tal seleção ocorre no início do segundo semestre letivo, tal ocorrência provavelmente indica a desistência do curso, por parte do aluno. De qualquer forma, tais exclusões não implicam em qualquer prejuízo à validade da pesquisa, sob qualquer aspecto, já que foram procedidas antes do sorteio dos grupos. Assim, foram selecionados 84 participantes, sendo distribuídos, por sorteio, 42 para o grupo experimental e 42 para o grupo de controle. Do número restante, de um total de 119, 16 não aceitaram participar de qualquer forma e 19 acumulavam cinco faltas ou mais, enquadrando-se na condição de desistentes do curso.

Aos grupos experimental e de controle, não foi aplicado qualquer pré-teste

tendente a confirmar habilidades iniciais com os instrumentos utilizados (software e hardware). Isto porque a aplicação dos instrumentos ao grupo experimental inicia-se após um certo período de treinamento computacional transmitido à classe (todo o primeiro semestre, lembrando que a seleção supramencionada foi feita no segundo semestre), e que faz parte do programa da disciplina de Informática. Devido à simplicidade operacional do software disponibilizado para os participantes do grupo experimental, e pelo fato de o mesmo vir acompanhado de detalhadas instruções de uso, procedimentos iniciais de verificação poderiam, ao contrário do pretendido, produzir um viés comprometedor da validade interna do experimento, por conta da testagem (Campbell e Stanley, 1979). Também pode ser considerada a aleatoriedade um elemento suficiente para a garantia de igualdade entre os dois grupos utilizados.

Quanto à garantia de que inexistem vieses iniciais entre os grupos utilizados na pesquisa, e da prescindibilidade do pré-teste, Campbell e Stanley afirmam:

Embora o pré-teste seja um conceito profundamente arraigado no pensamento de pesquisadores em educação e psicologia, não é, na realidade, essencial a planos verdadeiramente experimentais. Por motivos psicológicos é difícil renunciar a 'saber com certeza' que os grupos experimental e de controle eram 'iguais' antes do tratamento experimental diferencial. Não obstante, a mais adequada segurança, em todos os sentidos, de que inexistam vieses iniciais entre os grupos é a aleatoriedade (Campbell e Stanley, 1979, p.46).

Além disso, é preciso lembrar que o instrumento, em concordância com a hipótese de pesquisa, não foi empregado para testar habilidades computacionais.

APRENDE: UM SISTEMA COMPUTACIONAL DE AVALIAÇÃO FORMATIVA BASEADO EM IA

O instrumento utilizado nesta pesquisa teve por finalidade prover o necessário tratamento ao grupo experimental, com o objetivo de, após análise dos dados obtidos com a sua aplicação, constatar o grau de acerto da hipótese apresentada nesta investigação. Trata-se de um software, desenvolvido pelo autor desta pesquisa, disponibilizado aos integrantes do grupo experimental via e-mail (ou, excepcionalmente, através de discos magnéticos flexíveis), e instalado, posteriormente, nos microcomputadores pessoais dos participantes. Oportuno comentar, neste ponto, que a possibilidade de o participante não possuir um microcomputador em sua casa, ou disponível em algum ambiente no qual o sistema pudesse ser utilizado, poderia ser considerado um empecilho óbvio à validade da pesquisa, não fosse a disponibilidade dos laboratórios da instituição em horários convenientes aos alunos (inclusive finais de semana), com a presença de monitor para auxiliá-los nas dúvidas de instalação e acionamento do software. Assim, todos os participantes que não possuíssem microcomputadores comprometeram-se a utilizar os disponíveis na instituição.

A constituição básica do sistema utilizado, bem como a descrição de suas partes integrantes, quanto aos conceitos teóricos, pode ser conferida no próximo quadro.

Quadro 1

Descrição Sintética do Sistema-Protótipo (instrumento aplicado ao grupo experimental de pesquisa)

Parte (quanto ao conceito teórico)	Finalidade
Apresentação	Faz a introdução ao funcionamento e uso do sistema, permitindo que o usuário (participante) introduza seus dados pessoais e cadastre uma senha, que será usada para verificar, além do direito ao uso do instrumento, o histórico de utilizações, de modo a personalizar as <u>mensagens iniciais exibidas</u>
Inicial Delimitador	Exibe as opções para uso do sistema Escolhe o conteúdo específico que será verificado quanto à <u>aprendizagem efetuada</u>
Inferencial Questionador	Permeando o uso de todos os outros módulos, realiza sugestões, baseadas em princípios de inteligência artificial (aprendizagem por memorização) à respeito da próxima atividade a ser realizada, bem como analisa as respostas fornecidas pelo usuário e agrega à base de conhecimentos do sistema, para que o mesmo possa <i>conhecer</i> o participante à medida que ele acione as diversas opções do instrumento Monta questionários, baseados no conhecimento adquirido pelo sistema sobre o respondente e sobre o conteúdo que está sendo verificado
<i>Feedback</i> Rede (assíncrono)	Comenta resultados, fornece respostas corretas e indica necessidades de aprimoramento e estudo Fornece apoio na revisão dos conteúdos e a possibilidade de contato com o professor e o autor da pesquisa, além de permitir o envio de sugestões, questionamentos e críticas

Após a instalação do sistema, denominado *Sistema de Avaliação Formativa APRENDE*, o participante do grupo experimental passou a responder a questões de múltipla escolha relacionadas a um tema específico da disciplina, escolhido por ele. Usuário cadastrado, o sistema desenvolveu um aprendizado sobre o mesmo, à medida que as questões foram resolvidas. Mecanismos de comparação, baseados em lógica linear e em princípios de inteligência artificial, foram acionados para a verificação dos resultados e a sua transformação em escores.

Ao comando do usuário, o sistema forneceu um *feedback* sobre os erros e acertos cometidos, um histórico de utilização e pôde sugerir novas atividades, imediatas e/ou futuras, ligadas ou não às possibilidades do sistema. Um site específico na Internet serviu de apoio aos usuários, através da disponibilização

dos conteúdos trabalhados até determinado momento, para estudo ou verificação de dúvidas. O professor pôde ser acionado igualmente, via e-mail, tanto para dúvidas operacionais (uso do sistema) quanto para esclarecimentos sobre os mais diversos pontos da disciplina em estudo. Ao longo do período de utilização do sistema – aproximadamente dois meses – os estudantes enviaram suas intervenções no instrumento ao professor (via e-mail), bem como críticas, questionamentos e sugestões, essas últimas envolvendo desde a recomendação de *sítes* na Internet, livros e artigos para a pesquisa sobre os temas em estudo até solicitações para modificação do formato de determinados questionários. De posse de tais informações, o docente pode alimentar a base de conhecimentos do sistema em seu microcomputador, de modo a identificar os pontos considerados fracos na aprendizagem dos alunos, além de incorporar as sugestões consideradas pertinentes e proceder às correções julgadas necessárias. Os alunos recebiam de volta, mais tarde, a nova base de conhecimentos ampliada pelas intervenções do professor, além de orientações individuais via e-mail. Posteriormente, em sala de aula, a exploração dos conteúdos foi ampliada, em função de carências de aprendizagem vistas como majoritárias. Paralelamente, os princípios de inteligência artificial utilizados na construção do sistema criaram novos métodos para a orientação, em número proporcional a utilização do sistema.

Devido a uma série de fatores relevantes, dentre eles o controle do usuário sobre o seu progresso nos módulos de estudo, a responsividade do sistema, que possui, também, um caráter grandemente interativo, deve-se destacar o caráter *formativo* do instrumento de pesquisa adotado. O *feedback* fornecido ao usuário destaca esta característica própria da avaliação formativa. Além disso, pode-se considerar que, ao longo do tempo, o instrumento ganhou um caráter adaptativo, em grande parte devido aos princípios de inteligência artificial utilizados, capazes de adaptar o sistema computacional ao perfil do usuário, à medida que identificou nele, com o uso efetuado, potencialidades e deficiências no aprendizado.

Quanto à tipologia, pode-se afirmar que o sistema desenvolvido para servir como instrumento aplicado ao grupo experimental definido para esta investigação é do tipo *mídia adaptativa*, configurando-se como um *programa tutorial* (Bireaud, 1995; Laurillard, 1995), já que apresenta algumas características predominantemente existentes em softwares construídos com esses conceitos, quais sejam:

- feedbacks extrínsecos às ações dos estudantes;
- foco adaptativo de tarefa, relacionando as ações atuais no sistema com as ações anteriores e o objetivo geral;
- suposição da existência de algum conhecimento inicial sobre o assunto;
- concepção do professor implícita, na forma de fornecimento do *feedback*;
- estratégia de aprendizado embutida nas tarefas propostas ao estudante

projetada para evidenciar os conceitos errôneos, se for o caso, de forma a tornar a concepção dos estudantes disponível para o sistema;

· possibilidade de incorporar sugestões, correções e mesmo novos conteúdos mediante sugestão dos estudantes, analisada pelo professor.

O sistema foi construído de modo a considerar a existência dos seguintes elementos, genericamente falando:

a) Uma *base de dados*: utilizada para armazenar os dados dos participantes, os assuntos ligados a disciplina, os questionários, as perguntas constitutivas dos diversos questionários e as respostas para as perguntas;

b) Uma *base de conhecimentos*: utilizada para memorizar a trajetória dos usuários pelo sistema, contendo informações pertinentes à performance, questionários resolvidos, índices de acerto e erro por questionário, além do nível indicado para o prosseguimento por assunto;

c) Uma *base de regras*: contendo os métodos utilizados pelo sistema para o uso e refinamento do conhecimento acerca dos participantes, modificando-se de acordo com o uso e com diferentes aplicações em função do conhecimento disponível para os diversos estudantes;

d) *Mecanismos de inferência*: métodos através dos quais as regras são aplicadas, permitindo obter determinado diagnóstico sobre a performance do estudante, além de orientações sobre a trajetória do mesmo no sistema (ou seja, solucionar um problema específico, representado pela orientação ao usuário). Este método tem a possibilidade de ser um fato novo, que realimentará a base de regras, podendo servir para a solução de um novo problema.

Para que fosse possível dispor dos elementos supramencionados, utilizou-se de uma *linguagem de programação do tipo visual* e de um *sistema gerenciador de bancos de dados relacional* (Korth e Silberschatz, 1995).

Através da linguagem de programação, foi possível desenvolver o código computacional que criou elementos como telas de apresentação, *menus* de opções para acesso às funcionalidades do sistema, mensagens de orientação (erros cometidos pelos participantes, informações sobre performance, aconselhamento para a trajetória depois de um certo ponto, entre outras), controle de acesso à base de dados, à base de conhecimento, à base de regras e aos mecanismos de inferência, controle das regras implícitas (não-inferenciais), caixas de texto para a introdução dos dados necessários (identificação dos participantes, dados referentes às perguntas, dados referentes às respostas, conteúdo dos assuntos e organização dos questionários), entre outros elementos.

Com o uso de um sistema gerenciador de bancos de dados relacional, foi possível criar os campos necessários para a utilização da base de dados, da base de conhecimentos, da base de regras e dos mecanismos de inferência, através de tabelas, bem como prover o necessário relacionamento entre as tabelas geradas, interligando os dados pertinentes, de forma a proporcionar a aprendizagem por memorização, causando, por conseqüência, refinamento nas

habilidades do sistema e capacidade de fornecimento de soluções cada vez mais completas.

Como já mencionado, alguns princípios de inteligência artificial foram utilizados no sistema de avaliação formativa. Tais princípios estão ligados à técnica denominada *aprendizagem por memorização*, a qual baseia-se na premissa de que, em um algoritmo computacional, há aprendizagem quando, depois do armazenamento e em decorrência dele, ocorre alguma melhora no desempenho do programa ou algum refinamento em suas possibilidades anteriores (Rich e Knight, 1994; Levine et al, 1988; Harmon e King, 1988).

Experiências anteriores e conceitos sobre ferramentas computacionais aplicadas à educação serviram de base para a construção do modelo teórico no qual o sistema de avaliação formativa foi baseado, em conjunto com outras referências teóricas não menos importantes: *Assessment of Practice Teaching*, método de avaliação para potenciais professores utilizado em universidades australianas (Brooker, Muller et al, 1999), *Computer-Assisted Assessment*, método formativo/somativo utilizado em universidades inglesas, como a Luton e a Loughborough University (Stephens, Bull e Wade, 1998), *Computer-managed Learning*, sistema de aprendizado gerenciado por computador em uso na Curtin University – EUA (Sly, 1999), *Enseignement Assisté par Ordinateur* (Bireaud, 1995), hipertexto e hipermissão (Jonassen, 1991; Tolhurst, 1995; Laurillard, 1995; Colazzo e Molinari, 1996; McGreal, 1997; Kerckhove, 1997; Lévy, 1999), recursos multimídia (Laurillard, 1995; Herrington e Herrington, 1998), características das ferramentas de ensino e aprendizagem tradicionais e novas (Gillespie, 1998), importância do *feedback* em avaliações formativas (Sly, 1999; MacDonald, Mason e Heap, 1999), novas questões de espaço-tempo no contexto educacional (Kershaw e Safford, 1998; Gladieaux e Swall, 1999; Taylor e Eustis, 1999), novos métodos de gerenciamento das interações intelectuais (Liber, 1999), redes e serviços de informações compartilhadas nas universidades – inclusive Internet (Lippincott, 1999), novas tecnologias e o trabalho dos professores (Perrenoud, 1999), ambientes de aprendizagem na Internet (McGreal, 1997; Chute, Sayers e Gardner, 1997; Cruz, 1999, Lockyer et al, 1999), entre outras.

RESULTADOS

Como instrumento de pós-teste, foi utilizada a avaliação do terceiro bimestre, constituída de uma prova escrita, aplicada em sala de aula, contendo sete questões dissertativas e cinco testes de múltipla escolha, contemplando todo o conteúdo programático do curso até aquele ponto. Da nota total possível, sete pontos concentraram-se nas questões dissertativas e três nos testes. Avaliações deste tipo são marcadas pela universidade – uma por bimestre – e são preparadas pelo professor da disciplina com base no conteúdo lecionado em sala de aula. Uma vez que têm a finalidade de atribuir um conceito, utilizado para compor,

junto com a frequência a, pelo menos, 75% das aulas, os critérios de aprovação ou retenção do estudante, tais avaliações têm caráter somativo.

Oportuno indicar aqui que, ao final do período de coleta de dados, constatou-se que o grupo experimental ficou com 34 participantes, enquanto que, no grupo de controle, restaram 35 estudantes. Verificando os dados coletados após a realização da avaliação somativa do terceiro bimestre letivo, constatou-se a ocorrência de 18 estudantes aprovados no grupo de controle (51,43% dos participantes do grupo mencionado), enquanto que, no grupo experimental, 28 estudantes obtiveram nota maior ou igual a sete, mínimo necessário para a aprovação (82,35% dos participantes do grupo experimental). A diferença observada entre os dois grupos da pesquisa foi de 30,92%, o que indica, preliminarmente, que o tratamento experimental foi eficaz em produzir um aumento significativo na proporção de estudantes com aproveitamento acima da média de aprovação do curso.

As Tabela 1 exibe uma comparação entre as médias das notas obtidas nas avaliações somativas dos segundo e terceiro bimestres pelos participantes dos grupos experimental e de controle.

Tabela 1

Comparação da Média das Notas Obtidas pelos Participantes dos Grupos Experimental e de Controle no Segundo e Terceiro Bimestres Letivos

Grupo	Média 2º bimestre	Média 3º bimestre
Experimental	6,35	7,80
De Controle	6,22	6,08

A diferença observada entre as médias dos dois grupos no terceiro bimestre foi de 1,72 pontos em favor do grupo experimental, ou seja, a média do grupo experimental foi 28,08% maior que a média obtida pelos estudantes do grupo de controle. Considerando as condições de igualdade entre os grupos, conforme já exposto anteriormente, conclui-se que a considerável diferença existente em favor do grupo experimental foi causada pelo tratamento ao qual este grupo foi submetido através do instrumento de pesquisa (sistema computacional de avaliação formativa). Pode-se notar que a diferença existente entre as médias das notas dos participantes dos grupos experimental e de controle no segundo bimestre era de apenas 0,13 centésimos, em favor do grupo experimental, o que representa uma diferença mínima entre os grupos, da ordem de 2,09%.

Outro ponto digno de nota diz respeito à diferença na performance dos grupos nos dois bimestres: enquanto o grupo de controle apresentou uma ligeira queda no rendimento médio dos alunos (decréscimo de 2,3% no terceiro bimestre em relação ao segundo), o rendimento médio dos participantes do grupo

experimental aumentou consideravelmente no mesmo período (acréscimo de 22,83%). Como a única ocorrência relevante, no que se refere a um fenômeno que pudesse causar as diferenças observadas na performance de dois grupos iguais, foi a introdução do tratamento experimental, conclui-se que o mesmo foi o fator de tais diferenças. Tal suposição foi confirmada pela realização do teste de hipótese adotado nesta investigação (*Prova de Mann-Whitney* ou *Prova U*, não-paramétrica), cujos resultados permitiram a aceitação da hipótese substantiva da pesquisa. Com o uso do mesmo teste, pode-se constatar, de igual maneira, que a diferença observada entre as médias do segundo e terceiro bimestres letivos para o grupo experimental foi causada pela aplicação do tratamento experimental antes da avaliação somativa do terceiro bimestre. O teste estatístico não-paramétrico aplicado (*Prova de Mann-Whitney*), segundo Levin (1987), é suficiente para garantir a comprovação do êxito do experimento, nas circunstâncias já descritas.

CONCLUSÕES*

O sistema computacional de avaliação formativa proporcionou, conforme ficou demonstrado, um acréscimo considerável no número de estudantes que obteve média suficiente para aprovação. Mas este não foi o único resultado obtido, tampouco o mais relevante: de acordo com os conceitos de avaliação formativa expostos neste estudo, foi possível proporcionar, ao professor e aos estudantes, alternativas extremamente válidas ao processo de ensino-aprendizagem do qual são personagens. Além disso, valiosas observações puderam ser realizadas, no sentido de aprimorar o uso de ferramentas computacionais semelhantes ao instrumento de pesquisa ao qual foi o grupo experimental submetido, visando, principalmente, o incremento da qualidade na interface com o usuário e envolvendo questões essenciais ao êxito de sistemas tutoriais, como a adaptabilidade e a interatividade, além de outros, igualmente relevantes.

Freqüentemente, ao longo desta investigação, o professor recebeu *e-mails* com dúvidas do tipo ‘- O sistema está me aconselhando a revisar uma parte da disciplina na qual considera que posso melhorar, mas eu não quero fazer isso agora. Será que posso passar para outro tópico?’, ou, então, ‘- Para esclarecer o conceito x em uma resposta, o sistema faz menção ao conceito y, que não está disponível na lista de assuntos. Onde posso obter mais informações sobre y?’. Tais dúvidas puderam ser esclarecidas facilmente graças a uma previsão adequada, no que diz respeito a disponibilidade de tempo do professor. Claro que a existência de um manual de instalação e uso, além de um site para consulta de algumas soluções possíveis para os problemas surgidos – como

* As conclusões aqui descritas consideram, além da análise e da reflexão sobre os resultados obtidos na pesquisa experimental, o depoimento de professores e estudantes envolvidos

aconteceu para o sistema de avaliação formativa desta pesquisa – foram extremamente úteis e convenientes, poupando tempo do professor e dos estudantes, ao resolver dúvidas do tipo: ‘- Que botão eu aperto quando desejar um *feedback* sobre determinado questionário?’ ou ‘- Em qual opção estão as estatísticas?’.

Outra possibilidade observada foi a de estender o processo de ensino-aprendizagem para além do ambiente de sala de aula, o que permite, com as devidas adaptações, que um sistema como o utilizado nesta investigação seja utilizado para a avaliação formativa do processo de ensino-aprendizagem em cursos semipresenciais e à distância. Com a utilização do sistema de avaliação formativa, o estudante assume um grau elevado de responsabilidade sobre o próprio aprendizado, tendo à sua disposição, no horário e no local que lhe parecerem mais adequados, a chance de explorar o conteúdo programático ao qual está submetido, controlando o seu desenvolvimento e alternando as trajetórias de acordo com o que lhe parecer mais necessário, importante ou interessante. Além disso, o modelo de proposição de questionários pede que o estudante, em grande parte das vezes, recorra à bibliografia da disciplina, ao material fornecido pelo professor ou a fontes alternativas, que incluem, como foi constatado, *sítes* da Internet e publicações especializadas, além de outras fontes escritas (livros, jornais, periódicos, etc) que não aqueles constantes da bibliografia inicialmente fornecida pelo professor – evidentemente, tais referências receberam (ou não) o aval do professor, após análise. Quando da aplicação do instrumento para o grupo experimental escolhido nesta investigação, um comentário tornou-se comum e foi feito por diversos participantes: ‘Não foi assim tão difícil responder às questões, mas foi preciso ler tal livro, consultar tal material, procurar na Internet, visitar a seção de publicações em Informática da biblioteca’. Ora, tornado comum, o uso de sistemas deste tipo pode vir a incentivar, inclusive, o estudo sistemático e a pesquisa, itens indiscutivelmente importantes para o desenvolvimento de um aprendizado sólido.

Outra característica importante, ligada ao uso do instrumento, foi a possibilidade de discussão dos participantes com o professor, com base nos *feedbacks* colhidos do sistema. No caso dos atendimentos individuais, o professor detinha consigo a possibilidade de verificar a trajetória dos estudantes no sistema, o que o auxiliava no aconselhamento procedido (estudar mais determinados tópicos, recorrer a alguma leitura específica, etc.) e no esclarecimento de dúvidas pertinentes ao conteúdo (definições, aplicações de conceitos, operacionalização de recursos, etc.). Tais características também permitiram ao estudante conhecer suas dificuldades especificamente, de modo a formular questionamentos mais objetivos e proveitosos para seu aprendizado, refinando, inclusive, suas sugestões e críticas. Para o atendimento individual, informações semelhantes puderam ser obtidas, considerando um participante específico e suas respostas aos questionários propostos pelo sistema.

Tecnicamente, as informações pertinentes à análise geral e às análises individuais foram obtidas pelo professor através de uma série de comandos, aplicados ao ambiente do sistema gerenciador de bancos de dados.

Ainda quanto ao uso do sistema por parte do professor, tornou-se possível ao mesmo constatar os problemas mais freqüentes encontrados pelos estudantes, verificando se a abordagem de tais assuntos pode ser melhorada, de alguma forma, com a utilização de outros métodos pedagógicos ou recursos de ordem didática não tentados anteriormente. Assim, o sistema, como método de avaliação formativa, permitiu que o professor pudesse constatar se os alunos atingiram os objetivos pretendidos, além verificar a compatibilidade entre estes mesmos objetivos e os resultados efetivamente alcançados durante o desenvolvimento das atividades propostas. Importante, também, salientar que pôde o estudante conhecer seus erros e acertos no decorrer do processo de ensino-aprendizagem no qual esteve envolvido, encontrando, assim, maior estímulo para um estudo sistemático dos conteúdos.

O aspecto orientador da avaliação formativa, destacado anteriormente, foi amplamente contemplado pelo sistema computacional, e esteve disponível tanto para o aprimoramento do aluno no processo de construção de seu conhecimento como para o trabalho do professor, principalmente através de mecanismos de *feedback*. Demonstram os resultados, de maneira bastante clara, que é possível detectar e recuperar as deficiências de aprendizado no decorrer do processo, estender o processo de ensino-aprendizagem para além da sala de aula, empregar – sem autoritarismo – os aspectos multidimensionais da avaliação e incentivar o educando na busca da tão necessária autonomia.

Uma possibilidade para o emprego de sistemas de avaliação formativa baseados em princípios de inteligência artificial é a da integração de grupos de estudantes através de um sistema de aprendizado colaborativo, permitindo benefícios para os alunos tanto em aspectos cognitivos como em aspectos sociais (Katz *apud* Costa, 1999). A estrutura do sistema necessitaria, neste caso, de algumas modificações para acomodar a interação entre os estudantes – a qual, aliás, ocorreu em alguma medida, de maneira informal, ao longo desta investigação. Tais modificações são, de forma geral, suficientes para prover características colaborativas a um instrumento (Katz *apud* Costa, 1999). Neste aspecto, a Internet pode ser o meio para a conexão de estudantes em um ambiente de aprendizado eminentemente assíncrono, proporcionando a criação de comunidades virtuais com objetivos e metas de aprendizado comuns (Oliver et al *apud* Costa, 1999). Neste contexto, o sistema de avaliação formativa representaria a ferramenta ideal para avaliação do progresso dos estudantes. Um aprofundamento dos aspectos teóricos que permeiam esta questão será necessário para a mencionada adaptação, envolvendo, entre outros pontos relevantes, a heterogeneidade dos grupos, diferenças nas habilidades e como administrar o avanço através do currículo dos grupos de estudantes (McArthur

et al *apud* Costa, 1999).

Outro ponto importante que pode ser abordado aqui diz respeito às características e à estratégia didático-pedagógica do sistema computacional de avaliação formativa utilizado como instrumento experimental desta pesquisa. De forma geral, os sistemas computacionais no processo de ensino-aprendizagem são vistos como meios de captar, armazenar, interligar e transmitir dados e/ou informações, disponibilizando um método mais avançado e conveniente para o uso de recursos ligados ao conteúdo programático e demais elementos afins. Entretanto, oportuno resgatar, neste ponto, a afirmação de Niquini e Botelho (1999), de que o fundamento das tecnologias ligadas aos processos mencionados é o da criação de “ambientes de aprendizagem” (p. 27). Imprescindível, portanto, deste ponto de vista, a como base para a construção de sistemas computacionais voltados para a finalidade investigada nesta pesquisa. O indistinto preenchimento do espaço acadêmico com modernos equipamentos de informática e a introdução de softwares educacionais, de maneira aleatória, não garante os resultados aqui obtidos. É preciso ter uma distinção bastante nítida entre os objetivos educacionais e os meios utilizados para atingi-los e, de acordo com a experiência adquirida ao longo desta investigação, forçoso afirmar que os sistemas computacionais não constituem qualquer parte dos objetivos mencionados, mas podem, se corretamente construídos, transformar-se em meios poderosos para a consecução dos mesmos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTHUSSER, L. *Ideologia e aparelhos ideológicos do Estado*. Lisboa : Presença, s/d.
- BIREAUD, A. *Os Métodos Pedagógicos no Ensino Superior*. Porto: Porto Editora Ltda, 1995.
- BOURDIEU, P, PASSERON, C. *A reprodução*. Rio de Janeiro : Francisco Alves, 1975.
- BOTH, I. Avaliação-ensino e Institucional: investimento de qualidade no ensino. *Seminários em Revista*. Blumenau: FURB, v. 2, n. 7, ago. 1999.
- BROOKER, R., MULLER, R. Improving the assessment of practice teaching: a criteria and standards framework. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, v.23, n.1, p.5-24, 1998.

- CAMPBELL, D.T., STANLEY, J.C. *Delineamentos experimentais e quase-experimentais de pesquisa*. São Paulo: EPU - Editora da Universidade de São Paulo, 1979.
- CARDOSO, S.H. Utilizando simulações no ensino medico. *Informática Médica*, v.1, n.4, 1998.
- CERNY, R.Z. Uma reflexão sobre a avaliação formativa na educação à distância. Texto da 24ª reunião Anual ANPED. Disponível em <http://www.anped.org.br/24/tp1.htm#gt16>
- CHUTE, A.G., SAYERS, P.K., GARDNER, R.P. Networked Learning Environments. *New Directions For Teaching and Learning*, n.71, p.75-83, 1997.
- COLAZZO, L., MOLINARI, A. Using hypertext projection to increase teaching effectiveness. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, v.5, n.1, p.23-48, 1996.
- COSTA, M. Uma Arquitetura Baseada em Agentes para suporte ao Ensino à Distância.
Tese de doutorado. Santa Catarina : UFSC, 1999.
- CRUZ, D.M. Aprender e ensinar através de videoconferência: percepções e estratégias de alunos e professores num ambiente tecnológico interativo. *Tecnologia Educacional*, v.29 (145), 1999.
- FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro : Paz e Terra, 1975.
- GARCIA, W.E. Educação e Tecnologia – O professor sempre mestre ? in XXX Seminário Brasileiro de Tecnologia Educacional – Conferência Básica. *Tecnologia Educacional*, v.26 (143), p. 7-10, 1998.
- GILLESPIE, F. Instructional Design for the New Technologies. *New Directions for Teaching and Learning*. n.76, p.39-52, 1998.
- GLADIEAUX, L.E., SWALL, W.S. The Virtual University and Educational Opportunity: Panacea or False Hope?. *Higher Education Management*, v.11, n.2, p.43-56, 1999.
- GODOY, A.S. Recursos tecnológicos e ensino individualizado in *Didática do Ensino*

Superior. São Paulo: Pioneira, 1998.

HARMON, P., KING, D. *Sistemas Especialistas*. Rio de Janeiro: Campus, 1988.

HERRINGTON, J., HERRINGTON, A. Authentic Assessment and Multimedia: how university students respond to a model of authentic assessment. *Higher Education Research & Development*, v.17, n.3, p.305-322, 1998.

JONASSEN, D. H. *Handbook for educational communications technology*. New York: Simon & Schuster Macmillan, 1996.

KERSHAW, A., SAFFORD, S. From order to chaos: the impact of educational telecommunications on post-secondary education. *Higher Education*, v.35, n.3, p.285-298, 1998.

KENSKI, V.M. A profissão do professor em um mundo em rede: exigências de hoje, tendências e construção do amanhã: professores, o futuro é hoje. *Tecnologia Educacional*, v.26 (143), p.65-69, 1998.

KERCKHOVE, D. A pele da cultura: Uma investigação sobre a nova realidade eletrônica. Lisboa: Relógio D'água Editores, 1995.

KORTH, H.F., SILBERSCHATZ, A. *Sistemas de Bancos de Dados*. São Paulo: Makron Books, 1995.

LAMPERT, E. O Professor Universitário e a Tecnologia. *Tecnologia Educacional*, v.29 (146), p. 3-10, 1999.

LAURILLARD, D. *Rethinking university teaching: a framework for the effective use of educational technology*. London: Routledge, 1995.

LEVIN, J. *Estatística aplicada a Ciências Humanas*. São Paulo: Harbra, 1987.

LEVINE, R.I., DRANGLE, D.E., EDELSON, B. *Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1988.

LÉVY, P. A globalização dos significados. in: *Folha de São Paulo*, Caderno Maiss, p. 5.3, 07/12/1997.

_____. *Cibercultura*. São Paulo : Editora 34, 1999.

- LIBER, O. Embracing Educational Media: a organizational perspective. *Journal of Educational Media* , v. 24, n.1, p.55-57, 1999.
- LIPPINCOTT, J.K. Assessing the Academic Networked Environment. *New Directions For Institutional Research* , n.102, p.21-35, 1999.
- LOCKYER, L., PATTERSON, J., HARPER, B. Measuring effectiveness of health education in a Web-based learning environment: a preliminary report. *Higher Education & Development*, v.18, n.2, p.233-246, 1999.
- LUCKESI, C.C. *Avaliação da Aprendizagem Escolar: estudos e posições*. 11.ed. São Paulo: Cortez, 2001.
- MACDONALD, J., MASON, R., HEAP, N. Refining Assessment for Resources Based Learning. *Assesment & Evaluation in Higher Education*, v.24, n.3, p. 345-354, 1999
- McGREAL, R. The Internet: a learning environment. *New Directions For Teaching and Learning* , n.71, p.67-74, 1997.
- NIQUINI, D.P., BOTELHO, F.V.U. Telemática na Educação. *Tecnologia Educacional*, v.29 (146), p. 27-33, 1999.
- OLIVEIRA, G.P. Avaliação da aprendizagem nos cursos superiores: uma discussão sobre a relevância da qualidade. *Revista Educação e Ensino USF*, n.1(4), p. 63-69, 1999.
- PERRENOUD, P. Formar professores em contextos sociais em mudança: prática reflexiva e participação crítica. *Revista Brasileira de Educação*, Set-Dez 1999, nº 12, pp. 5-21.
- RICH, E., KNIGHT, K. *Inteligência Artificial*. São Paulo: Makron Books, 1994.
- SLY, L. Practice tests as Formative Assesment Improve Student Performance on Computer-managed Learning Assessments. *Assesment & Evaluation in Higher Education*, v.24, n.3, p. 339-343, 1999
- STEPHENS, D., BULL, J., WADE, W. Computer-assisted Assessment: suggested guidelines for a institucional strategy. *Assesment & Evaluation in Higher Education*, v.23, n.3, p. 283-294, 1998.

- TAYLOR, D.C., EUSTIS, J.D. Assessing the Changing Impact of Technology on Teaching and Learning at Virginia Tech: a case study. *New Directions For Institutional Research*, n.102, p.55-70, 1999.
- TOLHURST, D. Hypertext, hipermedia, multimedia defined? *Educational Technology*, v.35, n.2, p. 21-26, 1995.
- XAVIER, D.V. A informática escolar: aspectos de uma didática. *Akrópolis – Revista da Unipar*, v.21, n.1, 1998.
- ZAMBELLI, P. C. Avaliação: Um Permanente Desafio. *Tecnologia Educacional*, v.25 (136/137), p.57-60, 1997.