

## Avaliando a Dimensão Afetiva para Apoio ao Processo de Aprendizagem na Disciplina de Algoritmos: um Estudo de Caso

### Evaluating the Affective Dimension to Support the Learning Process in the Discipline of Algorithms: a Case Study

Edécio Fernando Iepsen<sup>1</sup>, Magda Bercht<sup>2</sup> y Eliseo Reategui<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Faculdade de Educação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Paulo Gama 110, Farroupilha 90040060 - Porto Alegre, RS – Brasil.

<sup>2</sup> Instituto de Informática. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Caixa Postal 15064 91501970 - Porto Alegre RS – Brasil.

E-mail: [edecio@terra.com.br](mailto:edecio@terra.com.br); [bercht@inf.ufrgs.br](mailto:bercht@inf.ufrgs.br); [eliseoreategui@gmail.com](mailto:eliseoreategui@gmail.com)

#### Información del artículo

Recibido 15 de Agosto de 2013

Aceptado 13 de Diciembre de 2013

#### Palabras-clave:

Computação Afetiva;  
Ensino de Algoritmos;  
Estado Afetivo de Frustração;  
Informática na Educação;  
Sistemas de Apoio à Aprendizagem.

#### Keywords:

Affective Computing;  
Teaching of Algorithms;  
Affective State of Frustration;  
Computing in Education;  
Learning Support Systems.

#### Resumo

Este artigo apresenta um estudo visando avaliar aspectos afetivos relacionados aos processos de aprendizagem na área de Algoritmos. A dificuldade apresentada pelos estudantes na aprendizagem de conceitos e técnicas de construção de algoritmos pode levar à frustração, um estado afetivo relacionado aos sentimentos de descontentamento e desesperança. Dois experimentos foram realizados como parte desta pesquisa. No primeiro, um grupo de 58 estudantes foi monitorado enquanto utilizava um sistema de aprendizagem de algoritmos. Quando sentiam-se frustrados na resolução dos exercícios propostos, os alunos podiam indicar este estado ao ambiente de aprendizagem por meio de um botão "Estou Frustrado". Após, um sistema de mineração de dados foi empregado para identificar quais os padrões de interação com o sistema poderiam estar relacionados ao estado de frustração. Estes padrões, representados na forma de regras, foram incorporados no sistema e empregados em um último experimento com um grupo de 6 estudantes com dificuldade de aprendizagem na disciplina. Os resultados da pesquisa mostraram que o sistema foi capaz de prover assistência personalizada aos alunos em momentos em que estes apresentavam dificuldades, auxiliando-os a melhorar seu desempenho.

#### Abstract

This paper presents a study on the evaluation of affective aspects related to learning processes in the area of Algorithms. Students' difficulties in designing solutions for algorithmic problems may lead to frustration, an affective state related to feelings of disappointment and discouragement. Two experiments were carried out as part of this research. In the first one, a group of 58 students was monitored while using a system for learning algorithms. Whenever the students felt frustrated while working on an algorithmic problem, they could indicate it by pressing a button with the label "I'm frustrated". Later on, a data mining tool was used to identify patterns of student-system interaction that could be related to the state of frustration. These patterns, represented in the form of rules, were then incorporated in the system and used in a last experiment with another group of 6 students who had learning difficulties in the course. Results showed that the system has been able to provide personalized assistance to the students at moments when they were showing difficulties, helping them to improve their performance.

## 1. Introdução

Nos cursos de Computação, a disciplina de algoritmos é de fundamental importância (Sedgewick e Wayne, 2011), sendo considerada por muitos como corresponsável pelas altas taxas de evasão existente nos cursos da área (Medina e Fertig, 2006; Barcelos, 2012; Engelbrecht, Dilermando, Nakamiti e Bianchi, 2012). As atividades de aprendizagem de algoritmos constituem-se essencialmente da resolução de problemas e exigem o desenvolvimento da abstração – a partir da elaboração de procedimentos de sequência de ações ou passos (comandos) necessários para a resolução dos exercícios de aprendizagem. Estes exercícios podem ser implementados e testados em um ambiente de programação, gerando um elevado número de interações entre o aluno e o computador.

É possível armazenar os dados destas interações e fornecer ao professor um conjunto de indicativos sobre o comportamento e desempenho do aluno. Com base em estudos de Damásio (1996) e Piaget (2005) que destacam a importância de considerar os aspectos afetivos no processo de aprendizagem, investigou-se nesta pesquisa a possibilidade de realizar a associação entre os dados de tais interações e o sentimento de frustração - que para diversos autores, como Castro, Castro Júnior, Menezes, Boeres e Rauber (2003) e Sirotheau, Brito, Silva, Eliasquevici, Favero e Tavares (2011), pode ser percebido nos alunos nas atividades de ensino de algoritmos. Como em turmas com um grande número de alunos é muito difícil para o professor acompanhar as atividades de todos os seus aprendizes, entende-se que dotar um sistema computacional com ações proativas de apoio ao processo de aprendizagem, exibidas no momento em que o aluno evidencia a frustração, pode ser uma importante fonte de auxílio ao estudante e ao professor.

Frequentes são as pesquisas que ressaltam a carência do mercado de trabalho de profissionais oriundos dos cursos da área de Computação (BSA, 2011; SERPRO, 2009). Em uma análise mais detalhada da situação, percebe-se que um grande número de alunos ingressa nos cursos da área de Computação, mas boa parte destes alunos desiste nos primeiros semestres da faculdade, conferindo a estes cursos – juntamente com o curso de Matemática – as maiores taxas de abandono no país (MEC, 2010). Piva Jr e Freitas (2010), analisando dados do MEC/INEP, observaram que no ano de 2008 apenas 35,1% dos alunos que ingressaram em cursos superiores da área de Computação no Brasil os concluíram.

Diante da percepção das dificuldades existentes, as práticas educativas de ensino de algoritmos se tornaram alvo de inúmeros estudos visando minimizar tais adversidades (Hostins e Raabe, 2007; Rebouças, Marques, Costa e Silva, 2010). Nesta pesquisa, busca-se contribuir com o processo de aprendizagem de algoritmos a partir da identificação do estado de frustração dos estudantes na realização das atividades da disciplina, para então prover-se um apoio personalizado a estes aprendizes.

Este artigo está organizado da seguinte forma: na seção 2, aborda-se a fundamentação teórica que norteia este trabalho. Nas seções 3 e 4 são apresentadas a metodologia de desenvolvimento da pesquisa e a análise dos resultados. Ao final, são apresentadas as conclusões do estudo e são propostos trabalhos futuros.

## 2. Fundamentação e Trabalhos Correlatos

A área que foca no estudo da detecção e expressão dos estados afetivos em sistemas computacionais é denominada Computação Afetiva. O termo foi inicialmente utilizado por Rosalind Picard no livro *Affective Computing* (1997). A autora argumenta que um computador com habilidades emocionais deve ser capaz de compreender e expressar suas próprias emoções, reconhecer emoções nos

outros, controlar a afetividade e utilizar o humor e as emoções para motivar comportamentos adaptativos.

Uma variedade de descobertas tem mostrado que os estados afetivos tendem a influenciar múltiplos comportamentos em tarefas subsequentes (Picard e Dayli, 2008). Na Educação, identificar os estados afetivos dos estudantes pode permitir que ações sejam tomadas para auxiliá-los no andamento dos seus estudos (Picard, 1997; Burleson, 2013).

Para implementar as técnicas e métodos de Computação Afetiva em sistemas computacionais, pode-se utilizar sistemas que busquem, a partir da detecção de características fisiológicas ou comportamentais do usuário, associar um padrão de comportamento a determinado estado afetivo (Kapoor, Burleson e Picard, 2007; Bercht, 2001). O mesmo vale para a expressão de emoções. É possível utilizar agentes afetivos que interajam com o usuário transmitindo e induzindo emoções a partir de feições faciais, gestos e modos de olhar (Martin, DMello, Graesser e Schuller, 2011; Hoque, McDuff e Picard, 2012).

Picard (2003) destaca quatro motivações para dar às máquinas habilidades emocionais: a) construção de robôs e personagens sintéticos que podem emular seres humanos e animais; b) tornar as máquinas mais inteligentes; c) tentar entender as emoções humanas, modelando-as; d) fazer com que a interação homem-máquina seja menos frustrante. Sobre a quarta motivação, a autora destaca a realização de pesquisas visando identificar e reconhecer situações que frustram o usuário, percebendo não só o comportamento e as expressões do usuário, mas também o que o sistema estava fazendo neste momento. Com esta capacidade, a máquina poderia ajustar o seu comportamento, para então ajudar a reduzir a frustração do usuário.

### *2.1. Frustração*

A frustração é um estado afetivo resultante da ocorrência de um obstáculo que impede a satisfação de uma necessidade (Lawson, 1965). A pesquisa realizada por Moura (2008) relaciona a frustração com um sentimento que surge no indivíduo frente às demandas requeridas no atual cenário globalizado, que requer capacidades, muitas vezes, descomedidas. Tais demandas podem ser consideradas fontes contínuas de sentimentos de revolta, desesperança e depressão. E esses sentimentos são considerados como universais, ou próprios da natureza humana, e dependem da história de vida do indivíduo, de suas características e do contexto no qual ele está inserido.

Ainda conforme Moura (2008), a frustração é tradicionalmente compreendida sob dois prismas diferentes: a) em um primeiro aspecto, a frustração pode ser compreendida como a representação de um objeto impeditivo da realização de uma necessidade, algo externo ao sujeito, ou seja, um obstáculo ou um evento; b) em outro aspecto, a frustração é utilizada como um termo que se refere a um sentimento negativo, representando insucesso ou tristeza por não se ter alcançado uma meta. Assim, o fenômeno é compreendido sob estas duas perspectivas conceituais: frustração enquanto o próprio obstáculo e frustração enquanto um sentimento.

### *2.2. Mineração de Dados*

Para identificar padrões nos dados obtidos pelas interações dos alunos com a ferramenta de criação de algoritmos desenvolvida nesta pesquisa foram utilizadas técnicas da área de Mineração de Dados. Witten e Frank (2005) definem Mineração de Dados como o processo de descoberta de padrões e extração de informações em grandes volumes de dados, onde o processo deve ser automático ou

semiautomático. Os padrões descobertos devem ser significativos, buscando trazer alguma vantagem no domínio em que são utilizados.

A área de Educação tem incorporado as técnicas de Mineração de Dados em diferentes atividades, tais como predição do desempenho de estudantes (Baradwaj e Pal, 2011) e identificação de padrões de erros frequentes (Merceron e Yacef, 2003). Os avanços na área levaram à estruturação de uma comunidade focada no desenvolvimento de métodos de análise de dados provindos de espaços educacionais, e no emprego destes métodos para melhor compreender os estudantes e seus processos de aprendizagem (Baker e Yacef, 2009).

No caso da ferramenta desenvolvida nesta pesquisa, buscou-se detectar os padrões de comportamento dos alunos que pudessem estar associados ao estado afetivo de frustração. Como nas aulas de algoritmos os alunos desenvolvem vários programas, e cada programa é, geralmente, compilado e testado diversas vezes até a verificação do seu correto funcionamento, um número muito grande de registros pode ser armazenado, documentando estas interações. Sobre estes registros é que foram aplicadas as técnicas de mineração dos dados.

A técnica utilizada para a mineração dos dados foi a classificação baseada em regras – por ser a que melhor reflete o objetivo desta pesquisa, que é a de buscar as condições que identificam as variáveis associadas ao estado afetivo de frustração do aluno. Dentre as ferramentas de Mineração de Dados disponíveis no mercado, optou-se pela WizRule, por operar com a técnica empregada na pesquisa e possuir uma extensa documentação disponível na Web. Na figura 1, pode-se observar parâmetros de configuração da ferramenta para a geração das regras a serem obtidas a partir dos dados minerados.

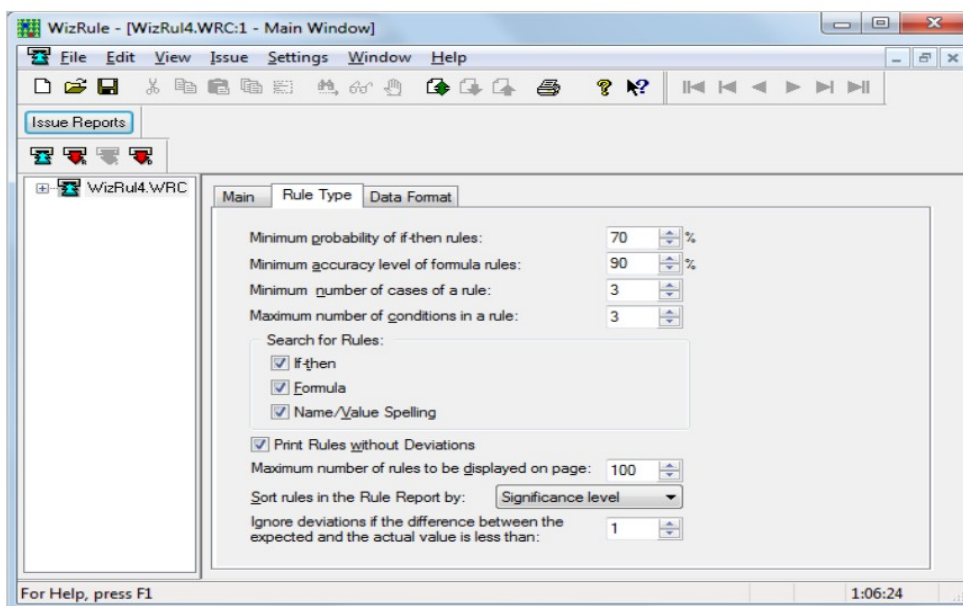


Figura 1. Configuração dos parâmetros para a criação das regras Se... Então... no WizRule.

A ferramenta realiza a extração de regras de associação por meio de um algoritmo proprietário. Para cada regra, um grau de confiança e suporte são calculados. O grau de confiança é definido como a relação entre o número de registros no qual uma condição e um resultado são observados, pelo número de registros no qual a condição é observada, independente do resultado (Witten e Frank, 2005). Já o grau de suporte é definido como o número total de registros no qual tanto a condição quanto o resultado são

observados. Tais informações permitem que se tenha uma ideia da cobertura e precisão das regras extraídas de um conjunto de dados.

### 2.3. *Trabalhos Relacionados*

A pesquisa de Rajendran (2011) busca identificar os estados afetivos dos estudantes na utilização de Sistemas Tutores Inteligentes (STI), examinando padrões nos logs de interação destes com os sistemas. Informações de análise das respostas dos alunos, número de tentativas para acertar uma questão e tempo para realização de atividades foram associadas a estados afetivos. A pesquisa aqui apresentada emprega alguns destes dados no processo de identificação do estado afetivo de frustração, além de propor estratégias pedagógicas específicas para apoio aos processos de aprendizagem dos alunos que demonstram encontrar-se frustrados na realização de atividades em cursos de algoritmos.

Já o trabalho de Rodrigo e Baker (2009) também busca identificar a frustração do aluno na disciplina de algoritmos, a partir da aplicação de uma fórmula matemática que considera as ações do aluno durante a realização de programas utilizando o framework BlueJ. A principal distinção entre a proposta dos autores e a pesquisa aqui apresentada está no método empregado para identificação do estado de frustração bem como nos dados utilizados neste processo. Enquanto os autores buscaram definir um modelo matemático para identificar este estado afetivo, nossa pesquisa emprega a técnica de mineração de dados, cuja vantagem é poder avaliar um grande número de combinações entre variáveis na busca de padrões de frustração.

As ideias implementadas para validação deste trabalho têm apoio em algumas pesquisas. Em Kapoor et al. (2007), enquanto o aluno realizava um exercício sobre a Torre de Hanói, seus dados eram capturados em um sistema através de equipamentos complexos. Foram armazenadas um conjunto de expressões afetivas do usuário que antecediam ao clique deste usuário no botão "Estou Frustrado". Cada nova ocorrência deste conjunto de expressões afetivas era, então, o indicativo de que o usuário estaria frustrado. De maneira análoga, a pesquisa desenvolvida neste trabalho visa registrar as ações dos alunos enquanto estes desenvolvem determinadas atividades, buscando relacionar estes dados com informações sobre os estados afetivos dos estudantes. Contudo, em nossa pesquisa, são empregados os dados das interações dos estudantes com um ambiente de programação como forma de identificar situações que podem levar os estudantes ao estado afetivo de frustração. Já Bercht (2001) indicou que alguns estados afetivos podiam ser detectados a partir de variáveis comportamentais do aluno em um ambiente computacional. Tal conclusão abona a ideia de que é possível coletar dados sobre as interações dos alunos com um ambiente de aprendizagem de algoritmos e utilizá-los na identificação do estado de frustração.

### 3. Metodologia

Para a realização desta pesquisa, foram inicialmente analisados os métodos para inferir estados afetivos a partir de observações comportamentais dos alunos durante a utilização de um ambiente de programação. Primeiramente, foi desenvolvido um ambiente de apoio à aprendizagem de algoritmos com funções de programação em pseudocódigo e coleta de dados comportamentais oriundos da interação dos alunos.

Dois estudos de caso foram realizados em uma instituição de ensino superior no sul do país, seguindo diretrizes descritas por Yin (2010). Em um dos experimentos foram capturados os dados das interações dos alunos com a ferramenta, submetendo-os num segundo momento a um sistema de Mineração de Dados. Em outro experimento, foram analisados os possíveis benefícios para o processo de

aprendizado das ações proativas de apoio inseridas na ferramenta. Cada um destes experimentos é detalhado nas próximas seções.

### 3.1. Detecção da Frustração do Aluno em Algoritmos

Nesta pesquisa, partiu-se da premissa de que o estado de frustração do aluno de algoritmos pode ocorrer em função das suas dificuldades em concluir com sucesso os exercícios propostos na disciplina. Com base nesta ideia, foi desenvolvido um ambiente de programação para apoio à aprendizagem de algoritmos, capaz de capturar os seguintes dados: a) número de compilações com erros; b) número total de erros; c) tempo entre o início e a última compilação do programa; d) número de programas anteriores sem solução (sem uma compilação correta); e) número de compilações sem erros de sintaxe – indicando possivelmente erros de lógica na resolução daquele exercício.

### 3.2. Apoio ao Processo de Aprendizagem

A ferramenta de apoio à aprendizagem de algoritmos armazena um grande número de exercícios classificados de acordo com o tipo de problema envolvido em sua resolução. Ao empregar a ferramenta para resolver um determinado exercício, toda a interação do aluno com a ferramenta é monitorada. Ao identificar um padrão de comportamento no uso da ferramenta associado ao estado afetivo de frustração são disponibilizados recursos visando minimizar a ocorrência deste sentimento no aluno. O apoio consiste em: a) disponibilizar um tutorial com a resolução, passo a passo, do exercício no qual o aluno apresenta dificuldades; b) recomendar um novo exercício previamente cadastrado pelo professor, que seja mais linear ao nível de complexidade dos conceitos trabalhados até aquele ponto da disciplina. A figura 2 ilustra este processo.

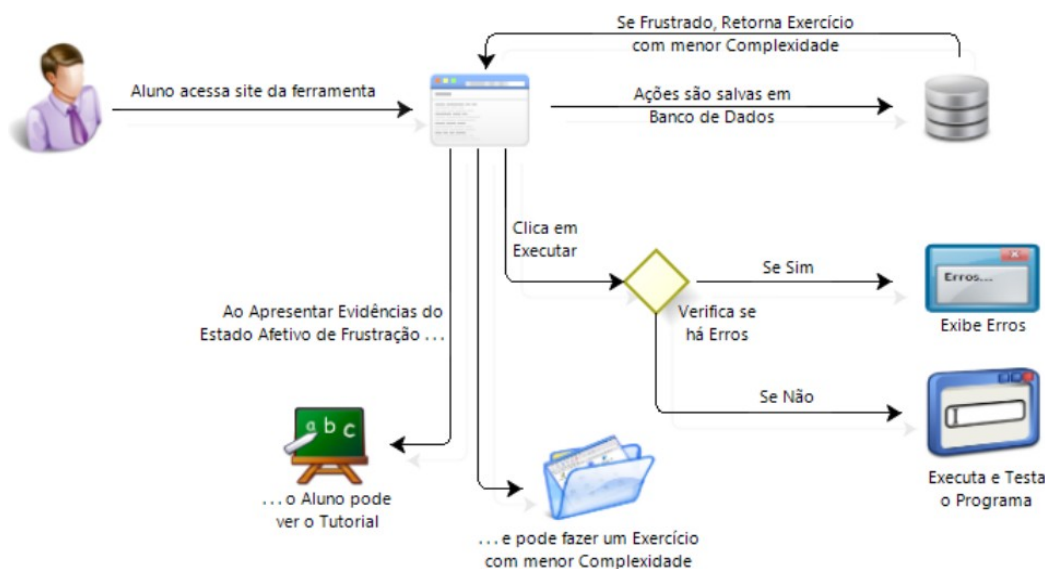


Figura 2. Funcionamento da ferramenta desenvolvida para validação da pesquisa

Zabala (1999) no livro *Como Trabalhar os Conteúdos Procedimentais em Aula* fornece diversas indicações que dão suporte para a adoção das técnicas utilizadas nesta pesquisa. Ele afirma, no capítulo que aborda o «aprender a fazer», que é importante respeitar os diferentes ritmos de aprendizagem dos alunos, disponibilizando diferentes tipos e número de atividades. Em outro momento, o autor indica ser apropriado «utilizar diferentes estratégias de representação dos problemas... entre elas, utilização de problemas

*mais simples - que fomenta e fortalece o domínio de estratégias heurísticas*». Com os botões «Tutorial com a Resolução deste Exercício» e «Buscar Outro Exercício com Menor Complexidade» buscou-se oferecer um tratamento diferenciado ao aluno que está com dificuldades na realização de um exercício. Assim pretende-se transformar a frustração do aluno em uma oportunidade de aprendizagem, como propõe Kapoor et al. (2007). A figura 3 ilustra a interface da ferramenta com os botões de apoio, que são exibidos quando o aluno apresenta um padrão de comportamento que se enquadra em uma das regras anteriormente apresentadas.

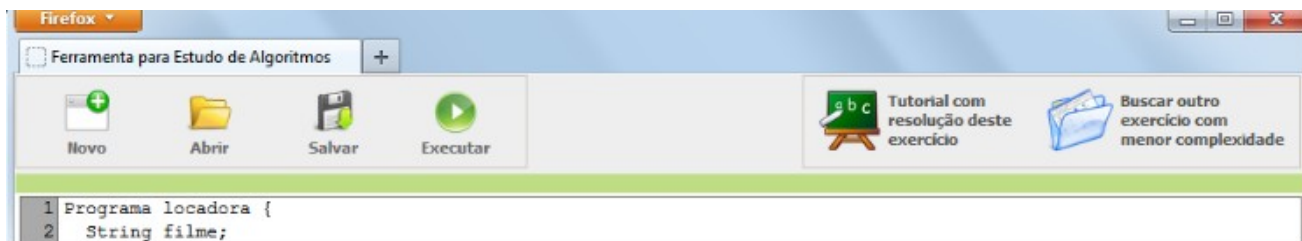


Figura 3. Os botões de auxílio disponibilizados no sistema

Bercht (2006) sugere a apresentação de outros recursos de mídia por parte do sistema, com o objetivo de encorajar o aluno com sinais de frustração a persistir na realização de suas atividades. Para tanto, um tutorial com uma explicação passo a passo da resolução do exercício no qual o aluno apresentou dificuldades foi disponibilizado na ferramenta. Isto também permite evitar que tal exercício, venha a ampliar a frustração do aluno. A figura 4 exhibe uma tela com exemplo de explicações do tutorial sobre declarações de variáveis.

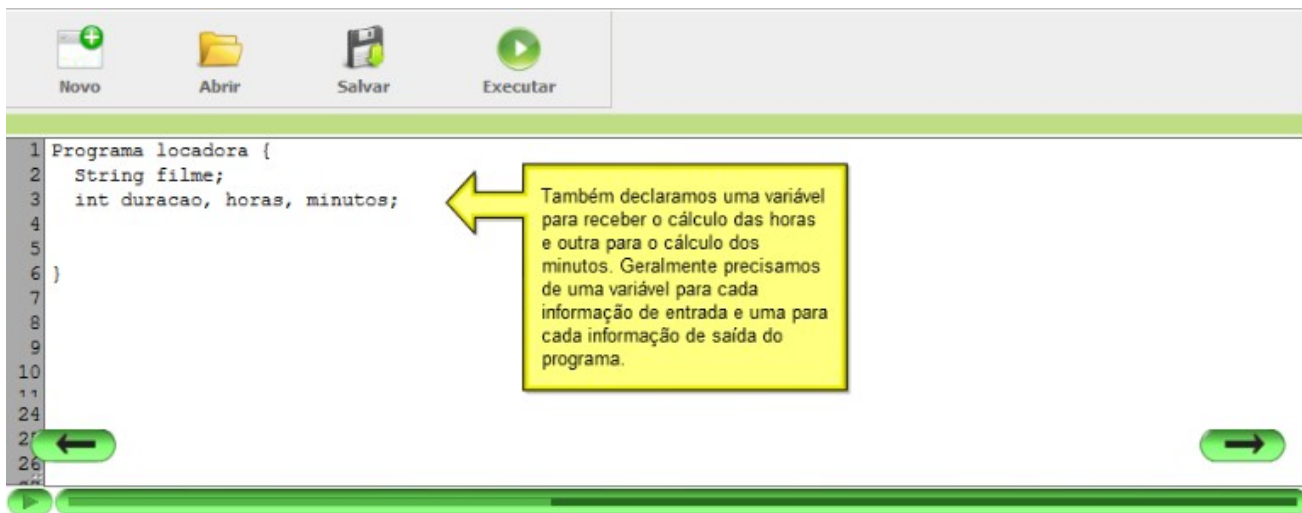



Figura 4. Tutorial com a explicação, passo a passo, de um exercício.

Com o tutorial e a recomendação de um exercício mais simples, pretende-se evitar a ocorrência da situação citada por Kapoor *et al.* (2007), onde a frustração intensa pode resultar no desejo do aluno de desistir dos seus estudos. Um exemplo de exibição de um novo exercício recomendado é apresentado na figura 5.




**Exercício Recomendado**




**Após ver o tutorial apresentando a resolução do exercício locadora você pode tentar resolver aluguel. O programa recomendado é semelhante ao locadora, porém com um nível menor de complexidade. Vamos Tentar!?**

**Sugestão**



Sabendo que o valor estimado de venda de um imóvel é de 100x o valor do seu aluguel, elaborar um programa que leia descrição e valor do aluguel de um imóvel. Informe o valor estimado para a venda, conforme o exemplo.

**Enunciado**



Imóvel: Apto 2 dorm  
 Valor Aluguel R\$: 800,00  
 Valor para Venda R\$: 80000,00

**Execução**

[Fazer este programa](#)

Figura 5. Recomendação de um novo exercício, com nível menor de complexidade em relação àquele não resolvido pelo aluno.

#### 4. Aplicação dos Experimentos e Análise de Desempenho

Inicialmente, um grupo de 58 alunos da disciplina de Algoritmos & Lógica de Programação de um curso de nível superior participou do primeiro experimento – sendo que cada aluno tentou realizar 6 exercícios. Para a realização dos exercícios, os 58 alunos efetuaram 2197 execuções (ou tentativas de execução) dos programas. O botão “Preciso de Ajuda” foi clicado em 21 momentos. Segundo Kapoor et al. (2007), ele indica um estado intermediário, de pré-frustração, em que os alunos não se sentem fortemente frustrados. Já o botão “Estou Frustrado” foi clicado pelos alunos em 13 momentos. Os dados coletados foram então analisados pela ferramenta de mineração de dados WizRule. Como resultado da mineração, foram obtidas regras que identificam as ações que possivelmente indicam a frustração do aluno. A figura 6 exibe, de forma simplificada, um extrato das regras mais relevantes obtidas.

**IF-THEN RULES:**

*If duração is **Alta** and número\_compilações\_com\_errores is **Alta** if and only if frustrado is **Sim***

*If número\_compilações\_com\_errores is **Alta** Then frustrado is **Sim***

*If número\_compilações\_sem\_errores is **Alta** Then frustrado is **Sim***

*If duração is **Alta** and programas\_seguidos\_com\_errores is **Alta** Then frustrado is **Sim***

*If programas\_seguidos\_com\_errores is **Alta** and número\_compilações\_com\_errores is **Alta** Then frustrado is **Sim***

*If programas\_seguidos\_com\_errores is **Alta** Then frustrado is **Sim***

Figura 6. Regras mineradas associadas à frustração dos alunos.

Estas regras foram então incorporadas ao sistema e utilizadas para identificação do estado de frustração dos alunos.



Uma oficina de algoritmos para alunos que reprovaram na disciplina, ou que apresentaram baixo desempenho, foi oferecida num semestre subsequente como forma de auxiliá-los a superar suas dificuldades. A ferramenta desenvolvida nesta pesquisa foi então utilizada como instrumento de apoio durante a oficina. Em cada encontro, quatro exercícios de programação eram propostos. Seis alunos participaram da oficina. Nesta, os aprendizes puderam explorar os recursos de apoio da ferramenta, que, ao detectar a ocorrência de algum padrão associado ao estado afetivo de frustração, exibia os botões permitindo ao aluno acessar o tutorial com a resolução do exercício e realizar um novo exercício mais simples.

#### 4.1. Avaliações de Pré e Pós-Teste

Para realização das análises de desempenho dos estudantes, foram aplicadas avaliações de pré e pós-teste sobre os conteúdos abordados nas primeiras aulas de algoritmos. Como pré-teste foram avaliadas as provas realizadas pelos 6 alunos participantes na disciplina de algoritmos em uma faculdade no sul do país. Já o pós-teste foi aplicado após a realização da oficina de algoritmos. A figura 7 ilustra as etapas desenvolvidas.

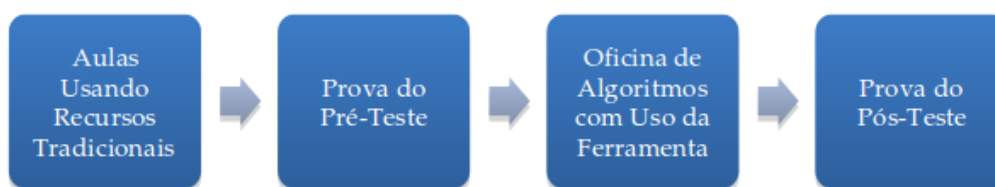


Figura 7. Etapas do Pré e Pós-Teste da Pesquisa

A avaliação de cada exercício de algoritmo foi subdividida nas seguintes porções: a) identificação das variáveis: verifica se o aluno declarou corretamente as variáveis do programa; b) entrada de dados: verifica se o aluno fez a leitura das variáveis de entrada no programa; c) processamento: verifica se o aluno fez os cálculos/operações corretos conforme o enunciado do exercício; d) exibição das saídas: verifica se o aluno programou corretamente as respostas que o algoritmo deveria apresentar (sem considerar se o processamento estava correto); e) uso correto de condições: analisa se o aluno empregou corretamente as condições se... então... senão no programa. Embora estas porções estejam fortemente relacionadas à elaboração de um algoritmo, a codificação de cada uma delas pode ser avaliada de forma independente. A subdivisão de um algoritmo nestas porções, principalmente nas primeiras aulas, busca facilitar a sua compreensão por parte dos alunos. Desta forma, entende-se ser adequado adotar também esta abordagem para realizar a análise das respostas dos alunos para os exercícios realizados no pré e no pós-teste.

#### 4.2. Análise de Desempenho

Cada uma das porções de um conjunto de 4 exercícios de algoritmos foi avaliada tanto no pré-teste quanto no pós-teste. A figura 8 apresenta um conjunto de gráficos mostrando a melhoria do desempenho dos alunos nas avaliações para cada um dos critérios adotados.

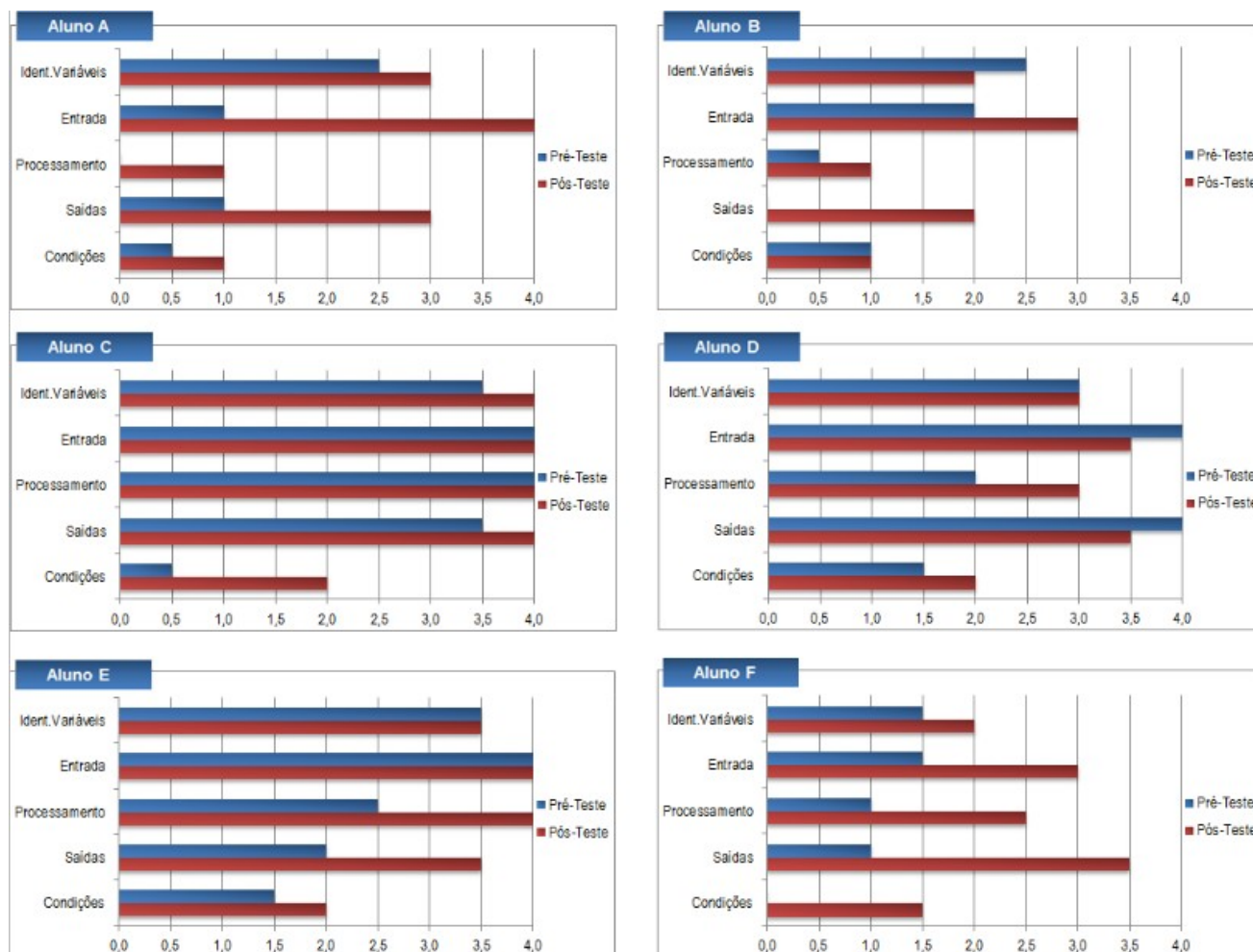


Figura 8. Comparativo do desempenho dos alunos nos pré e pós-testes

Pode-se observar, a partir da figura 8, que o aluno A possuía grande dificuldade nas etapas de entrada de dados, processamento e saídas no pré-teste. Ele obteve melhor desempenho em todas as etapas de elaboração dos algoritmos no pós-teste, precisando melhorar ainda na porção processamento. Já o aluno B obteve avanços em 3 porções dos exercícios, sendo que na etapa saídas houve o avanço mais significativo. O aluno C, que em diversas oportunidades se mostrou desanimado nas aulas, apresentou um ótimo desempenho no pós-teste tendo acertado todos os exercícios da avaliação. O aluno D se mostrou pouco participativo na oficina e teve um desempenho que oscilou de forma positiva e negativa nas porções dos programas analisados. O aluno E apresentou dificuldades, mas se mostrou bastante esforçado no desenvolvimento das atividades de algoritmos, tendo evidenciado um melhor desempenho nas etapas de processamento e saídas. Quanto ao aluno F, foi possível observar um avanço significativo no seu desempenho em todas as porções dos exercícios analisados.

## 5. Considerações Finais

Esta pesquisa apresentou um estudo sobre a avaliação da dimensão afetiva dos estudantes no processo de ensino e de aprendizagem de algoritmos. Os resultados obtidos com o desenvolvimento de uma ferramenta e a realização de diferentes experimentos permitiu concluir que foi possível apoiar os

alunos em seus processos de aprendizagem no momento em que estes apresentavam padrões de comportamento associados ao estado afetivo de frustração.

Os recursos de apoio visando auxiliar o aprendizado dos alunos consistiram na exibição de tutoriais explicando passo a passo a resolução do exercício no qual o aluno evidenciou sinais de frustração, além da recomendação de um novo exercício com um nível menor de complexidade. Tal abordagem de apoio tem referência nos trabalhos de Bercht (2006) e Zabala (1999). Os autores afirmaram que: a) um sistema computacional deve ser capaz de identificar quando o aluno está frustrado a fim de encorajá-lo a continuar seus estudos, utilizando materiais de apoio com recursos de mídia alternativos (Bercht, 2006); b) deve-se desenvolver exercícios que respeitem os ritmos de aprendizagem dos alunos, sendo que o uso de problemas mais simples fomenta e fortalece a aquisição do conhecimento por parte dos aprendizes (Zabala 1999). Nos experimentos realizados, foi possível constatar que esta abordagem foi bastante eficaz na condução dos estudantes por caminhos que lhes permitiram alcançar melhores resultados. A pesquisa também indicou que o atual estágio dos estudos da área de Computação Afetiva permite que aplicações educacionais façam uso de suas técnicas para inferir os estados afetivos dos alunos e assim apoiá-los no seu processo de aprendizagem – sem a necessidade da utilização de equipamentos complexos para captura de sinais fisiológicos.

Como trabalhos futuros, julga-se oportuno investigar a integração desta pesquisa com outras cujo foco seja os aspectos motivacionais e sua influência nos processos de aprendizagem. Também está sendo desenvolvido um portal para disponibilizar a ferramenta aqui construída contando com um conjunto de exercícios e tutoriais a serem compartilhados por todos os envolvidos com o tema.

## 6. Referências

- Baker, R. S. J. D. y Yacef, K. (2009). The State of Educational Data Mining in 2009: A Review and Future Visions, *Journal of Educational Data Mining*, 1(1), 3-17.
- Baradwaj, B. K. y Pal, S. (2011) Mining Educational Data to Analyze Students' Performance. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2(6),63-69.
- Barcelos, R. J. S. (2012). *O Processo de Construção do Conhecimento de Algoritmos com o Uso de Dispositivos Móveis Considerando Estilos Preferenciais de Aprendizagem*. Tese de Doutorado. Porto Alegre: UFRGS.
- Bercht, M. (2001). *Em Direção a Agentes Pedagógicos com Dimensões Afetivas*. Instituto de Informática. Tese de Doutorado. Porto Alegre: UFRGS.
- Bercht, M. (2006). *Computação Afetiva: Vínculos com a Psicologia e Aplicações na Educação*. Instituto de Informática UFRGS. São Paulo: *Seminário Brasileiro de Psicologia e Informática - III Psicoinfo*.
- BSA - Business Software Alliance Apud Folha (2011). *Brasil sobe em ranking de tecnologia, mas escassez de talentos preocupa*. Obtido 12 Janeiro 2013, desde <http://www1.folha.uol.com.br/bbc/981483-brasil-sobe-em-ranking-de-tecnologia-mas-escassez-de-talentos-preocupa.shtml>
- Burleson, W. (2013). *Affective Learning Companions and the Adoption of Metacognitive Strategies*. New York, NY: Springer International Handbooks of Education.
- Castro, T. C., Castro Júnior, A. N., Menezes, C. S., Boeres, M. C. S. y Rauber, M. C. P. V. (2003). *Utilizando Programação Funcional em Disciplinas Introdutórias de Computação*. Campinas-SP: *Workshop sobre Educação em Computação*.
- Damásio, A. (1996). *O Erro de Descartes: emoção, razão e o cérebro humano*. São Paulo: Companhia das Letras.
- Engelbrecht, A. M., Dilermando, P. J., Nakamiti, G. S. y Bianchi, F. (2012). *Algoritmos e Programação de Computadores*. São Paulo: Editora Campus.
- Hoque, M. E., McDuff, D. J. y Picard, R. W. (2012). Exploring Temporal Patterns in Classifying Frustrated and Delighted Smiles. *IEEE Transactions on Affective Computing* 3(3), 323-334.
- Hostins, H. y Raabe, A. L. A. (2007). *Auxiliando a Aprendizagem de Algoritmos com a Ferramenta Webportugol*. Rio de Janeiro: *Workshop sobre Educação em Computação*.
- Kapoor, A., Burleson, W. y Picard, R.W. (2007). Automatic prediction of frustration. *Human-Computer Studies*. Redmond – USA: Elsevier.

- Lawson, P. R. (1965). *Frustration: The development of a scientific concept*. New York, USA: Macmillan.
- Martin, J.C., DMello S., Graesser, A. y Schuller, B. (2011). *Affective Computing and Intelligent Interaction*. Memphis, USA: Springer.
- MEC – Ministério da Educação apud Folha. (2010). *Matemática e ciências da computação têm alta taxa de abandono*. Obtido 17 Fevereiro 2013, desde <http://www1.folha.uol.com.br/folha/educacao/ult305u546576.shtml>.
- Medina, M. y Fertig, C. (2006). *Algoritmos e Programação: Teoria e Prática*. São Paulo: Editora Novatec.
- Merceron, A. y Yacef, K. (2003). A Web-based Tutoring Tool with Mining Facilities to Improve Learning and Teaching. In *Proceedings of 11th International Conference on Artificial Intelligence in Education.*, 201-208, Sydney: IOS Press.
- Minaei-Bidgoli, B., Kashy, D. A., Kortemeyer, G. y Punch, W. F. (2003). Predicting student performance: an application of data mining methods with the educational web-based system LON-CAPA. In *Proceedings of IEEE Frontiers in Education Conference*, Boulder, CO: IEEE Press.
- Moura, C. F. (2008) *Reação à frustração: construção e validação da medida e proposta de um perfil de reação*. Instituto de Psicologia. Tese de Doutorado. Brasília: UnB.
- Piaget, J. (2005) *Inteligencia Y afectividad*. Buenos Aires: Editora AIQUE.
- Picard, R. W. (1997) *Affective Computing*. Cambridge: MIT Press. USA.
- Picard, R. W. (2003). What Does It Mean for a Computer to "Have" Emotions? In Trappl, R., Petta, P., Payr, S. (Ed). *Emotions in Humans and Artifacts* (pp. 213-236). USA: Bradford Books.
- Picard, R. W. y Daily, S. B. (2008). *Evaluating affective interactions: Alternatives to asking what users feel*. Cambridge, MA: MIT Media Laboratory.
- Piva Jr., D. y Freitas, R. L. (2010). Estratégias para melhorar os processos de Abstração na disciplina de Algoritmos. João Pessoa: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*.
- Rajendran, R. (2011). *Automatic Identification of Affective States Using Student Log Data in ITS*. Bombay, India: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Rebouças, A. D. D. S, Marques, D. L., Costa, L. F. S. C. y Silva, M. A. A. (2010). Aprendendo a Ensinar Programação Combinando Jogos e Python. João Pessoa: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*.
- Rodrigo, M. M. T. y Baker, R. S. J. (2009). *Coarse-Grained Detection of Student Frustration in an Introductory Programming Course*. Berkeley, CA, USA: ICER'09.
- Sedgewick R. y Wayne, K. (2011). *Algorithms*. Boston, MA. USA: Pearson Education.
- SERPRO (2009). *Apagação de mão-de-obra na área de TI*. Obtido 15 Fevereiro 2013, desde [https://www2.gestao.presidencia.serpro.gov.br/secom/folder\\_noticias/2007/11/ti21nov1g](https://www2.gestao.presidencia.serpro.gov.br/secom/folder_noticias/2007/11/ti21nov1g).
- Sirotheau, S., Brito, S. R., Silva, A. S., Eliasquevici, M. K., Favero, E. L. y Tavares, O. L. (2011). Aprendizagem de iniciantes em algoritmos e programação: foco nas competências de autoavaliação. Aracaju: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*.
- Witten, I. H. y Frank E. (2005). *Data mining: practical machine learning tools and techniques*. San Francisco, CA: Editora Elsevier.
- Yin, R. K. (2010). *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. 4ª Ed. Porto Alegre: Bookman.
- Zabala, A. (1999). *Como Trabalhar os Conteúdos Procedimentais em Aula*. Porto Alegre: Editora Artmed. 165-192.