

A Disciplina de Resolução de Problemas na Matriz Curricular de Ciência da Computação

**Cristiane Camilo Hernandez, Manuel Fernandez-Paradela Ledón,
Juliano Schimiguel, Luciano Silva, Luis Naito Mendes Bezerra,
Ismar Frango Silveira**

Universidade Cruzeiro do Sul – Av. Dr. Ussiel Cirilo, 225 – 08060-070 São Paulo – SP

{cristiane.camilo, manuel.ledon, juliano.schimiguel, luciano.silva,
luis.naito, ismar.silveira}@cruzeirodosul.edu.br

Resumo. *A Resolução de Problemas, como disciplina de cursos de graduação ou pós-graduação, ou simplesmente como atividade geral que envolve enfoques práticos e metodológicos, ultrapassa os tradicionais limites do ensino para ser considerada uma necessidade essencial em diferentes áreas do conhecimento. Especificamente para os futuros profissionais de computação e áreas afins, esta é uma habilidade altamente desejável e que deve ser desenvolvida pelos estudantes. Desta maneira, este artigo apresenta e analisa uma experiência específica de inclusão de uma disciplina de Resolução de Problemas na matriz curricular de um curso de Ciência da Computação.*

Abstract. *Problem Solving, as an undergraduate or graduate regular course – or even simply as a general activity that develops practical and methodological views, goes beyond the usual teaching boundaries in order to be considered as an essential need in different areas of knowledge. Specifically for the future professional of Computer Sciences and correlated areas, this is a highly desirable ability that must be developed by students. Thus, this article presents and analyzes a specific experience about including such a course in a CS course's curricula.*

1. Introdução

O que é um problema? Do grego *πρόβλημα*, em um sentido amplo, um problema representa um *gap* entre uma situação atual e a situação desejada, e resolver este problema é preencher este *gap*. Houaiss (2010) traz como uma das acepções do termo a definição de “dificuldade que desafia a capacidade de solucionar de alguém”. Aurélio (2009) define um problema como “qualquer questão que dá margem a hesitação ou perplexidade, por difícil de explicar ou de resolver”. Zeitz (2007) diferencia exercício e problema ao definir o primeiro como uma questão que se sabe como resolver imediatamente, sem necessariamente ter de estabelecer uma decisão sobre quais técnicas utilizar para executá-lo. Já a resolução de um problema demanda muito mais reflexão e esforço antes de encontrar a abordagem apropriada.

Goldstein e Levin (1987) definem a resolução de problemas como um processo cognitivo de alta ordem, considerado como a mais complexa de todas as funções intelectuais. Segundo Romeike (2008), o núcleo da Ciência da Computação é baseado

na resolução de problemas, no qual todas as atividades com proposta de serem resolvidas computacionalmente podem ser consideradas como um problema. Citando Groth e MacKie-Mason (2010), o sucesso da computação está na resolução de problemas, encontrados em áreas que são predominantemente fora da computação.

Uma das competências esperadas de um profissional egresso de cursos da área de Computação é “utilizar os conhecimentos essenciais na identificação e resolução de problemas” [SBC, 2009]. No caso específico do egresso do curso de Ciência da Computação, espera-se que seja “capaz de encontrar soluções computacionais para diversos tipos de problema”, bem como “determinar se um problema tem ou não soluções computacionais, bem como identificar as mais eficientes” (SBC, 2009). As Diretrizes Curriculares da SBC (2009) indicam como conhecimentos esperados de um egresso, entre outros, a “modelagem e especificação de soluções computacionais para diversos tipos de problemas”, “validação da solução de um problema de forma efetiva” e “processo de projeto para construção de soluções de problemas com base científica”. Já o *ACM Computing Curricula* (2005) destaca que egressos de Ciência da Computação devem ser capazes de desenvolver formas efetivas de solucionar problemas computacionais.

Desta maneira, é necessário que um aluno de Computação (no caso específico, de Ciência da Computação) desenvolva estruturas cognitivas que o levem à resolução de problemas gerais utilizando ferramentas computacionais. Este é um passo que precede o aprendizado de algoritmos e técnicas de desenvolvimento de software, conforme afirmam Allane e Kolesar (1997). Visando a alcançar os resultados esperados na formação dos estudantes, mostra-se adequada a inclusão, na matriz curricular, de uma disciplina introdutória voltada especificamente a promover o desenvolvimento das estruturas cognitivas supracitadas, ao mesmo tempo em que instrumenta o aluno com técnicas de resolução de problemas gerais.

Assim, o objetivo do trabalho é relatar a primeira experiência da disciplina Resolução de Problemas na matriz curricular de um curso de Ciência da Computação da Universidade Cruzeiro do Sul, situada em São Paulo, capital.

2. O contexto de resolução de problemas

Para Allane e Kolesar (1997), uma disciplina de programação típica não deve ser a primeira disciplina em cursos na área de computação. Segundo os autores, os cursos de Ciência da Computação prioritariamente ensinam disciplinas na área de programação nos semestres iniciais, mas eles descrevem que diversos fatores indicam que outras propostas seriam interessantes, por exemplo, aplicar primeiramente disciplinas na área de resolução de problemas.

Falkner e Palmer (2009) definem estratégias para desenvolver habilidades de resolução de problemas em turmas iniciais de Ciência da Computação, ao passo que Kiesmüller (2009) defende que tais habilidades devem ser estimuladas já a partir do ensino médio.

Segundo Musser e Shaughnessy (1997) existem as seguintes estratégias para resolução de problemas: tentativa e erro, uso de padrões, resolver um problema mais simples, trabalhar em sentido inverso, e simulação. Já segundo Polya (1995), existem quatro fases, etapas ou passos para resolver um problema: compreensão do problema, estabelecimento de um plano, execução de um plano e a reflexão (retrospecto).

Zeitz (2007) estabelece três níveis diferentes para resolução de problemas: estratégias, táticas e ferramentas. Justifica que raramente as estratégias gerais isoladas conseguem resolver os problemas e que são necessárias táticas mais específicas, focadas no problema e em ocasiões, também, a utilização de ferramentas especializadas para ajudar a encontrar soluções. Na interessante classificação de estratégias sugerida por Zeitz, o autor menciona quatro grupos: estratégias psicológicas, estratégias para começar, métodos de argumento e outras estratégias importantes.

É de consenso entre todos estes autores que o principal fator limitante na abordagem de um problema reside em sua dificuldade. Dörner *et al.* (1983; 1995) estabelecem alguns fatores que motivam as dificuldades dos problemas:

- ausência total ou parcial de delimitação de contexto;
- vários objetivos a serem alcançados;
- complexidade (grande número de itens, inter-relações ou decisões);
- dinâmica (considerações temporais, restrições temporais, efeitos de fase ou ausência de predição de dinâmica).

Assim, para que qualquer atividade de resolução de problemas seja efetiva é necessária uma correta identificação destas dificuldades, assim como um ataque direto a cada uma delas e com as estratégias adequadas. No contexto de uma classificação de estratégias para resolução de problemas, a lista abaixo explora as mais comuns:

- **abstração:** resolve-se o problema em um modelo controlado do sistema antes de se tentar aplicar a solução ao mundo real;
- **analogia:** usa-se um solução que resolve um problema análogo;
- **brainstorming:** técnica colaborativa de resolução, na qual integrantes de um grupo sugerem várias soluções ou idéias, desenvolvendo-as até que um consenso seja atingido;
- **divisão-e-conquista:** decompõe-se o problema em problemas menores, para os quais se conhece ao menos uma das soluções. Posteriormente, desenvolve-se um regra de junção para as soluções dos problemas menores;
- **teste de hipótese:** assume-se uma possível explicação do problema e tenta-se provar esta explicação;
- **pensamento lateral:** abordagem na qual as soluções são obtidas indiretamente ou por processos criativos, sem a necessidade de um sistema lógico-formal;
- **MEA (means-ends analysis):** estratégia de busca de soluções onde, partindo-se de um determinado estado de busca, escolhe-se uma ação (ou estratégia) de busca a partir deste estado que minimize a distância entre o estado anterior e o novo estado encontrado;
- **método dos objetos focais:** produção de uma nova solução a partir da combinação de outras soluções;
- **análise morfológica:** técnica aplicada a problemas complexos não-quantificados e multi-dimensionais, que utiliza a técnica de *cross consistency assessment*

(CCA) para realizar a busca por soluções via minimização das possíveis soluções para o problema;

- **redução:** método transformacional, no qual o problema a ser resolvido é transformado (reduzido) a uma instância de um problema cuja solução é conhecida;
- **pesquisa:** emprega diferentes idéias ou adapta soluções existentes de problemas similares;
- **análise de causa-base:** elimina-se (ignora-se) a causa-base do problema e resolve-se os problemas periféricos;
- **tentativa-e-erro:** também conhecido como método de força-bruta; testa-se todas as soluções possíveis para o problema.

É importante observar que algumas destas técnicas possuem atividades semelhantes e que, na abordagem de um problema, pode ser necessária a aplicação de várias delas. No contexto específico de problemas de programação, é comum se encontrar em livros de Programação, Estruturas de Dados, Inteligência Artificial e Análise e Complexidade de Algoritmos diferentes abordagens, em geral pelas seguintes técnicas:

- abstração
- divisão-e-conquista
- MEA
- redução
- tentativa-e-erro

3. Resolução de Problemas em Matrizes Curriculares: Experiências correlatas

Para a introdução da disciplina na matriz curricular do curso de Ciência da Computação na Universidade Cruzeiro do Sul, foram pesquisadas matrizes curriculares de outras universidades no Brasil e exterior que já tivessem esta disciplina implementada nas matrizes curriculares de cursos de Computação e Informática. Foram encontradas as seguintes universidades já com experiências na aplicação de disciplinas na área de resolução de problemas: Virginia Tech (EUA), British Columbia (EUA), Cornell University (EUA), Massachusetts Institute of Technology (EUA) e Politécnica de Lausanne (França). No Brasil, foi estudada a disciplina Seminário de Resolução de Problemas do IME-USP (Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo), no Bacharelado em Matemática desta instituição.

O curso da Virginia Tech (CS 2104 – *Problem Solving in Computer Science*)¹ é uma disciplina de segundo nível (em uma divisão de quatro níveis). A descrição da disciplina inclui, entre outros aspectos, a necessidade de apresentar heurísticas para resolução de problemas *in the small*, como problemas clássicos de matemática, mas que venham a gerar soluções potenciais para problemas reais encontrados na profissão, bem

¹ <http://www.cs.vt.edu/undergraduate/courses/CS2104>

como desenvolver técnicas de resolução de problemas em pares/grupos. Exemplos de problemas colocados aos alunos nas primeiras aulas encontram-se na Figura 1:

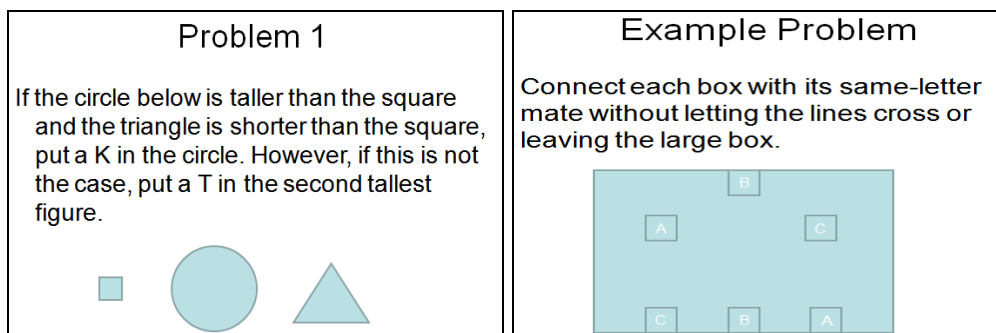
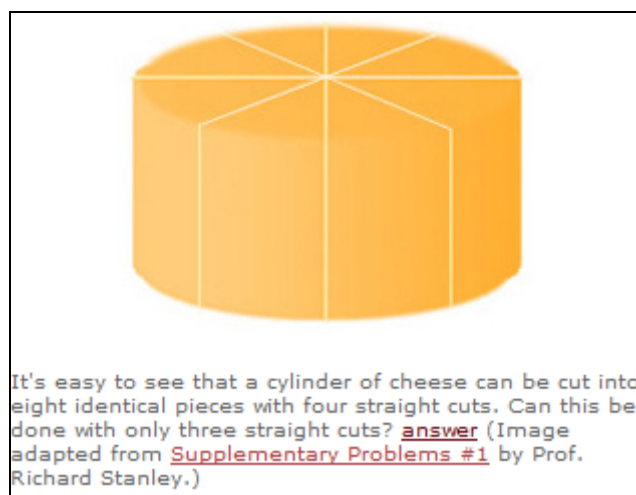


Figura 1. Exemplos de problemas iniciais do curso da Virginia Tech

No curso de Matemática do MIT (18.S34 – *Problem Solving Seminar*)² há uma clara preocupação em preparar os alunos para competições. O curso, cujo material é disponível no repositório MIT OCW (Open Courseware) é oferecido no primeiro semestre somente para alunos escolhidos. Os problemas apresentados nessa disciplina variam de simples situações triviais a problemas em aberto, como mostra a Figura 2 a seguir.



59. [5] Define a sequence X_0, X_1, \dots of rational numbers by $X_0 = 2$ and $X_{n+1} = X_n - \frac{1}{X_n}$ for $n \geq 0$. Is the sequence bounded?

Figura 2. Problemas básicos (acima) e sem solução conhecida (abaixo) configuram o curso do MIT

Na British Columbia (CPSC 490 202 - *Problem Solving in Computer Science*)³ a proposta é ensinar vários algoritmos iniciais e como aplicá-los na prática em problemas reais, por isso o conteúdo é composto basicamente por conceitos de programação, como entrada e saída, C++, Java *Container*, Programação Dinâmica (técnicas avançadas e problemas comuns), Teoria dos Grafos, *Network Flow*, Força Bruta e Teoria dos Números.

² <http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Mathematics/18-S34Fall-2007/CourseHome/index.htm>

³ <http://www.ugrad.cs.ubc.ca/~cs490/sec202/>

O curso da Cornell University (CS 305 - *Creative Problem Solving in Computer Science*)⁴ tem como objetivo ensinar a resolver problemas com especificações vagas, com mais de uma de solução e aborda problemas nunca antes visto pelos alunos, desenvolvendo habilidades e a confiança para que os mesmos enfrentem problemas desconhecidos e difíceis. Muitos problemas apresentados no curso são do mesmo estilo dos utilizados em entrevistas de emprego, ou competições de programação e a diversidade dos problemas depende da formação, do conhecimento e do interesse dos alunos, pois os mesmos podem apresentar novos problemas.

Já o curso da Politécnica de Lausanne (*Problem Solving in Computer Science*)⁵ é voltado a alunos de mestrado e doutorado e possui dois objetivos centrais: o primeiro visa aperfeiçoar as habilidades de jovens pesquisadores em Ciência da Computação e o segundo visa explicar a iniciativa da pesquisa em resolução de problemas a estudantes iniciais de doutorado em Ciência da Computação.

Na Universidade de São Paulo – USP, por sua vez, a disciplina Seminário de Resolução de Problemas (MAT0450)⁶ é oferecida no curso de Licenciatura em Matemática e tem como objetivo promover o desenvolvimento do potencial do aluno como solucionador de problemas e sua autonomia de pensamento matemático. Pelo fato de ser oferecida no curso de Matemática, discute o papel do uso da resolução de problemas na produção do conhecimento matemático e no processo de ensino/aprendizagem, assim os problemas apresentados aos alunos são de diferentes níveis de dificuldade e requerem a utilização de conceitos de diferentes áreas da Matemática. Há que se ressaltar que todos os cursos sediados na Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP (no campus USP Leste) também incluem, em suas matrizes curriculares, disciplinas com o nome de Resolução de Problemas, mas com um enfoque diferente do proposto no contexto deste artigo.

4. Resolução de Problemas na Universidade Cruzeiro do Sul

A disciplina Resolução de Problemas foi incluída na matriz curricular do curso de Ciência da Computação da Universidade Cruzeiro do Sul a partir de 2009. De acordo com o Currículo de referência, esta disciplina integrou-se ao Núcleo de Tecnologia da Computação, que compreende o núcleo de matérias que representam um conjunto de conhecimento agregado e consolidado que capacitam o aluno para a elaboração de solução de problemas nos diversos domínios de aplicação [SBC, 1999].

A disciplina foca seu estudo em dois assuntos principais: o estudo e classificação de problemas e o estudo das principais estratégias para resolução de problemas. A disciplina encontra-se situada no primeiro semestre do curso, tendo interlocuções diretas com outras disciplinas do mesmo semestre, além de criar subsunções, em uma abordagem ausubeliana (Ausubel, 1968), para disciplinas em etapas subseqüentes. A Figura 3 mostra um mapa conceitual que explicita as relações desta disciplina com as demais.

⁴ <http://www.cs.cornell.edu/Courses/cs305/2006fa/>

⁵ <http://mtc.epfl.ch/courses/ProblemSolving-summer05/>

⁶ <http://sistemas2.usp.br/jupiterweb/obterDisciplina?sgldis=MAT0450&verdis=2>

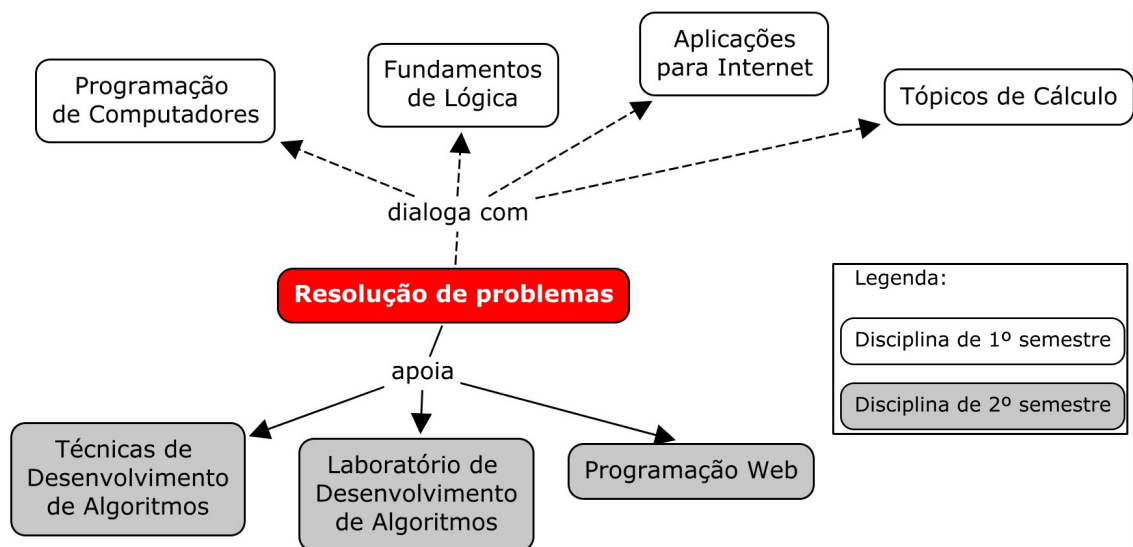


Figura 3. Mapa conceitual situando a disciplina em relação a disciplinas afins nos 1º e 2º semestres do curso

Já a Tabela 1 exibe a ementa e objetivos (cognitivos, habilidades e atitudes) da disciplina conforme oferecida atualmente na Universidade.

Tabela 1. Ementa e Objetivos da disciplina Resolução de Problemas

EMENTA	
Introduzir as principais técnicas de resolução de problemas lógico-matemáticos através de atividades práticas (brainstorming e brainwriting) individuais e em grupo.	
OBJETIVOS	
Cognitivos	<ul style="list-style-type: none"> - Conhecer as classes básicas de problemas lógico-matemáticos - Conhecer as diversas fases de análise de problemas lógico-matemáticos - Conhecer as principais técnicas de resolução de problemas lógico-matemáticos
Habilidades	<ul style="list-style-type: none"> - Produzir análises preliminares sobre complexidade de problemas lógico-matemáticos - Propor alternativas de soluções a problemas lógico-matemáticos - Estender/adaptar soluções de problemas para outras classes de problemas
Atitudes	<ul style="list-style-type: none"> - Valorizar trabalho individual e em equipe - Compartilhar conhecimento

O estudo e classificação de tipos de problemas considera a caracterização de problemas lógicos-matemáticos, identificação de problemas decidíveis e indecidíveis, tratáveis e intratáveis, com base no estudo de problemas de decisão, problemas com tempo de solução polinomial e exponencial e a reflexão sobre alguns conceitos fundamentais da computação, como eficiência e computabilidade.

Como segundo grande objetivo, a disciplina Resolução de Problemas estuda algumas estratégias para resolução de problemas.

A primeira é a estratégia baseada em argumentação lógica. São abordadas noções de lógica proposicional, lógica de predicados de primeira ordem, dedução e indução matemática. Estes conteúdos apresentam um interesse especial e permitem estabelecer um atrativo vínculo interdisciplinar com outras disciplinas do curso, como a disciplina Fundamentos de Lógica. Como atividades práticas, são propostos exercícios de resolução de problemas baseados em argumentação lógica.

A segunda estratégia abordada é a baseada em divisão e conquista: os problemas são decompostos em sub-problemas e um estudo sobre a granulosidade dos sub-problemas é realizado pelos alunos através de exemplos e atividades.

Já a terceira técnica é baseada em simulação. Os professores apresentam o conceito de simulação e sua importância para o entendimento de problemas, a simulação baseada em computadores, formação de hipóteses baseadas em resultados de simulação e no final são propostas atividades de resolução de problemas baseados em simulação, ferramentas computacionais são utilizadas, demonstrando assim a necessidade ocasional do quarto nível de resolução de problemas proposto por Zeitz (2007).

Um exemplo de exercício sobre tempo de solução de um problema proposto aos alunos, utilizando as técnicas acima descritas, é mostrado na Tabela 2:

Tabela 2. Exemplo de atividade desenvolvida

<p>1) <i>O chefe de sua empresa passou para você os nomes de n pessoas diferentes que deverão participar numa mesa redonda (suponha a mesa redonda como uma fila linear de n posições). Ele pediu para você entregar para ele todas as combinações em que estas pessoas poderiam ficar sentadas.</i></p> <p>a. <i>O que você responderá para ele?</i></p> <p>b. <i>Este é um problema tratável?</i></p> <p>c. <i>Suponha uma mesa redonda com 5 cadeiras e uma mesa redonda com 15 cadeiras.</i></p>
<p>2) <i>O chefe de sua empresa passou para você os nomes das n pessoas que deverão participar na mesa redonda. Você tem que responder qual pessoa que, alfabeticamente, deveria aparecer como primeira da lista:</i></p> <p>a. <i>Qual seria o tempo de solução (em número de comparações) se a lista estiver composta por n pessoas?</i></p> <p>b. <i>Este problema é tratável para qualquer quantidade de pessoas na lista?</i></p>
<p>3) <i>O professor de Matemática escreveu no quadro um conjunto A de números reais e pediu para resolver o seguinte problema:</i></p> <p>a. <i>Seja um número natural w, encontre um novo conjunto B que possua todos os elementos do conjunto A menos o elemento w. Este problema é decidível ou indecidível?</i></p>

Todas as técnicas mencionadas acima possuem referências a diversos autores, como os antes mencionados: Polya (1995), Zeitz (2007), Musser e Shaughnessy (1997).

5. Resultados

Como já mencionado, a disciplina Resolução de Problemas passou a fazer parte da matriz curricular do primeiro semestre do curso de Ciência da Computação no ano de 2009. O impacto da inclusão da disciplina, esperado pelos autores, reflete no emprego dos conceitos e técnicas apresentados em disciplinas de semestres seguintes. Uma maneira de avaliar este impacto é compararmos o percentual de aprovações da disciplina Laboratório de Desenvolvimento de Algoritmos do primeiro semestre de 2008, quando a disciplina de Resolução de Problemas ainda não fazia parte da matriz. Os conceitos apresentados na disciplina de Resolução de Problemas são amplamente utilizados na construção de algoritmos e programas eficientes, com efeitos na disciplina, agora posterior, de Laboratório de Desenvolvimento de Algoritmos, oferecida no segundo semestre de 2009, conforme podemos observar na Figura 4:

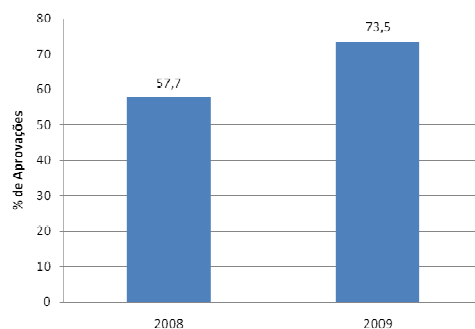


Figura 4: Gráfico de desempenho dos alunos na disciplina Laboratório de Desenvolvimento de Algoritmos

Pode-se observar que o percentual de alunos aprovados aumentou de 57,7% no ano de 2008 para 73,5% em 2009, ou seja, os alunos que cursaram a disciplina de Resolução de Problemas antes da disciplina de Laboratório de Desenvolvimento de Algoritmos adquiriram conhecimentos prévios que puderam ser aplicados em problemas propostos na resolução de problemas da disciplina de Laboratório de Desenvolvimento de Algoritmos.

6. Considerações finais

É ponto pacífico o fato de que egressos dos cursos de Computação e Informática devem desenvolver habilidades para resolução de problemas gerais, uma vez que esta competência lhes será exigida na vida profissional ou acadêmica. Desta maneira, a formalização de um componente curricular voltado especificamente para o desenvolvimento de tal competência, visando a sistematização dos processos conhecidos de resolução de problemas, pode ser um movimento em direção a uma melhoria no aprendizado de disciplinas basais de tais cursos.

A inclusão da disciplina de Resolução da Disciplina no curso de Ciência da Computação da Universidade Cruzeiro do Sul vem trazendo resultados iniciais bastante satisfatórios, embora ainda não necessariamente conclusivos, dado que esta implantação ocorreu recentemente. Os dados não permitem uma conclusão definitiva sobre o impacto da disciplina de Resolução de Problemas no desenvolvimento das capacidades cognitivas do aluno nas disciplinas de programação, já que outros fatores podem ter influenciado os resultados. Trabalhos futuros prevêem o acompanhamento das turmas que tiveram contato com esta disciplina, analisando-as de maneira comparativa para verificar a afirmação de que a disciplina de Resolução de Problemas, apresentada em séries iniciais, contribui de maneira global na formação do egresso.

Referências

- ACM (2005) Computing Curricula 2005. Disponível na Internet em http://www.acm.org/education/curric_vols/CC2005-March06Final.pdf . Acesso em 10 de março de 2010.
- Allan, V.H.; Kolesar, M.V. (1997). Teaching Computer Science: A Problem Solving Approach that Works. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.55.2865>. Último acesso: 02.03.10.

- AURÉLIO (2009) Aurélio Buarque de Holanda Ferreira. Novo Dicionário Eletrônico Aurélio versão 6.0. Curitiba: Positivo, 2009.
- Ausubel, D.P. (1968) Educational Psychology: A Cognitive View. New York, Holt, Rinehart and Winston.
- Dörner, D., Kreuzig, H. W., Reither, F., e Stäudel, T. (Eds.). (1983). Lohhausen. Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität [Lohhausen. On dealing with uncertainty and complexity]. Bern, Switzerland: Hans Huber.
- Dörner, D., e Wearing, A. (1995). Complex problem solving: Toward a (computer-simulated) theory. In P. A. Frensch & J. Funke (Eds.), Complex problem solving: The European Perspective. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, p. 65-99.
- Falkner, K. e Palmer, E. (2009) Developing Authentic Problem Solving Skills in Introductory Computing Classes. Proceedings do SIGCSE'09, março, Chattanooga, Tennessee, USA, p. 4-8.
- Goldstein F. C., Levin H. S. (1987). Disorders of reasoning and problem-solving ability. In M. Meier, A. Benton, & L. Diller (Eds.), Neuropsychological rehabilitation. London: Taylor & Francis Group.
- Groth, D. P. e MacKie-Mason, J. K. (2010) Why an Informatics Degree? - Isn't computer science enough? Communications of the ACM, vol. 53, n. 2, fevereiro, p.26-29.
- Houaiss, A. (2010) Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa [online]. Disponível em <http://houaiss.uol.com.br>. Acesso em 5 de março de 2010.
- Kiesmüller, U. (2009) Diagnosing Learners' Problem-Solving Strategies Using Learning Environments with Algorithmic Problems in Secondary Education. ACM Transactions on Computing Education, vol. 9, n. 3, art. 17, setembro.
- Musser, G. L., Shaughnessy, J. M. (1997) Estratégias de resolução de problemas na matemática escolar. In KRULIK, S. e REYS, R. E. A resolução de problemas na matemática escolar. São Paulo: Atual.
- Nieto, J. A. (2005) Resolución de Problemas, Matemática y Computación. Enl@ce: revista Venezolana de Infomación, Tecnología y Conocimiento, vol. 2, p. 37-45.
- Polya, G. (1995) A Arte de Resolver Problemas. Rio de Janeiro: Editora Interciência.
- Romeike, R. What's My Challenge? The Forgotten Part of Problem Solving in Computer Science Education. Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin / Heidelberg. 2008.
- SBC (2009) Atualizações ao Currículo de Referência dos Cursos de Computação e Informática. Disponível em <http://www.sbc.org.br/horizontes/>. Acesso em 5 de março de 2009
- SBC (1999) Currículo de Referência da SBC. Disponível em <http://www.sbc.org.br/>. Acesso em 5 de março de 2010.
- Vickers, P. (2008) How To Think Like a Programmer: Problem Solving For The Bewildered. New York: Thomson Course Technology.
- Zeitz, P. (2007) The Art And Craft Of Problem Solving. 2ª ed. New York: Wiley.