

# **SORTIA - Um Jogo para Ensino de Algoritmo de Ordenação: Estudo de caso na Disciplina de Estrutura de Dados**

**Paulo Eduardo Battistella<sup>1</sup>, Aldo von Wangenheim<sup>1</sup>,  
Christiane Gresse von Wangenheim<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Nacional para Convergência Digital (INCoD) – Departamento de Informática e Estatística (INE) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – Florianópolis–SC–Brasil

paulo@incod.ufsc.br, awangenh@incod.ufsc.br, gresse@inf.ufsc.br

**Abstract.** *Sorting algorithms are part of the curriculum of the course on Data Structures and Algorithms of every course in Computer Science. This article presents the simulation game SORTIA? for teaching the sorting algorithms . It presents an alternative to the traditional way of teaching of algorithms in such a course. We also present the results of a first evaluation of the game in course at the Federal University of Santa Catarina.*

**Resumo.** *Os Algoritmos de Ordenação fazem parte do currículo da disciplina de Estruturas de Dados e Algoritmos de todo curso de Ciências da Computação. Neste artigo apresentamos o jogo de simulação SORTIA para ensino de algoritmos de ordenação. Com ele buscamos apresentar uma forma alternativa ao ensino tradicional dos algoritmos na disciplina. E também apresentamos os resultados da primeira avaliação do jogo em uma turma do curso de Ciências da Computação da Universidade Federal de Santa Catarina.*

## **1. Introdução**

As tradicionais aulas expositivas em sala de aula ainda são a técnica dominante de instrução em Informática (ACM/IEEE-SE, 2004), (IEEE CS/ACM, 2005). Enquanto elas são um método adequado para apresentar conceitos abstratos e informações factuais, elas não são o mais adequado quando se pretende adquirir objetivos que visam a internalização e transferência do conhecimento para situações de aplicação prática (CHOI e HANNAFIN, 1995).

No entanto, restrições práticas em cursos universitários geralmente limitam a exposição de estudantes a cenários práticos minimamente realistas, o que os impede de aprender de forma vivencial sobre como aplicar os conceitos. Reconhecendo essas deficiências, métodos de ensino alternativos estão sendo introduzidos para o ensino nas mais diversas áreas da Informática, objetivando refletir situações de aplicação mais realistas. Exemplos incluem aprendizagem baseada em problemas ou em representação de papéis, a execução de projetos de software em equipes e a aprendizagem de

algoritmos através de jogos de conhecimento ou pela simulação com animações (ACM/IEEE-SE, 2004), (HAKULINEN, 2011), (NAVARRO e HOEK, 2007), (SANTOS et al., 2008), (WANGENHEIM, THIRY e KOCHANISKI, 2008), (WANGENHEIM e SHULL, 2009), (WANGENHEIM et al., 2009).

A Aprendizagem Baseada em Jogos (*Game Based Learning - GBL*) (PRENSKY, 2001), (ABT, 2002) trata de aplicações de jogos que definem aprendizagem como um resultado. Geralmente, estes jogos são concebidos de forma a equilibrar o assunto com a jogabilidade e a capacidade do jogador para reter e aplicar assunto ao mundo real. Nesse contexto, um jogo pode ser definido como "*qualquer competição (jogo) entre os adversários (jogadores) que operam sob restrições (regras) para um objetivo (vitória ou lucro)*" (ABT, 2002) e jogos educativos, também chamados de Jogos Sérios (*Serious Games*) são especificamente projetados para ensinar as pessoas acerca de um determinado assunto, expandir conceitos, reforçar o desenvolvimento, ou auxiliá-los, exercitando ou aprendendo uma habilidade ou buscando uma mudança de atitude enquanto jogam (DEMPSEY, LUCASSEN e RASMUSSEN, 1996).

Os jogos têm sido aplicados principalmente para o ensino em áreas da Informática onde os profissionais não estão apenas destinados a lidar com os desafios técnicos dos projetos de software, mas também a lidar com problemas não técnicos do ponto de vista da Informática, incluindo-se aí habilidades interpessoais como gerenciamento de pessoal e recursos, comunicação e trabalho em equipe, entre outros (WANGENHEIM e SHULL, 2009), (WANGENHEIM, SAVI e BORGATTO, 2012). Embora a adoção de jogos educativos como estratégia de ensino seja crescente, há questões que permanecem em aberto, em especial afirmações sustentadas por diversos autores de que os jogos são ferramentas poderosas para a educação não são rigorosamente comprovadas devido a uma falta de suporte empírico (DEMPSEY, LUCASSEN e RASMUSSEN, 1996), (PRENSKY, 2001).

Em áreas eminentemente técnicas, como Estruturas de Dados e Algoritmos, esta aplicação tem se dado de forma muito tímida. Assim, a fim de orientar as decisões sobre a possibilidade de usar jogos para a educação em Informática, em especial na área de Algoritmos e Estruturas de Dados, uma questão, que permanece em aberto é se há evidências empiricamente fundamentadas para seu potencial na aprendizagem, justificando sua eficácia. Nesta área a prática de suporte ao ensino tem se restringido principalmente ao uso de visualizações do funcionamento de um algoritmo com o objetivo de ilustrar seu funcionamento. Esta é uma área bem desenvolvida do ensino de algoritmos, existindo inclusive metodologias para o preparo de aulas (FLEISCHER e KUČERA, 2002). Por outro lado, esta forma de ensino tem sido fortemente questionada por alguns autores pelo fato de ser abstrata e de não envolver ativamente os alunos (GELLER e DIOS, 1998).

No campo do uso de jogos para o ensino de algoritmos, alguns trabalhos, em um extremo, são voltados a jogos que apenas testam conhecimentos de caráter enciclopédico, sem gerar vivências práticas do conteúdo (HAKULINEN, 2011). No outro extremo, existem trabalhos voltados a jogos baseados em pequenas maratonas de programação (LAWRENCE, 2004). Tarefas de programação podem ser consideradas tarefas de transferência e aplicação de conhecimentos, mas são passíveis de serem executadas através da implementação de um método por meio de simples cópia e

aplicação dos algoritmos na forma de caixas-pretas, sem o conhecimento real de seu funcionamento interno, gerando resultados de aprendizado questionáveis.

Técnicas vivenciais no ensino de algoritmos, onde os participantes têm de possuir um conhecimento profundo do funcionamento de um algoritmo e executá-lo mesmos passo a passo para atingir as finalidades do jogo praticamente inexistem. No trabalho de (GELLER e DIOS, 1998) é proposto um enfoque interativo e de “*baixa tecnologia*”, mas que ainda não pode ser considerado um jogo: a estratégia instrucional seguida é a aplicação de testes de mesa com papel e lápis em sala de aula.

Uma exceção é o jogo de computador para simulação de percurso em árvores proposto por (FORD e MINSKER, 2003), onde conhecimentos profundos do funcionamento dos algoritmos são exigidos e devem ser colocados em prática. Outro trabalho onde também o jogo aplicado exige conhecimentos da forma de funcionamento dos algoritmos é o jogo de visualização de algoritmos proposto por Bing (2010). Estes jogos, porém, são jogos de computador, onde o computador realiza boa parte da simulação, restando ao participante o papel de instância de comando e controle, sem que seja instado a executar o algoritmo “*com as próprias mãos*”.

## 2. Objetivos

Tem sido amplamente discutido que o nível de envolvimento do estudante durante o processo de aprendizado tem papel chave na qualidade e profundidade do aprendizado atingido (DALE, 1969), (BIGGS, 2003), (HAMILTON e TEE, 2010). Nesse contexto o Cone de Aprendizado de Dale (1969), tem sido usado como referência na elaboração de estratégias instrucionais no Ensino Superior (HAMILTON e TEE, 2010).

Objetivando atingir aprendizagem profunda, criando um envolvimento ao nível de *Realização da Coisa Real*, criamos um Jogo de Ordenação onde o estudante deve simular manualmente e, assim, vivenciar ativamente o processo de ordenação de um conjunto de números inteiros.

Escolhemos o tema dos Algoritmos de Ordenação por ser uma temática que vinha sendo abordada de forma bastante abstrata, através de aulas expositivas com análise estrutural dos algoritmos e onde percebemos a dificuldade da compreensão conceitual do assunto por parte dos estudantes. Para testar o nosso enfoque, foi escolhido o algoritmo *Heapsort*. Esse algoritmo difere bastante dos algoritmos mais comuns de ordenação e consideramos o grau de dificuldade de aprendizado associado bastante desafiador, sendo um algoritmo que nossa experiência demonstrou ser de aprendizado inicialmente difícil.

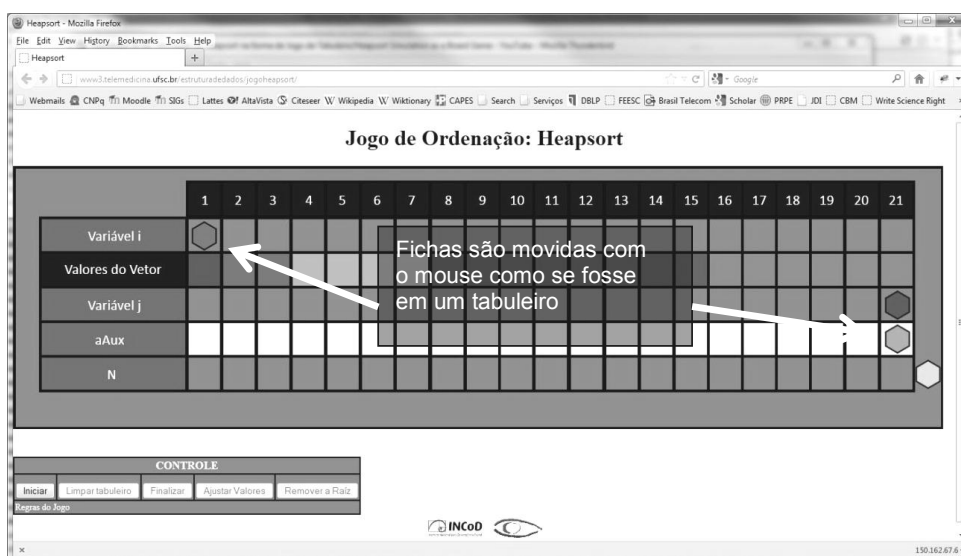
Objetivando avaliar o impacto da aplicação do jogo em relação à motivação, experiência de usuário e impacto na aprendizagem realizamos um estudo de caso referentes ao nível 1 do modelo de Kirkpatrick com base na percepção dos alunos (KIRKPATRICK e KIRKPATRICK, 2006).

## 3. Material e Método

Esta seção descreve a estrutura e materiais utilizados na confecção do jogo e a metodologia seguida para o projeto instrucional tanto da Unidade *Heapsort* como para sua aplicação.

Disciplina Estruturas de Dados			
Unidade Instrucional	<...Ordenação...>		
Assunto	HeapSort		
Objetivos de Aprendizagem	Compreender: conceito, algoritmo, vantagens, forma de programação	Capaz de Aplicar: método de ordenação sem consulta ao algoritmo mas com feedback imediato	
Estratégia Instrucional	Aula expositiva (50 min)	Aula prática (50 min)	
Roteiro de Aula	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação do método Heapsort</li> <li>• Exemplo c/animação do método</li> <li>• Análise passo a passo do algoritmo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisão assunto.</li> <li>• Apresentação vídeo c/simulação do jogo.</li> <li>• Aplicação do jogo online nas equipes.</li> </ul>	

**Figura 1. Contextualização da Unidade Instrucional Heapsort, integrando objetivos de aprendizagem a estratégias instrucionais.**



**Figura 2. Captura de tela do Jogo de Ordenação.**

### 3.1. Desenvolvimento dos Jogos

Para sistematizar o processo de desenvolvimento, possibilitando reproduzi-lo e também viabilizar o estabelecimento de um conjunto de parâmetros de avaliação mensuráveis, foi necessário inicialmente estabelecer um processo de design instrucional (DI). Com esse objetivo estabelecemos um processo de DI baseado no matriciamento da metodologia ADDIE (MOLEND, 2003) e na interpretação do Modelo ISD oferecida por DICK e CAREY (1996).

Para melhor ilustrar como esta Unidade Instrucional se encaixa no fluxo instrucional da Disciplina INE 5408 - Estruturas de Dados da UFSC, os resultados das fases de Análise e Projeto Instrucional descritas por ADDIE que relaciona assunto e objetivos da unidade às técnicas e estratégias instrucionais planejadas, sendo representadas na figura 1.

Neste primeiro estudo de caso foram reservadas duas aulas, num total de 100 minutos, para a realização das atividades práticas envolvendo jogos. O jogo foi desenvolvido com o objetivo de ser utilizado pelo aluno de forma individual, tanto em sala de aula como em casa, para fixação do conhecimento. Na figura 2 é possível visualizar a captura de tela do jogo.

Para o desenvolvimento do jogo foram utilizadas as tecnologias *JavaScript* e *HTML*, sendo disponibilizada no curso da disciplina de INE 5408 Estruturas de Dados na plataforma de ensino à distância (EAD) de apoio a cursos presenciais da UFSC, que utiliza o sistema de suporte a aprendizado (LMS) *Moodle*. De forma consciente evitou-se o uso de tecnologias proprietárias comumente utilizadas para confecção de OAs, como *Flash*, para garantir a compatibilidade com *tablets* tanto nas plataformas *iOS* como *Android*. Uma versão do jogo pode ser acessada em <http://www.inf.ufsc.br/~awangenh/sorting/HeapGame/>.

#### 4. Aplicação e avaliação

Em 2012-1 o jogo foi aplicado na disciplina de Estrutura de Dados com 18 alunos da graduação. Para o treinamento dos alunos e ilustração da execução do jogo, foram criadas animações em vídeo dos jogos, as quais foram utilizadas em breves aulas expositivas para demonstração da forma de funcionamento do jogo. Estes vídeos também foram disponibilizados aos alunos no LMS e permaneceram em execução em laço na tela de projeção da sala de aula durante a aplicação das atividades de simulação com os jogos. Estas animações estão disponíveis no perfil do professor no *YouTube* em <http://www.youtube.com/user/awangenh>. O jogo também possui uma página que explica as regras do jogo para o aluno.

Avaliamos o jogo com o objetivo de avaliar o seu impacto na motivação, experiência de usuário e aprendizagem utilizando um modelo teórico que adapta e unifica vários modelos existentes (SAVI, WANGENHEIM e BORGATTO, 2011). Para coletar os dados foi aplicado o questionário padronizado do modelo (SAVI, WANGENHEIM e BORGATTO, 2011). O questionário consiste de um total de 27 itens fixos, dividido em onze dimensões de avaliação, tendo sido avaliado em termos de validade e confiabilidade (SAVI, WANGENHEIM e BORGATTO, 2011). O formato de resposta a cada um dos itens é baseado em uma escala *Likert* com alternativas de resposta, variando de discordo fortemente até concordo fortemente em uma escala de cinco pontos na faixa de -2 a +2 para os mais diversos itens a fim de capturar a percepção do aluno sobre o aprendizado em relação aos três níveis da taxonomia de *Bloom* (conhecimento, compreensão e aplicação) (BLOOM, 1956).

O jogo foi aplicado em um dia na sala de aula e simultaneamente em toda a turma, tendo o questionário de avaliação sido aplicado imediatamente após o término da seção de jogo. Os alunos foram informados que nestes dias ocorreria atividade na forma de jogo e que esta não seria avaliada na forma de nota. E também a pesquisa foi aprovada

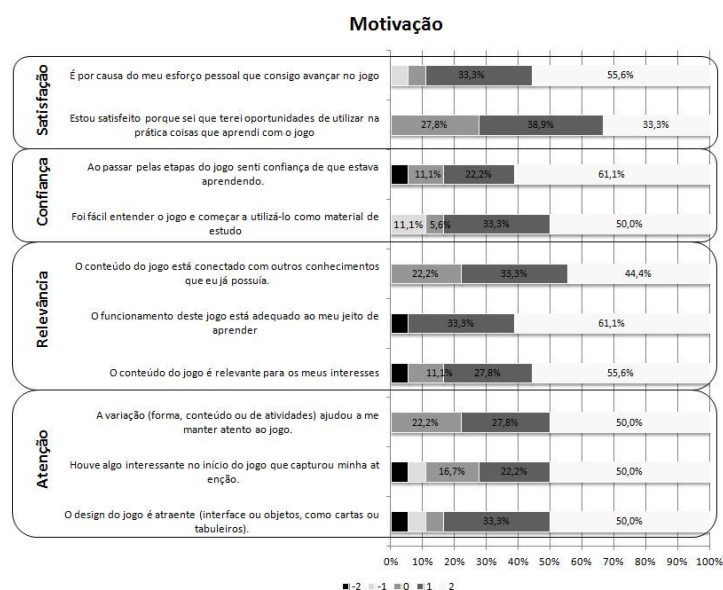
pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos – CEPESH da UFSC (Certificado Nº 1065/2010).

## 5. Resultados

Nesta seção vamos apresentar os resultados obtidos com a avaliação dos alunos do jogo *Heapsort*. No gráfico 1 é possível visualizar as avaliações dos alunos que jogaram em sala de aula. Nas perguntas de satisfação, o gráfico indica que a maior parte dos alunos demonstrou satisfação ao jogar, atribuindo notas entre 1 e 2. E também, grande parte dos alunos conseguiu avançar no jogo através do próprio conhecimento.

Nas perguntas referentes a confiança, os alunos entenderam que o jogo traz confiabilidade a medida que o jogo está sendo jogado, e também é um jogo de fácil compreensão. Nesta segunda pergunta foram atribuídas notas 2 e 1, que corresponde respectivamente por 50% e 33% dos alunos, ou seja, 83% dos alunos considerou o jogo de fácil compreensão.

Nas perguntas referentes a relevância do jogo, a maior parte dos alunos atribuiu nota 2 às perguntas. Podemos destacar a pergunta “*O funcionamento deste jogo está adequado ao meu jeito de aprender*”, a qual 61,1% dos alunos afirmou que o jogo está adequado ao seu modo aprender.



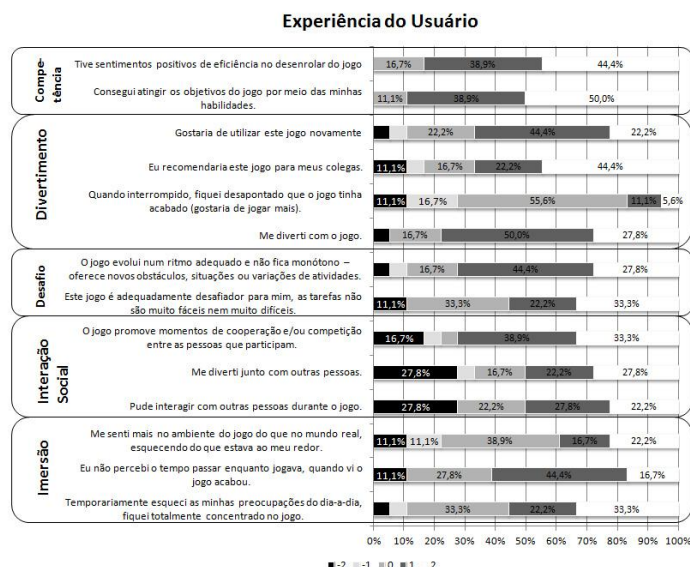
**Gráfico 1. Perguntas referentes à motivação dos alunos no uso do jogo online de simulação de *Heapsort*.**

Nas perguntas referentes a atenção, a maior parte dos alunos concordou que o jogo chama a atenção dos alunos desde o início do jogo, podemos destacar que nas perguntas, 50% das respostas tiveram a nota 2. Com isso, os alunos conseguiram ficar concentrados nas jogadas.

O gráfico 2 apresenta as perguntas referentes a experiência do usuário, a qual a maior parte das notas obtidas neste gráfico estão entre 1 e 2 pontos.

Nas perguntas referentes a competência, os alunos avaliaram positivamente o jogo, atribuindo notas entre 1 e 2. Um resultado evidente desta avaliação demonstrou que a maior parte dos alunos conseguiu alcançar os objetivos do jogo através das próprias habilidades.

Nas perguntas relacionadas ao divertimento, a maior parte das notas estavam entre 1 e 2. Na pergunta “*Me diverti com o jogo*”, 50% dos alunos atribuiu nota 1, o que demonstra que o jogo apresenta um nível, mesmo que baixo, de divertimento.



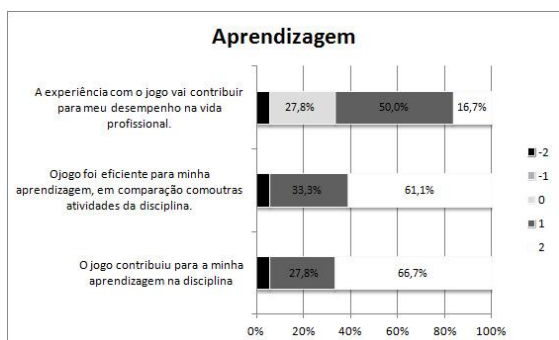
**Gráfico 2. Perguntas referentes à experiência do usuário ao jogar o *Heapsort* online.**

No gráfico 3 podemos visualizar que 50% dos alunos atribuíram nota 1 na pergunta que avalia se a experiência do jogo contribui o desempenho profissional. E 61,1% dos alunos reconheceu através da nota 2 que o jogo é eficiente para a aprendizagem. E também 66,7% dos alunos atribuiu nota 2 na pergunta que avalia se o jogo contribuiu para a aprendizagem.

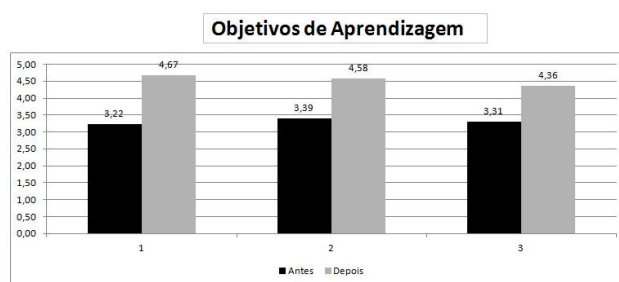
O gráfico 4 apresenta o resultado das perguntas referentes ao objetivo de aprendizagem dos alunos. As perguntas “*Lembra-se dos conceitos/métodos*”, “*Compreensão ao funcionamento dos conceitos / métodos*” e “*Compreensão de como aplicar os conceitos / métodos*” avaliam o conhecimento do aluno antes e depois de jogar o jogo *Heapsort* online, sendo que a pontuação para cada pergunta tem a variação de 1 à 5.

Nas perguntas sobre interação social, o jogo teve notas baixas, entre -2 e 0, porque o jogo foi desenvolvido no formato *single player*.

Nas perguntas relativas a imersão, podemos destacar que a maior parte dos alunos esqueceram das preocupações do dia a dia, ficando totalmente concentrado no jogo.



**Gráfico 3. Perguntas referentes ao aprendizado do jogo online.**



**Gráfico 4. Perguntas sobre os objetivos de aprendizagem.**

No gráfico 3 é possível visualizar os percentuais das respostas dos alunos com relação ao aprendizado que o jogo proporciona. No gráfico, podemos visualizar que 50% dos alunos atribuíram nota 1 na pergunta que avalia se a experiência do jogo contribui o desempenho profissional. E 61,1% dos alunos reconheceram através da nota 2 que o jogo é eficiente para a aprendizagem. E também 66,7% dos alunos atribuíram nota 2 na pergunta que avalia se o jogo contribuiu para a aprendizagem.

O gráfico 4 apresenta o resultado das perguntas referentes ao objetivo de aprendizagem dos alunos. As perguntas “*Lembra-se dos conceitos/métodos*”, “*Compreensão ao funcionamento dos conceitos / métodos*” e “*Compreensão de como aplicar os conceitos / métodos*” avaliam o conhecimento do aluno antes e depois de jogar o jogo *Heapsort* online, sendo que a pontuação para cada pergunta tem a variação de 1 à 5. No gráfico é possível verificar que a maioria dos alunos considera que o jogo tenha auxiliando na lembrança do conteúdo, no entendimento dos conceitos e na compreensão de como aplicar do conteúdo ensinado da disciplina.

## Ameaças à Validade

Devido às características dos estudos de caso, este trabalho também está sujeito às limitações deste tipo de pesquisa. Um dos problemas é a inexistência de uma linha de base acerca do conhecimento dos alunos previamente à participação no jogo. Isto é agravado ainda mais pelo fato de não existir grupo de controle, tornando impossível registrar-se objetivamente diferenças em grau de conhecimento.

No estudo de caso são coletadas informações sobre um fenômeno, por isso os resultados obtidos normalmente são difíceis de interpretar e generalizar. Nesta pesquisa, a avaliação do modelo foi realizada em apenas uma disciplina em uma universidade, ao fim do semestre letivo. Neste contexto, pretendemos continuar aplicando o jogo em sala de aula, na disciplina de Estrutura de Dados para melhor detalhar os resultados obtidos.

## 6. Conclusão

Neste artigo apresentamos um estudo de caso, na qual investigamos a possibilidade de se utilizar simulação com jogo para ensinar algoritmos de ordenação. Para tanto escolhemos um método de ordenação por nós considerado difícil de compreender profundamente, o *Heapsort*. Nosso objetivo foi desenvolver uma estratégia de ensino



que induza o aluno a vivenciar o funcionamento do algoritmo. Através da avaliação realizada identificamos a importância da utilização do jogo de ordenação nesta disciplina de Estruturas de Dados, principalmente com relação ao aumento da aprendizagem após o jogo.

### **Agradecimentos**

Agradecemos aos alunos das disciplinas INE5408 do semestre 2012-1 pela participação na pesquisa.

Este trabalho foi apoiado pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), uma entidade do governo brasileiro focada no desenvolvimento científico e tecnológico.

### **Referências**

- ABT, C. C. Serious Games. University Press of America, 2002.
- ACM/IEEE-SE Joint Task Force on Computing Curricula. Software Engineering 2004- Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering, 2004.
- BIGGS, J. Teaching for quality learning at university. (2nd ed.)Open University Press, Berkshire, UK (2003).
- BING Tan. Game-based Learning for Data Structures: A case study. Computer Engineering and Technology (ICCET), 2010 2nd International Conference on, p. V6-718 - V6-721.
- BLOOM, B, S. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals: Handbook I, cognitive domain. New York; Toronto: Longmans, Green. 1956. 207 p.
- CHOI, J. e HANNAFIN, M. Situated Cognition and Learning Environments: Roles, Structures and Implications for Design. Educational Technology Research and Development, 43(2), 1995, pp 53-69.
- DALE, E. Audio-visual methods in teaching. New York: Dryden.3rd ed., Holt, Rinehart & Winston, New York, 1969, p. 108.
- DEMPSEY, J. V., LUCASSEN, B. e RASMUSSEN, K. The Instructional Gaming Literature: Implications and 99 Sources. Technical Report 96-1, College of Education, University of South Alabama, 1996.
- DICK, W. e CAREY, L. (1996). The systematic design of instruction. 4th ed. New York, NY: Harper Collin.
- FLEISCHER, R. e KUČERA, L. Algorithm Animation for Teaching in Software Visualization. Lecture Notes in Computer Science, 2002, Volume 2269/2002, 640-642.
- IEEE CS/ACM Joint Task Force on Computing Curricula. Computing Curricula 2005: The Overview Report, 2005. [http://www.acm.org/education/education/curric\\_vols/CC2005-March06Final.pdf](http://www.acm.org/education/education/curric_vols/CC2005-March06Final.pdf).

- FORD, J. C. W. e MINSKER, S. TREEZ - An educational data structures game. *Journal of Computing Sciences in Colleges* Volume 18 Issue 6, June 2003 Pages 180-185.
- GELLER, J. e DIOS, R. A low-tech, hands-on approach to teaching sorting algorithms to working students, *Computers & Education*, Volume 31, Issue 1, August 1998, Pages 89-103, ISSN 0360-1315, 10.1016/S0360-1315(98)00021-9.
- HAKULINEN, L. Card games for teaching data structures and algorithms. *Proceedings of the 11th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*. Pages 120-12, ACM New York, NY, USA 2011.
- HAMILTON, J. e TEE, S. Smart utilization of tertiary instructional modes, *Computers & Education*, Volume 54, Issue 4, May 2010, p. 1036-1053.
- KIRKPATRICK, D. L. e KIRKPATRICK, J. D. *Evaluating Training Programs: The Four Levels* Berrett-Koehler Publishers (2006).
- LAWRENCE, R. Teaching data structures using competitive games. *IEEE Transactions on Education* Volume 47 Issue 4, November 2004. Page 459-466. IEEE Press Piscataway, NJ, USA.
- MOLEND, M. (May/June 2003). In Search of the Elusive ADDIE Model. *Performance improvement* 42 (5): 34-37.
- NAVARRO, O. E. e HOEK, A. V. D. Comprehensive Evaluation of an Educational Software Engineering Simulation Environment. *Software Engineering Education & Training*, 2007. CSEET '07. 20th Conference on, 2007. 195-202 p.
- PRENSKY, M. *Digital Game-Based Learning*, McGraw-Hill, 2001.
- SANTOS, R., SANTOS, P., WERNER, C. M. L. e TRAVASSOS, G. Utilizando Experimentação para Apoiar a Pesquisa em Educação em Engenharia de Software no Brasil. In: *I FÓRUM DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA DE SOFTWARE*, 2008, Campinas.
- SAVI, R., WANGENHEIM, C. G. von e BORGATTO, A. Um Modelo de Avaliação de Jogos Educacionais na Engenharia de Software. *25th Brazilian Symposium on Software Engineering (SBES)/São Paulo/Brazil*, 2011.
- WANGENHEIM, C. G. von , SHULL, F. To Game or not to Game? *IEEE Software*, vol. 26 no. 2, March/April 2009.
- WANGENHEIM, C. G. von, SAVI, R. e BORGATTO, A. DELIVER! An Educational Game for Teaching Earned Value Management in Computing Courses. *Information and Software Technology*, 54(3), March 2012.
- WANGENHEIM, C. G. von, THIRY, M., KOCHANSKI, D., STEIL, L., LINO, J. Desenvolvimento de um jogo para ensino de medição de software. In: *SBQS – Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software*, Ouro Preto/Brazil, 2009.
- WANGENHEIM, C. G. von, THIRY, M. e KOCHANSKI, D. Empirical evaluation of an educational game on software measurement. *Empirical Software Engineering*, v. 1, p. 1-35, 2008.