

Um Mapeamento Sistemático sobre Ferramentas de Apoio ao Ensino de Algoritmo e Estruturas de Dados

Weider Alves Barbosa, Paulo Afonso Parreira Júnior

Universidade Federal de Goiás (UFG)
Jataí – GO – Brasil

weiderbarbosa@hotmail.com, paulojunior@jatai.ufg.br

Abstract. *Data Structures (DS) corresponds to a classical subject in Computer Science courses and related areas. It is possible to find several works which focus is on developing approaches to support DS teaching with computing resources such as videos, games, computational tools, among others. However, there are few studies in the literature that describe the amount of papers produced about this area, as well as where this stuff comes from, or which type of approach has been more explored by researchers. In this context, this paper consists in a Systematic Mapping (SM) that aim to catalog, identify and make a classification on DS teaching. Some interesting results obtained from this SM are: i) there are few studies that evaluate DS teaching approaches; ii) the number of publications about this subject over the years is low, but stable; among others.*

1. Introdução

Algoritmos e Estruturas de Dados (AED), ou apenas Estruturas de Dados (ED), corresponde a uma disciplina clássica e de suma importância para os cursos de Ciência da Computação e áreas afins. Nessa disciplina, são apresentadas estruturas de programação utilizadas para resolver diversos tipos de problemas, como recuperação de informações, ordenação, entre outros [Ziviani, 2007]. Algumas dessas estruturas estão ligadas a conceitos abstratos e a algoritmos complexos, que podem ser difíceis de ensinar/aprender, quando apenas livros-textos, lousa e giz são utilizados como recursos didáticos [Boticki *et al.*, 2012]. A situação mencionada anteriormente pode ser uma das causas dos problemas relacionados aos altos índices de reprovação e baixo desempenho nos cursos que envolvem estudos de algoritmos e estruturas de dados complexos, como é o caso dos cursos de ciência da computação e áreas afins [Soares *et al.* 2004 e Wiedenbeck *et al.* 2004].

Sabe-se que a capacidade humana para compreender representações gráficas normalmente é maior do que a capacidade para compreender apenas representações textuais [Shabanah *et al.* 2010]. Seguindo esta linha, podem ser encontrados diversos trabalhos cujo enfoque está no ensino de ED com recursos computacionais e multimídias, como por exemplo: i) vídeos, tais como o *Sorting out sorting* [Baecker e Sherman, 1983]; ii) ferramentas educacionais gráficas, tais como *Dictionary of Algorithms and Data Structures* [Black 2012], TBC/AED - Treinamento Baseado em Computador para Algoritmos e Estruturas de Dados [Santos e Costa 2005], TED - Tutorial de Estruturas de Dados [Flávio, 2004, entre outros; e iii) Jogos Educacionais Digitais (JEDs), como Sortko [Boticki *et al.* 2012], SORTIA - Um Jogo para Ensino de

Algoritmo de Ordenação [Battistella *et al.* 2012]. Entretanto, há escassez de trabalhos na literatura que versem sobre a quantidade de material produzido sobre ensino de ED, bem como de onde este material advém, ou qual(is) tipo(s) de abordagem(ns) tem(têm) sido mais explorada(s) pelos pesquisadores.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é realizar um Mapeamento Sistemático com enfoque no ensino de Algoritmos e Estruturas de Dados, buscando catalogar, identificar e efetuar uma classificação sobre este assunto. Um MS pode ser visto como uma revisão mais ampla dos estudos primários disponíveis na literatura, com objetivo de identificar a quantidade, os tipos de pesquisas e resultados disponíveis acerca de um determinado assunto que se deseja. Além disso, ele pode indicar a evolução dos estudos na área de pesquisa escolhida ao longo dos anos [Oliveira *et al.* 2012; Silva 2012; Da Silva e Benitti 2011].

Isto é importante, pois o resultado deste MS pode permitir que outros pesquisadores realizem novos estudos a partir do que já foi documentado neste trabalho, propondo novas ferramentas e/ou abordagens para ensino de ED, bem como comparando suas propostas com o que já foi produzido até o momento.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2, é apresentado o planejamento utilizado para condução deste MS. Na Seção 3, são apresentadas as respostas para as questões da Tabela 1, a partir dos resultados obtidos com a condução do MS. A Seção 4 apresenta as considerações finais deste trabalho e os trabalhos futuros vislumbrados a partir dos resultados deste MS.

2. Planejamento do Mapeamento Sistemático

Segundo Kitchenham *et al.* (2010) e Brereton *et al.* (2009), uma Revisão Sistemática deve ser realizada seguindo as etapas de planejamento, condução e documentação da revisão, podendo essas etapas serem também utilizadas no contexto de um Mapeamento Sistemático. Esta seção apresenta o planejamento do MS realizado neste trabalho, conforme o modelo proposto por Kitchenham *et al.* (2010).

O MS realizado neste trabalho visa a responder às questões apresentadas na Tabela 1. A primeira coluna desta tabela apresenta o código da questão de pesquisa, que será referenciado ao longo deste artigo, e a segunda, a descrição da mesma.

Tabela 1. Questões de Pesquisa para o MS.

#	Descrição
1	Quais tópicos de ED (por exemplo, métodos de ordenação, listas, pilhas, filas, entre outros) têm sido contemplados pelas publicações existentes na área e qual a quantidade de publicações relacionadas a cada tópico?
2	Quais tipos de abordagens (por exemplo, ferramentas educacionais digitais, jogos, recursos de multimídia, entre outros) têm sido propostas/utilizadas para ensino dos tópicos identificados na Questão 1 e quantas publicações estão relacionadas a cada tipo de abordagem?
3	Quais tipos de avaliações, por exemplo, qualitativa ou quantitativa (estudos de caso, experimentos controlados, entre outros), têm sido conduzidas sobre as abordagens identificadas na Questão 2 e quais novidades de resultado elas trazem?
4	Quais tipos de tecnologias (por exemplo, Java <i>Applet</i> , <i>Flash</i> , tabuleiros físicos ou digitais, entre outros) têm sido utilizadas para o desenvolvimento das abordagens identificadas na Questão 2 e quantas publicações são relacionadas a cada tipo de tecnologia?
5	Quais eventos (conferências, <i>workshops</i> , entre outros) e periódicos têm apresentado, em seus anais e edições, respectivamente, trabalhos sobre ensino de ED? Em quais anos eles foram publicados e qual é a quantidade de publicações?

Para Kitchenham *et al.* (2010), alguns critérios devem ser atendidos para orientar uma seleção adequada dos estudos primários a serem analisados no mapeamento ou revisão sistemática, a saber: *população*, *intervenção* e *resultados*. A *população* refere-se ao grupo populacional que será observado no mapeamento sistemático. Neste trabalho, a população consiste em publicações (artigos completos, relatos de experiência, provas de conceito, entre outros) com enfoque no “Ensino de Estruturas de Dados”. A *intervenção* refere-se ao que será observado no contexto do MS. Neste caso, são observados os tipos de abordagens e tecnologias empregadas no ensino de ED. Os *resultados* referem-se aos resultados esperados ao final do MS. Neste caso, como resultados esperados, têm-se: i) a catalogação e classificação bibliográfica dos trabalhos que abordam ensino de ED; ii) a totalização dos tipos de abordagens utilizadas no ensino de ED e das avaliações realizadas sobre estas abordagens; iii) o levantamento das principais tecnologias utilizadas para desenvolvimento das abordagens identificadas; e iv) o levantamento da evolução das publicações que envolvem ensino de ED ao longo dos anos.

2.1. Palavras-chave

As palavras-chaves utilizadas nas *strings* de busca para obtenção dos estudos primários deste MS são: ensino; aprendizagem; algoritmo; estruturas de dados; ferramenta; abordagem; jogo; aplicativo; *teaching*; *learning*; *algorithm*; *data structures*; *tool*; *approach*; *game*; e *application*.

Com base neste conjunto de palavras-chave, duas strings de busca foram geradas (Tabela 2), uma em inglês e outra em português. É importante salientar que, apesar de não ter sido apresentado na Tabela 2, foram exploradas as variações linguísticas relacionadas ao número das palavras-chave (plural ou singular), por exemplo, jogo e jogos, *tool* e *tools*, entre outras.

Tabela 2. Strings de Busca geradas para o MS.

Idioma	String de Busca
Português	((<i>ensino</i> OR <i>aprendizagem</i>) AND (<i>algoritmo</i> OR " <i>estruturas de dados</i> ") AND (<i>ferramenta</i> OR <i>abordagem</i> OR <i>jogo</i> OR <i>aplicativo</i>))
Inglês	((<i>teaching</i> OR <i>learning</i>) AND (<i>algorithm</i> OR " <i>data structures</i> ") AND (<i>tool</i> OR <i>approach</i> OR <i>game</i> OR <i>application</i>))

2.2. Método Utilizado para a Pesquisa dos Estudos Primários

O método utilizado para busca de estudos primários consistiu em: i) utilizar as máquinas de buscas, *IEEE Xplorer* (ieeexplore.ieee.org), *ACM Digital Library* (dl.acm.org/), *Scopus* (www.scopus.com), *Google Scholar* (scholar.google.com) e Portal de Periódicos da CAPES (www.periodicos.capes.gov.br); ii) realizar buscas manuais nos anais (www.br-ie.org/) do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE (de 2001 até 2012), do *Workshop* de Informática na Escola - WIE (de 2003 até 2012); e iii) realizar buscas no *website* Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE), utilizando o mecanismo de busca próprio deste *website* (www.br-ie.org/pub/index.php/rbie).

2.3. Critérios para Inclusão de Estudos Primários

Os critérios para inclusão dos estudos primários no arcabouço de publicações que foram analisadas neste trabalho podem ser observados na Tabela 3.

Como critérios de exclusão, considerou-se a negação ou o complemento dos critérios de inclusão. Por exemplo, alguns critérios de exclusão utilizados foram: i) “publicações cujo texto estivesse escrito em outros idiomas, que não fossem inglês, espanhol ou português”; ii) “publicações cujo texto completo não pudesse ser obtido *via web*”; entre outros.

Tabela 3. Critérios para Inclusão de Estudos Primários.

Os trabalhos devem estar escritos em inglês, espanhol ou português.
A versão completa dos trabalhos deve estar disponível na <i>web</i> .
Os trabalhos devem conter alguma das palavras-chave citadas na Seção 2.1 em seu título, <i>abstract/resumo</i> ou conjunto de palavras-chave/ <i>keywords</i> .
Os trabalhos devem versar sobre utilização, adaptação e/ou criação de abordagens de apoio ao ensino de ED.

2.4. Critério de Qualidade e Método de Avaliação dos Estudos Primários

Como forma de avaliar a qualidade dos estudos primários selecionados, somente foram consideradas publicações que apresentassem uma descrição completa e detalhada da abordagem utilizada/proposta. Isso foi feito para permitir que fosse possível extrair informações necessárias para responder a todas as questões de pesquisa elencadas neste trabalho.

Como método de avaliação dos estudos primários, cada estudo, obtido por meio da aplicação do método de pesquisa estabelecido na Seção 2.2, é avaliado de acordo com os critérios de inclusão, descritos na Tabela 3, e de qualidade, conforme relatado anteriormente. Os trabalhos que se enquadraram nesses critérios foram armazenados para posterior análise.

2.5. Extração dos Dados a partir dos Estudos Primários Selecionados

A extração dos dados, a partir dos estudos primários selecionados para este MS, foi realizada conforme os seguintes procedimentos:

- i) aplicou-se o método de pesquisa para identificação dos potenciais estudos primários relacionados ao tema deste MS, conforme descrição na Seção 2.2. Para identificação dos estudos primários preliminares, um pesquisador realizou a leitura do título, do resumo/*abstract* e das palavras-chave/*keywords* da publicação, aplicando os critérios de inclusão descritos na Tabela 3;
- ii) tendo como resultado um conjunto preliminar de estudos, este mesmo pesquisador realizou a leitura minuciosa do texto completo do trabalho. Nesta etapa, os critérios da Tabela 3 foram novamente aplicados, bem como o critério de qualidade dos estudos primários estabelecido para este MS (Seção 2.4);
- iii) os resultados obtidos após a etapa (ii) foram então revisados por outro pesquisador envolvido neste trabalho e eventuais desacordos foram discutidos e solucionados, por meio da manutenção ou da remoção do trabalho previamente selecionado pelo primeiro pesquisador; e
- iv) tendo como resultado o conjunto final de estudos primários incluídos no mapeamento sistemático, realizou-se então a extração dos dados do estudo. Nesta fase, as informações necessárias para responder às questões elencadas no início deste trabalho (Tabela 1) foram extraídas e armazenadas em um formulário de extração de dados para que pudessem ser analisadas e

interpretadas posteriormente.

3. Apresentação dos resultados

Nesta seção, são respondidas as questões de pesquisa elencadas para este MS e descritas na Tabela 1 deste artigo. Para simplificar a apresentação das respostas, a Tabela 4 referencia todos os quinze trabalhos identificados e analisados neste MS da seguinte forma: as colunas 1 e 2 apresentam, respectivamente, o código utilizado para referenciar uma determinada publicação no decorrer deste trabalho e o nome dos autores desta publicação. A terceira coluna apresenta a quantidade de tópicos abordados por cada publicação analisada. Desta forma, o leitor poderá encontrar, a qualquer momento, a citação correta de cada trabalho referenciado ao longo deste texto.

Tabela 4. Referência para as Publicações Analisadas neste Trabalho.

<i>ID</i>	<i>Referência</i>	<i>Quantidade de Tópicos Abordados</i>
[1]	Michail, A. (1996)	04
[2]	Yang, J.; Shaffer, C. A.; Heath, L. S. S. (1996)	01
[3]	Baker, R. S. <i>et al.</i> , (1999)	13
[4]	Garcia, I. C.; Rezende, P. J. D.; Calheiros, F. C. (1997)	03
[5]	Chen, T.; Sobh, T. (2001)	06
[6]	Tenenberg, J. (2003)	01
[7]	Dos Santos, R. P.; Costa, H. A. X. (2005 e 2005)	14
[8]	Hakulinen, L. (2011)	02
[9]	De Souza Filho, G. F.; Formiga, A. D. A.; Brito, A. D. V. (2011)	01
[10]	Battistella, P. E.; von Wangenheim, A.; von Wangenheim, C. G. (2012)	01
[11]	Sen Z.; James R. (2012)	01
[12]	Boticki, I. <i>et al.</i> (2012)	05
[13]	Eken, S.; Sayar, A. (2013)	02
[14]	Bryfczynski, S. <i>et al.</i> (2013)	01
[15]	Becker, K.; Beacham, M. (2000 e 2001)	01

3.1. Resposta para as Questões 1 e 2

Como as Questões 1 e 2 estão relacionadas, achou-se por bem respondê-las em conjunto. Assim, na Tabela 5, estão os dados que servem para obter as seguintes respostas: a primeira coluna desta tabela relaciona os tópicos da disciplina ED, agrupados por categorias, que são contemplados por uma ou mais publicações analisadas; as próximas colunas representam os tipos de abordagens de apoio ao ensino que foram adotadas nos trabalhos analisados.

Em resposta à Questão 1, tem-se que 22 (vinte e dois) tópicos, agrupados em 5 (cinco) categorias, a saber, *Árvore*, *Pesquisa*, *Estruturas Convencionais*, *Ordenação* e *Outros*, foram identificados. Cabe aqui uma explicação quanto ao tópico “Flexível”. Este tópico foi criado para contemplar publicações cujas abordagens propostas permitem a confecção ou manipulação de qualquer tipo de estruturas de dados, bastando que o usuário as implemente utilizando tais abordagens.

Como pode-se observar, tópicos relacionados à manipulação de vetores e alguns métodos de ordenação, como *QuickSort* e *HeapSort*, têm recebido bastante atenção da comunidade científica. Isso se deve, em parte, por se tratarem de estruturas/algoritmos bastante comuns e/ou que envolvem certa complexidade para sua manipulação. Por outro lado, nota-se que os tópicos relacionados às buscas binária e sequencial e a

algumas estruturas de dados tais como tabela *hash* e lista circular, têm sido contemplados por poucos trabalhos. É importante salientar ainda que alguns tópicos importantes para o contexto de ED não foram contemplados por qualquer trabalho analisado, como Algoritmos de Compressão de Dados e Casamento de Cadeias de Caracteres, tratados em diversos livros-textos desta disciplina.

Tabela 5. Tópicos Abordados e Tipos de Abordagens Utilizadas.

	<i>Tópicos de ED/ Tipo de Abordagem</i>	<i>Ferramenta Digital</i>	<i>Jogo Digital</i>	<i>Jogos em Geral</i>	<i>Multimídia</i>	<i>Total</i>
Árvore	Árvore AVL	[2][3]	[13]			3
	Árvore B	[3][15]				2
	Árvore Rubro-Negra	[4]				1
	Árvore Binária de Busca	[4][5][7]	[13]			4
	Subtotal 1*	5	1	0	0	6
Pesquisa	Busca Binária	[7]				1
	Busca Linear (Sequencial)	[7]				1
	Tabela <i>Hash</i>	[3]				1
	Subtotal 2*	2	0	0	0	2
Estruturas Convencionais	Fila	[5][7]				2
	Lista Circular	[7]				1
	Lista Duplamente Encadeada	[3][7]				2
	Lista Simplesmente Encadeada	[1][3][7][9]				4
	Pilha	[5][7]				2
	Subtotal 3*	5	0	0	0	5
Ordenação	<i>Shell Sort</i>	[3]	[12]			2
	<i>MergeSort</i>	[3][7]				2
	<i>QuickSort</i>	[3][7]	[12]	[8]		4
	<i>HeapSort</i>	[3][4][5]	[10]	[8]		5
	<i>Bubble Sort</i>	[7]	[12]			2
	<i>Insertion Sort</i>	[3][7]	[12]			3
	<i>Selection Sort</i>	[3][7]	[12]			3
	Subtotal 4*	4	2	1	0	7
Outros	Grafos	[1][3][5]				3
	Flexível	[1][14]			[11]	3
	Vetores	[1][3][5][7]	[6]			5
	Subtotal 5*	5	1	0	1	7
Total*		9	4	1	1	15

* Para a totalização, considerou-se apenas publicações não repetidas.

Com relação à Questão 2, foram identificados 4 (quatro) tipos de abordagens voltadas ao ensino dos tópicos de ED, a saber: i) **Ferramenta Digital**, que pode ser vista como um *software* desenvolvido para realizar uma determinada tarefa educacional ou formação em um conjunto específico de habilidades; ii) **Jogo Digital**, trata-se de um jogo implementando em um meio computacional ou eletrônico; iii) **Jogos em Geral**, entende-se jogos não digitais, como jogos de tabuleiro, cartas, entre outros; e iv) **Multimídia**, são recursos áudio/visual, tais como filmes, animações, *slides*, gráficos,

textos, dentre outros. Neste trabalho, considerou-se como critério para diferenciação entre Ferramenta e Jogo Digital o fato do segundo apresentar característica de entretenimento, além de possuir maior nível de interatividade entre usuário e tópico abordado pela abordagem de ensino. Pode-se notar que a maioria dos trabalhos utiliza como abordagem de ensino o uso de ferramentas digitais. Além disso, percebe-se também o interesse da comunidade com relação ao uso de jogos.

É interessante notar ainda que os tópicos relacionados aos métodos de ordenação *QuickSort* e *HeapSort*, além de serem os mais contemplados dentre os trabalhos analisados, são também aqueles que foram tratados pelo maior número de tipos de abordagens distintas, a saber, Ferramenta Digital, Jogo Digital e Jogos em Geral. Por outro lado, a maioria dos tópicos (doze) é contemplada por apenas um tipo de abordagem, isto é, Ferramenta Digital. Isso mostra que há um *gap* de estudos que lidam com outros tipos de abordagens, como por exemplo, os jogos e recursos multimídias.

3.2. Resposta para a Questão 3

Quanto à Questão 3, muitos trabalhos (13 dos 15) não apresentam avaliação adequada das abordagens propostas pelos mesmos. Em sua maioria, os resultados são descritos apenas informal e subjetivamente, como por exemplo, “após o uso da abordagem proposta pode-se constatar uma melhora no desempenho/aprendizado dos alunos tendo como referencia turmas anteriores, que não utilizaram a abordagem proposta”.

Nos trabalhos [3] e [10], as abordagens propostas foram avaliadas por meio de questionários, da seguinte forma: i) os autores do trabalho [3] distribuíram questionários a 120 (cento e vinte) alunos de graduação, perguntando sobre a utilidade da abordagem proposta. Segundo os autores, apenas 4% não acharam as ferramentas úteis. Os detalhes da aplicação e do conteúdo deste questionário não foram explicitados no trabalho analisado; ii) os autores do trabalho [10] aplicaram a abordagem proposta (um jogo digital) na disciplina de Estrutura de Dados, composta por 18 discentes. O objetivo era avaliar o impacto do jogo quanto à satisfação e confiança com relação ao aprendizado proporcionado pelo jogo e à relevância do mesmo. Os questionários que foram distribuídos aos discentes eram compostos por 27 (vinte e sete) questões, sendo que as alternativas de resposta para estas questões variavam de “discordo fortemente” a “concordo fortemente”, em uma escala de cinco pontos na faixa de -2 a +2. Nas questões relacionadas à satisfação, 88.9% dos alunos apresentaram-se satisfeitos, atribuindo notas entre +1 e +2. Com relação à confiança, há indícios de que os alunos entenderam que o jogo traz confiabilidade no que diz respeito ao aprendizado, uma vez que 83% dos alunos considerou o jogo de fácil compreensão (notas +1 e +2). Nas questões relacionadas à relevância do jogo, 61.1% dos alunos atribuíram nota +2, trazendo também indícios de que tais alunos acharam o jogo relevante para o contexto do ensino de ED.

Com base neste cenário, pode-se notar que há necessidade de que a comunidade científica reúna esforços no que tange à elaboração de trabalhos que visem a avaliar as abordagens propostas de modo mais efetivo, por meio de estudos de caso e/ou experimentos controlados. Isso é necessário para que evidências a respeito da real eficácia destas abordagens possam ser levantadas e conhecidas pela comunidade de usuários ou potenciais usuários destas abordagens.

3.3. Resposta para a Questão 4

Os dados necessários para responder à Questão 4 podem ser visualizados na Tabela 6. A primeira coluna desta tabela apresenta os tipos de abordagens identificados neste MS e apresentados na Tabela 5. Já as próximas colunas apresentam os tipos de tecnologia utilizados para o desenvolvimento de cada uma das abordagens propostas (C/C++, Java, HTML, entre outros).

Nota-se que a tecnologia mais utilizada é a plataforma *Java*. Considerando as plataformas *JavaSE*, *Java Applet* e *JavaFX*, totalizam-se 7 (sete) dos 15 (quinze) trabalhos analisados. Um dos motivos para isso deve-se ao fato de *Java* ser uma plataforma que tem sido atualizada constantemente, é portátil e possui grande quantidade de documentação, bibliotecas e *frameworks*, expandindo assim seu potencial de uso. Uma tecnologia recente, com relação às demais, e ainda pouco explorada é a plataforma *Android*. Por se tratar de uma tecnologia utilizada para dispositivos portáteis bastante difundidos nos dias atuais, como *tablets* e *smartphones*, seria interessante estudar seu potencial no contexto do ensino.

Tabela 6. Tecnologias para Desenvolvimento das Abordagens Propostas.

Tipos de Abordagens	Tecnologias									
	C/C++	Java Applet	Pascal	JavaSE	JavaFX	JavaScript	HTML	Android	XML	ND**
Ferramenta Digital	[1][5] [9]	[2][7] [15]	[3]	[4][7] [9]	[9]					[14]
Jogo Digital	[6]			[6][12]		[10][13]	[10][13]	[12]	[12]	
Jogos em Geral										[8]
Multimídia									[11]	
Total*	4	3	1	5	1	2	2	1	2	2

* Para a totalização, considerou-se apenas publicações não repetidas.
 ** ND = Não Definido.

3.4. Resposta para a Questão 05

Com relação à Questão 5, a lista de eventos nos quais os trabalhos analisados foram publicados é apresentada na Tabela 7.

Tabela 7. Eventos de Divulgação Científica.

Evento	Quantidade de publicações /evento
XXX Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE), em 1996, 1999 e 2003.	3
Conference on Integrating Technology into Computer Science Education (ITiCSE), em 2013.	1
Visual Languages. Proceedings, IEEE Symposium, em 1996.	1
Revista Brasileira de Informática na Educação, em 1997.	1
Frontiers in Education Conference. 31st Annual (Volume: 1), em 2001.	1
IV Workshop em Educação em Computação e Informática do Estado de Minas Gerais, em 2005;	1
I Congresso de Computação do Sul do Mato Grosso (EdUFMT), em 2005.	1
11th Koli Calling International Conference on Computing Education Research, em 2011.	1
XIX Workshop sobre Educação em Computação (WEI), em 2011.	1
Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), em 2012.	1
Journal of Computing Sciences in Colleges (Volume: 27, Issue: 3). Com 2 publicações, nos anos de 2001 e 2012.	2
XVII International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education Pages (WMUTE), em 2012.	1
III World Conference on Innovation and Computer Sciences, em 2013.	1
XIV Consortium on Small Colleges Southeastern Conference (CCSC), em 2000.	1

O evento com maior quantidade de publicações é o *SIGCSE* (três publicações). Percebe-se então, que não há um evento concentrador de publicações sobre ensino de

ED. Com relação à evolução das publicações sobre ensino de ED ao longo dos anos, o Gráfico 1 apresenta que o número de publicações se manteve baixo (entre 1 e 3), porém estável. Entre 1996 e 2011 o número de publicações oscilou entre um e dois e no ano de 2012 este número subiu para três. Os autores deste trabalho acreditam que este número pode se repetir ou até mesmo ser superado em 2013, devido à entrada de novos tipos de tecnologias no mercado, principalmente aquelas voltadas para dispositivos móveis.



Gráfico 1. Evolução das Publicações sobre Ensino de ED ao longo dos anos.

4. Conclusão

O MS apresentado neste trabalho foi conduzido conforme o planejamento descrito na Seção 2. As etapas definidas neste planejamento se mostraram suficientes para obtenção de estudos primários relevantes, que geraram os dados necessários para responder às questões de pesquisa levantadas.

Com as respostas a estas questões de pesquisa, observou-se que de 22 (vinte e dois) tópicos sobre ED foram abordados pelos trabalhos analisados neste MS. Além disso, foi possível perceber quais tópicos são mais contemplados e quais precisam de mais atenção da comunidade científica. Outra importante constatação foi que o tipo de abordagem mais utilizado como apoio ao ensino de ED é o uso de ferramentas educacionais digitais, seguido pelos jogos digitais. No que diz respeito a tecnologias utilizadas, percebe-se que a mais utilizada é a plataforma Java (*Java Applet*, *JavaFX*, *JavaSE*). Acredita-se que isso se deva à portabilidade proporcionada por este tipo de tecnologia, dentre outros fatores. Quanto aos meios de divulgação científica (*workshops/simpósios/conferências/periódicos*), observou-se que poucos trabalhos relacionados ao ensino de ED estão concentrados em um mesmo meio de publicação. Em relação às datas de publicações, notou-se certa estabilidade na quantidade de publicações ao longo dos anos, desde 1996 até 2013. Por fim, percebeu-se ainda escassez de trabalhos avaliativos sobre as abordagens analisadas.

Como trabalhos futuros, pretende-se propor um conjunto de critérios relacionados ao ensino de ED, a fim de se analisar os pontos fortes e fracos dos trabalhos levantados neste MS. Para isso, será conduzida uma Revisão Sistemática com base nos trabalhos previamente obtidos neste MS. Além disso, pretende-se atualizar este MS periodicamente, com o intuito de agregar novos trabalhos produzidos pela comunidade científica sobre este estudo. Como outro tipo de desmembramento deste trabalho, prevê-se a avaliação de uma ou mais abordagens que tratam de uma mesma categoria de tópicos de ED, por exemplo, árvores, por meio de estudos de caso e/ou experimentos controlados.

Referências

- Baker, R. S.; Boilen, M.; Goodrich, M. T.; Tamassia, R.; Stibel, B. A. (1999) "Testers and visualizers for teaching data structures". In: ACM SIGCSE Bulletin, 31(1), 261-265.
- Battistella, P. E.; von Wangenheim, A.; von Wangenheim, C. G. (2012) "SORTIA-Um Jogo para Ensino de Algoritmo de Ordenação: Estudo de caso na Disciplina de Estrutura de Dados". In: Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação.
- Becker, K.; Beacham, M. (2000) "A tool for teaching advanced data structures to computer science students: an overview of the BDP system". In: *Journal of Computing Sciences in Colleges* (Vol. 16, No. 2, pp. 65-71).
- Boticki, I.; Barisic, A.; Martin, S.; Drljevic, N. (2012) "Sortko: Learning Sorting Algorithms with Mobile Devices". In: *Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education (WMUTE)*.
- Bryfczynski, S.; Dean, B. C.; Pargas, R. P.; Cooper, M. M.; Klymkowsky, M. (2013) "Teaching data structures with BeSocratic". In: *Proceeding of the 44th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*.
- Chen, T.; Sobh, T. (2001) "A tool for data structure visualization and user-defined algorithm animation". In: *Frontiers in Education Conference*.
- De Souza Filho, G. F.; Formiga, A. D. A.; Brito, A. D. V. (2011) "Um Interpretador de Comandos e Avaliador Gráfico para o Ensino de Estrutura de Dados". In: XIX Workshop sobre Educação em Computação.
- Dos Santos, R. P.; Costa, H. A. X. (2005) "TBC-AED e TBC-AED/Web: Um desafio no ensino de algoritmos, estruturas de dados e programação". In: IV Workshop Em Educação Em Computação E Informática Do Estado De Minas Gerais.
- Eken, S.; Sayar, A. (2013) "Game-based Learning Approach to Binary Search Tree Basic Operations". In: 3rd World Conference on Innovation and Computer Sciences (INSODE-2013).
- Garcia, I. C., Rezende, P. J. D., and Calheiros, F. C. (1997) "Astral: um ambiente para ensino de estruturas de dados através de animações de algoritmos". In: *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 1(1), 71-80.
- Hakulinen, L. (2011) "Card games for teaching data structures and algorithms". In: *Proceedings of the 11th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*.
- Lawrence, R. (2004) "Teaching data structures using competitive games". In: *Education, IEEE Transactions*, 47(4), 459-466.
- Michail, A. (1996) "Teaching binary tree algorithms through visual programming". In: *Visual Languages". Proceedings., IEEE Symposium on. IEEE, 1996. p. 38-45.*
- Sen Z.; James R. (2012) "Using and developing automatically-generated microsoft PowerPoint slides to facilitate teaching of data structures and algorithms". In: *Journal of Computer Science*. January 2012, 155-156.
- Soares, T. C. A. P.; Cordeiro, E. S.; Stefani, Í. G. A.; Tirelo, F. (2004) "Uma Proposta Metodológica para o Aprendizado de Algoritmos em Grafos Via Animação Não-Intrusiva de Algoritmos". In: III Workshop de Educação em Computação e Informática do Estado de Minas Gerais.
- Tenenberg, J. (2003) "A framework approach to teaching data structures". In: ACM SIGCSE Bulletin (Vol. 35, No. 1, pp. 210-214).
- Theotokis, D.; Gyftodimos, G.; Georgiadis, P.; Philokyrou, G. (1997) "VIBDaST: a virtual interactive book as a data structures teaching aid". In: ACM SIGCSE Bulletin (Vol. 29, No. 3, pp. 111-113).
- Wiedenbeck, S.; LaBelle, D.; Kain, V. N. (2004) "Factors affecting course outcomes in introductory programming". In: *16th Annual Workshop of the Psychology of Programming Interest Group*.
- Yang, J.; Shaffer, C. A.; Heath, L. S. S. (1996) "SWAN: A data structure visualization system". In: *Graph Drawing. Springer Berlin Heidelberg*.