

Marcelle Pereira Mota

**PoliFacets: um modelo de design da
metacomunicação de documentos ativos para apoiar o
ensino e aprendizado de programação**

TESE DE DOUTORADO

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em
Informática do Departamento de Informática do Centro Técnico
e Científico da PUC-Rio, como requisito parcial para a obtenção
do grau de Doutor em Informática.

Orientador: Prof^a. Clarisse Sieckenius de Souza

Rio de Janeiro
Abril 2014

Marcelle Pereira Mota

**PoliFacets: um modelo de design da
metacomunicação de documentos ativos
para apoiar o ensino e aprendizado de
programação**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em
Informática do Departamento de Informática do Centro Técnico
e Científico da PUC-Rio, como requisito parcial para a obtenção
do grau de Doutor em Informática.

Prof^a. Clarisse Sieckenius de Souza

Orientador

Departamento de Informática – PUC-Rio

Prof^a. Milene Selbach Silveira

PUC-RS

Prof^a. Tayana Uchôa Conte

UFAM

Prof^a. Simone Diniz Junqueira Barbosa

Departamento de Informática – PUC-Rio

Prof. Alberto Barbosa Raposo

Departamento de Informática – PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 14 de abril de 2014

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

Marcelle Pereira Mota

Graduou-se em Bacharelado em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Pará (2007). Possui mestrado em Ciência da Computação na área de Informática na educação pela Universidade Federal do Pará (2010).

Ficha Catalográfica

Mota, Marcelle Pereira

PoliFacets : um modelo de design da metacomunicação de documentos ativos para apoiar o ensino e aprendizado de programação / Marcelle Pereira Mota ; orientador: Clarisse Sieckenius de Souza. – 2014.

202 f. : Il. (color.) ; 30 cm

Tese (doutorado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática, 2014.

Inclui bibliografia

1. Informática – Teses. 2. PoliFacets. 3. Documentação ativa. 4. Raciocínio computacional. 5. Engenharia semiótica. I. Souza, Clarisse Sieckenius de. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Aos meus pais, Adonai e Maura.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela saúde e paz. Agradeço à minha família. Meus pais, Adonai e Maura, obrigada por estarem sempre ao meu lado e acreditar que eu sou capaz de realizar meus sonhos. Aos meus irmãos e cunhadas, Marcelo e Silvana, Marcel e Ariane, agradeço pela torcida e apoio diante dos obstáculos. Às minhas afilhadas, Yasmin e Julia, agradeço por entenderem a minha ausência.

Agradeço à professora Clarisse pela orientação, pelo tempo dedicado, pelo incentivo nos momentos difíceis e pela confiança. Obrigada por me ensinar como é ser uma pesquisadora, orientadora e professora através do seu exemplo.

Agradeço aos amigos que estiveram a poucos cliques de distância: Lucélia, Murilo, Eder, Marcelo, Alline, Hugo e Suanne. Em especial, agradeço a Gaby e a Luana por acreditarem na minha capacidade até quando eu mesmo duvido. Agradeço ao Eduardo pela companhia durante um período importante do curso e por compartilhar os mesmos sonhos. Agradeço à Tânia, *in memoriam*, por ter sido minha professora desde a infância e por ter estado presente em todos os momentos importantes, mas agora estará somente em meu coração.

Agradeço aos amigos da CCPA que fizeram parte da minha trajetória: Tomás, Carla Leitão, Carla Ourofino, Patrícia, Luzzia, Victor e Rustam. Ao Tomás, agradeço pela oportunidade de trabalho e aprendizado. Agradeço a vocês pela amizade, pelas longas conversas, pelos momentos de distração, pelo incentivo e pelo apoio incondicional diante do meu objetivo. Agradeço aos companheiros do SERG pelas contribuições: Carla, Luciana, Ingrid, Juliana, Cleyton, João, Eduardo, Hugo, Martha, Rosana, Cátia, Luiz, José Antônio, Bruno, Silvia, Raquel, Simone e Milene. Em especial, agradeço à Ingrid pela amizade e atenção de sempre. Agradeço à Carla Leitão, Nelson e Sofia pelo carinho com que me receberam em sua casa, pela torcida, pelo incentivo e pela amizade.

Por fim, agradeço aos professores do DI da PUC-Rio que contribuíram para minha formação e a todas as pessoas que ajudaram direta ou indiretamente. Além disso, agradeço ao incentivo financeiro do DI, da PUC-Rio, da CAPES e do CNPq.

Marcelle

Resumo

Mota, Marcelle Pereira; de Souza, Clarisse Sieckenius. **PoliFacets: um modelo de design da metacomunicação de documentos ativos para apoiar o ensino e aprendizado de programação.** Rio de Janeiro, 2014. 202p. Tese de Doutorado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Atualmente há uma necessidade de uso da tecnologia para efetivar a participação do cidadão na sociedade. Os usuários estão deixando de ser somente consumidores passivos de *software* e uma fração crescente deles já passa a usar a tecnologia como um meio de expressão de novas ideias e oportunidades. Em um cenário democrático de futuro, quantas mais pessoas puderem manifestar-se através do uso eficaz e eficiente de tecnologia, menor o risco de que aqueles que podem fazê-lo determinem o que os demais poderão fazer. Porém, o processo de ensino e aprendizado de ‘raciocínio computacional’, base de competência para a autoexpressão através de *software*, é um grande desafio. Os professores de escolas de ensino fundamental e médio, por exemplo, geralmente não têm formação ou auxílio para ensinar conteúdos que envolvem conceitos de computação com os quais não estão familiarizados e, portanto, precisam, eles próprios, aprender. Esta tese apresenta um modelo para o *design* de documentação ativa destinada a apoiar o ensino e aprendizado de raciocínio computacional. O modelo é baseado em Engenharia Semiótica e sua instanciación em um cenário real de uso resultou em um documento utilizado em vários estudos empíricos realizados ao longo de três anos, em escolas de ensino fundamental e médio na região metropolitana do Rio de Janeiro. Na dimensão técnico-científica, a principal contribuição da tese é uma ferramenta epistêmica para estruturar as análises e decisões durante o *design* da metacomunicação de documentos ativos destinados a apoiar o ensino e aprendizado de autoexpressão através de *software*.

Palavras-chave

PoliFacets; documentação ativa; raciocínio computacional; Engenharia Semiótica.

Abstract

Mota, Marcelle Pereira; de Souza, Clarisse Sieckenius (advisor).
PoliFacets: a design model for the metacommunication of active documents to support teaching and learning of computer programming.
Rio de Janeiro, 2014. 202p. DSc Thesis - Departamento de Informática,
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Nowadays, there is a need to use technology to effect citizen participation in society. Users are no longer only passive software consumers and a growing share of them are using technology as a medium to express new ideas and opportunities. In a democratic future scenario, the more people can manifest themselves through the effective and efficient use of technology, the lower the risk that those who can do it determine what others will do. However, the process of teaching and learning ‘computational thinking’, which is the basic skill for self-expression through software, is a big challenge. Teachers need to learn computational concepts themselves before they can teach them to students. In elementary and high school they generally do not have support for teaching this kind of content. This thesis presents a model for the design of active documentation which aims at supporting the teaching and learning of computational thinking. The model is based on Semiotic Engineering theory and its instantiation in a real scenario came about as an active document used in several empirical studies during three years with elementary and high schools in the metropolitan region of Rio de Janeiro. Technically and scientifically, the main contribution of this thesis is an epistemic tool for structure analyses and decisions during the design of metacommunication of active documents to support the teaching and learning of self-expression through software.

Keywords

PoliFacets; active documentation; computational thinking; Semiotic Engineering.

Sumário

1 Introdução	16
1.1. Contexto da pesquisa	16
1.2. Metodologia	28
1.3. Organização do texto	31
2 Trabalhos relacionados	32
2.1. Definições e abordagens do ensino e aprendizado de Raciocínio computacional	32
2.2. Tecnologias de apoio e colaboração	34
2.2.1. Ambientes de programação, compartilhamento de recursos e troca de experiências	35
2.2.2. Ferramentas de auxílio à compreensão e depuração de programas	41
2.2.3. Documentação ativa	43
2.3. <i>Software</i> como forma de participação social	45
2.4. Relações dos trabalhos citados com a pesquisa	48
3 O modelo PoliFacets	54
3.1. Conceitos de Engenharia Semiótica	54
3.2. Estudos empíricos	65
3.2.1. Estudo inicial	67
3.2.2. I <i>workshop</i> para professores	70
3.2.3. Regras e narrativas de programas	77
3.2.4. Expressão de conexões entre agentes	79
3.2.5. II <i>workshop</i> para professores	87
3.2.6. Estratégias de comunicação	95
3.3. Elaboração teórica do modelo	101
3.4. Componentes estruturais e suas relações	103
3.5. Ontologia de metacomunicação	105
3.5.1. Perspectivas do usuário e do sistema	105

3.5.2. Perspectiva da interação	111
3.6. Visão completa do modelo	113
4 A instância PoliFacets-AS	118
4.1. Facetas instanciadas e suas ligações	118
4.1.1. Faceta 'descrição'	122
4.1.2. Faceta 'na prática'	123
4.1.3. Faceta 'planilhas'	125
4.1.4. Faceta 'regras'	128
4.1.5. Faceta 'tags'	129
4.1.6. Faceta 'conexões'	131
4.2. Facetas idealizadas e suas ligações	133
4.2.1. Faceta A	135
4.2.2. Faceta B	135
4.2.3. Faceta C	136
4.2.4. Faceta D	137
4.2.5. Faceta E	139
4.2.6. Faceta F	139
4.2.7. Faceta G	140
4.2.8. Faceta H	141
4.2.9. Faceta I	141
4.2.10. Faceta J	142
4.3. Avaliação	143
4.3.1. Recepção das facetas	143
4.3.2. Validação dos resultados	149
5 Considerações finais	162
5.1. Lições aprendidas	163
5.2. Limitações conhecidas	164
5.3. Contribuições da pesquisa	166
5.4. Trabalhos futuros	167
5.4.1. Pesquisas de curto prazo	168
5.4.2. Pesquisas de médio prazo	168
5.4.3. Pesquisas de longo prazo	170

Referências	173
Apêndices	180
Material do estudo 'Regras e narrativas de programas'	180
Material do estudo 'Expressão de conexões entre agentes'	181
Questionário A do 'II <i>workshop</i> para professores'	183
Questionário B do 'II <i>workshop</i> para professores'	184
<i>Scripts</i> do estudo 'Recepção das facetas'	185
Termos de consentimento	187
Estudo inicial	187
Expressão de conexões entre agentes	189
Estratégias de comunicação	191
Validação dos resultados	192
Anexos	193
Questionário A do 'I <i>workshop</i> para professores'	193
Questionário B do 'I <i>workshop</i> para professores'	193
Questionário do estudo 'Recepção das facetas'	195
Termos de consentimento	195
I <i>workshop</i> de professores	195
Regras e narrativas de programas	197
II <i>workshop</i> de professores	199
Recepção das facetas	201

Lista de figuras

Figura 1.1 - Construção da simulação 'produção de mel' no AS	22
Figura 1.2 - Faceta 'planilha' da simulação 'produção de mel'	25
Figura 1.3 - Conexões do agente <i>flor_2</i>	25
Figura 1.4 - Conexões do agente <i>abelha_2</i>	26
Figura 1.5 - Etapas para a construção do Modelo PoliFacets	29
Figura 2.1 - Grafo de padrões de raciocínio computacional	41
Figura 3.1 - Esquema geral de metacomunicação em IHC	57
Figura 3.2 - Exemplo de paráfrase no AS	62
Figura 3.3 - Exemplo de figura de linguagem no AS	63
Figura 3.4 - Exemplo de Ressignificação no AS	64
Figura 3.5 - Projeto <i>Pacman</i> simplificado	67
Figura 3.6 - Alguns jogos do primeiro <i>workshop</i>	74
Figura 3.7 - Simulação de agentes fora da janela de visualização	75
Figura 3.8 - Lista de agentes na planilha do projeto Apartamentos	76
Figura 3.9 - Relações do agente A com outros agentes	80
Figura 3.10 - Agentes da simulação	81
Figura 3.11 - Conexões do agente 'a' com outros agentes	83
Figura 3.12 - Progressão de acordo com as perspectivas culturais	88
Figura 3.13 - Projeto do participante P7	93
Figura 3.14 - Jogo do Participante P5	94
Figura 3.15 - Jogo do Participante P6	94
Figura 3.16 - Cabeçalho das facetas do projeto de P6	95
Figura 3.17 - SideTalk durante a navegação no PoliFacets	96
Figura 3.18 - Modelo PoliFacets no contexto de <i>design</i> da tecnologia	104
Figura 3.19 - Modelo PoliFacets	114
Figura 4.1 - Modelo PoliFacets-AS	118
Figura 4.2 - Distribuição das facetas	120
Figura 4.3 - Faceta 'descrição' do <i>Pacman</i>	122
Figura 4.4 - Faceta 'na prática' do projeto <i>Frogger</i>	124
Figura 4.5 - Faceta 'planilhas' do <i>Frogger</i>	125

Figura 4.6 - Opções de visualização da planilha	126
Figura 4.7 - Grade com os agentes <i>river</i> , <i>ground</i> e <i>street</i> escondidos	126
Figura 4.8 - Regras de comportamento do <i>Frogger</i>	128
Figura 4.9 - Linguagem pseudonatural e Linguagem de código do AS	129
Figura 4.10 - <i>Tags</i> do <i>Frogger</i>	130
Figura 4.11 - <i>Tags</i> do <i>Pacman</i>	130
Figura 4.12 - Diagrama de conexões do agente <i>frog</i>	131
Figura 4.13 - Diagrama de conexões do agente 'log'	132
Figura 4.14 - Planilha do jogo <i>Frogger</i> modificada	136
Figura 4.15 - Ilustração da faceta de transição de planilhas	138
Figura 4.16 - Visão textual no NCL Composer	150
Figura 4.17 - Visão estrutural no NCL Composer	151
Figura 4.18 - Visão de <i>layout</i> no NCL Composer	151
Figura 4.19 - Modelo PoliFacets-NCL	152
Figura 4.20 - Faceta 'descrição' no PoliFacets-NCL	154
Figura 4.21 - Faceta 'código' no PoliFacets-NCL	155
Figura 4.22 - Faceta 'estrutura' no PoliFacets-NCL	156
Figura 4.23 - Faceta ' <i>layout</i> ' no PoliFacets-NCL	157
Figura 4.24 - Faceta 'na prática' no PoliFacets-NCL	158

Lista de quadros

Quadro 1.1 - Efeitos visuais no tempo	24
Quadro 3.1 - Cronograma do primeiro <i>workshop</i>	71
Quadro 3.2 - Participantes do primeiro <i>workshop</i>	72
Quadro 3.3 - Organização dos participantes	82
Quadro 3.4 - Cronograma do segundo <i>workshop</i>	87
Quadro 3.5 - Planejamento de acordo com as metáforas	89
Quadro 3.6 - Participantes do segundo <i>workshop</i>	90
Quadro 3.7 - Participantes	97
Quadro 3.8 - Exemplo de figuras de linguagem com reformulação	109
Quadro 3.9 - Exemplo de expansão linguística com reescrita	111
Quadro 4.1 - Cenário do estudo	144

Lista de tabelas

Tabela 1.1 - Esquema de interação entre os agentes e seus efeitos	23
Tabela 3.1 - Operações simbólicas na perspectiva do sistema	59
Tabela 3.2 - Operações semióticas na perspectiva do usuário	61
Tabela 3.3 - Organização dos estudos entre as fases da pesquisa	66
Tabela 3.4 - Estudos e resumo da contribuição para a construção do modelo	102
Tabela 3.5 - Matriz com as perspectivas do usuário e do sistema	106
Tabela 3.6 - Perspectiva da interação	112
Tabela 3.7 - Grade da ontologia de metacomunicação	116
Tabela 4.1 - Grade da ontologia de metacomunicação no PoliFacets-AS	119
Tabela 4.2 - Grade da ontologia de metacomunicação no PoliFacets-AS com facetas idealizadas	134
Tabela 4.3 - Facetas e ordem de visualização	145
Tabela 4.4 - Grade da ontologia de metacomunicação no PoliFacets-NCL	153

*“Sonhos são gratuitos.
Transformá-los em realidade tem um preço.”*
E. J. Gibs

*“Logic will get you from A to B.
Imagination will take you everywhere.”*
Albert Einstein