

**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<sup>a</sup>. 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.

**Profª. Clarisse Sieckenius de Souza**  
Orientador  
Departamento de Informática – PUC-Rio

**Profª. Milene Selbach Silveira**  
PUC-RS

**Profª. Tayana Uchôa Conte**  
UFAM

**Profª. 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: Cláisse 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, Cláisse Sieckenius de. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

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 Cláisse 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 instanciação 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, Cláisse 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        |
| <b>4 A instância PoliFacets-AS</b>        | <b>118</b> |
| 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        |
| <b>5 Considerações finais</b>             | <b>162</b> |
| 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 workshop para professores’         | 183 |
| Questionário B do ‘II workshop para professores’         | 184 |
| Scripts 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 workshop para professores’          | 193 |
| Questionário B do ‘I workshop para professores’          | 193 |
| Questionário do estudo ‘Recepção das facetas’            | 195 |
| Termos de consentimento                                  | 195 |
| I workshop de professores                                | 195 |
| Regras e narrativas de programas                         | 197 |
| II workshop 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<br>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<br>PoliFacets-AS                         | 119 |
| Tabela 4.2 - Grade da ontologia de metacomunicação no<br>PoliFacets-AS com facetas idealizadas | 134 |
| Tabela 4.3 - Facetas e ordem de visualização   | 145 |
| Tabela 4.4 - Grade da ontologia de metacomunicação no<br>PoliFacets-NCL                        | 153 |

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

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