



**FUNDAÇÃO EDUCACIONAL EDSON QUEIROZ  
UNIVERSIDADE DE FORTALEZA – UNIFOR**

## **ANÁLISE DE PONTOS POR FUNÇÃO *FUZZY***

**Osias de Souza Lima Júnior**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO CURSO DE MESTRADO DE  
INFORMÁTICA APLICADA DA UNIVERSIDADE DE FORTALEZA COMO  
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU  
DE MESTRE EM CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO.

Aprovada por:

---

Prof. Orientador Pedro Porfírio Muniz Farias, D. Sc. (UNIFOR)  
(Presidente da Banca)

---

Prof. Co-orientador Arnaldo Dias Belchior, D. Sc. (UNIFOR)

---

Prof. José Carlos Maldonado, D. Sc. (USP)

---

Prof. Nabor das Chagas Mendonça, Ph.D. (UNIFOR)

Fortaleza, CE - Brasil

Junho / 2002

LIMA JUNIOR, OSIAS DE SOUZA

*Análise de Pontos por Função Fuzzy*  
[Fortaleza] 2002

xiii, 166p. 29,7 cm (MIA/UNIFOR, M.Sc.,  
Engenharia de Software, 2002)

Tese - Universidade de Fortaleza, MIA

1. Engenharia de Software
2. Métricas
3. Análise de Pontos por Função
4. Teoria Fuzzy

I. MIA/UNIFOR      II. TÍTULO (série)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelas oportunidades que tem posto em minha vida.

Ao professor Pedro Porfírio Muniz, o qual assumiu a orientação desta dissertação, contribuindo para que a mesma se tornasse concreta através de suas ricas idéias e sugestões.

Ao professor Arnaldo Dias Belchior, pela sua inestimável co-orientação, estando sempre disponível e efetivamente comprometido com a qualidade deste trabalho.

Aos professores Nabor das Chagas Mendonça e José Carlos Maldonado pela presença na banca examinadora.

Aos meus pais, pelos incentivos e por compreenderem os momentos de ausência.

Aos amigos do mestrado, pelas ajudas nos momentos mais difíceis e pelo aprendizado que me proporcionaram.

Aos demais professores do mestrado, pela constante presença e contribuições indiretas.

À secretaria do MIA, pela presteza sempre imediata.

Aos demais amigos aqui não citados, mas que certamente foram imprescindíveis para o cumprimento desta árdua jornada.

Ao SERPRO, por ter patrocinado parcialmente este projeto.

Resumo da Tese apresentada ao MIA/UNIFOR como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências da Computação (M.Sc.)

## ANÁLISE DE PONTOS POR FUNÇÃO *FUZZY*

Osias de Souza Lima Júnior

Junho / 2002

Orientador: Pedro Porfírio Muniz Farias

Co-orientador: Arnaldo Dias Belchior

Programa: Ciências da Computação

A técnica de Análise de Pontos por Função (FPA) é largamente utilizada para se estimar tamanho de projetos de desenvolvimento, de manutenção ou aplicações de software já implantadas. Este trabalho propõe a utilização de conceitos e propriedades da teoria dos conjuntos *fuzzy*, para estender a FPA em FFPA (Análise de Pontos por Função *Fuzzy*). A teoria *fuzzy* busca construir uma estrutura formal quantitativa, capaz de capturar as imprecisões do conhecimento humano. Com os pontos por função produzidos através da FFPA, a funcionalidade do projeto ficou melhor representada. Conseqüentemente, valores derivados como prazo e custo de desenvolvimento podem ser obtidos com maior precisão do que os gerados através dos valores fornecidos pela FPA.

Abstract of Thesis presented to MIA/UNIFOR as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

## *FUZZY FUNCTION POINT ANALYSIS*

Osias de Souza Lima Júnior

June / 2002

Advisor: Pedro Porfírio Muniz Farias

Co-advisor: Arnaldo Dias Belchior

Department: Computer Science

Function Point Analysis (FPA) is a largely used technique to estimate the size of development projects, enhancement projects or applications already installed. This work proposes the use of concepts and properties from fuzzy set theory to extend FPA into FFPA (Fuzzy Function Point Analysis). Fuzzy theory seeks to build a formal quantitative structure capable of emulating the imprecision of human knowledge. With the function points generated by FFPA, the functionality of the project was better represented than it was through FPA. Thus, derived values such as costs and terms of development can be determined with more precision than the values generated from the data supplied by FPA.

# ÍNDICE

---

<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Motivação .....	1
1.2. Objetivo .....	3
1.3. Organização da Trabalho .....	3
<b>2. Métricas de Software .....</b>	<b>5</b>
2.1. Medições em Engenharia de Software .....	6
2.2. Classificação das Métricas .....	7
2.3. Princípios de Medição e Atributos de Métrica Efetiva .....	9
2.4. Plano de Medição .....	10
2.5. GQM .....	13
2.5.1. O Modelo de Processos do GQM .....	14
2.5.2. Definição dos Objetivos .....	15
2.5.3. Definição das Questões .....	17
2.5.4. Definição das Métricas .....	17
2.5.5. O Plano GQM e o Plano de Medição .....	18
2.5.6. A Interpretação dos Dados .....	19
2.6. Métricas de Estimativa .....	21
2.6.1. Linhas de Código (LOC) .....	21
2.6.2. Sistema Métrico de Halstead .....	22
2.6.3. COCOMO .....	23
2.6.4. FPA (Análise de Pontos por Função) .....	28
2.6.5. Estimativas para Novas Tecnologias .....	28
2.7. Conclusão .....	29
<b>3. Análise de Pontos por Função .....</b>	<b>30</b>
3.1. Visão Geral de FPA .....	32
3.2. Identificação e Classificação dos Arquivos Lógicos Internos .....	34
3.3. Identificação e Classificação dos Arquivos de Interface Externa .....	35
3.4. Identificação e Classificação das Entradas Externas .....	36
3.5. Identificação e Classificação das Saídas Externas .....	39
3.6. Identificação e Classificação das Consultas Externas .....	41
3.7. Cálculo do Fator de Ajuste .....	43
3.7.1. Comunicação de Dados .....	44
3.7.2. Processamento Distribuído .....	45

3.7.3. Desempenho .....	46
3.7.4. Utilização do Equipamento .....	47
3.7.5. Volume de Transações .....	47
3.7.6. Entrada de Dados On-Line .....	48
3.7.7. Eficiência do Usuário Final .....	49
3.7.8. Atualização On-Line .....	50
3.7.9. Processamento Complexo .....	51
3.7.10. Reutilização .....	52
3.7.11. Facilidade de Instalação .....	52
3.7.12. Facilidade Operacional .....	53
3.7.13. Multiplicidade de Locais .....	54
3.7.14. Facilidade de Mudanças .....	55
3.8. Cálculo dos Pontos por Função Ajustados – Aplicação .....	56
3.9. Cálculo dos Pontos por Função Ajustados –Projeto de Desenvolvimento ..	56
3.10. Cálculo dos Pontos por Função Ajustados – Projeto de Manutenção .....	57
3.11. Características Primordiais da FPA .....	57
3.12. Extensões da Análise de Pontos por Função .....	60
3.13. Conclusão .....	62
<b>4. Teoria <i>Fuzzy</i> .....</b>	<b>63</b>
4.1. Conceitos Básicos sobre Conjuntos <i>Fuzzy</i> .....	64
4.2. Operações com Conjuntos <i>Fuzzy</i> .....	75
4.2.1. Operações Algébricas com Conjuntos <i>Fuzzy</i> .....	77
4.3. Agregação de Conjuntos <i>Fuzzy</i> .....	79
4.3.1. Classes t-norms e t-conorms .....	81
4.4. Medidas de Comparação entre Conjuntos <i>Fuzzy</i> .....	82
4.4.1. Medidas de Similaridade .....	83
4.4.2. Medidas de Proximidade .....	83
4.4.3. Medidas de Distância .....	83
4.4.4. Medida de Subsethood <i>Fuzzy</i> .....	84
4.4.5. Medida de Possibilidade .....	84
4.4.6. Medida de Necessidade .....	84
4.4.7. Medidas de Compatibilidade .....	85
4.5. Caracterização de Conjuntos <i>Fuzzy</i> .....	85
4.5.1. Medidas de Entropia de Difusão .....	86
4.5.2. Medidas de Energia de Difusão .....	87
4.5.3. Especificidade de um Conjunto <i>Fuzzy</i> .....	87

4.6. Números <i>Fuzzy</i> .....	88
4.6.1. Números <i>Fuzzy</i> do tipo-LR .....	88
4.7. Variável Lingüística .....	89
4.8. Lógica <i>Fuzzy</i> .....	91
4.9. Modelos Computacionais .....	94
4.9.1. Modelos <i>Fuzzy</i> .....	95
4.10. Conclusão .....	96
<b>5. Análise de Pontos por Função <i>Fuzzy</i> .....</b>	<b>98</b>
5.1. Objetivos da FFPA .....	100
5.2. Primeira Etapa .....	103
5.2.1. <i>Fuzzificação</i> dos Termos Lingüísticos de um ILF .....	104
5.2.2. <i>Fuzzificação</i> dos Termos Lingüísticos de um EIF .....	106
5.2.3. <i>Fuzzificação</i> dos Termos Lingüísticos de uma EI .....	109
5.2.4. <i>Fuzzificação</i> dos Termos Lingüísticos de uma EO .....	111
5.2.5. <i>Fuzzificação</i> dos Termos Lingüísticos de uma EQ .....	114
5.3. Segunda Etapa .....	116
5.4. Terceira Etapa .....	123
5.5. Quarta Etapa .....	127
5.6. Conclusão .....	128
<b>6. Estudo de Casos .....</b>	<b>129</b>
6.1 Cálculo de um Projeto de Desenvolvimento de Software .....	129
6.2 Cálculo de um Projeto de Manutenção de Software .....	134
6.3 Análise de Resultados .....	136
6.4 O Protótipo da Ferramenta FFPA .....	145
6.5 Conclusão .....	146
<b>7 Conclusão .....</b>	<b>147</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>150</b>



## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 2.1: O Paradigma GQM .....	13
Figura 2.2: As quatro fases do GQM .....	14
Figura 2.3: Definição das Questões .....	17
Figura 2.4: Fluxo do Processo de Definição do GQM .....	18
Figura 4.1: Exemplos de funções de pertinência .....	67
Figura 4.2: Princípio da Extensão .....	74
Figura 4.3: Conjuntos <i>fuzzy</i> para os termos lingüísticos de <i>em torno de 1,70</i> e <i>alta estatura</i> .....	85
Figura 4.4: Topologia geral de um modelo <i>fuzzy</i> .....	96
Figura 5.1 Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para ILFs com 1 RET .....	104
Figura 5.2: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para ILFs com 2 a 5 RETs .....	105
Figura 5.3: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para ILFs com 6 ou mais RETs ....	106
Figura 5.4: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EIFs com 1 RET .....	107
Figura 5.5: Números <i>Fuzzy</i> gerados para EIFs com 2 a 5 RETs .....	108
Figura 5.6: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EIFs com 6 ou mais RETs. ....	108
Figura 5.7: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EIs com 0 ou 1 FTR .....	109
Figura 5.8: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EIs com 2 FTRs .....	110
Figura 5.9: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EIs com 3 ou mais FTRs .....	111
Figura 5.10: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EOs com 0 ou 1 FTR .....	112
Figura 5.11: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EOs com 2 ou 3 FTRs .....	113
Figura 5.12: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EOs com 4 ou mais FTRs ...	113
Figura 5.13: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EQs com 0 ou 1 FTR .....	114
Figura 5.14: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EQs com 2 ou 3 FTRs .....	115
Figura 5.15: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EQs com 4 ou mais FTRs ....	116
Figura 5.16: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para ILFs com 1 RET (estendido)	118
Figura 5.17: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para ILFs com 2 a 5 RETs (estendido) .....	118
Figura 5.18: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para ILFs com 6 ou mais RETs (estendido) .....	118
Figura 5.19: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EIFs com 1 RET (estendido)	119
Figura 5.20: Números <i>Fuzzy</i> gerados para EIFs com 2 a 5 RETs (estendido) .....	119

Figura 5.21: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EIFs com 6 ou mais RETs (estendido) .....	119
Figura 5.22: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EIs com 0 ou 1 FTR (estendido) .....	120
Figura 5.23: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EIs com 2 FTRs (estendido) .....	120
Figura 5.24: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EIs com 3 ou mais FTRs (estendido) .....	120
Figura 5.25: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EOs com 0 ou 1 FTR (estendido) .....	121
Figura 5.26: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EOs com 2 ou 3 FTRs (estendido) .....	121
Figura 5.27: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EOs com 4 ou mais FTRs (estendido) .....	121
Figura 5.28: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EQs com 0 ou 1 FTR (estendido) .....	122
Figura 5.29: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EQs com 2 ou 3 FTRs (estendido) .....	122
Figura 5.30: Números <i>fuzzy</i> trapezoidais gerados para EQs com 4 ou mais FTRs (estendido) .....	122
Figura 6.1: Desvio médio das estimativas para diferentes valores de $k$ .....	144

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 2.1: Classificação de Fenton .....	8
Tabela 2.2: Retorno das medições para os níveis da organização .....	12
Tabela 2.3: COCOMO Básico .....	24
Tabela 2.4: Classificação dos atributos direcionadores de custo .....	26
Tabela 2.5: COCOMO Intermediário .....	26
Tabela 3.1: Matriz de Complexidade de um ILF .....	35
Tabela 3.2: Tabela de Tradução de um ILF .....	35
Tabela 3.3: Matriz de Complexidade de um EIF .....	36
Tabela 3.4: Tabela de Tradução de um EIF .....	36
Tabela 3.5: Matriz de Complexidade de uma EI .....	38
Tabela 3.6: Tabela de Tradução de uma EI .....	38
Tabela 3.7: Matriz de Complexidade de uma EO .....	40
Tabela 3.8: Tabela de Tradução de uma EO .....	41
Tabela 3.9: Matriz de Complexidade de uma EQ .....	43
Tabela 3.10: Tabela de Tradução de uma EQ .....	43
Tabela 3.11: Comunicação de Dados .....	45
Tabela 3.12: Processamento Distribuído .....	45
Tabela 3.13: Desempenho .....	46
Tabela 3.14: Utilização do Equipamento .....	47
Tabela 3.15: Volume de Transações .....	48
Tabela 3.16: Entrada de dados On-Line .....	48
Tabela 3.17: Eficiência do Usuário Final .....	50
Tabela 3.18: Atualização On-Line .....	50
Tabela 3.19: Processamento Complexo .....	51
Tabela 3.20: Reutilização de Código .....	52
Tabela 3.21: Facilidade de Implantação .....	53
Tabela 3.22: Facilidade Operacional .....	54
Tabela 3.23: Multiplicidade de Locais .....	54
Tabela 3.24: Facilidade de Mudanças .....	56

Tabela 4.1: Exemplo de conjuntos <i>fuzzy</i> .....	67
Tabela 5.1: Valores de $m_i$ para $T_i = \text{muito alta}$ .....	117
Tabela 5.2: Matriz estendida de complexidade funcional relativa de um ILF ..	118
Tabela 5.3: Matriz estendida de complexidade funcional relativa de um EIF ..	119
Tabela 5.4: Matriz estendida de complexidade funcional relativa de uma EI ..	120
Tabela 5.5: Matriz estendida de complexidade funcional relativa de uma EO estendida .....	121
Tabela 5.6: Matriz estendida de complexidade funcional relativa de uma EQ...	122
Tabela 5.7: Tabela das diferenças progressivas – ILF .....	124
Tabela 5.8: Tabela das Diferenças Progressivas – EIF .....	125
Tabela 5.9: Tabela das Diferenças Progressivas – EI .....	125
Tabela 5.10: Tabela das Diferenças Progressivas – EO .....	126
Tabela 5.11: Tabela das Diferenças Progressivas – EQ .....	127
Tabela 6.1: Cálculo da função ILF do projeto de desenvolvimento $D_2$ .....	130
Tabela 6.2: Cálculo da função EI do projeto de desenvolvimento $D_2$ .....	131
Tabela 6.3: Cálculo da função EO do projeto de desenvolvimento $D_2$ .....	133
Tabela 6.4: Características gerais do projeto de desenvolvimento $D_2$ .....	134
Tabela 6.5: Classificação das funções do projeto de manutenção $M_2$ .....	135
Tabela 6.6: Características gerais do projeto de manutenção $M_2$ .....	136
Tabela 6.7: Estimativas em FPA e FFPA .....	137
Tabela 6.8: Estimativas para $k = 74$ (ILF/EIF), $k = 25$ (EI) e $k = 31$ (EO/EQ) ....	138
Tabela 6.9: Estimativas para $k = 67$ (ILF/EIF), $k = 25$ (EI) e $k = 31$ (EO/EQ) ....	139
Tabela 6.10: Estimativas para $k = 67$ (ILF/EIF), $k = 23$ (EI) e $k = 31$ (EO/EQ) ..	139
Tabela 6.11: Estimativas para $k = 67$ (ILF/EIF), $k = 23$ (EI) e $k = 28$ (EO/EQ) ..	139
Tabela 6.12: Estimativas para $k = 61$ (ILF/EIF), $k = 23$ (EI) e $k = 28$ (EO/EQ) ..	140
Tabela 6.13: Estimativas para $k = 61$ (ILF/EIF), $k = 21$ (EI) e $k = 28$ (EO/EQ) ..	140
Tabela 6.14: Estimativas para $k = 61$ (ILF/EIF), $k = 21$ (EI) e $k = 25$ (EO/EQ) ..	141
Tabela 6.15: Estimativas para $k = 55$ (ILF/EIF), $k = 21$ (EI) e $k = 25$ (EO/EQ) ..	141
Tabela 6.16: Estimativas para $k = 55$ (ILF/EIF), $k = 19$ (EI) e $k = 25$ (EO/EQ) ..	141
Tabela 6.17: Estimativas para $k = 55$ (ILF/EIF), $k = 19$ (EI) e $k = 23$ (EO/EQ) ..	142
Tabela 6.18: Estimativas para $k = 53$ (ILF/EIF), $k = 19$ (EI) e $k = 23$ (EO/EQ) ..	142
Tabela 6.19: Estimativas para $k = 53$ (ILF/EIF), $k = 18$ (EI) e $k = 23$ (EO/EQ) ..	143
Tabela 6.20: Estimativas para $k = 53$ (ILF/EIF), $k = 18$ (EI) e $k = 22$ (EO/EQ) ..	143

Tabela 6.21: Estimativas para os diferentes valores de $k$ .....	144
--	-----