

1	ANEPI: Análise Econômica de Projetos de Desenvolvimento de Campos de Petróleo sob Incerteza	17
1.1	Introdução	17
1.2	Objetivos da Análise Econômica de Projetos de Desenvolvimento de Campos de Petróleo sob Incerteza	17
1.3	Justificativas para a Análise Econômica de Projetos de Desenvolvimento de Campos de Petróleo sob Incerteza	18
1.4	Características e Produtos da Análise Econômica de Projetos de Desenvolvimento de Campos de Petróleo sob Incerteza.....	19
1.5	Metodologias da Análise Econômica de Projetos de Desenvolvimento de Campos de Petróleo sob Incerteza	20
2	Teoria das Opções Reais	23
2.1	Introdução	23
2.2	Opções Financeiras.....	23
2.3	Opções de Compra.....	24
2.3.1	Opções de Venda.....	24
2.3.2	Opções Reais.....	26
2.3.3	Tipos de Opções Reais.....	27
2.3.4	Métodos de Avaliação de Opções Reais.....	30
2.3.5	Ativos Contingentes	31
2.3.6	Programação Dinâmica	32
2.3.7	Métodos Numéricos.....	32
2.3.8	Técnicas de Simulação	35
2.4	Referências Bibliográficas	37
3	Métodos de Apoio à Decisão.....	39
3.1	Computação Evolucionária	39
3.1.1	Algoritmos Genéticos	39
3.1.2	Algoritmos Culturais	43
3.1.3	Coevolução.....	46
3.1.4	Programação Genética (PG).....	47
3.1.5	Algoritmo Genético com Inspiração em Computação Quântica.....	59
3.1.6	Algoritmos Genéticos Distribuídos	66
3.2	Redes Neurais	71
3.2.1	Histórico	71
3.2.2	Definição.....	71
3.2.3	O Neurônio Artificial.....	72
3.2.4	Função de Ativação.....	73
3.2.5	Topologia das Redes Neurais Artificiais.....	73
3.2.6	Tipo de Treinamento	75

3.2.7	<i>Backpropagation</i>	76
3.2.8	Redes de Elman	77
3.2.9	Funções Radiais (<i>Radial Basis Functions – RBF</i>)	80
3.3	Lógica <i>Fuzzy</i>	83
3.3.1	Teoria de Conjuntos <i>Fuzzy</i>	83
3.3.2	Lógica <i>Fuzzy</i>	86
3.3.3	Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i>	87
3.3.4	Números <i>Fuzzy</i>	89
3.4	Modelos Neuro- <i>Fuzzy</i>	98
3.4.1	Sistema Neuro- <i>Fuzzy</i> Hierárquico BSP	99
3.4.2	Modelo Neuro- <i>Fuzzy</i> Hierárquico BSP	100
3.4.3	Algoritmo de Aprendizado	107
3.5	Referências Bibliográficas	112
4	Sistema Inteligente de Otimização de Alternativas para Exploração de Campo de Petróleo Utilizando Computação Evolucionária.....	117
4.1	Introdução.....	117
4.2	Modelagem do Sistema.....	117
4.3	Representação do Cromossomo para o Algoritmo Genético	118
4.4	Cromossomo de Tamanho Variável.....	118
4.5	Codificação do Cromossomo	119
4.6	Operadores Genéticos.....	120
4.7	Função de Avaliação.....	122
4.8	Validação do Cromossomo.....	124
4.9	Hibridização do Algoritmo Genético com Algoritmo Cultural.....	125
4.10	Representação do Espaço de Crença.....	125
4.11	Protocolo de Comunicação	126
4.11.1	Processo de Votação	126
4.11.2	Processo de Promoção.....	126
4.11.3	Ajuste do Espaço de Crenças	127
4.12	Modelagem da População para Coevolução Cooperativa.....	128
4.13	Personalizações no Sistemas Inteligentes Implementados.....	129
4.14	Utilização de Informação Estratégica Disponível <i>a Priori</i> para a Otimização por Algoritmos Genéticos	133
4.14.1	Mapas de Qualidade	133
4.14.2	Definição de Mapa de Qualidade	133
4.14.3	Geração de Mapas de Qualidade	135
4.14.4	Emprego do Mapa de Qualidade na Inicialização da população Inicial..	141
4.14.5	Emprego da Informação do Mapa de Qualidade Durante o Processo de Evolução do Algoritmo Genético	143
4.15	Aproximador <i>On-line</i> para o Simulador de Fluxo	146
4.15.1	Aproximação de Fluxos com Redes Neurais: ff-BP, Elman e RBF.....	146
4.15.2	Integração do Módulo NFHB no Módulo ANEPI-3	152
4.16	Considerações de Implementação	153
4.16.1	Principais Interfaces Implementadas neste Item:	154
4.17	Referências Bibliográficas	158
5	Cálculo do Valor de Opções Reais por Simulação Monte Carlo com Aproximação por Números <i>Fuzzy</i> e Algoritmos Genéticos.....	161
5.1	Introdução.....	161

5.2	Descrição da Metodologia Proposta de Avaliação de Opções Reais por Aproximação com Números <i>Fuzzy</i>	161
5.2.1	Módulo: Gerador e Amostrador de Números Aleatórios.....	162
5.2.2	Módulo: Processos Estocásticos para a <i>Commodity</i>	163
5.2.3	Módulo: Número <i>Fuzzy</i>	163
5.2.4	Módulo: Cálculo da Curva de Gatilho.....	164
5.2.5	Módulo: Simulação Monte Carlo para Determinar o Valor da Opção ...	166
5.2.6	Módulo: Valor da Opção.....	167
5.3	Descrição da Metodologia Proposta para a Obtenção de uma Regra de Decisão Ótima por Aproximação com Algoritmos Genéticos.....	167
5.3.1	Módulo: Gerador e Amostrador de Números Aleatórios.....	168
5.3.2	Módulo: Processos Estocásticos para a <i>Commodity</i>	168
5.3.3	Módulo: Algoritmo Genético	169
5.3.4	Módulo: Regra de Decisão e Valor da Opção	170
5.4	Estudo de Casos: Valor da Opção de Expansão por Aproximação com Números <i>Fuzzy</i>	171
5.4.1	Descrição do Problema	171
5.4.2	Solução por Simulação Estocástica	174
5.4.3	Solução pela Metodologia Híbrida Estocástica com Números <i>Fuzzy</i>	176
5.4.4	Experimentos e Resultados	178
5.4.5	Conclusões	188
5.5	Estudo de Casos: Valor da Opção de Investimento em Informação por Aproximação com Números <i>Fuzzy</i>	189
5.5.1	Descrição do Problema	189
5.5.2	Solução por Simulação Estocástica	190
5.5.3	Solução pela Metodologia Híbrida Estocástica com Números <i>Fuzzy</i>	192
5.5.4	Experimentos e Resultados	193
5.5.5	Conclusões.....	200
5.6	Estudo de Casos: Obtenção de uma Regra de Decisão Ótima por Aproximação com Algoritmos Genéticos	200
5.6.1	Descrição do Problema	200
5.6.2	Modelando as Incertezas do Preço do Petróleo.....	201
5.6.3	Regra de Decisão Ótima.....	202
5.6.4	Modelagem do Problema.....	202
5.6.5	Representação do Cromossomo	203
5.6.6	Avaliação do Cromossomo.....	206
5.6.7	Resultados	208
5.7	Referências Bibliográficas	210
6	Análise de Alternativas de Desenvolvimento de um Campo de Petróleo sob Incertezas	213
6.1	Sistema Modular de Análise de Alternativas	213
6.1.1	Modelagem do Problema.....	213
6.1.2	Experimentos	218
6.1.3	Conclusão	223
6.2	Análise de Alternativas com Múltiplas Incertezas Técnicas	223
6.2.1	Introdução.....	223
6.2.2	Números <i>Fuzzy</i> Gaussianos	224
6.2.3	Operações com Números <i>Fuzzy</i> Gaussianos.....	225

6.2.4	Média e Variância de um Número <i>Fuzzy</i> Gaussiano	227
6.2.5	Testes com Números <i>Fuzzy</i> Gaussianos.....	228
6.2.6	Números <i>Fuzzy</i> com Forma de uma Log Normal	231
6.2.7	Operações com Números <i>Fuzzy</i> com Forma LogNormal.....	232
6.2.8	Testes com Números <i>Fuzzy</i> com Forma LogNormal	235
6.3	Metodologia para o Controle do Crescimento do Domínio dos Números <i>Fuzzy</i>	236
6.4	Aproximação do Valor de uma Opção por Regressão Simbólica.....	241
6.4.1	Descrição do Modelo.....	242
6.4.2	Estudo de Caso	244
6.4.3	Resultados.....	245
6.4.4	Conclusão	252
6.5	Referências Bibliográficas	252
7	Processamento de Alto Desempenho para E&P.....	255
7.1	Introdução.....	255
7.2	Plataforma de Avaliações e Simulações Distribuídas.....	255
7.3	Otimização de Alternativas com Avaliações Distribuídas	256
7.4	Simulação Distribuída de Alternativas 'Avulsas'.....	257
7.5	Sistema de Simulação Distribuída de Casos	259
7.6	Simulação Monte Carlo Distribuída.....	261
7.6.1	Introdução.....	262
7.6.2	Modelagem	262
7.6.3	Modelo Utilizando Movimento Geométrico Browniano.....	265
7.6.4	Modelo Utilizando Processo Reversão à Média	266
7.7	Referências Bibliográficas	267
Apêndice A	Tipos de Incertezas em Projetos de Investimento.....	269
	Referência Bibliográfica.....	269
Apêndice B	Técnicas de Redução de Variância.....	270
	Referências Bibliográficas.....	273
Apêndice C	Processos Estocásticos	274
	Referências Bibliográficas.....	280
Apêndice D	Algoritmo de Grant, Vora e Weeks para a Determinação do Valor de uma Opção Americana.....	281
	Referência Bibliográfica.....	284
Apêndice E	Cálculo da Média e Variância de um Número <i>Fuzzy</i>	285
	Referências Bibliográficas.....	287
Apêndice F	Metodos de Avaliação de Opções Reais.....	288
	Referências Bibliográficas.....	295
Apêndice G	Modelagem Analítica do Problema da Opção de Expansão	296
	Referências Bibliográficas.....	298
Apêndice H	Arquitetura Corba.....	299
	Referência.....	306