

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Vanessa de Oliveira Campos

**Um Método de Modelagem do Conhecimento
Multitemporal para a Interpretação Automática
de Imagens de Sensores Remotos**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da PUC-Rio como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências da Engenharia Elétrica

Orientador: Raul Queiroz Feitosa
Co-orientador: Guilherme Lucio Abelha Mota

Rio de Janeiro, 08 de setembro de 2005



Vanessa de Oliveira Campos

**Um Método de Modelagem do Conhecimento
Multitemporal para a Interpretação Automática
de Imagens de Sensores Remotos**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Dr. Raul Queiroz Feitosa
Orientador

Departamento de Engenharia Elétrica - PUC-Rio

Dr. Guilherme Lúcio Abelha Mota
UERJ

Dr. Luiz Felipe Guanaes Rego
Departamento de Geografia - PUC-Rio

Dr. Marco Aurélio Cavalcanti Pacheco
Departamento de Engenharia Elétrica - PUC-Rio

Dr. Oscar Ricardo Vergara
IME

Prof. José Eugenio Leal
Coordenador Setorial do Centro
Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 08 de setembro de 2005

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

Vanessa de Oliveira Campos

Graduou-se em Ciência da Computação na UFMT (Universidade Federal de Mato Grosso) em 2002. Faz parte do projeto de cooperação internacional ECOWATCH que envolve instituições brasileiras e alemãs e é gerido pelo programa PROBRAL.

Ficha Catalográfica

Campos, Vanessa de Oliveira

Um método de modelagem do conhecimento multitemporal para a interpretação automática de imagens de sensores remotos / Vanessa de Oliveira Campos; orientadores: Raul Queiroz Feitosa, Guilherme Lucio Abelha Mota. – Rio de Janeiro : PUC, Departamento de Engenharia Elétrica, 2005.

172 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica.

Inclui referências bibliográficas.

1. Engenharia elétrica – Teses. 2. Processamento digital de imagens. 3. Interpretação baseada em conhecimento. 4. Conhecimento multitemporal. 5. Algoritmos genéticos. 6. Landsat 5 TM. 7. Sensoriamento remoto. I. Feitosa, Raul Queiroz. II. Mota Guilherme Lucio Abelha. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. VI. Título.

CDD: 621.3

Aos grandes amores da minha vida:

Maria Carmem de Oliveira Campos,
minha mãezinha linda.

Benedito Xavier de Campos,
Sr. Xaxa (meu pai).

Veviane de Oliveira Campos,
a gordinha mais charmosa (minha irmã).

Denis Xavier de Oliveira Campos,
meu irmão.

Jackson Alexandre Pereira,
meu príncipe.

Agradecimentos

A Deus que, com seu infinito amor e bondade, me proporcionou esta oportunidade de crescimento.

Aos meus pais e familiares.

Ao meu orientador Dr. Raul Queiroz Feitosa pela instrução ao longo deste trabalho.

Ao meu co-orientador Dr. Guilherme Lucio Abelha Mota.

Ao Dr. Luiz Felipe Guanaes Rego, pela imensa ajuda e paciência em passar seus conhecimentos no processo de foto-interpretação de imagens de sensores remotos.

À Secretaria Municipal de Meio Ambiente do Rio de Janeiro pelo fornecimento das imagens e seus respectivos mapas temáticos de ocupação do solo.

À CAPES e à PUC-Rio, pelos auxílios financeiros concedidos.

Aos irmãos do LVC pelo companheirismo e incentivo: Diogo, Thiago, Rodrigo, André, Ricardo e Marlene.

Aos meus queridos amigos pelo apoio e incentivo nos momentos difíceis.

Resumo

Campos, Vanessa de Oliveira; Feitosa, Raul Queiroz. **Um método de modelagem do conhecimento multitemporal para a interpretação automática de imagens de sensores remotos**. Rio de Janeiro, 2005, 172 p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O presente trabalho apresenta uma metodologia para modelagem do conhecimento multitemporal para a interpretação automática de imagens de sensores remotos. O procedimento de interpretação utilizado combina os conhecimentos multitemporal e espectral usando técnicas da lógica nebulosa. O método utiliza diagramas de transição de estado para representar as possibilidades de mudanças de classe dentro de um determinado intervalo de tempo. As possibilidades de mudança são estimadas a partir de dados históricos da mesma região usando algoritmos genéticos. O método foi validado experimentalmente usando como base um conjunto de imagens Landsat-5 da cidade do Rio de Janeiro, obtidas em 5 datas separadas por aproximadamente 4 anos. Os resultados experimentais indicaram que o uso do conhecimento multitemporal, conforme modelado pelo método proposto traz uma melhora importante de desempenho da classificação em comparação à classificação puramente espectral.

Palavras-chave

Processamento digital de imagens; interpretação baseada em conhecimento; conhecimento multitemporal; algoritmos genéticos; Landsat 5 TM; sensoriamento remoto.

Abstract

Campos, Vanessa de Oliveira; Feitosa, Raul Queiroz (Advisor). **An approach to model multitemporal knowledge in automatic interpretation process of remotely sensed images.** Rio de Janeiro, 2005, 172 p. Master's degree dissertation – Department of Electrical Engineering, Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro.

The present work presents a methodology to model the multitemporal knowledge for the automatic interpretation of remotely sensed images. The used interpretation procedure combines the multitemporal and spectral knowledge using fuzzy logic techniques. This method uses state transition diagrams to represent the possibilities of class changes within a given time interval. The change possibilities are estimated based on historical data by using genetic algorithms. The method was validated by experiments using a set of Landsat-5 images of the Rio de Janeiro City, Brazil, acquired at 5 dates separated by approximately 4 years. The experimental results indicated that the use of the multitemporal knowledge as modeled by the proposed method brings an important performance improvement in comparison with the pure spectral classification.

Keywords

Digital image processing; knowledge based interpretation; multitemporal knowledge; genetic algorithm; Landsat 5 TM; remote sensing.

Sumário

1. Introdução	21
1.1. Escopo e objetivos desta pesquisa	22
1.2. Organização do restante da dissertação	23
2. Trabalhos Anteriores	25
2.1. Aplicações de mapeamento temático de uso e cobertura do solo	25
2.2. Interpretação baseada em conhecimento de imagens de sensores remotos	27
2.2.1. Interpretação multitemporal de imagens de satélite	29
2.2.2. Trabalhos publicados ao longo da presente pesquisa	30
3. Procedimento de Interpretação	32
3.1. Passos fundamentais	32
3.2. Pré-processamento	33
3.3. Segmentação	34
3.4. Extração de Atributos	36
3.5. Reconhecimento	37
3.5.1. Modalidades de conhecimento	38
3.5.1.1. Conhecimento espectral	38
3.5.1.2. Conhecimento multitemporal	39
3.5.2. Sistema de Inferência	42
3.5.3. Lógica nebulosa	43
3.5.4. Classificador nebuloso de objetos	49
3.5.5. Inferência de possibilidades de transição para intervalos maiores	51
4. Ajuste Automático do Conhecimento Multitemporal	55
4.1. Algoritmos genéticos	55
4.2. Ajuste automático do conhecimento multitemporal através de algoritmos genéticos	60

5. Avaliação experimental do modelo	64
5.1. Procedimento Experimental	64
5.1.1. Programas utilizados na preparação do protótipo	64
5.1.2. Base de dados	65
5.1.3. Classes da legenda	67
5.1.4. Determinação de objetos	77
5.1.5. Ocorrência das classes da legenda	81
5.1.6. Indicador de desempenho	84
5.1.7. Seleção dos conjuntos de treinamento	85
5.2. Descrição do conhecimento multitemporal	86
5.3. Resultados Experimentais	88
5.3.1. Classificação espectral	88
5.3.2. Classificação empregando conhecimentos espectral e multitemporal	90
5.3.2.1. Contribuição do conhecimento multitemporal em termos de transições possíveis e impossíveis.	91
5.3.2.2. Contribuição do conhecimento multitemporal com valores nebulosos de possibilidade de transição	93
5.3.2.2.1. Estimando possibilidades a partir de intervalos de 4 anos	94
5.3.2.2.2. Estimando possibilidades a partir de intervalos superiores a 4 anos	98
5.3.2.2.3. Estimando possibilidades a partir de mais de um par de datas	100
5.3.2.2.4. Estimando possibilidades para intervalos maiores	102
5.3.3. Desempenho do algoritmo genético sob a busca aleatória	104
5.3.4. Convergência do algoritmo genético	106
5.3.5. Análise de estabilidade dos valores de possibilidade de transição produzidos	107
6. Conclusões	111
6.1. Trabalhos Futuros	112
7. Referências Bibliográficas	113
Apêndice I - Interpretação Puramente Espectral	122

Apêndice II - Interpretação Puramente Espectral vs. Interpretação Baseada em Conhecimentos Espectral e Multitemporal Crisp	124
Apêndice III - Desempenho de Interpretação Utilizando os Valores das Possibilidades de Transição Obtidos Pela Metodologia Proposta	126
Apêndice IV - Valores das Possibilidades de Transição Obtidos Pela Metodologia Proposta	140

Lista de figuras

Figura 1 – Passos fundamentais para interpretação de imagens.	32
Figura 2 – Esquema geral do modelo de interpretação.	37
Figura 3 – Exemplo de modelagem de conhecimento multitemporal em um intervalo de tempo Δt usando diagrama de transição de estados.	40
Figura 4 – Exemplo de modelagem de conhecimento multitemporal com intervalo de tempo superior ao pré-definido ($\Delta t = 2 * \Delta t$), onde surgem novas transições entre classes.	41
Figura 5 – Exemplo de diagrama de transição de estados para o conhecimento multitemporal com os valores das possibilidades.	41
Figura 6 – Funções de pertinência para a variável lingüística distância.	44
Figura 7 – Representação do sistema de interpretação.	50
Figura 8 – Representação gráfica de algoritmos genéticos.	57
Figura 9 – Crossover simples.	59
Figura 10 – Mutação.	59
Figura 11 – Representação física de um indivíduo.	61
Figura 12 – Ajuste do conhecimento multitemporal para o processo de interpretação automática utilizando algoritmos genéticos.	62
Figura 13 – Imagem Landsat TM adquirida em 1984.	65
Figura 14 – Imagem Landsat TM adquirida em 1988.	66
Figura 15 – Imagem Landsat TM adquirida em 1992.	66
Figura 16 – Imagem Landsat TM adquirida em 1996.	66
Figura 17 – Imagem Landsat TM adquirida em 1999.	67
Figura 18 – Ilustrações da classe afloramento rochoso em imagem Landsat TM.	69
Figura 19 – Ilustrações da classe água em imagem Landsat TM.	70
Figura 20 – Ilustrações da classe área úmida em imagem Landsat TM.	71
Figura 21 – Ilustrações da classe área urbana em imagem Landsat TM.	72
Figura 22 – Ilustrações da classe campo em imagem Landsat TM.	73
Figura 23 – Ilustrações da classe floresta em imagem Landsat TM.	74

- Figura 24 – Ilustrações da classe solo exposto em imagem Landsat TM.75
- Figura 25 – Imagem Landsat, em pequena escala, com as respectivas subdivisões do mapa temático. 78
- Figura 26 – Imagem Landsat, em grande escala, com as respectivas subdivisões do mapa temático sem grandes imprecisões. 79
- Figura 27 – Imagem Landsat, em grande escala, com as respectivas subdivisões do mapa temático com problema de imprecisão. 79
- Figura 28 – Imagem Landsat, em grande escala, com as respectivas subdivisões do mapa temático com problema de imprecisão. 80
- Figura 29 – Imagem Landsat, em grande escala, com as respectivas subdivisões do mapa temático com problema de imprecisão. 80
- Figura 30 – Imagem Landsat, em grande escala, com as respectivas subdivisões do mapa temático com problema de imprecisão. 81
- Figura 31 – Níveis de ocorrência das classes de legenda por ano. 82
- Figura 32 – Diagrama de transição de estados do problema com intervalo de tempo de aproximadamente 4 anos. 87
- Figura 33 – Desempenho do classificador de Mahalanobis puramente espectral utilizando seleção manual e automática dos conjuntos de treinamento. 89
- Figura 34 – Procedimento de interpretação utilizando o conhecimento multitemporal ajustado por algoritmo genético. 91
- Figura 35 – Comparação das taxas de reconhecimento média dos anos de 1988 a 1999 pelas classificações utilizando apenas o conhecimento espectral e utilizando os conhecimento espectral e multitemporal crisp. 92
- Figura 36 – Gráfico comparativo dos desempenhos das interpretações com conhecimento multitemporal para intervalo de quatro anos empregando os valores de possibilidade crisp e os valores de possibilidades nebulosas ajustados por algoritmos genéticos. 96
- Figura 37 – Gráfico de desempenho por classe em função do intervalo de tempo que separa a informação multitemporal da imagem a ser classificada. 99

- Figura 38 – Gráfico comparativo do desempenho utilizando dados de um e dois pares de datas na fase de estimativa das possibilidades de transição. 101
- Figura 39 – Desempenho utilizando conhecimento multitemporal inferido a partir de um outro com intervalo de tempo menor. 104
- Figura 41 – Gráfico comparativo do desempenho das interpretações utilizando valores de possibilidade de transição encontrados por algoritmos genéticos e busca aleatória. 105
- Figura 41 – Gráfico de desempenho de algoritmos genéticos para o ajuste de valores do conhecimento multitemporal para interpretação de imagens de sensores remotos. 107

Lista de tabelas

Tabela 1 – Número de objetos por classe e ano.	82
Tabela 2 – Evolução da cobertura do solo do ano de 1984 para 1988.	83
Tabela 3 – Evolução da cobertura do solo do ano de 1988 para 1992.	83
Tabela 4 – Evolução da cobertura do solo do ano de 1992 para 1996.	84
Tabela 5 – Evolução da cobertura do solo do ano de 1996 para 1999.	84
Tabela 6 – Avaliação da classificação utilizando apenas o conhecimento espectral a partir da distância de Mahalanobis com seleção manual do conjunto de treinamento.	89
Tabela 7 – Datas dos conjuntos de dados utilizados nos experimentos de ajuste do conhecimento multitemporal com intervalo de quatro anos.	94
Tabela 8 – Desempenho das interpretações com conhecimento multitemporal de quatro anos empregando os valores de possibilidade crisp e os valores nebulosos ajustados por algoritmos genéticos.	95
Tabela 9 – Desempenho das interpretações com conhecimento multitemporal de quatro anos empregando os valores de possibilidade ajustados por algoritmos genéticos.	97
Tabela 10 – Datas dos conjuntos de dados utilizados nos experimentos de ajuste do conhecimento multitemporal com intervalos de tempo superiores a quatro anos.	98
Tabela 11 – Desempenho por classe em função do intervalo de tempo do conhecimento multitemporal utilizado no procedimento de interpretação.	99
Tabela 12 – Datas dos conjuntos de dados utilizados nos experimentos de ajuste do conhecimento multitemporal com intervalo de tempo de quatro anos a partir de dois pares de datas.	100
Tabela 13 – Desempenho das interpretações com conhecimento multitemporal para um intervalo de quatro anos considerando dados	

de um e dois pares de datas para estimar possibilidades de transição.	101
Tabela 14 – Datas dos conjuntos de dados utilizados nos experimentos de aquisição do conhecimento multitemporal para intervalos de tempo superiores do conjunto de dados de ajuste.	103
Tabela 15 – Desempenho das interpretações utilizando valores de possibilidade de transição encontrados por algoritmos genéticos e busca aleatória.	105
Tabela 16 – Transições cujos valores de possibilidades devem ser ajustados por algoritmos genéticos.	108
Tabela 17 – Resumo dos valores de possibilidade obtidos ajustados através de algoritmos genéticos para conhecimento multitemporal de quatro anos.	109
Tabela 18 – Avaliação da classificação utilizando conhecimento espectral a partir da distância de Mahalanobis com seleção automática do conjunto de treinamento.	122
Tabela 19 – Comparação dos resultados obtidos pela seleção manual e automática indicando a média dos anos de 1988 a 1999 para a classificação puramente espectral de distância de Mahalanobis.	123
Tabela 20 – Avaliação da classificação utilizando conhecimentos espectral e multitemporal com todos os valores de possibilidade de transição não nulos iguais a um.	124
Tabela 21 – Comparação dos resultados médios obtidos pelas classificações utilizando apenas o conhecimento espectral e utilizando os conhecimento espectral e multitemporal crisp.	125
Tabela 22 – Desempenho da interpretação da imagem de 1988 com informação multitemporal de 1984 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem proposto utilizando as imagens de 1996 e 1999 com informação multitemporal de 1992 e 1996, respectivamente.	126
Tabela 23 – Desempenho da interpretação da imagem de 1992 com informação multitemporal de 1988 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem	

proposto utilizando as imagens de 1988 e 1999 com informação multitemporal de 1984 e 1996, respectivamente. 127

Tabela 24 – Desempenho da interpretação da imagem de 1996 com informação multitemporal de 1992 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem proposto utilizando as imagens de 1988 e 1992 com informação multitemporal de 1984 e 1988, respectivamente. 127

Tabela 25 – Desempenho da interpretação da imagem de 1999 com informação multitemporal de 1996 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem proposto utilizando as imagens de 1988, 1992 e 1996 com informação multitemporal de 1984, 1988 e 1992, respectivamente. 128

Tabela 26 – Desempenho da interpretação da imagem de 1992 com informação multitemporal de 1984 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem proposto utilizando da imagem de 1996 com informação multitemporal de 1988. 129

Tabela 27 – Desempenho da interpretação da imagem de 1996 com informação multitemporal de 1988 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem proposto utilizando as imagens de 1992 e 1999 com informação multitemporal de 1984 e 1992, respectivamente. 129

Tabela 28 – Desempenho da interpretação da imagem de 1999 com informação multitemporal de 1992 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem proposto utilizando as imagens de 1992 e 1996 com informação multitemporal de 1984 e 1988, respectivamente. 130

Tabela 29 – Desempenho da interpretação da imagem de 1996 com informação multitemporal de 1984 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem proposto utilizando a imagem de 1999 com informação multitemporal de 1988. 130

- Tabela 30 – Desempenho da interpretação da imagem de 1999 com informação multitemporal de 1988 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem proposto utilizando a imagem de 1996 com informação multitemporal de 1984. 131
- Tabela 31 – Desempenho da interpretação da imagem de 1988 com informação multitemporal de 1984 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem proposto utilizando simultaneamente as imagens de 1996 e 1999 com informação multitemporal de 1992 e 1996, respectivamente. 131
- Tabela 32 – Desempenho da interpretação da imagem de 1992 com informação multitemporal de 1988 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem proposto utilizando simultaneamente as imagens de 1988 e 1999 com informação multitemporal de 1984 e 1996, respectivamente. 132
- Tabela 33 – Desempenho da interpretação da imagem de 1996 com informação multitemporal de 1992 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem proposto utilizando simultaneamente as imagens de 1988 e 1992 com informação multitemporal de 1984 e 1988, respectivamente. 132
- Tabela 34 – Desempenho da interpretação da imagem de 1999 com informação multitemporal de 1996 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem proposto utilizando três conjuntos de dados diferentes. 133
- Tabela 35 – Desempenho da interpretação da imagem de 1999 com informação multitemporal de 1996 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem proposto utilizando simultaneamente as imagens de 1988, 1992 e 1996 com informação multitemporal de 1984, 1988 e 1992, respectivamente. 134
- Tabela 36 – Desempenho da interpretação da imagem de 1992 com informação multitemporal de 1984 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem

- proposto utilizando as imagens de 1988 e de 1999 com informação multitemporal de 1984 e 1996, respectivamente. 134
- Tabela 37 – Desempenho da interpretação da imagem de 1996 com informação multitemporal de 1988 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem proposto utilizando as imagens de 1988 e de 1992 com informação multitemporal de 1984 e 1988, respectivamente. 135
- Tabela 38 – Desempenho da interpretação da imagem de 1999 com informação multitemporal de 1992 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem proposto utilizando as imagens de 1988 e de 1992 com informação multitemporal de 1984 e 1988, respectivamente. 135
- Tabela 39 – Desempenho da interpretação da imagem de 1999 com informação multitemporal de 1992 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem proposto utilizando a imagem de 1996 com informação multitemporal de 1992. 136
- Tabela 40 – Desempenho da interpretação da imagem de 1996 com informação multitemporal de 1984 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem proposto utilizando as imagens de 1988 e de 1992 com informação multitemporal de 1984 e 1992, respectivamente. 136
- Tabela 41 – Desempenho da interpretação da imagem de 1999 com informação multitemporal de 1988 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem proposto utilizando as imagens de 1988 e de 1992 com informação multitemporal de 1984 e 1988, respectivamente. 137
- Tabela 42 – Desempenho da interpretação da imagem de 1999 com informação multitemporal de 1988 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem proposto utilizando a imagem de 1992 com informação multitemporal de 1996. 137
- Tabela 43 – Desempenho da interpretação da imagem de 1999 com informação multitemporal de 1984 pelo uso dos valores de

possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem proposto utilizando as imagens de 1988, 1992 e 1996 com informação multitemporal de 1984, 1988 e 1992, respectivamente.

138

Tabela 44 – Desempenho da interpretação da imagem de 1999 com informação multitemporal de 1984 pelo uso dos valores de possibilidade de transição obtidos pelo método de modelagem proposto utilizando as imagens de 1992 e de 1996 com informação multitemporal de 1984 e 1988, respectivamente.

139

Tabela 45 – Valores de possibilidade de transição obtidos pelo ajuste automático em vinte execuções com base na interpretação de 1988 e informação multitemporal de 1984.

142

Tabela 46 – Valores de possibilidade de transição obtidos pelo ajuste automático em vinte execuções com base na interpretação de 1992 e informação multitemporal de 1988.

144

Tabela 47 – Valores de possibilidade de transição obtidos pelo ajuste automático em vinte execuções com base na interpretação de 1996 e informação multitemporal de 1992.

146

Tabela 48 – Valores de possibilidade de transição obtidos pelo ajuste automático em vinte execuções com base na interpretação de 1999 e informação multitemporal de 1996.

148

Tabela 49 – Valores de possibilidade de transição obtidos pelo ajuste automático em vinte execuções com base na interpretação simultânea das imagens de 1988 e 1992 com informação multitemporal de 1984 e 1988, respectivamente.

150

Tabela 50 – Valores de possibilidade de transição obtidos pelo ajuste automático em vinte execuções com base na interpretação simultânea das imagens de 1988 e 1996 com informação multitemporal de 1984 e 1992, respectivamente.

152

Tabela 51 – Valores de possibilidade de transição obtidos pelo ajuste automático em vinte execuções com base na interpretação simultânea das imagens de 1988 e 1999 com informação multitemporal de 1984 e 1996, respectivamente.

154

- Tabela 52 – Valores de possibilidade de transição obtidos pelo ajuste automático em vinte execuções com base na interpretação simultânea das imagens de 1992 e 1996 com informação multitemporal de 1988 e 1992, respectivamente. 156
- Tabela 53 – Valores de possibilidade de transição obtidos pelo ajuste automático em vinte execuções com base na interpretação simultânea das imagens de 1992 e 1999 com informação multitemporal de 1988 e 1996, respectivamente. 158
- Tabela 54 – Valores de possibilidade de transição obtidos pelo ajuste automático em vinte execuções com base na interpretação simultânea das imagens de 1996 e 1999 com informação multitemporal de 1992 e 1996, respectivamente. 160
- Tabela 55 – Valores de possibilidade de transição obtidos pelo ajuste automático em vinte execuções com base na interpretação simultânea das imagens de 1988, 1992 e 1996 com informação multitemporal de 1984, 1988 e 1992, respectivamente. 162
- Tabela 56 – Valores de possibilidade de transição obtidos pelo ajuste automático em vinte execuções com base na interpretação de 1992 e informação multitemporal de 1984. 164
- Tabela 57 – Valores de possibilidade de transição obtidos pelo ajuste automático em vinte execuções com base na interpretação de 1996 e informação multitemporal de 1988. 166
- Tabela 58 – Valores de possibilidade de transição obtidos pelo ajuste automático em vinte execuções com base na interpretação de 1999 e informação multitemporal de 1992. 168
- Tabela 59 – Valores de possibilidade de transição obtidos pelo ajuste automático em vinte execuções com base na interpretação de 1996 e informação multitemporal de 1984. 170
- Tabela 60 – Valores de possibilidade de transição obtidos pelo ajuste automático em vinte execuções com base na interpretação de 1999 e informação multitemporal de 1988. 172