

Classificação supervisionada de imagens orbitais de diferentes resoluções radiométricas

Selma Regina Aranha Ribeiro ¹
selmar_12@hotmail.com

Rodrigo Antonio La Scalea ¹
mercuryrod@gmail.com

Flavio Marcelo Coneglian ¹
flavioconeglian@hotmail.com

Pietro Martins Oliveira ¹
pietromartinso@hotmail.com

¹ Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG
Setor de Ciências Exatas – Departamento de Geociências
Rua Carlos Cavalcanti, 4748 – Campus Uvaranas
CEP- 84030-900 - Ponta Grossa - PR, Brasil

Abstract. This study aims to conduct two supervised classifications of two orbital images with distinct radiometric resolutions. An image has a radiometric resolution of 16 *bits* or 65.536 digital levels and the other has 8 *bits* or 256 digital levels. One of the orbital images is from the MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) sensor on the Aqua platform while the other is from ETM sensor on LandSat7 satellite, both calibrated with the respective spatial resolutions of 500m and 30m and radiometric resolutions of 16 *bits* and 8 *bits*. The study area is located on the coast of Paraná and Santa Catarina States, on the north Baía de Paranaguá-PR is found and on the south the city São Francisco do Sul-SC. The supervised classification method approach utilized was the Minimum Distance in which the decision regarding the most likely class is taken based on spectral distance. It was calculated the Transformed Divergence (TD) to verify the separability between classes and the Confusion Matrix to evaluate the accuracy from both classifications. As a result, it is demonstrated that an orbital image with high radiometric resolution (16 *bits*) and moderate space resolution (500m) MODIS/Aqua may be used to the supervised classification, as well as an image with higher space resolution (30m) and inferior radiometric resolution (8 *bits*) such as LandSat7/ETM.

Palavras-chave: remote sensing, minimum distance, moderate resolution, classificador de distância mínima

1. Introdução

O uso de imagens orbitais para fins de monitoramento ambiental é uma realidade que contribuiu para a geração de mapeamentos com eficiência, rapidez e confiabilidade em estudos que envolvam a dinâmica de processos do globo terrestre.

Os sensores da série Landsat e SPOT de resolução espacial de 30 e 20 m, respectivamente, geram imagens adequadas para a caracterização do uso do solo a nível regional, as quais têm sido utilizadas em diversos projetos e estudos, um exemplo é a iniciativa do CORINE (*Co-ordination of Information on the Environment*) Land Cover da Agência Europeia do Ambiente da União Europeia (Instituto do Ambiente, 2005). Outros sensores como o IKONOS e Quickbird, de alta resolução espacial, transformaram a capacidade de diferenciação dos diferentes objetos da superfície terrestre, o maior problema destes últimos sensores ou dos primeiros em muitos casos é o custo de aquisição e a resolução temporal deles (Oliveira, 2005).

Até recentemente o AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) era o sensor disponível para análise da dinâmica vegetal, sendo a única fonte de dados globais para o monitoramento a cobertura terrestre (Canavesi, 2005). Atualmente com os lançamentos outras plataformas com sensores novos, têm-se a possibilidade de melhoramentos nos monitoramentos ambientais, como é o caso do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) que devido às características radiométricas e geométricas do sensor possui vantagens em relação a outros sensores, como a distribuição gratuita com correção geográfica e radiométrica e conseqüentemente minimizando a influência de nuvens e aerossóis, os quais interferem no uso dos produtos (Rosendo, 2005). As imagens do sensor MODIS, plataformas Terra ou Aqua, são usadas atualmente, nos estudos de vegetação mediante NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), na análise espectro-temporal, na classificação de coberturas agrícolas e de pastagens.

O sensor MODIS disponibiliza gratuitamente os seus dados desde fevereiro de 2000. Diferentes metodologias foram aplicadas aos dados MODIS para estudar e caracterizar a superfície terrestre, como a aplicação de algoritmos de classificação supervisionada em 2004 por Chuvieco, et al. ou não supervisionada em Ferreira et al., 2003.

2. Área de Estudo

A área de estudo é em uma parte do litoral dos estados do Paraná e de Santa Catarina, sendo que ao norte encontra-se a cidade de Paranaguá - Baía de Paranaguá-PR e ao Sul a cidade de São Francisco do Sul - SC. As características físicas dessa região são de baixada litorânea, que forma uma faixa de terras baixas com cerca de vinte quilômetros de largura média, compreende terrenos baixos e inundáveis (planícies aluviais e formações arenosas) e morros cristalinos. Segundo o IBGE, 2002 a classificação climática é Subquente (media entre 15°C a 18°C) Super Úmido (sem seca). A floresta tropical é parte da Mata Atlântica, que recobria toda a fachada oriental do país com suas formações latifoliadas. A imagem do sensor MODIS/Aqua, composição colorida falsa cor R3G2B1 (banda 1 do comprimento de onda vermelho, banda 2 do infravermelho próximo e banda 3 do azul), é apresentada na figura 1 e mostrando a região estudada.

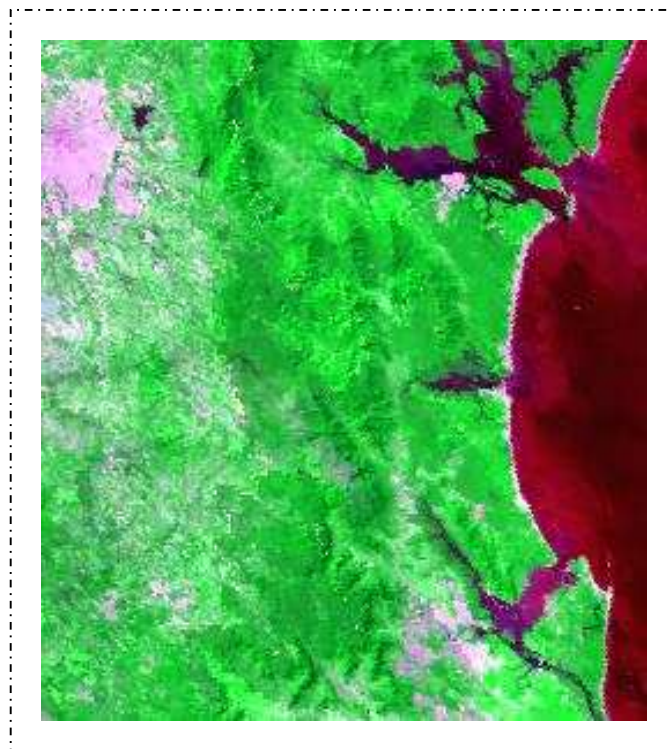


Figura 1. Área de estudo - Imagem MODIS R3G2B1.

3. Material e Métodos

Imagem MOD09A1 (MYD09A1) do sensor MODIS/Aqua bandas de reflectância espectral de 1 a 7 bandas, com resolução espacial de 500m. O arquivo está disponibilizado gratuitamente na página da NASA: <ftp://e4ftl01u.ecs.nasa.gov/MOLA/MYD09A1.005/>, com extensão hdf e é nomeado de: MYD09A1.A2008241.h13v11.005.2008253092035.hdf. A data de aquisição foi em 28/08/2008.

Imagem LandSat7_ETM com bandas de reflectância espectral de 1 a 7 bandas, com resolução espacial de 30m. O arquivo encontra-se disponível na página do INPE: www.inpe.br/catalogo, com extensão tif e é nomeada de LANDSAT_7_ETMXS_20020902_220_078_L2_BAND1.tif. A data de aquisição foi em 02/09/2002.

Programa de processamento de imagem digital ENVI versão 4.4. No qual foram realizadas as classificações supervisionadas de ambas as imagens pelo método da distância mínima, a divergência transformada e a matriz de confusão.

Na classificação supervisionada pelo algoritmo de distância mínima ou diferença espectral a decisão a respeito da classe mais provável é tomada com base na distância espectral. É realizado o cálculo da média dos *pixels* em cada banda para todas as classes, é computada também a distância de um *pixel* à média de cada banda por classe e quanto maior a diferença espectral entre o *pixel* e a classe, maior a distância entre eles e, portanto melhor serão separados. Se o *pixel* for idêntico à média de uma classe, então a distância espectral entre *pixel* e esta classe é nula. A equação 1 mostra o cálculo da distância mínima.

$$D(x, w_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - m_{j,i})^2} \quad (1)$$

Onde:

$D(x, w_j)$ = diferença espectral;

$m_{i,j}$ = valor média da classe j na banda i;

x_i = valor do “pixel” na banda i .

Para a classificação supervisionada foram definidas cinco classes de uso do solo, a saber: Classe Águas Profundas, Classe Águas Rasas, Classe Florestal, Classe Campestre e Classe Urbana. No programa ENVI 4.4 foram coletadas 24 amostras de treinamento de cada uma das cinco classes na imagem MODIS (total de 120 *pixels*) e 72 amostras de treinamento de cada uma das cinco classes na imagem LandSat7_ETM (total de 432 *pixels*), puras e representativas das classes. A diferença de quantidade de amostras de treinamento (*pixels*) se deve a resolução espacial entre as imagens ser distintas, 500 e 30 m para MODIS/Aqua e LandSat7_ETM, respectivamente. Cabe ressaltar as amostras de treinamento de cada uma das classes foi coletada nos mesmos locais/posições.

A separabilidade entre as classes foi calculada mediante a Divergência Transformada - DT (Swain e Davis, 1978). Quanto maior o valor de DT maior a separabilidade entre as classes, para fins de comparação a DT pode ser normalizada à uma faixa de variação determinada e, alguns autores consideram que uma separabilidade espectral aceitável, para a DT em torno do valor 2000 (Centeno, 2004). A equação 2 exhibe o cálculo da Divergência Transformada.

$$\begin{aligned}
 DT_{a,b} &= c(1 - \exp(-D_{a,b}/8)) \\
 D_{a,b} &= D_1 + D_2 \\
 D_1 &= 0,5T_R((V_b^{-1} + V_a^{-1})(m_a - m_b)(m_a - m_b)^T) \\
 D_2 &= 0,5T_R((V_a - V_b)(V_b^{-1} - V_a^{-1}))
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Onde:

DT = divergência transformada;

V_a e V_b = matriz variância e covariância;

m_a e m_b = médias das classes a e b, respectivamente;

D_{ab} = Distância entre a classe a e b.

A acurácia da classificação foi verificada mediante a Matriz de Confusão a qual oferece uma medida efetiva do modelo de classificação, ao mostrar o número de classificações corretas versus as classificações preditas para cada classe, sobre um conjunto de amostras de treinamento de cada classe. O número de acertos, para cada classe, se localiza na diagonal principal da matriz. Os demais elementos representam erros de omissão e comissão na classificação (Moreira, 2001).

Foi calculada no ENVI a estatística da imagem e gerado o histograma que é a frequência relativa que aparecem na cena os diferentes números digitais. O histograma é em analisar a distribuição da resolução radiométrica das imagens, MODIS/Aqua e LandSat7_ETM e suas variações em termos de níveis digitais.

4. Resultados e Discussão

Foram geradas por meio do classificador de Distância Mínima, no ENVI 4.4, duas imagens temáticas do uso do solo a partir das imagens orbitais MODIS/Aqua e LandSat7_ETM. A Figura 2 mostra o resultado da classificação supervisionada pelo método da Distância Mínima das duas imagens orbitais.

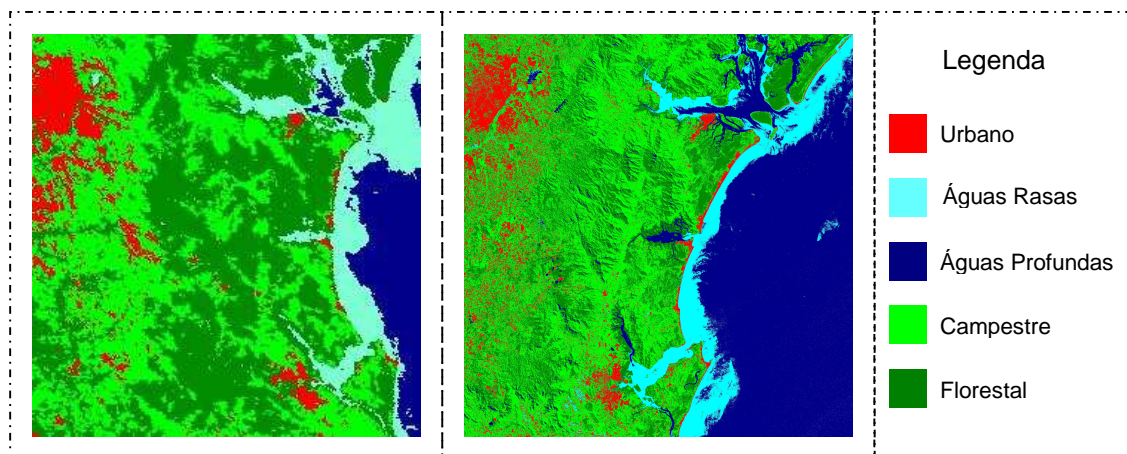


Figura 2. Classificação supervisionada da imagem MODIS (esquerda) e LandSat7_ETM (direita).

As Tabelas 1 e 2 exibem os resultados da separabilidade espectral, mediante a DT, entre as cinco classes aos pares. A primeira tabela diz respeito ao resultado de separabilidade espectral entre pares de classes da imagem MODIS/Aqua e a segunda tabela, a separabilidade espectral entre pares de classes da imagem LandSat7_ETM.

Pode-se notar que a separabilidade entre as amostras de treinamento coletadas para a imagem MODIS é sempre maior que a separabilidade para as amostras de treinamento da imagem LandSat. Somente a separabilidade entre as classes Florestal e Campestre da imagem MODIS se obteve valor de DT igual a 1958, menor que 2000. A menor DT para a imagem LandSat foi entre as classes Águas Profundas e Águas Rasas. Destaca-se que, para ambas as imagens (MODIS e LandSat) as amostras de treinamento coletadas das cinco classes possuem boa separabilidade espectral em termos de DT (valor aproximadamente 2000).

Tabela 1. Separabilidade entre classes aos pares das amostras de treinamento da imagem MODIS/Aqua.

Separabilidade de classes aos pares MODIS	DT*
Florestal e Campestre	1.958
Urbano e Campestre	2.000
Águas Rasas e Campestre	2.000
Urbano e Florestal	2.000
Águas Profundas e Urbano	2.000
Águas Rasas e Florestal	2.000
Águas Profundas e Florestal	2.000
Águas Rasas e Urbano	2.000
Águas Profundas e Águas Rasas	2.000

Tabela 2. Separabilidade entre classes aos pares das amostras de treinamento da imagem LandSat7_ETM.

Separabilidade de classes aos pares LandSat7_ETM	DT*
Águas Profundas e Águas Rasas	1.751
Campestre e Florestal	1.802
Urbano e Florestal	1.998
Urbano e Campestre	1.998
Águas Profundas e Florestal	1.999
Urbano e Águas Profundas	1.999
Urbano e Águas Rasas	1.999
Águas Rasas e Florestal	1.999
Campestre e Águas Rasas	2.000

As Tabelas 3 e 4 exibem os resultados Matriz de Confusão entre as cinco classes aos pares. A tabela 4 diz respeito ao resultado da Matriz de Confusão da imagem MODIS/Aqua e a tabela 5, o resultado da Matriz de Confusão da imagem LandSat7_ETM. As classes Águas Profundas e Urbano tiveram 100% de acertos, a classe Florestal 95,8 e as classes Campestre e Águas Rasas 83,3%. A tabela 4, referente à imagem LandSat7_ETM, mostra que as duas classes Águas Rasas e Urbano tiveram 100% de acertos, para a classe Águas Profundas o acerto foi de 91,6% e para as classes Campestre e Florestal os acertos foram em torno de 75%. Para as amostras de treinamento coletadas nas duas imagens do estudo, não houve amostras não classificadas. Os erros de inclusão estão nas classes Águas Rasas, Florestal e Campestre para a imagem MODIS/Aqua e Águas Profundas, Florestal e Campestre para a imagem LandSat7_ETM. Nota-se, portanto que em ambos os casos, a classificação da imagem MODIS/Aqua e da imagem LandSat7_ETM, de acordo com a matriz de confusão, a acurácia foi satisfatória.

Tabela 3. Matriz de Confusão entre as classes da imagem MODIS/Aqua.

Matriz de Confusão (%) MODIS/Aqua					
Classes	Águas Profundas	Águas Rasas	Urbano	Florestal	Campestre
Não Classificadas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Águas Profundas	100.00	16.6	0.00	0.00	0.00
Águas Rasas	0.00	83.3	0.00	0.00	0.00
Urbano	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
Florestal	0.00	0.00	0.00	95.8	16.6
Campestre	0.00	0.00	0.00	4.1	83.3
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Tabela 4. Matriz de Confusão entre classes da imagem LandSat7_ETM.

Matriz de Confusão (%) LandSat7_ETM					
	Águas Profundas	Águas Rasas	Urbano	Florestal	Campestre
Não Classificadas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Águas Profundas	91.6	0.00	0.00	0.00	0.00
Águas Rasas	8.33	100.00	0.00	0.00	0.00
Urbano	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
Florestal	0.00	0.00	0.00	75.0	23.6
Campestre	0.00	0.00	0.00	25.0	76.3
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

As Figuras 3 e 4 exibem os histogramas das imagens MODIS/Aqua e LandSat7_ETM, respectivamente. No eixo das ordenadas tem-se a frequência relativa e no das abscissas os números digitais, as diferentes cores representam as bandas espectrais dos sensores. A variação dos números digitais da MODIS no histograma da figura 3 é de 0 a 4000 números digitais e da imagem LandSat7_ETM é de 0 a 250, aproximadamente. Pode-se notar que a distribuição dos números digitais da imagem MODIS/Aqua é mais variada/espalhada ao longo do eixo das abscissas, que a da LandSat7_ETM.

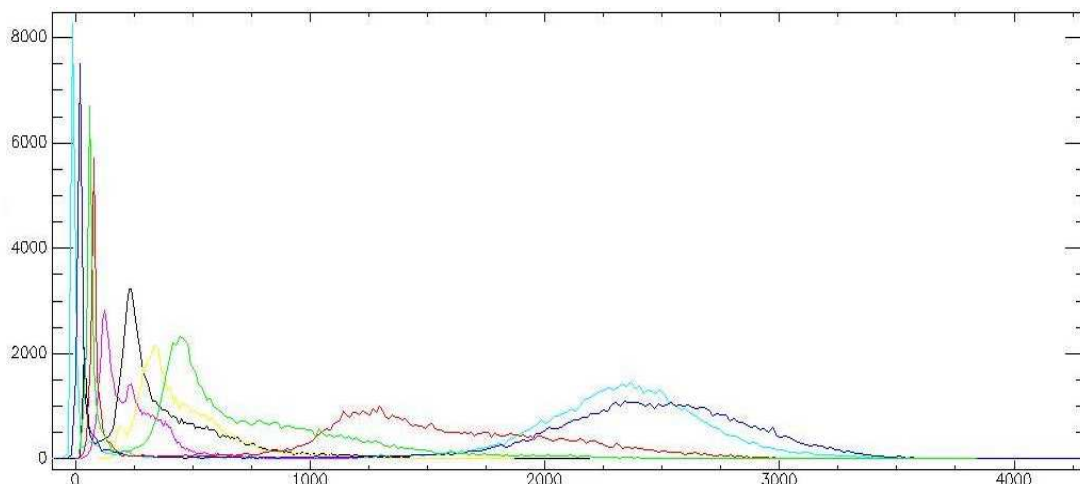


Figura 3. Histograma da imagem MODIS/Aqua das bandas espectrais. No eixo das ordenadas a frequência relativa e no das abscissas os números digitais.

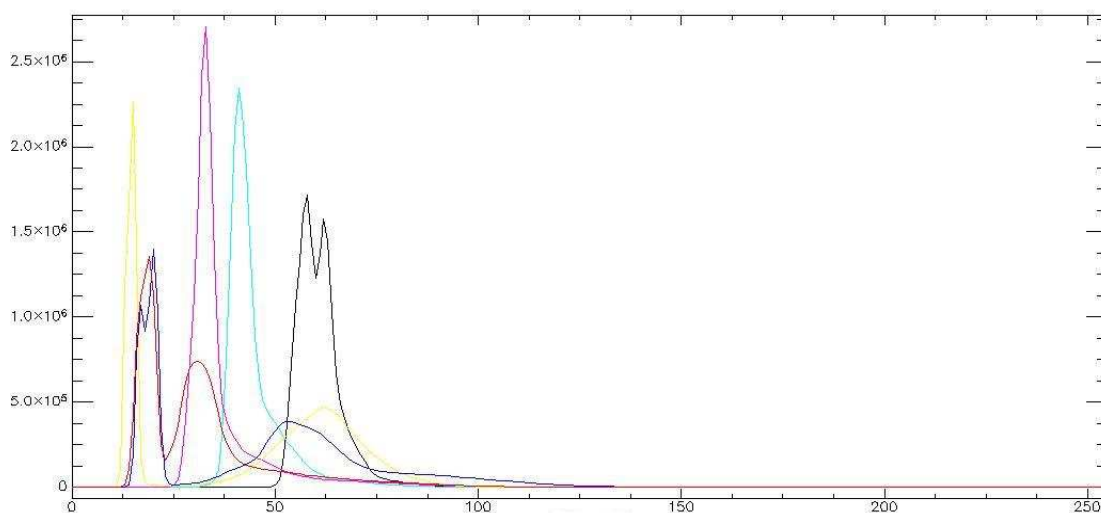


Figura 4. Histograma da imagem LandSat7_ETM das bandas espectrais. No eixo das ordenadas a frequência relativa e no das abscissas os números digitais.

5. Conclusões

O presente estudo propôs a classificação pelo método da distância mínima de duas imagens orbitais de diferentes resoluções radiométricas e espaciais com o intuito de mostrar que é possível realizar a classificação supervisionada com uma imagem de baixa resolução espacial e uma alta resolução radiométrica, a MODIS/Aqua em comparação com uma imagem LandSat7_ETM de resolução radiométrica mais baixa e resolução espacial mais alta que a MODIS/Aqua.

Os resultados da matriz de confusão mostraram que a acurácia das duas classificações supervisionadas pelo método da distância mínima são aceitáveis, como exibido nas tabelas 3 e 4. A resposta a esse comportamento é devido ao maior número digitais da imagem MODIS/Aqua possui resolução radiométrica de 16 *bits*, comparada a imagem LandSat7_ETM com resolução radiométrica de 8 *bits*. Destaca-se que apesar da baixa resolução espacial da imagem MODIS/Aqua, 500m se a LandSat7_ETM com resolução de 30m, não houve diferença significativa nas classificações supervisionadas pelo método da distância mínima.

6. Referências

Canavessi, V.; Coura S. M. C.; Formaggio, A. R.; Shimabukuro, Y. E.; Quirino, V. F. Dinâmica espectro-temporal MODIS em região de Cerrados e intenso uso agropecuário. . In: Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia, 16-212, p. 1435-1442.

Rosendo, J. S. A utilização de sensores com resolução moderada (MODIS) no estudo da vegetação na bacia do Rio Araguaí – MG. **Sociedade & Natureza Uberlândia**, v.17 n.33, p. 91-104, 2005.

Swain, P. e Davis, S. **Remote Sensing: The quantitative Approach**, Mc.Graaw-Hill, New York, 1978.

Centeno, J. A. S. **Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná – UFPR. 2 ed., 2004.209p.

Moreira, M. A. 2001. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.. 1 ed. 2001.

Oliveira, P. A. **Caracterização da ocupação do solo com recurso à aplicação de modelos de mistura espectrais em séries multi-temporais de imagens MODIS**. 2005. 167p. (Dissertação de Mestrado) - Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova Lisboa, Portugal. 2005.

Instituto do Ambiente – IA, 2005, CLC2000 Portugal Technical Report. Disponível em:
< www.igeo.pt/instituto/cegig/gdr/projectos/clc2000/ >. Acesso em: 12.nov.2008.

Instituto Brasileiro de Geografia Estatística – IBGE, 2002. Disponível em:
< ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/mapas_murais/clima.pdf/ >. Acesso em: 12.nov.2008.