

CAPÍTULO 3

PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

3.1 – Classificação das imagens

3.1.1 – Satélite LANDSAT

Como já visto anteriormente o mapa de uso da terra referente ao ano de 1988 foi concebido a partir da classificação de imagens de satélite do LANDSAT 5. Essas imagens foram adquiridas através da página <http://glcf.umiacs.umd.edu/data/> da Internet, sendo esta um portal de distribuição de produtos de sensoriamento remoto voltado ao desenvolvimento de estudos científicos, (Figura 23):

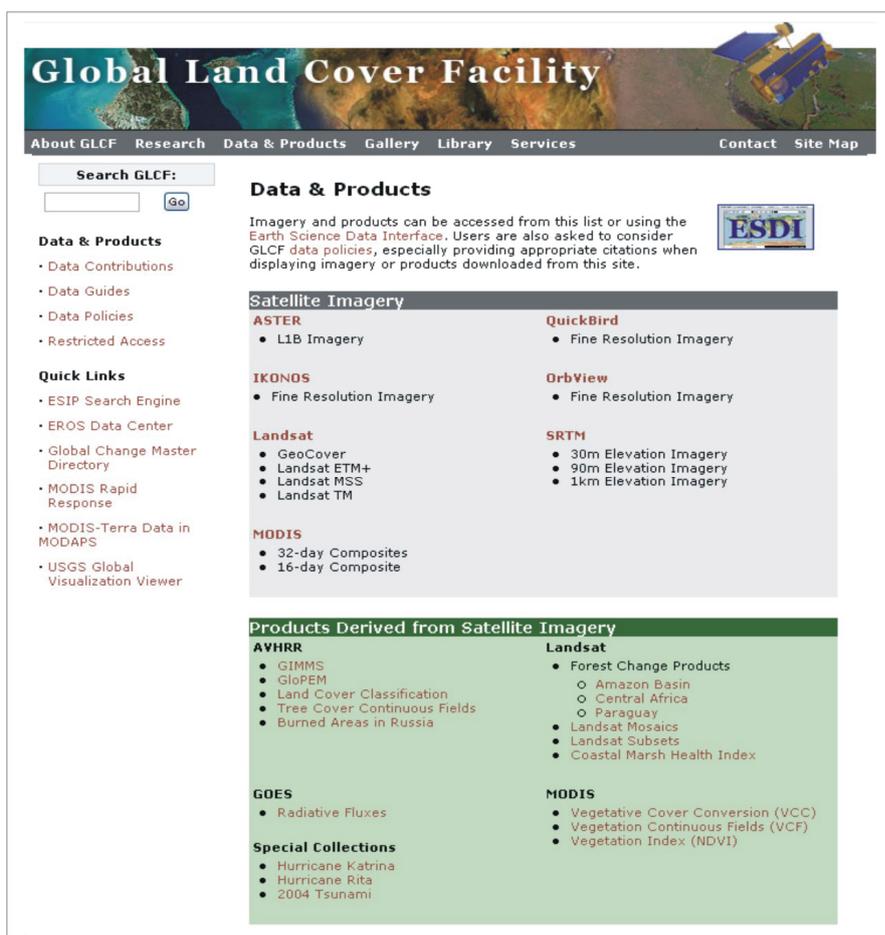


Figura 19 – Página da Internet acessada em outubro de 2006. Elaboração:HENDGES (2007).

Uma vez selecionado o satélite do qual se requer as imagens, foi necessário selecionar a forma na qual se deseja fazer o download das imagens (via FTP ou interface MapService). No caso desta pesquisa, selecionou-se a interface de Mapservice, chamada no site de ESDI (Earth Science Data Interface). O próximo passo foi informar o sensor, as cenas (órbita-ponto) e as datas as quais se deseja verificar a disponibilidade de imagens. Preenchidas essas informações requeridas pela página, o portal disponibiliza as imagens para a visualização prévia, e o download das mesmas, (Figura 24).

The screenshot shows the ESDI search interface. At the top, there are dropdown menus for Sensor (ETM+, TM, MSS), WRS (WRS-2, WRS-1), Start Date (01/01/1988), End Date (12/30/1999), and GeoCover options (Level 1G, Orthorectified, Terrain Corrected, Not Validated). Below these is a table with columns: Start Path, Start Row, End Path, End Row, and Status. The table shows 19 scenes found. At the bottom, there is a preview of a satellite image with metadata: TM, WRS-2, Path 222, Row 080, 1988-11-04, EarthSat, Ortho, GeoCover, Brazil. A map of the region is also shown. Below the preview is a table of search results with columns: [ID], Status, [WRS: P/R], [Acq. Date], Dataset, Producer, Attr., Type, and Location.

| [ID] | Status | [WRS: P/R] | [Acq. Date] | Dataset | Producer | Attr. | Type | Location |
|---------|--------|--------------|---------------|---------|----------|-----------------|---------|-----------------------------|
| 011-791 | Online | 2: 220/079 | 1993-04-10 | TM | EarthSat | Ortho, GeoCover | GeoTIFF | Brazil |
| 011-794 | Online | 2: 220/082 | 1988-11-06 | TM | EarthSat | Ortho, GeoCover | GeoTIFF | Brazil |
| 014-521 | Online | 2: 221/080 | 1990-09-16 | TM | EarthSat | Ortho, GeoCover | GeoTIFF | Brazil |
| 014-534 | Online | 2: 222/079 | 1988-11-04 | TM | EarthSat | Ortho, GeoCover | GeoTIFF | Brazil |
| 014-535 | Online | 2: 222/080 | 1988-11-04 | TM | EarthSat | Ortho, GeoCover | GeoTIFF | Brazil |
| 014-536 | Online | 2: 222/081 | 1988-11-04 | TM | EarthSat | Ortho, GeoCover | GeoTIFF | Brazil |
| 014-537 | Online | 2: 222/082 | 1988-11-04 | TM | EarthSat | Ortho, GeoCover | GeoTIFF | Brazil, Uruguay |
| 014-538 | Online | 2: 222/083 | 1988-11-04 | TM | EarthSat | Ortho, GeoCover | GeoTIFF | Brazil, Uruguay |
| 011-803 | Online | 2: 222/084 | 1989-04-13 | TM | EarthSat | Ortho, GeoCover | GeoTIFF | Uruguay |
| 011-808 | Online | 2: 223/084 | 1989-03-19 | TM | EarthSat | Ortho, GeoCover | GeoTIFF | Uruguay |
| 011-815 | Online | 2: 224/079 | 1989-05-13 | TM | EarthSat | Ortho, GeoCover | GeoTIFF | Argentina, Brazil, Paraguay |
| 011-816 | Online | 2: 224/080 | 1989-05-13 | TM | EarthSat | Ortho, GeoCover | GeoTIFF | Argentina, Brazil |
| 011-818 | Online | 2: 224/082 | 1989-01-05 | TM | EarthSat | Ortho, GeoCover | GeoTIFF | Brazil, Uruguay |
| 011-819 | Online | 2: 224/083 | 1989-01-05 | TM | EarthSat | Ortho, GeoCover | GeoTIFF | Uruguay |
| 011-820 | Online | 2: 224/084 | 1989-01-05 | TM | EarthSat | Ortho, GeoCover | GeoTIFF | Argentina, Uruguay |
| 011-835 | Online | 2: 225/079 | 1988-01-10 | TM | EarthSat | Ortho, GeoCover | GeoTIFF | Argentina, Paraguay |
| 011-836 | Online | 2: 225/080 | 1988-11-25 | TM | EarthSat | Ortho, GeoCover | GeoTIFF | Argentina, Brazil |
| 011-838 | Online | 2: 225/082 | 1992-01-21 | TM | EarthSat | Ortho, GeoCover | GeoTIFF | Argentina, Uruguay |
| 011-839 | Online | 2: 225/083 | 1988-11-25 | TM | EarthSat | Ortho, GeoCover | GeoTIFF | Argentina, Uruguay |

Figura 20 – Seleção de critérios e pedido das imagens. Elaboração: HENDGES(2007).

Desta forma, a Figura 25 ilustra as cenas e as respectivas datas necessárias e selecionadas para a classificação digital do uso da terra do Rio Grande do Sul. Os arquivos baixados no formato *.tif¹, já possuem um sistema de georreferenciamento proveniente de coordenadas informadas pelo satélite, assim quando descompactadas as bandas espectrais que foram adquiridas individualmente foram importadas de forma direta para o *Banco de dados* e o *Projeto*², já criados anteriormente, no aplicativo SPRING.

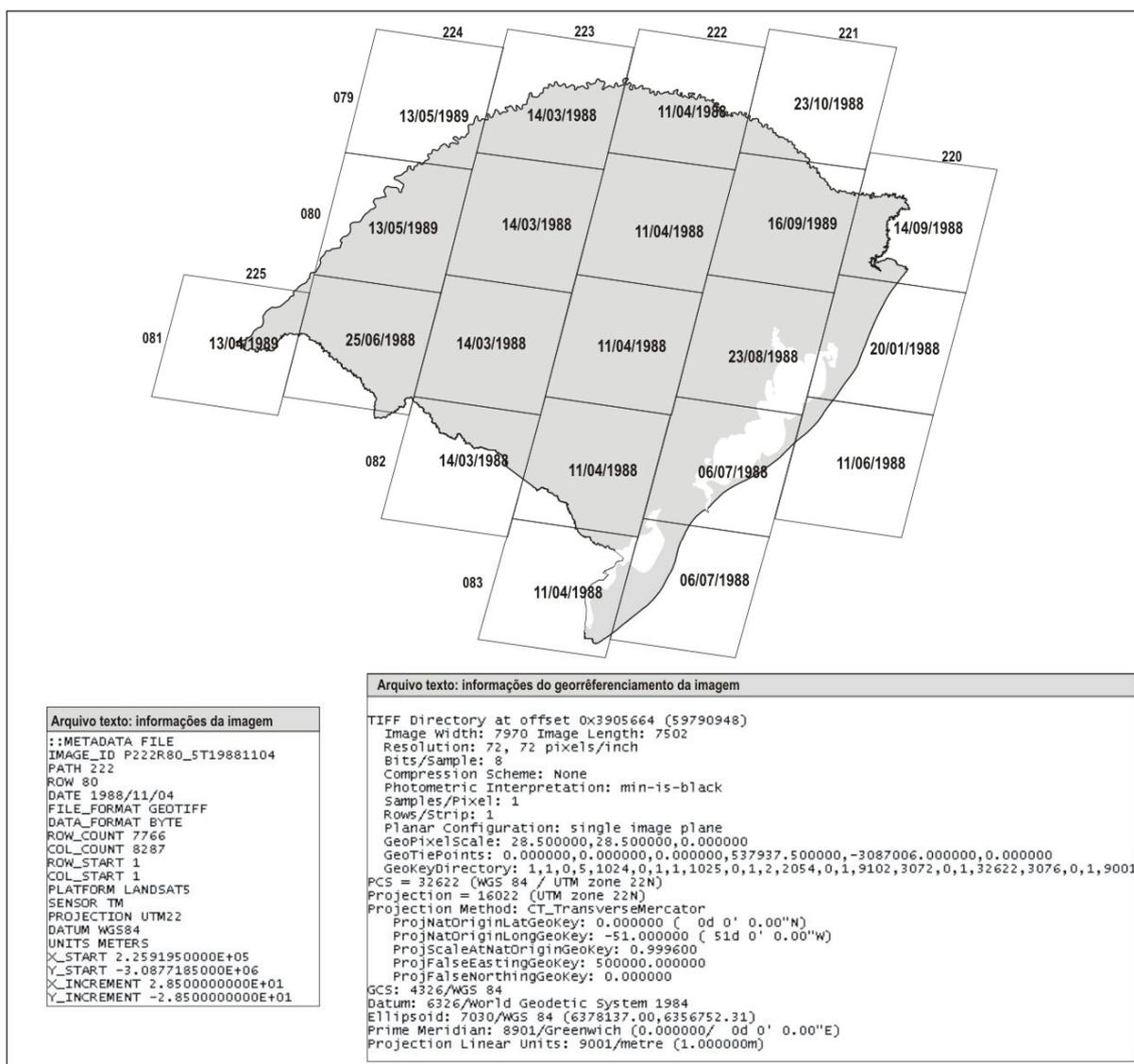


Figura 21 – Cenas do satélite LANDSAT 5 e respectivas datas, utilizadas para a classificação do uso da terra referente ao período 1988. Elaboração: HENDGES (2007).

¹ TIF (ou TIFF) significa Tag(ged) Image File Format. É um padrão para armazenamento de imagens que gera arquivos grandes e de alta qualidade.

² O Projeto criado no Banco de dados do SPRING, foi definido com a projeção LATLONG – WGS84, com limites Long1 = w 58° 00'00", Long2 = w 49° 00'00" e Lat1 = s 34° 00'00", Lat2 = s 26° 00'00".

As imagens foram importadas no formato de mosaico, a fim de dinamizar o processo de classificação diminuindo o número de repetições nos subseqüentes processos de tratamento digital de imagens, que constituíram-se de aplicação de contraste, classificação supervisionada, reamostragem e vetorização.

3.1.1.1 – Contraste

O contraste foi aplicado nas bandas espectrais antes do processo da classificação, pois a utilização desta técnica permite melhor definir e diferenciar os padrões de uso da terra, como na Figura 26. Ao aumentar o contraste interfere-se no valor digital dos pixel's aumentando ou diminuindo o mesmo. Por este motivo esta técnica foi somente utilizada na visualização da imagem na tela do computador, não influenciando assim, na “banda bruta” (dado original) proveniente do satélite, ao qual foi aplicado o algoritmo classificador.

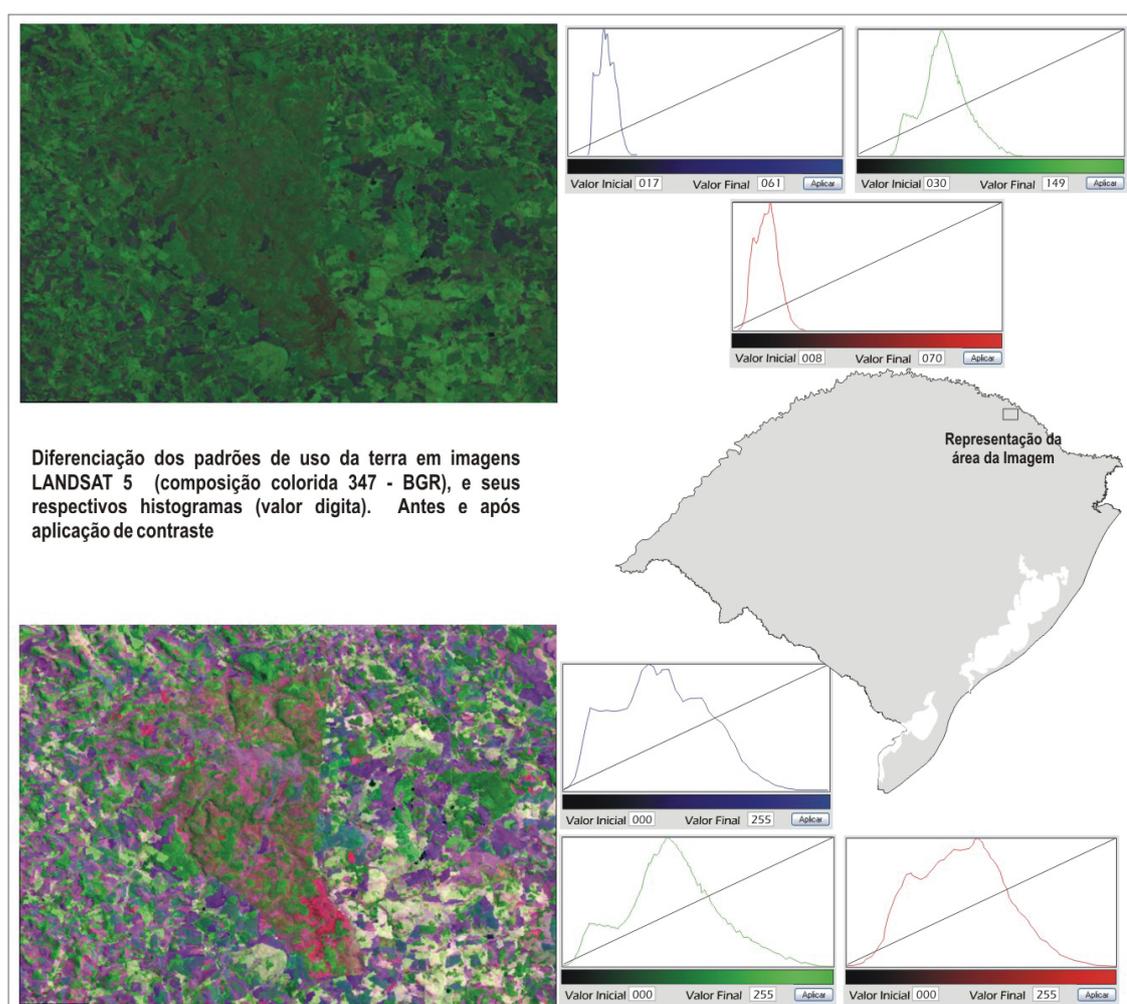
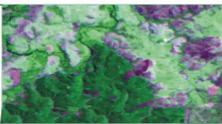
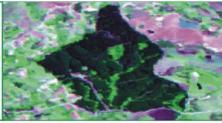
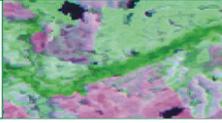
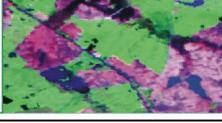


Figura 22 – Técnica do contraste digital em imagens de satélite. Elaboração: HENDGES (2007).

3.1.1.2 – Classificação supervisionada

O processo de classificação que foi adotado nesta pesquisa é o da classificação supervisionada, em que o algoritmo classificador da máxima verossimilhança agrupa os pixels em classes por um processo de padronização estatístico seguindo um critério definido pelas áreas de treinamento definidas pelo usuário. Assim, para a identificação das áreas de treinamento criou-se a seguinte chave de classificação:

| | TIPO | COR | FORMA | TEXTURA | AMOSTRA |
|-----------|---------------------|-------------------------|----------------------|-------------|---|
| Vegetação | Floresta Nativa | Verde Escuro Brilhante | Irregular | Rugosa |  |
| | Floresta Exótica | Verde Mais Escuro Fosco | Geometrica | Lisa |  |
| | Capoeirão | Verde Intermediário | Irregular | Rugosa |  |
| | Campo | Verde Claro Fosco | Irregular | Rugosa Lisa |  |
| | Lavoura | Verde Claro Brilhante* | Geometrica | Lisa |  |
| Solo | Solo Exposto | Vermelho Intermediário | Geometrica | Rugosa Lisa |  |
| | Afloramento rochoso | Vermelho Escuro | Irregular | Rugosa |  |
| | Dunas | Vermelho Esbranquiçado | Irregular | Rugosa Lisa |  |
| Água | Água | Tons de Azul | Geometrica Irregular | Rugosa Lisa |  |
| | Banhado | Verde Azulado | Irregular | Rugosa |  |

* A coloração apresentada pelas lavouras depende do tipo e do estágio de desenvolvimento da cultura.

Quadro 5 – Chave de interpretação. Elaboração: HENDGES (2007).

As classes de uso da terra citadas anteriormente, foram também destacadas pelo Inventário Florestal Contínuo³, realizado no Rio Grande do Sul, nos anos de 1998-2001, e que também adotou como metodologia de elaboração dos seus mapas de uso da terra as imagens dos satélites LANDSAT. Visto este motivo, ponderando a metodologia e a facilidade na comparação dos resultados de áreas (uma vez sendo o Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul documento oficial atualizado), optou-se pela classificação destas classes de uso da terra também pela facilidade na sua diferenciação afim de não incorrer no erro de confundir por demais o algoritmo classificador, comprometendo assim o resultado final da pesquisa.

Uma vez definidos os padrões de uso da terra a serem classificados, passou-se a fase de treinamento, ou seja, na digitalização de conjuntos de amostras que serviram de base para a classificação do algoritmo de máxima verossimilhança pós-selecionado. No SPRING, as áreas de treinamento são selecionadas através de um arquivo de contexto criado previamente e que contém as bandas espectrais a serem classificadas, juntamente com um arquivo de linhas (vetorial) que contornam as áreas pertencentes a um mesmo grupo amostral identificadas por um nome definido pelo usuário, (Figura 27).

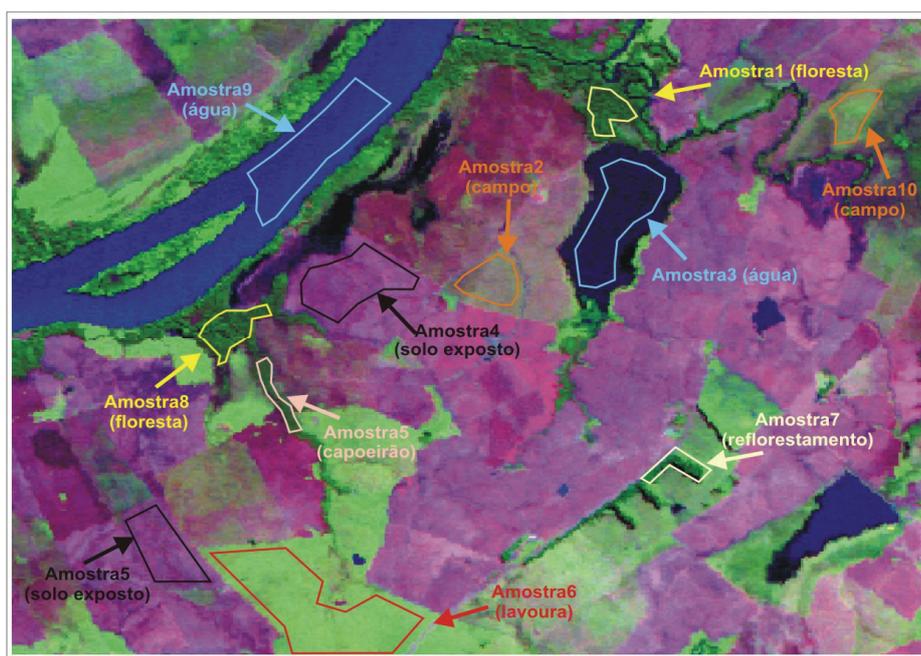


Figura 23 – Exemplo de áreas de treinamento (classificação digital). Elaboração: HENDGES (2007).

³ O Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul, foi realizado pelo Departamento de Florestas e áreas Protegidas do Estado do Rio Grande do Sul e a Universidade Federal de Santa Maria, com o objetivo de avaliar quantitativa e qualitativa os recursos florestais do Rio Grande do Sul, incluindo o Mapeamento do Uso Atual da Terra deste Estado. Informações no site <http://coralx.ufsm.br/ifcrs/index.php>, acessado em 14/11/2006.

Para avaliar a confiabilidade da classificação foi gerada a matriz de confusão referente as áreas de treinamento para a partir desta ser calculado o índice *Kappa*, que como visto anteriormente é um dos melhores testes estatísticos de análise de confiança na classificação digital supervisionada (algoritmo da máxima verossimilhança).

A matriz de confusão encontrada nas áreas de treinamento está representada no Quadro 6.

| MATRIZ DE ERROS DE CLASSIFICACAO | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|------------|-----------|
| (colunas: dados de referencia) | | | | | | | | | | | | |
| | flo | exot | capo | expost | camp | agua | lav | banh | aflor | dun | Abstencao | Soma lin. |
| flo | 196323 0.00% | 3338 0.00% | 1587 0.00% | 24 0.00% | 123 0.00% | 11 0.00% | 86 0.00% | 36 0.00% | 17 0.00% | 1 0.00% | 0 0.00% | 201546 |
| exot | 1253 0.00% | 110986 0.00% | 768 0.00% | 18 0.00% | 102 0.00% | 27 0.00% | 79 0.00% | 40 0.00% | 20 0.00% | 3 0.00% | 0 0.00% | 113296 |
| capo | 1210 0.01% | 245 0.00% | 87789 0.00% | 43 0.00% | 478 0.00% | 65 0.00% | 328 0.00% | 568 0.00% | 35 0.00% | 8 0.00% | 0 0.00% | 90769 |
| expost | 15 0.00% | 12 0.00% | 64 0.00% | 168452 0.43% | 2356 0.00% | 59 0.00% | 97 0.00% | 58 0.00% | 629 0.00% | 197 0.00% | 0 0.00% | 171939 |
| campo | 220 0.00% | 78 0.00% | 645 0.00% | 4456 0.00% | 287524 0.00% | 21 0.00% | 789 0.00% | 41 0.00% | 246 0.00% | 14 0.00% | 0 0.00% | 294034 |
| agua | 55 0.00% | 64 0.00% | 34 0.00% | 21 0.00% | 45 0.00% | 78658 71.51% | 55 0.00% | 19 11.26% | 73 0.00% | 9 0.00% | 0 0.00% | 79033 |
| lav | 564 0.00% | 23 0.00% | 678 0.00% | 135 0.00% | 1678 0.00% | 12 0.00% | 215964 0.00% | 49 0.00% | 26 0.00% | 0 0.00% | 0 0.00% | 219129 |
| banhado | 245 0.00% | 78 0.00% | 78 0.00% | 36 0.00% | 456 0.00% | 789 0.00% | 78 0.00% | 459821 0.00% | 52 0.00% | 32 0.00% | 0 0.00% | 461665 |
| aflor | 44 0.00% | 2 0.00% | 9 0.00% | 125 0.00% | 64 0.00% | 34 0.00% | 105 0.00% | 9 0.00% | 23158 0.00% | 161 0.00% | 0 0.00% | 23711 |
| dunas | 5 0.00% | 8 0.00% | 12 0.00% | 545 0.00% | 45 0.00% | 12 0.00% | 58 0.00% | 88 0.00% | 74 0.00% | 40236 0.00% | 0 0.00% | 41083 |
| Soma col. | 199934 | 114834 | 91664 | 173855 | 292871 | 79688 | 217639 | 460729 | 24330 | 40661 | | 1696205 |

| | Exatidao do produtor | Exatidao do usuario |
|---------|----------------------|---------------------|
| flo | 99.78% | 98.61% |
| exot | 98.26% | 99.70% |
| capo | 97.90% | 96.07% |
| expost | 99.36% | 99.44% |
| campo | 98.74% | 97.40% |
| agua | 100.00% | 99.34% |
| lav | 97.25% | 99.89% |
| banhado | 99.66% | 100.00% |
| aflor | 98.65% | 98.79% |
| dunas | 99.98% | 99.34% |

| Código | Classe de uso |
|--------|---------------------|
| flo | Florestas nativas |
| exot | Florestas exóticas |
| capo | Capoeirões |
| expost | Solo Exposto |
| camp | Campo |
| agua | Água |
| lav | Lavouras |
| banh | Banhado |
| aflor | Afloramento Rochoso |
| dun | Dunas de Areia |

Desempenh geral: 98.39 %
 Confusao media : 01.61 %
 Abstencao media : 0.00 %
 Estística KHAT : 99.33 %
 Variância KHAT : 1.220e-005

Quadro 6 – Matriz de confusão da classificação digital, período 1988. Elaboração: HENDGES (2007).

Com a matriz de confusão, ao aplicar a fórmula do índice *Kappa* obteve-se o seguinte resultado:

$$\hat{K} = \frac{(1696205 \times 1668911) - 446571683316}{(1696205)^2 - 446571683316} = 0.9810 \quad (15)$$

O valor encontrado de 0,9810 para quantificar a precisão da classificação, segundo o índice *Kappa* está na escala proposta por LANDIS et al. (apud ESTEVAM, 2006), dentro da faixa de 0,80 – 1,0, faixa esta considerada pelos autores como sendo de excelente qualidade para uma classificação supervisionada.

O mesmo procedimento metodológico, para baixar as imagens do site acima citado, foi também realizado para as imagens do LANDSAT 7, que por sua vez, irão compor conjuntamente com imagens do LANDSAT 5, o segundo grupo de informações referentes ao uso da terra do Rio Grande do Sul para o período de 1998, (Figura 28).

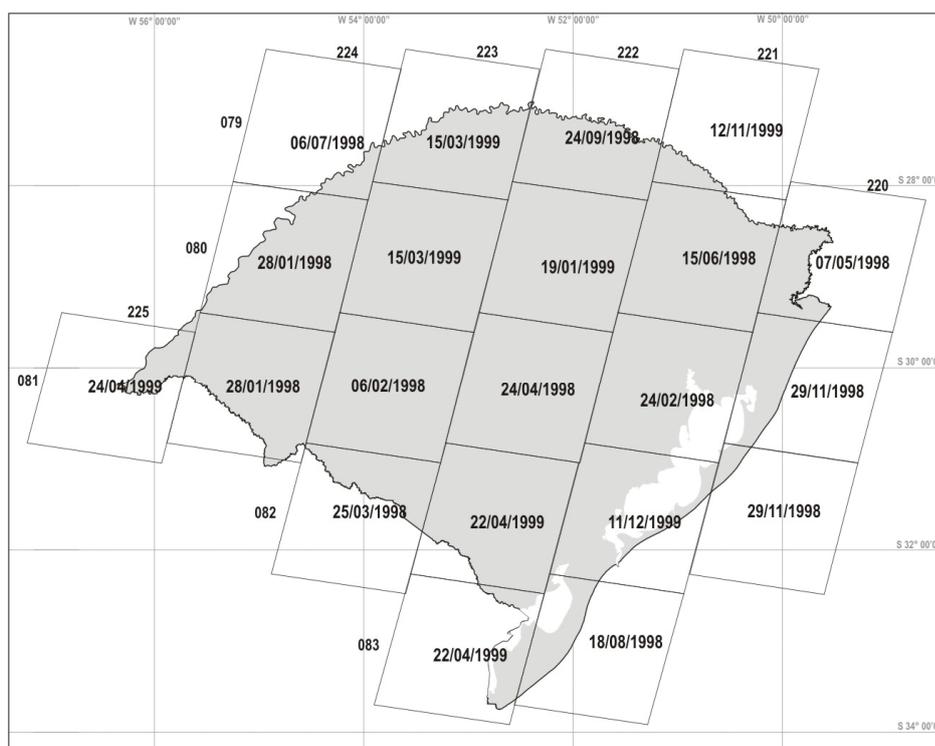


Figura 24 – Cenas do satélite LANDSAT 7 e respectivas datas. Elaboração: HENDGES (2007).

Com os mesmos padrões espectrais e mesma resolução espacial (30m) as bandas das imagens do satélite LANDSAT 7, foram classificadas pelo mesmo processo metodológico e mesmas classes de uso as quais as imagens do LANDSAT 5, foram submetidas. Assim,

selecionado o algoritmo classificador, analisou-se a confiabilidade da classificação através da matriz de confusão referente as áreas de treinamento, ver Quadro 7 abaixo.

| MATRIZ DE ERROS DE CLASSIFICACAO | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|------------|-----------|
| (colunas: dados de referencia) | | | | | | | | | | | | |
| | flo | exot | capo | expost | camp | agua | lav | banh | aflor | dun | Abstencao | Soma lin. |
| flo | 235588 0.00% | 4006 0.00% | 1904 0.00% | 29 0.00% | 148 0.00% | 13 0.00% | 103 0.00% | 43 0.00% | 20 0.00% | 1 0.00% | 0 0.00% | 241855 |
| exot | 1504 0.00% | 133183 0.00% | 922 0.00% | 22 0.00% | 122 0.00% | 32 0.00% | 95 0.00% | 48 0.00% | 24 0.00% | 4 0.00% | 0 0.00% | 135955 |
| capo | 1452 0.01% | 294 0.00% | 105347 0.00% | 52 0.00% | 574 0.00% | 78 0.00% | 394 0.00% | 682 0.00% | 42 0.00% | 10 0.00% | 0 0.00% | 108923 |
| expost | 18 0.00% | 14 0.00% | 77 0.00% | 202142 0.43% | 2827 0.00% | 71 0.00% | 116 0.00% | 70 0.00% | 755 0.00% | 236 0.00% | 0 0.00% | 206327 |
| campo | 264 0.00% | 94 0.00% | 774 0.00% | 5347 0.00% | 345029 0.00% | 25 0.00% | 947 0.00% | 49 0.00% | 295 0.00% | 17 0.00% | 0 0.00% | 352841 |
| agua | 66 0.00% | 77 0.00% | 41 0.00% | 25 0.00% | 54 0.00% | 94390 71.51% | 66 0.00% | 23 11.26% | 88 0.00% | 11 0.00% | 0 0.00% | 94840 |
| lav | 677 0.00% | 28 0.00% | 814 0.00% | 162 0.00% | 2014 0.00% | 14 0.00% | 259157 0.00% | 59 0.00% | 31 0.00% | 5 0.00% | 0 0.00% | 262960 |
| banhado | 294 0.00% | 94 0.00% | 94 0.00% | 43 0.00% | 547 0.00% | 947 0.00% | 94 0.00% | 551785 0.00% | 62 0.00% | 38 0.00% | 0 0.00% | 553998 |
| aflor | 53 0.00% | 2 0.00% | 11 0.00% | 150 0.00% | 77 0.00% | 41 0.00% | 126 0.00% | 11 0.00% | 27790 0.00% | 193 0.00% | 0 0.00% | 28453 |
| dunas | 12 0.00% | 10 0.00% | 14 0.00% | 654 0.00% | 54 0.00% | 14 0.00% | 70 0.00% | 106 0.00% | 89 0.00% | 48283 0.00% | 0 0.00% | 49306 |
| Soma col. | 239927 | 137801 | 109997 | 208626 | 351445 | 95626 | 261167 | 552875 | 29196 | 48798 | | 2035457 |

| | Exatidao do produtor | Exatidao do usuario |
|---------|----------------------|---------------------|
| flo | 98.12% | 99.68% |
| exot | 97.74% | 97.53% |
| capo | 99.70% | 97.12% |
| expost | 98.36% | 98.45% |
| campo | 98.34% | 98.92% |
| agua | 99.60% | 98.79% |
| lav | 99.45% | 98.18% |
| banhado | 97.92% | 96.30% |
| aflor | 98.86% | 99.59% |
| dunas | 99.65% | 99.43% |

| Código | Classe de uso |
|--------|---------------------|
| flo | Florestas nativas |
| exot | Florestas exóticas |
| capo | Capoeirões |
| expost | Solo Exposto |
| camp | Campo |
| agua | Água |
| lav | Lavouras |
| banh | Banhado |
| aflor | Afloramento Rochoso |
| dun | Dunas de Areia |

Desempenho geral: 98.39 %
 Confusao media : 01.61 %
 Abstencao media : 0.00 %

Quadro 7 – Matriz de confusão da classificação digital, período de 1998. Elaboração: HENDGES (2007).

Com o cálculo do *índice Kappa* (ver resolução da fórmula abaixo), para o período de 1998 também mostrou-se confiável, atingindo o objetivo de classificar corretamente os padrões de uso da terra referentes a essa data conforme as áreas de treinamento selecionadas:

$$K = \frac{(2035457 \times 2002693) - 643066520227}{(2035457)^2 - 643066520227} = 0.9809 \quad (16)$$

3.1.2 – Sensor MODIS

Da mesma forma como as cenas LANDSAT as imagens do MODIS também foram baixadas de um site da Internet, <http://edcdaac.usgs.gov/dataproducts.asp>. Este site é responsável pela distribuição das imagens do EOS sendo assim administrado pela NASA. Para fazer o download das imagens primeiramente o usuário terá de escolher qual o tipo de produto do programa EOS, deseja consultar. Para esta pesquisa foram escolhidas as imagens referentes aos índices de vegetação, pois as mesmas possuem uma melhor precisão quanto classificação dos padrões de uso da terra, pois sua resolução espacial é a menor (250m) dentre as demais informações disponibilizadas pelo site.

Uma vez escolhido o canal de imagens, é preciso fazer um cadastro, e é através deste que uma vez findado o pedido, será recebido um link para o então download das imagens. Após realizar o cadastro e o *login*, é necessário informar ao sistema de catálogo das imagens informações de pesquisa para a seleção das imagens corretas. Essas informações são referentes à área da superfície terrestre de interesse (coordenadas geográficas) e o período da tomada da imagem (data e hora), ver Figura 29. Depois de separadas as imagens do banco de dados, através das informações descritas acima, é possível visualizar os dados de localização e área de cobertura das cenas, como recurso auxiliar de identificação (Figura 30).

Como já mencionado na revisão bibliográfica, os quadros de imagem do MODIS, possuem uma área de 1.200m x 1.200m de lado. Assim, o território do Rio Grande do Sul é composto por duas imagens, sendo que a parte norte integra uma imagem, e a parte sul o quadro de imagem imediatamente abaixo (Figura 31).

A imagem superior possui como coordenada do ponto central os valores 58° 21' de longitude oeste e 30° 00' de latitude sul. E como coordenadas de canto: - sudoeste 58° 21' de longitude oeste e 30° 02' de latitude sul; - noroeste 53° 20' de longitude oeste e 20° 55' de latitude sul; - nordeste 42° 39' de longitude oeste e 20° 55' de latitude sul; - sudeste 46° 60' de longitude oeste e 30° 02' de latitude sul.

Search Creation: Primary Data Search
 Have a question, a problem, or a comment? * | [Help for this page](#)
[Save/Restore search](#) | [Clear search](#) | [Last search done](#)

Choose Data Sets Text Search: [Go](#) [Help](#)

Pick a discipline/topic (for example: Atmosphere: MISR), then choose from the list of data sets.
 For multiple topics: choose one topic & data sets, then the next topic & data sets.
 To select/delete/move more than one data set, use Ctrl-click for PCs, Apple-click for Macintosh

MODIS/TERRA VEGETATION INDICES 16-DAY L3 GLOBAL 1KM SIN GRID V004
 MODIS/TERRA VEGETATION INDICES 16-DAY L3 GLOBAL 1KM SIN GRID V005
 MODIS/TERRA VEGETATION INDICES 16-DAY L3 GLOBAL 250M SIN GRID V004
 MODIS/TERRA VEGETATION INDICES 16-DAY L3 GLOBAL 500M SIN GRID V004
 MODIS/TERRA VEGETATION INDICES 16-DAY L3 GLOBAL 500M SIN GRID V005

| | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Atmosphere: | Cryosphere: | Land: | Oceans: | Solar/Other: |
| <input type="radio"/> AIRS/AMSU-A/HSB | <input type="radio"/> AMSR/AMSR-E | <input type="radio"/> AMSR/AMSR-E | <input type="radio"/> ADEOS | <input type="radio"/> ACRIM |
| <input type="radio"/> AMSR/AMSR-E | <input type="radio"/> AVHRR | <input type="radio"/> ASTER | <input type="radio"/> AMSR/AMSR-E | <input type="radio"/> Field/In Situ |
| <input type="radio"/> AVHRR | <input type="radio"/> ESMR/SSMR | <input type="radio"/> AVHRR | <input type="radio"/> AVHRR | <input type="radio"/> GLAS/CESat |
| <input type="radio"/> CERES/Aqua | <input type="radio"/> GLAS/CESat | <input type="radio"/> GLAS/CESat | <input type="radio"/> GLAS/CESat | <input type="radio"/> SORCE |
| <input type="radio"/> CERES/Terra | <input type="radio"/> SSM/I | <input type="radio"/> LandSat 1-5 | <input type="radio"/> MODIS/Terra | <input type="radio"/> MODIS/Terra |
| <input type="radio"/> CERES/TRMM | <input type="radio"/> TES/Aura | <input type="radio"/> MISR | <input type="radio"/> MODIS/Aqua | <input type="radio"/> UARS |
| <input type="radio"/> GLAS/CESat | <input type="radio"/> TOMS | <input type="radio"/> SAR | <input type="radio"/> TRMM | <input type="radio"/> SEASAT |
| <input type="radio"/> MISR | <input type="radio"/> TRMM | <input type="radio"/> SSM/I | <input type="radio"/> MISR | <input type="radio"/> SEAWIFS |
| <input type="radio"/> MLS/Aura | <input type="radio"/> UARS | | <input type="radio"/> MODIS/Terra | <input type="radio"/> SSM/I |
| <input type="radio"/> MODIS/Aqua | | | <input type="radio"/> SSM/I | |

For a faster interface, try the [javascript version](#)

By Discipline By Categories/Attributes

Choose a Data Search Type

Primary Data Search Data Granule ID Search Local Granule ID Search

Choose Search Area
[Find location using Gazetteer*](#)

Enter the latitude and longitude of a point to specify your search region.
 Formats: degree degree:minute degree:minute:second

Latitude: Longitude:

Orthographic (Java) Stereographic S-pole Type in Lat/Lon Range
 Equatorial Stereographic N-pole Type in Path/Row Range
 Global Search Global granules only Type in Lat/Lon Point

Choose a Date/Time Range (not required)

Date format: YYYY-MM-DD (1967-05-25) or MM/DD/YYYY (05/25/1967)
 Time format: HH:MM (14:30) or HH:MM:SS (14:30:01)

You may also enter a date without a time, a start date only, or an end date only.
 Use the [help link](#) for information on default values.

Start Date: Time (UTC):
 End Date: Time (UTC):

Standard Date Range Julian Date Range Annually Repeating

Choose Additional Options (not required)

- Return a maximum of data granules per data set (Range: 1 - 1000).
- Only return data granules which have browse products.
- Allow searches to run for a maximum of minute(s)
- Return DEFAULT metadata in search results
- Only return data granules which were retrieved during the
- Name this query:

(will be used in creating a file name when saving the query)

Save/Restore Search Criteria (not required)

Figura 25 – Site de busca de imagens MODIS, acessado em novembro de 2006. Elaboração: HENDGES (2007).

Já o quadro sul tem seu ponto central na coordenada $55^{\circ} 07'$ de longitude oeste e $35^{\circ} 16'$ de latitude sul, sendo que a sudoeste as coordenada máxima é de $65^{\circ} 27'$ de longitude oeste e $40^{\circ} 00'$ de latitude sul, para o canto a noroeste a coordenada extrema é $58^{\circ} 15'$ de longitude oeste e $30^{\circ} 43'$ de latitude sul, e $46^{\circ} 03'$ de longitude oeste e $30^{\circ} 46'$ de latitude sul, $52^{\circ} 02'$ de longitude oeste e $40^{\circ} 04'$ de latitude sul nos cantos nordeste e sudeste respectivamente.

NASA Results: Granule: **Spatial Coverage**
 Have a question, a problem, or a comment? * | [Help for this page](#)

Star navigator (text browsers)
 Starred links open new windows

User Name: **elvis_hendges**

Search and Order
[User Preferences](#)
[Search Creahon](#)
[Search Status](#)
[Results: Data Set](#)
>Results: Granule
[My Folder](#)
[Shopping Cart](#)
[Exit to Home](#)

Search types
 >Data Search
[Detailed Document](#)
[Summary Document](#)
[AIRS Browse](#)

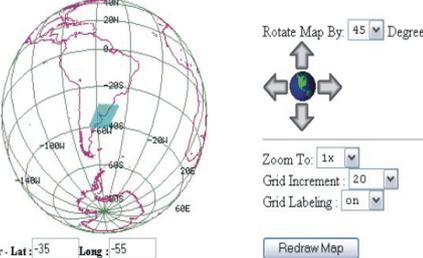
Help
[Tutorial](#)
[FAQ](#)
[User Manual](#)
[User Support Contacts*](#)
[Check Order Status](#)
[Other EDG Sites](#)
[HDF Viewing Tools](#)

Ask a Question
 Report a problem
 Comment form*

Add selections to cart Show map coverage Show time coverage Add selections to folder items selected on all pages

List data granules without MAP or TIME coverage graphic.

Ship over coverage map
 How do I use this?



Map Center: Lat: -35 Long: -55

Your current search region is shown in this "color".

[Customize this table](#) - add additional information, change columns/number of rows, sort order, etc.
[Text-only version*](#) - for printing or import into a spread sheet.

| Select | Data Granule ID (Local Granule ID) | Granule Information | On-line Access | Image Quicklook | Request Sample | Start Date | Stop Date | Cloud Cover | QA_FL |
|-------------------------------------|--|---|--|-------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|----------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | SC:MOD13Q1.004:2039773994 (MOD13Q1.A2006353.h13v12.004.2007006194916.hdf) | Attributes Pricing | Data* Metadata* | Image Unavailable | Sample Unavailable | 19 Dec 2006, 00:00:00.0 | 03 Jan 2007, 23:59:59.0 | 0 | Pass |

Also, please read the NASA [Privacy](#), [Security](#), [Notices](#) and the EOS Data Gateway [accessibility policy](#).

Figura 26 – Visualização prévia da área de cobertura da imagem MODIS. Elaboração: HENDGES (2007).

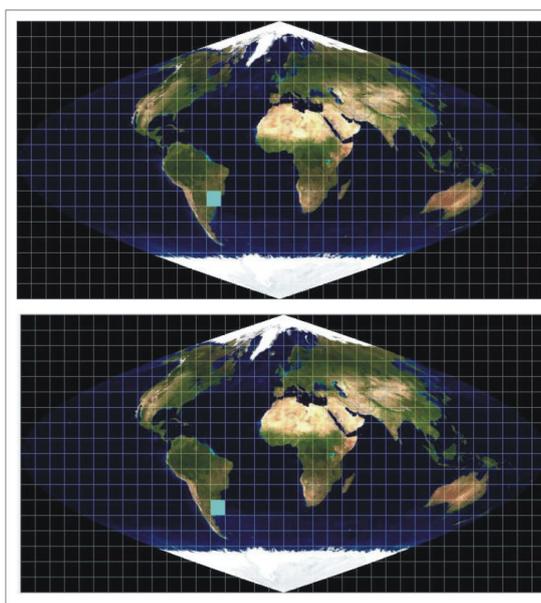


Figura 27 – Disposição das duas imagens MODIS usadas pela pesquisa. Elaboração: HENDGES (2007).

As imagens baixadas a partir do link que como dito, foi recebido no email cadastrado, estavam no formato de arquivo *.hdf (Hierarchical Data Format). O formato HDF é um formato que na sua estrutura lógica permite que um dado auto-descritivo somente inclua uma

grande quantidade de dados de diferentes tipos e origens. Um arquivo HDF contém, além das imagens propriamente ditas, dados de calibração, navegação, informações a respeito da missão, características do sensor, indicadores de qualidade, tipo e lugar do processamento, estação receptora, tempo de início e fim da tomada da imagem e referências geográficas, entre outros. A conversão dos arquivos imagem do formato HDF para TIF, para que as mesmas pudessem ser importadas no *Banco de dados* do SPRING foi feita no programa MTR (MODIS Reprojection Tool) representado pelo Figura 32. O aplicativo MTR é distribuído pelo mesmo site responsável pelo download das imagens do MODIS.

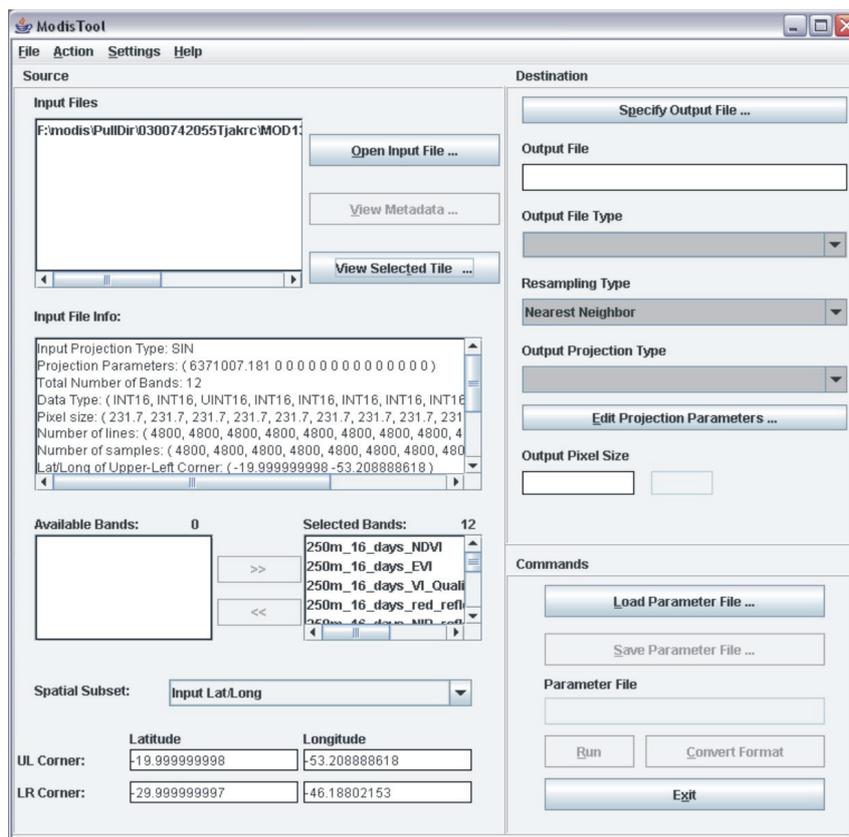


Figura 28 – Conversão de imagens MODIS através do MTR. Elaboração: HENDGES (2007).

O processo de classificação digital das imagens MODIS seguiu os mesmos passos da classificação das imagens do programa LANDSAT, sendo que para a tomada de amostras (áreas de treinamento) para a classificação digital supervisionada foi utilizada a mesma chave de interpretação, seguindo-se assim o mesmo padrão, uma vez que algumas das bandas do MODIS equivalem a resolução espectral do LANDSAT.

A matriz de confusão das áreas de treinamento (Quadro 8) ao ser analisada, apresentou igualmente as classificações anteriores um resultado de alta confiabilidade para o cálculo do *índice Kappa* (ver equação abaixo), satisfazendo assim também a classificação dos padrões de uso da terra em classes temáticas.

$$\hat{K} = \frac{(3448986 \times 3393452) - 1846353536962}{(3448986)^2 - 1846353536962} = 0.9809 \quad (17)$$

| MATRIZ DE ERROS DE CLASSIFICACAO | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|------------|-----------|
| (colunas: dados de referencia) | | | | | | | | | | | | |
| | flo | exot | capo | expost | campo | agua | lav | banhado | aflor | dunas | Abstencao | Soma lin. |
| flo | 399190 0.00% | 6787 0.00% | 3227 0.00% | 49 0.00% | 250 0.00% | 22 0.00% | 175 0.00% | 73 0.00% | 35 0.00% | 5 0.00% | 0 0.00% | 409813 |
| exot | 2548 0.00% | 225672 0.00% | 1562 0.00% | 37 0.00% | 207 0.00% | 55 0.00% | 161 0.00% | 81 0.00% | 41 0.00% | 6 0.00% | 0 0.00% | 230369 |
| capo | 2460 0.01% | 498 0.00% | 178504 0.00% | 87 0.00% | 972 0.00% | 132 0.00% | 667 0.00% | 1155 0.00% | 71 0.00% | 16 0.00% | 0 0.00% | 184564 |
| expost | 24 0.00% | 23 0.00% | 130 0.00% | 342519 0.43% | 4791 0.00% | 120 0.00% | 231 0.00% | 118 0.00% | 1279 0.00% | 401 0.00% | 0 0.00% | 349635 |
| campo | 447 0.00% | 159 0.00% | 1312 0.00% | 9061 0.00% | 584632 0.00% | 43 0.00% | 1604 0.00% | 90 0.00% | 500 0.00% | 28 0.00% | 0 0.00% | 597876 |
| agua | 112 0.00% | 130 0.00% | 69 0.00% | 37 0.00% | 92 0.00% | 159938 71.51% | 112 0.00% | 34 11.26% | 148 0.00% | 18 0.00% | 0 0.00% | 160690 |
| lav | 1147 0.00% | 47 0.00% | 1379 0.00% | 275 0.00% | 3412 0.00% | 24 0.00% | 439127 0.00% | 100 0.00% | 53 0.00% | 2 0.00% | 0 0.00% | 445564 |
| banhado | 498 0.00% | 159 0.00% | 159 0.00% | 73 0.00% | 927 0.00% | 1604 0.00% | 159 0.00% | 934969 0.00% | 106 0.00% | 65 0.00% | 0 0.00% | 938719 |
| aflor | 89 0.00% | 7 0.00% | 18 0.00% | 254 0.00% | 130 0.00% | 69 0.00% | 214 0.00% | 18 0.00% | 47088 0.00% | 327 0.00% | 0 0.00% | 48215 |
| dunas | 9 0.00% | 16 0.00% | 24 0.00% | 1108 0.00% | 92 0.00% | 31 0.00% | 118 0.00% | 179 0.00% | 150 0.00% | 81813 0.00% | 0 0.00% | 83541 |
| Soma col. | 406525 | 233497 | 186383 | 353499 | 595504 | 162039 | 442566 | 936818 | 49471 | 82682 | | 3448986 |

| | Exatidao do produtor | Exatidao do usuario |
|---------|----------------------|---------------------|
| flo | 99.78% | 98.61% |
| exot | 98.26% | 99.70% |
| capo | 97.90% | 96.07% |
| expost | 99.36% | 99.44% |
| campo | 98.74% | 97.40% |
| agua | 100.00% | 99.34% |
| lav | 97.25% | 99.89% |
| banhado | 99.66% | 100.00% |
| aflor | 98.65% | 98.79% |
| dunas | 99.98% | 99.34% |

| Código | Classe de uso |
|--------|---------------------|
| flo | Florestas nativas |
| exot | Florestas exóticas |
| capo | Capoeirões |
| expost | Solo Exposto |
| camp | Campo |
| agua | Água |
| lav | Lavouras |
| banh | Banhado |
| aflor | Afloramento Rochoso |
| dun | Dunas de Areia |

| | |
|--------------------|------------|
| Desempenho geral: | 98.32 % |
| Confusao media : | 01.66 % |
| Abstencao media : | 0.00 % |
| Estadística KHAT : | 99.33 % |
| Variância KHAT : | 1.220e-005 |
| Estadística TAU: | 99.91 % |

Quadro 8 – Matriz de confusão do algoritmo da máxima verossimilhança 2007. Elaboração: HENDGES (2007).

De posse dos mapas de uso da terra dos três períodos estipulados por esta pesquisa, passou-se então a fase metodológica seguinte, que constituiu a elaboração de mapas temáticos com informações de dados geográficos físicos e humanos, com o objetivo de vincular as mudanças de uso da terra apresentadas pelo Rio Grande do Sul nos três períodos às variáveis representadas por tais mapas temáticos.

3.2 – Elaboração dos mapas temáticos

Os mapas temáticos, que buscam explicar a distribuição da paisagem florestal do Rio Grande do Sul, foram elaborados a partir das cartas topográficas da DSG⁴, na escala de 1:250.000. Com o georreferenciamento e a importação das 29 cartas articuladas para o banco de dados *SPRING*, foram vetorizadas sobre estas cartas informações como drenagem, área urbana, estradas de rodagem, ferrovia, linhas de alta tensão, e ainda algumas informações pontuais que pudessem auxiliar ou delimitar o processo de organização espacial do uso da terra.

Além das cartas topográficas, foram utilizados para a elaboração dos mapas temáticos o levantamento tridimensional de elevação da terra feito pela Missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) da NASA e diversas tabelas referentes aos censos socioeconômicos realizados pelo IBGE. Tanto as informações da Missão SRTM quanto as tabelas foram importadas para o banco de dados. O primeiro sob o modelo de MNT (Modelo Numérico do Terreno) e o segundo sob o modelo Cadastral, no qual as informações contidas nas tabelas censitárias foram relacionadas a um ponto Objeto (no caso desta pesquisa um ponto com coordenada geográfica referente à sede do município respectivo). Partindo dessas três fontes de dados, foram criados os mapas temáticos.

3.2.1 – Mapas temáticos de distâncias

Os mapas de distâncias conhecidos na linguagem técnica como *buffer's*, são mapas temáticos, que agrupam em classes distâncias do terreno pertencentes a um mesmo intervalo, pré-determinado, ver Figura 33. Os mapas de distâncias foram elaborados a partir dos cursos da drenagem e das vias de rodagem, digitalizadas a partir das cartas topográficas.

⁴ A Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) é o órgão de apoio setorial, na estrutura do Exército, incumbido de superintender as atividades relacionadas às imagens e informações geográficas, especialmente aquelas destinadas à elaboração de produtos cartográficos

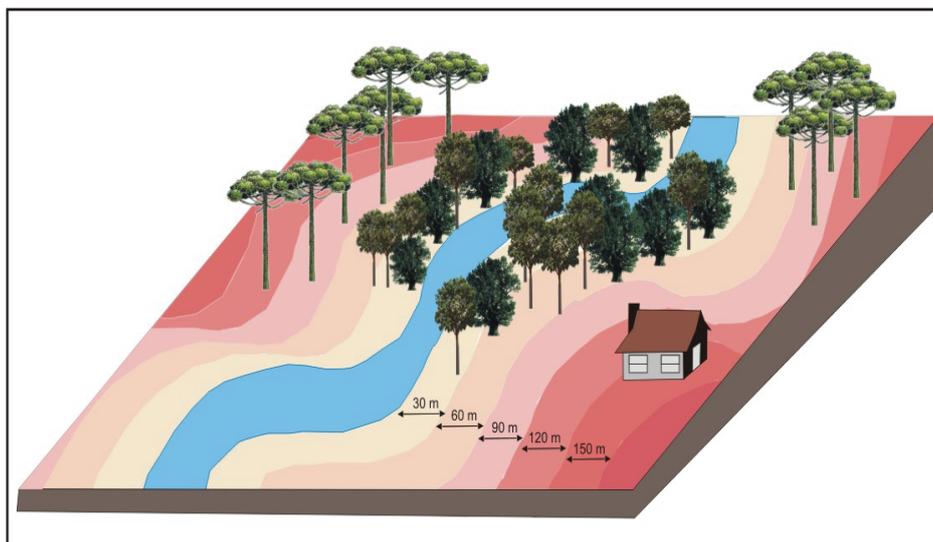


Figura 29 – Exemplo de mapa temático de distâncias em função da drenagem. Elaboração: HENDGES (2007).

Para a definição do intervalo das classes definidas pela distância das drenagens levou-se em conta a escala dos mapas de uso da terra onde a menor medida possível no terreno é representada pela resolução de 250 m determinada pelos pixel's da imagem MODIS. Não podendo assim atender por completo as áreas de preservação permanente das matas galeria previstas pelo Código Florestal Brasileiro⁵, definiu-se então um intervalo de distância de 250 metros. Desta forma todo território do Rio Grande do Sul foi vinculado a uma determinada classe de distância em relação a drenagem mais próxima.

A metodologia de elaboração dos mapas de distância das estradas de rodagem resultou na elaboração de três mapas, um referente as estradas revestidas (asfaltadas), outro mapa referente as estradas principais e um terceiro mapa das distâncias em relação as estradas secundárias e aos caminhos. Os intervalos de classes foram definidos segundo critério de observação que buscou um melhor e maior recobrimento do território do Estado pelas classes temáticas, uma vez que na literatura não foram encontradas referências que correlacionem em valores a influência precisa de uma estrada sobre os padrões de uso da terra. Assim, o intervalo das classes foi estipulado em 5 mil metros.

⁵ LEI Nº 4.771, DE 15 DE SETEMBRO DE 1965, que é definida pelo seu Art. 1º As florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação, reconhecidas de utilidade às terras que revestem, são bens de interesse comum a todos os habitantes do País, exercendo-se os direitos de propriedade, com as limitações que a legislação em geral e especialmente esta Lei estabelecem.

3.2.2 – Mapas temáticos com base na altimétricos do terreno

Gerados a partir da grade numérica obtida da missão SRTM, que no ano de 2000 colocou em órbita a nave espacial Endeavour, com o intuito de fazer o modelo de elevação da Terra, os mapas temáticos referentes a declividade e hipsometria tiveram por base pontos altimétricos distanciados 90 metros entre si. O mapa de declividade seguiu as classes de declive indicadas por De Biasi (1991) agrupando as vertentes em declividades menores que 5%, de 5 a 12%, de 12 a 30%, de 30 a 47% e declividades superiores a 47%. O mapa hipsométrico por sua vez, foi elaborado levando em conta o agrupamento em classes hipsométricas das áreas cujas altitudes possuem uma variação inferior a 150 m. Como o ponto mais elevado do Estado do Rio Grande do Sul é de 1.410 metros de altitude, o mapa temático dividiu o estado em 10 classes.

3.2.3 – Mapas temáticos com base em dados cadastrais

Para a elaboração dos mapas que evidenciam os aspectos humanos (socioeconômicos), foi necessária a importação de diversas tabelas provenientes dos censos realizados pelo IBGE ao longo dos últimos anos no Rio Grande do Sul. As informações destes censos por sua vez são discriminadas por município, e que ao ser importadas ao banco de dados do SPRING, possuem um identificador em comum, que conecta as informações das tabelas a coordenada geográfica da sede de seu respectivo município. Foram assim importadas as seguintes tabelas do IBGE: - População e Domicílios 2005; - Pesquisa de Orçamentos Familiares 2002-2003; Lavoura permanente 2005; - Lavoura temporária 2005; - Pecuária 2005; - Extração vegetal e silvicultura 2005; - Produto Interno Bruto 2004.

Para distribuir a informação sobre toda a área do Estado, foi utilizado o processo de estatística espacial, conhecida como *Estimador de Densidade Kernel*, que cria uma grade de pesos decentralizando a informação radialmente da sede do município para toda a área em volta. Quando esta grade ultrapassa os limites de um município confrontando-se com os valores dos municípios adjacentes, o *Estimador Kernel* recalcula o valor estipulando uma

nova densidade para a área. Assim, estimar a intensidade de um valor pontual sobre uma área, é como estimar uma densidade de probabilidade bivariada. O objetivo então é gerar uma grade em que cada célula representa o valor de densidade⁶.

Depois de elaborada a grade de pesos esta foi fatiada em classes temáticas. O número de classes temáticas foi definido pela fórmula de Sturges, que definiu dez classes para os 496 municípios gaúchos. O intervalo entre as classes foi então calculado de forma particular para cada um dos mapas temáticos gerados através desta metodologia variando conforme a menor e a maior densidades encontradas.

$$\begin{aligned} \text{N}^\circ. \text{ Classes} &= 1 + 3,322 \cdot \text{Log } N \\ \text{N}^\circ. \text{ Classes} &= 1 + 3,322 \cdot \text{Log } 496 \\ \text{N}^\circ. \text{ Classes} &= \mathbf{9,954} \end{aligned} \tag{18}$$

3.2.4 – Mapas temáticos dos aspectos físicos da paisagem

Foram utilizados como base para a simulação de cenários, também mapas que delimitam os padrões de uso da terra segundo características naturais da paisagem do estado do Rio Grande do Sul. Para isso os mapas da geomorfologia, da vegetação natural e dos solos citados no capítulo da revisão bibliográfica, foram importados no banco de dados do SPRING no formato *Imagem*, e posteriormente digitalizados, seguindo os mesmos passos metodológicos das cartas topográficas, porém com o objetivo de se extrair as informações já sob a forma de classes temáticas (e não lineares). O Quadro 9 demonstra a relação de todos mapas temáticos criados e a sua respectiva fonte de origem de dados.

⁶ O método de alisamento não-paramétrico a partir de uma função Gaussiana Kernel prevê a distribuição em uma grade tridimensional os pesos resultantes de uma regressão que vincula a proximidade de dois eventos em relação a sua coordenada de referência. Assim calculam-se as distâncias de cada ponto (pixel) aos eventos observados que estiverem dentro de uma mesma região de influência limitada por uma distância definida pelo *raio de ação*. Essas distâncias contribuem para o cálculo da intensidade estimada no ponto (pixel) (Delgado, 1995, p. 21).

| | |
|---|---|
| Cartas Topográficas 1:250.000 | <ul style="list-style-type: none"> - Mapa Distância da Drenagem; - Mapa Distância do Asfalto; - Mapa Distância das Estradas Principais; - Mapa Distância das Estradas Secundárias. |
| Dados do SRTM | - Mapa de Declividade; Mapa Hipsométrico. |
| DADOS RADAMBRASIL – IBGE escala original 1:250.000 | <ul style="list-style-type: none"> - Mapa da Geomorfologia; - Mapa da Vegetação Natural. |
| Levantamento de Solos - IBGE | Mapa de Solo. |
| Censo: População e Domicílios 2005 - IBGE | <ul style="list-style-type: none"> - Distribuição da População Total; - Distribuição da População Urbana; - Distribuição da População Rural. - Mesorregiões; - Microrregiões. |
| Censo: Produto Interno Bruto 2004- IBGE | - Distribuição da Renda Percapita. |
| Censo: Lavoura permanente 2005 e Lavoura temporária 2005- IBGE | <ul style="list-style-type: none"> - Distribuição da Área da Agricultura; - Distribuição da Renda da Agricultura; - Distribuição da Área das Lavouras Permanentes; - Distribuição da Renda das Lavouras Permanentes; - Distribuição da Área das Lavouras Temporárias; - Distribuição da Renda das Lavouras Temporárias. |
| Censo: Pecuária 2005- IBGE | - Distribuição da Área da Pecuária. |
| Censo: Extração vegetal e silvicultura 2005- IBGE | <ul style="list-style-type: none"> - Distribuição da Produção de Madeira; - Distribuição da Produção de Acácia; - Distribuição da Produção de Erva-Mate; - Distribuição da Produção de Pinhão. |

Quadro 9 – Relação dos mapas temáticos usados na simulação de cenários. Elaboração: HENDGES (2007).

3.3 – Correlação estatística no aplicativo MINITAB

Antes de converter os mapas de uso da terra, e os mapas temáticos para o formato numérico, para importá-los no pacote estatístico MINITAB, foi preciso primeiramente verificar quais áreas sofreram mudanças de uso em relação a ocupação florestal, evoluindo de um tipo de uso A para uma ocupação B. Esse processo foi realizado através da programação LEGAL do SPRING, onde os mapas de uso da terra de cada período são cruzados com o mapa do período anterior, identificando as áreas de usos que não coincidiram e vendo qual a mudança sofrida pelas mesmas. Foram portanto consideradas, para a calibração do modelo de simulação estocástico, as áreas pertencentes a paisagem gaúcha que sofreram mudanças no tipo de uso da terra no período 1988 – 1998 e 1998 – 2007.

Ao converter os mapas para valores numéricos, o mapa que identifica a mudança de uso da terra tem um valor identificador para cada classe de mudança, o mesmo ocorreu com os mapas temáticos citados acima. Esses valores, em forma de coluna foram importados no pacote estatístico MINITAB. Para o processo de regressão que analisa quais as variáveis que mais influenciam o modelo, informou-se ao aplicativo que a variável dependente era o mapa constituído das mudanças de uso da terra. Já as variáveis independentes que influenciaram tal modelo são as classes componentes dos diferentes mapas temáticos, (Figura 34 e Figura 35).

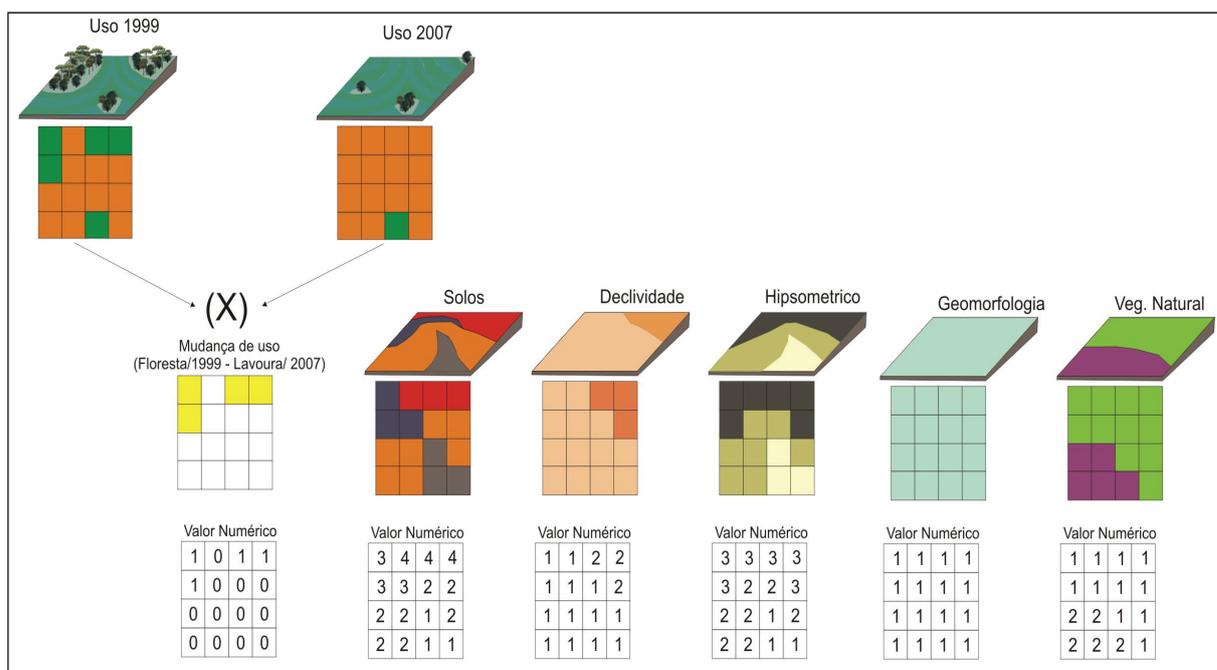


Figura 30 – Modelo genérico da decodificação de mapas em números. Elaboração: HENDGES (2007)..

The screenshot shows the Minitab software interface. The top window is the 'Session' window, which displays the following text:

```

18/4/2007 00:20:29

Welcome to Minitab, press F1 for help.
Retrieving worksheet from file: 'D:\B_D\cruz\usos_1999_flo.txt'
Worksheet was saved on 17/4/2007
Retrieving worksheet from file: 'D:\B_D\cruz\usos_1999_reflo.txt'
Worksheet was saved on 18/4/2007

30/5/2007 15:01:40

Welcome to Minitab, press F1 for help.
Retrieving project from file: 'D:\B_D\cruz\florestas_99.MPJ'

```

The bottom window is 'Worksheet 3 ***', which contains a data table with the following structure:

| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 |
|----|-------------------------------|--------------|--------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|----|----|----|-----|-----|-----|
| 1 | MUDANÇA (Floresta_x Lavouira) | Mapa (Solos) | Mapa (Declividade) | Mapa (Hipsometrico) | Mapa (Geomorfologia) | Mapa (Vegetação Natural) | | | | | | |
| 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | | | | | | |
| 3 | 0 | 4 | 1 | 3 | 1 | 1 | | | | | | |
| 4 | 1 | 4 | 2 | 3 | 1 | 1 | | | | | | |
| 5 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | | | | | | |
| 6 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | | | | | | |
| 7 | 0 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | | | | | | |
| 8 | 0 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | | | | | | |
| 9 | 0 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | | | | | | |
| 10 | 0 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | | | | | | |
| 11 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| 12 | 0 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | | | | | | |
| 13 | 0 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | | | | | | |
| 14 | 0 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | | | | | | |
| 15 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | | | | | | |
| 16 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |

Figura 31 – Tela do aplicativo MINITAB, dados numéricos dos mapas. Elaboração: HENDGES (2007)..

Após elaborar os mapas de mudanças de uso da terra e os mapas temáticos estes foram convertidos para o formato numérico e importados sob a forma de colunas para o MINITAB. Dispostos um ao lado do outro, estes valores numéricos foram processados pelo aplicativo usando-se o cálculo estatístico da *stepwise*. Este cálculo tornou possível a verificação da influência das variáveis independentes (mapas temáticos) sobre a variável dependente (mapa da mudança de uso da terra). Quando descartada pelo modelo, ou seja, quando a influência de algum mapa temático for nula sobre as áreas com mudança no uso da terra, ao efetuar o posterior cálculo dos pesos de evidências, o valor para as classes temáticas de tal mapa foi o de zero para simulação de uma nova mudança deste uso.

Desta forma, finalizado o processamento das informações no pacote MINITAB, e já de posse das variáveis que influenciaram as mudanças de uso da terra, efetuou-se o cálculo dos pesos de evidência e da matriz de Markov, para composição e simulação do modelo estocástico no programa DINAMICA.

3.4 – Simulação do modelo estocástico no aplicativo DINAMICA

Antes de fazer a simulação, ou até mesmo de criar o modelo estocástico de simulação de cenários, os mapas de mudanças de uso da terra, citados anteriormente, serviram também de base para o cálculo das probabilidades de transição da matriz de Markov, e também para a definição dos pesos de evidências⁷. De posse destes valores, o primeiro passo para a simulação no aplicativo DINAMICA foi a importação dos mapas que forneceram os padrões de uso e as informações temáticas referentes aos valores calculados.

Assim, primeiramente foi importado o mapa de uso da terra referente ao último período a ser estudado (2007), este mapa informa ao aplicativo quais as classes de uso da terra serão submetidas ao modelo de simulação. O segundo mapa a ser relacionado informa ao modelo o marco zero, de onde partiram as simulações, assim o aplicativo recalcula ao final de cada passo a permanência ou a mudança de um uso para outro, este mapa é conhecido pela literatura, como marco zero na simulação de cenários. A probabilidade dessa mudança de usos ocorrer é também redefinida a cada passo pela matriz de Markov, e o local com maior probabilidade dessa mudança acontecer é delimitado pelos pesos de evidências ligados aos mapas temáticos. Por sua vez, os mapas temáticos foram os últimos a ingressar no modelo, estes ao serem importados são todos agrupados em um único conjunto de informações, (Figura 36).

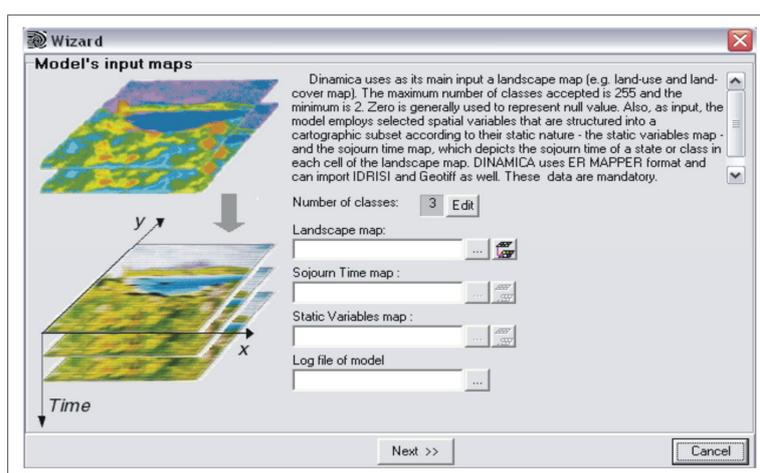


Figura 32 – Tela do aplicativo DINAMICA, importação dos mapas. Elaboração: HENDGES (2007).

⁷ Verificar os conceitos e as fórmulas de cálculo da matriz de Markov e do método dos pesos de evidências no Capítulo 2, subitem 2.8.1 – Modelo Estocástico.

Após importação dos mapas acima mencionados, completou-se os campos destinados a matriz de Markov, passo este definido pelo próprio DINAMICA como sendo o seguinte no processo de elaboração do modelo estocástico, como mostra a Figura 37.



Figura 33 – Indicação das etapas pelo DINAMICA, e a definição da matriz de probabilidades de transição. Elaboração: HENDGES (2007).

O terceiro passo foi a definição junto ao aplicativo, de quais os usos da terra seriam submetidos a simulação. Após nova verificação do aplicativo sobre o modelo que estava sendo criado, chegou-se a mais trabalhosa das etapas de uso do DINAMICA, que consistiu na definição do valor dos pesos de evidências para cada mudança de uso prevista, para cada variável representada nos mapas temáticos. Nesse passo é preenchido também pelo usuário o valor que identifica e diferencia as classes temáticas (Figura 38). Esse valor é alterado entre os diversos mapas temáticos definidos, e o aplicativo comporta um mapa que contenha até 255 classes diferenciadas entre si pela cor, o que automaticamente identificará a classe ao qual o peso será atribuído.

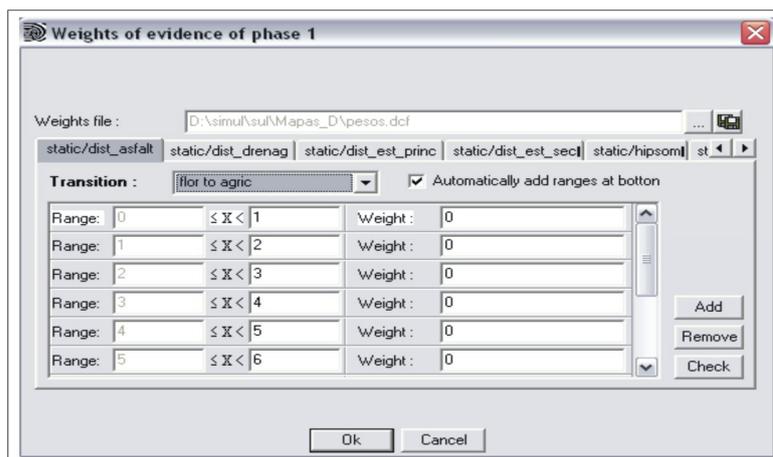


Figura 34 – Terceiro passo, definição dos peso de evidências. HENDGES (2007).

As etapas seguintes constituíram-se da definição de informações como o tempo de simulação previsto pelo modelo, ou seja, quantos passos seriam dados com a matriz de Markov informada, bem como das, informações referentes ao tamanho da mancha da paisagem a ser simulada, (Figura 39).

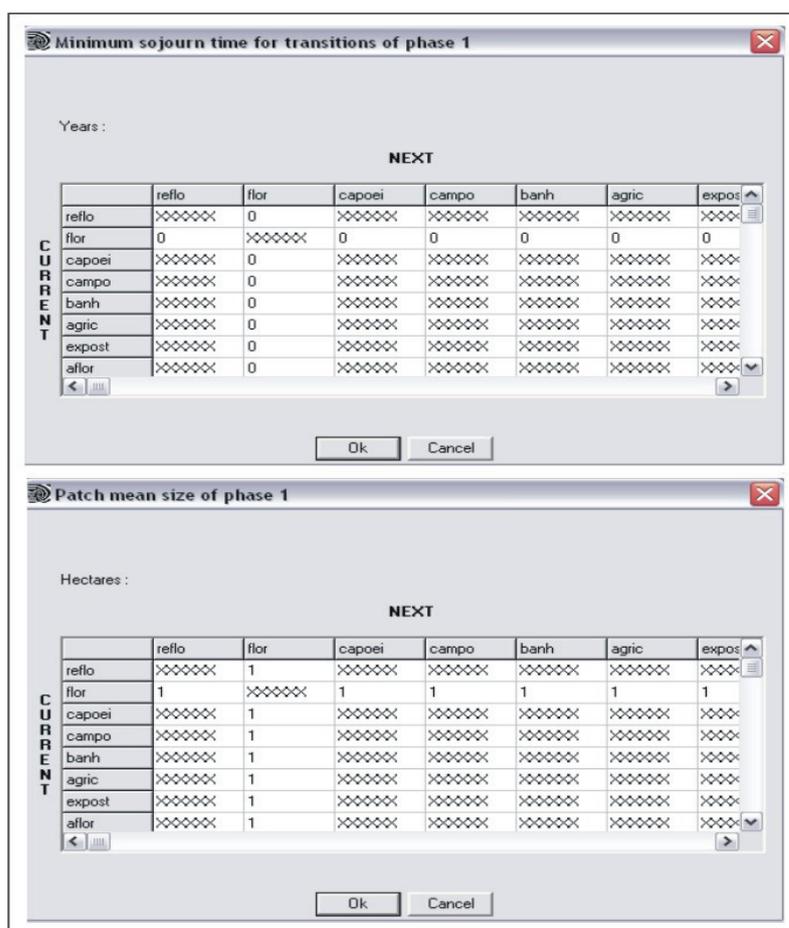


Figura 35 – Definição do tempo (Years) e do tamanho das manchas (Hectares) de simulação. Elaboração: HENDGES (2007).