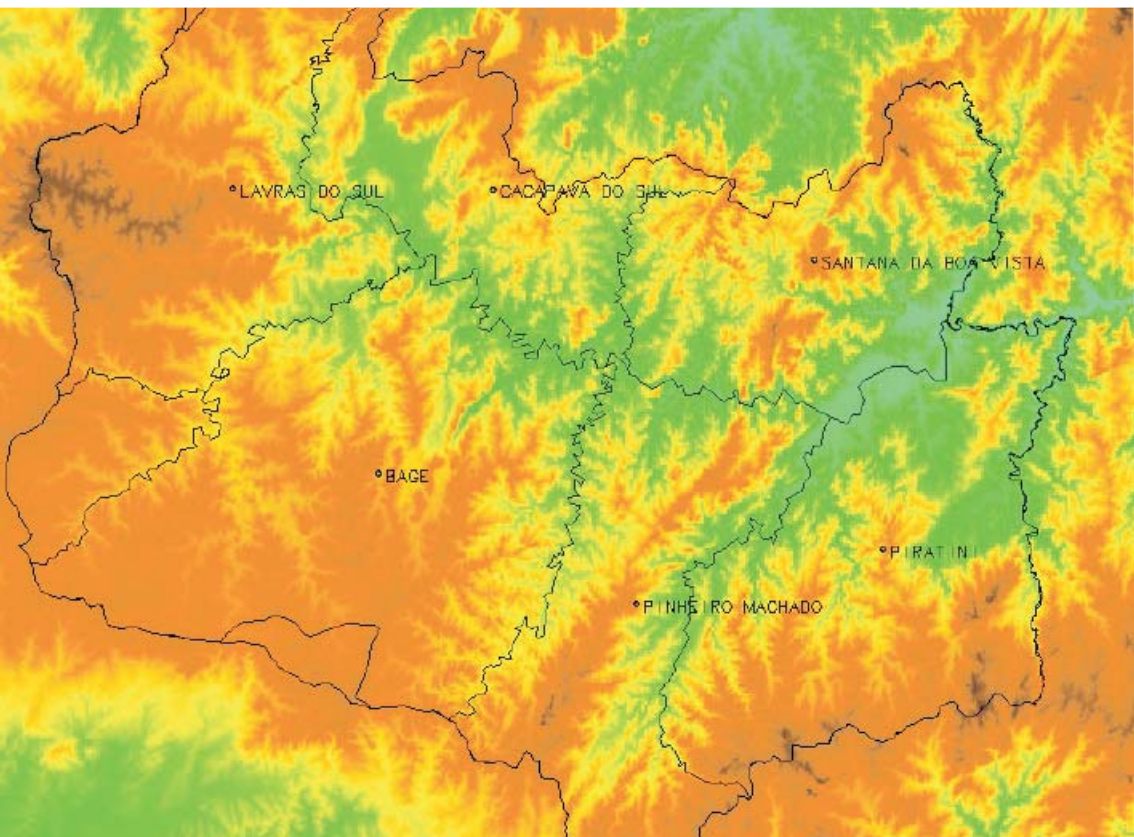


## Vegetação do Território do Alto Camaquã Obtenção, Tratamento e Classificação de Imagens de Satélite Landsat TM



ISSN 1982-5390  
Dezembro, 2010

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Pecuária Sul  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **Documentos 106**

## **Vegetação do Território do Alto Camaquã Obtenção, Tratamento e Classificação de Imagens de Satélite Landsat TM**

José Pedro Pereira Trindade  
Marcos Flavio Silva Borba  
Jérémie Lefevbre

Embrapa Pecuária Sul  
Bagé, RS  
2010

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Pecuária Sul**

BR 153, km 603, Caixa Postal 242

96.401-970 - Bagé - RS

Fone/Fax: 55 53 3240-4650

<http://www.cppsul.embrapa.br>

[sac@cppsul.embrapa.br](mailto:sac@cppsul.embrapa.br)

**Comitê Local de Publicações**

Presidente: Naylor Bastiani Perez

Secretária-Executiva: Graciela Olivella Oliveira

Membros: Daniel Portella Montardo, Eliara Quincozes, João Batista Beltrão Marques,

Magda Vieira Benavides, Naylor Bastiani Perez, Renata Wolf Suñé, Sergio Silveira Gonzaga

Supervisor editorial: Comitê Local de Publicações

Revisor de texto: Comitê Local de Publicações

Normalização bibliográfica: Graciela Olivella Oliveira

Tratamento de ilustrações: Roberto Cimirro Alves

Editoração eletrônica: Roberto Cimirro Alves

Figura da capa: (fonte) José Pedro Pereira Trindade

**1ª edição online**

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Pecuária Sul

---

Trindade, José Pedro Pereira

Vegetação do território do Alto Camaquã : obtenção, tratamento e classificação de imagens de satélite Landsat TM [recurso eletrônico] / José Pedro Pereira Trindade, Marcos Flavio Silva Borba, Jérémie Lefebvre. -- Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2010.

(Documentos / Embrapa Pecuária Sul, ISSN 1982-5390 ; 106)

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: <<http://cppsul.embrapa.br/unidade/publicacoes:list/240>>

Título da página Web (acesso em 30 dez. 2010)

1. Vegetação. 2. Mapa. 3. Biogeografia. 4. Satélite. I. Borba, Marcos Flavio Silva. II. Lefebvre, Jérémie. III. Título. IV. Série.

CDD 581.98165

---

© Embrapa 2010

# **Autores**

## **José Pedro Pereira Trindade**

Engenheiro Agrônomo, Doutor (Ph.D.) em Zootecnia,

Pesquisador da Embrapa Pecuária Sul,  
Caixa Postal 242, BR 153 Km 603,  
CEP 96401-970 - Bagé, RS – Brasil  
jpтрindade@cppsul.embrapa.br

## **Marcos Flávio Silva Borba**

Médico Veterinário, Doutor (D.Sc.) em Sociologia, Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável,  
Pesquisador da Embrapa Pecuária Sul,  
Caixa Postal 242, BR 153 Km 603,  
CEP 96401-970 - Bagé, RS – Brasil  
mborba@cppsul.embrapa.br

## **Jérémie Lefebvre**

Geógrafo, Mestre 2 em Geomática, Lille, França,  
dohem59@yahoo.fr

# Apresentação

O monitoramento do perfil da vegetação natural na região da Campabha do Rio Grande do Sul já faz parte das atividades que visam observar o comportamento e as modificações que ocorrem com as espécies vegetais ao longo do tempo.

No contexto de produção ecologicamente sustentável, economicamente viável e socialmente justa as variáveis que regulam o ambiente florestal ou campestre, precisam ser monitoradas e acompanhadas para que possam produzir seus melhores resultados.

Neste sentido, este trabalho visa apresentar a Vegetação do Território do Alto Camaquã: Obtenção, Tratamento e Classificação de Imagens do Satélite Landsat TM, que, por meio do Sistema de Informações Geográficas – SIG serão realizadas análises que ajudarão a compreender a estrutura florestal e campestre do Território do Alto Camaquã.

Assim, a Embrapa Pecuária Sul cumpre seu papel e contribui com a geração de conhecimentos e tecnologias capazes de gerar o desenvolvimento sustentável regional e nacional almejados.

*Roberto Silveira Collares*  
Chefe-Geral

# Sumário

<b>Introdução</b> .....	07
O território do Alto Camaquã.....	08
<b>Síntese metodológica</b> .....	12
Análise dos dados disponíveis e pré-tratamento.....	12
a) Os dados disponíveis.....	12
b) Características do satélite Landsat 5.....	13
c) Pré-tratamento das imagens de satélite.....	15
<b>Análise de imagens de satélite para a produção de uma carta de vegetação do Alto Camaquã</b> .....	29
Análises preliminares.....	29
Metodologia e resultados da classificação não-supervisionada.....	30
Classificação não-supervisionada.....	30
Metodologia de reagrupamento.....	33
Metodologia e resultados do método de classificação supervisionado.....	35

Classificação supervisionada .....	35
<b>Referências</b> .....	42

# **Vegetação do Território do Alto Camaquã Obtenção, Tratamento e Classificação de Imagens de Satélite Landsat TM<sup>1</sup>**

---

*José Pedro Pereira Trindade*

*Marcos Flávio Silva Borba*

*Jérémie Lefebvre*

## **Introdução**

As formações vegetais naturais do Rio Grande do Sul a muito impressionam e intrigam naturalistas e pesquisadores. Dentre as diversas formações vegetais existentes, a Serra do Sudeste do Rio Grande do Sul se destaca pelo mosaico formado de campos entremeados pela vegetação florestal natural, sendo apontada como área de interesse público para a conservação da fauna e flora nativa. Destaca-se nesta região a Bacia do Rio Camaquã e nesta o seu terço superior, ou o Alto Camaquã. O Alto Camaquã compreende os municípios de Bagé, Caçapava do Sul, Pinheiro Machado, Piratini, Santana da Boa Vista e em menor medida, Dom Pedrito e Candiota (Figura 1).

---

<sup>1</sup> Texto adaptado a partir de relatório de estágio de Jérémie Lefebvre - Universidade d'Orleans.



Fonte: José Pedro Trindade

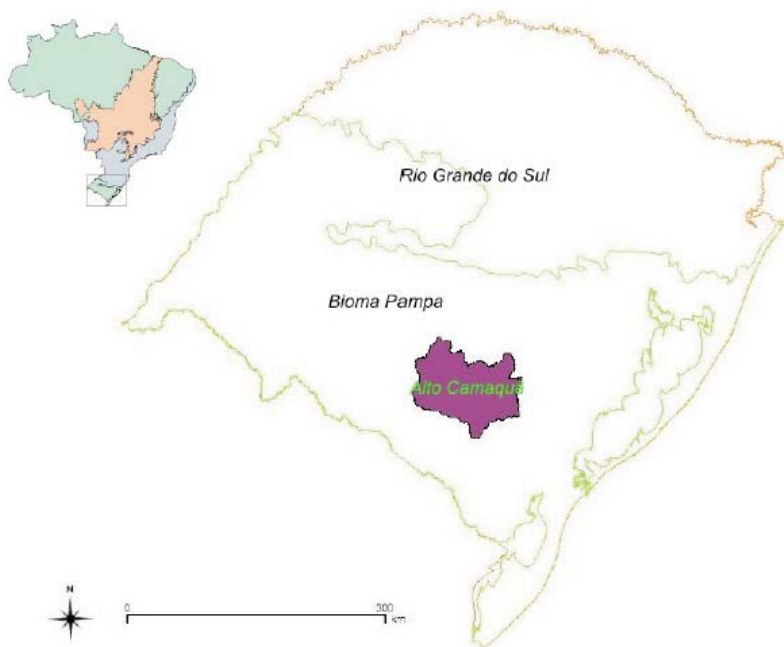


Figura 1. Localização do território do Alto Camaquã.

## O Território do Alto Camaquã

A definição do espaço geográfico do Alto Camaquã como território provém da identificação de um conjunto de similaridades socioeconômicas, culturais e ambientais onde a construção histórica lhe conferirá uma identidade própria.

O Alto Camaquã corresponde ao terço superior da bacia do rio Camaquã, localizado na Serra do Sudeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ele recobre uma superfície de 8671 Km<sup>2</sup>, com uma população predominantemente rural de aproximadamente 35000 habitantes no último censo da FEPAM em 2006 (Fundação Estadual de Proteção Ambiental).

Integram este território parte dos municípios de Bagé, Caçapava do Sul, Lavras do Sul, Pinheiro Machado, Piratini, Santana da Boa Vista e em menor proporção Dom Pedrito e Candiota (Figura 2).

Fonte: José Pedro Trindade

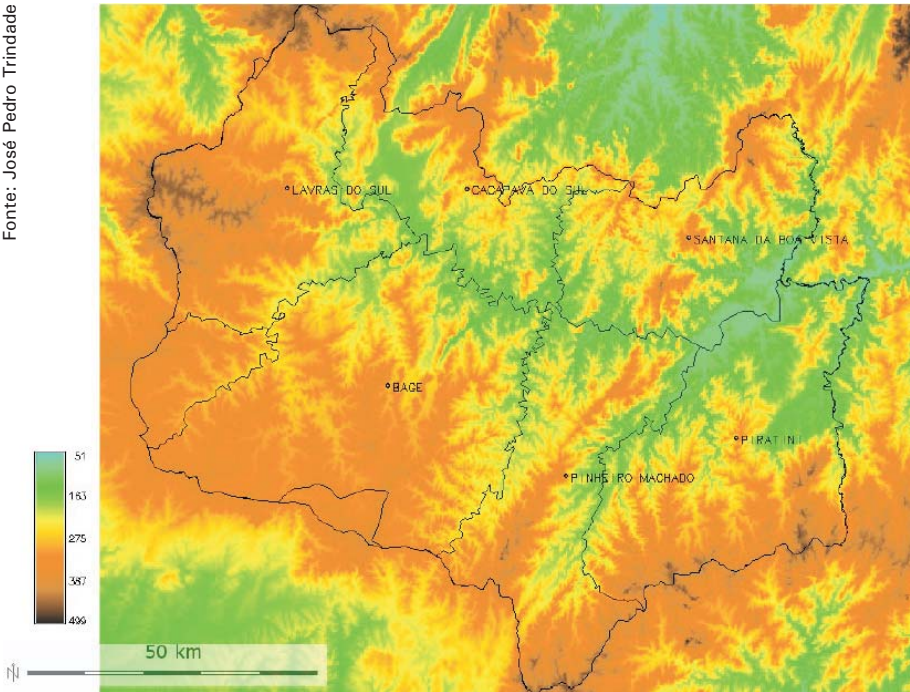


Figura 2. Apresentação do território do Alto Camaquã.

O Alto Camaquã se distingue pelas características ambientais de relevo, vegetação e hidrologia, sobretudo, pelas estratégias locais de produção pecuária e pelo modo particular de uso dos recursos.

A vegetação predominante na Serra do Sudeste do Rio Grande do Sul se caracteriza por um mosaico de floresta nativa e campos (Floresta-Campo). As florestas são mais desenvolvidas ao longo dos cursos d'água formando as matas de galeria. As formações campestres predominam no restante do território variando entre diversas formações abertas (campos limpos, caracterizados por espécies campestres baixas e de ilhas florestais), conforme as Figuras 3, 4, 5, 6.

Segundo observações locais, a região está sujeita ao processo de cultivo de árvores (Pinus, Eucalipto e Acácia) em zonas dominadas pelas pradarias, além do aumento das espécies arbustivas nativas. Estes dois processos alteram a estrutura, a riqueza e a diversidade das espécies e

dos tipos de plantas, inicialmente caracterizadas como de campos limpos (OVERBECK; MÜLLER et al., 2005). A maioria dos espaços lenhosos, uma vez estabelecidos nos campos, são capazes de rebrotarem vigorosamente após serem queimados, e assim se estabelecerem nas comunidades vegetais nativas. Além da resistência ao fogo, as espécies arbustivas e árvores são rejeitadas pelos animais em pastejo, diminuindo a qualidade e a oferta de forragem (BOLDRINI, 1997; BOLDRINI; EGGERS, 1997), conforme Figuras 7 e 8.

Fotos: José Pedro Trindade



**Figura 3.** Esquerda, fisionomia de "campo sujo". Direita, fisionomia de "campo limpo".

Fotos: José Pedro Trindade



**Figura 4.** Áreas mistas de campos baixos e com capões de mata nativa.

Fotos: José Pedro Trindade



**Figura 5.** Esquerda, exemplo de maciços cultivados por espécies arbóreas exóticas. Direita, aspecto de uma queimada realizada após remoção de árvores cultivadas.

Além disso, se destaca no Alto Camaquã uma realidade socio-ecológica complexa. Esta complexidade deriva de uma situação de modernização incompleta, ou mais exatamente, em função de um conjunto particular de características socioambientais e econômicas, esta região não chegou a transformar a agricultura tradicional (pouca dependência às subvenções agrícolas, pouca mecanização, baixo grau de integração ao mercado, alta dependência dos recursos naturais, predominância das fontes de energia renováveis) em agricultura moderna (alta dependência de subvenções agrícolas, alto grau de integração ao mercado, baixo grau de dependência dos recursos naturais, predomínio de recursos naturais não renováveis na matriz energética).

Assim, é possível identificar formas de produção próprias ao Alto Camaquã, principalmente de produção pecuária familiar, como a produção campesina, onde predomina o uso de elementos não comerciais no processo produtivo. Uma condição que determina as formas de produção pecuária praticadas no Alto Camaquã mantidas por relações mais intensas com a natureza do que com o mercado, estabelecendo uma interdependência entre a produção e os recursos naturais, o que impede a degradação do ambiente.

No entanto, estes sistemas de produção diminuem os impactos negativos sobre o ambiente natural, e mais particularmente sobre a vegetação e sobre o solo, estes são reversíveis. Portanto, a compreensão do contexto de produção campesina característica do Alto

Camaquã, e o estudo das dinâmicas e das formas de produção destes agro-ecossistemas, constituem uma base importante para promover sistemas de produção únicas e originais, características segundo critérios inicialmente qualificado de "eventuais", tais como a redução da dependência externa aos sistemas de produção ou um maior uso de fontes energéticas renováveis.

Contudo, ainda existe uma insuficiência de informações a respeito de transformações ecológicas, técnicas, sociais e econômicas destes tipos de produção pecuária.

Assim, a fim de responder aos diferentes desafios aos quais o Alto Camaquã é submetido, e com o objetivo de fornecer uma metodologia e de ferramentas de análise permitindo caracterizar este território, a equipe do LABECO-CPPSul decidiu estabelecer as bases para a construção de um Sistema de Informação Geográfica para o Alto Camaquã o qual este trabalho está incluído.

## **Síntese metodológica**

O Sistema de Informação Geográfica é um instrumento de ajuda à análise a compreensão do território. Para além deste objetivo, trata-se de descrever o protocolo que foi seguido para a construção do SIG Alto Camaquã.

As etapas do trabalho vão desde o inventário de dados disponíveis, o pré-tratamento de imagens de satélite disponíveis através dos programas CartaLinx, ENVI e ArcGis, base para a integração de informações georreferenciadas no SIG do LABECO-CPPSul para o Alto Camaquã.

## **Análise dos dados disponíveis e pré-tratamento**

### **a) Os dados disponíveis**

Inicialmente verificamos a disponibilidade de dados referentes à área de estudo. Esta etapa foi fundamental. As pesquisas que sucederam foram produtivas e permitiram organizar a base do estudo a partir de imagens procedentes do satélite Landsat 5TM. Estas foram obtidas no sítio

"internet" do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2009). A escolha foi orientada para este tipo de imagem pelas razões seguintes:

- De uma parte, por serem as imagens Landsat fornecidas gratuitamente e rapidamente;
- Por outro lado, existiam somente dois outros satélites cobrindo essa zona de estudo: CBERS e ALOS. No caso do primeiro, as imagens eram de menor qualidade do que aquelas propostas por Landsat. Para a segunda, as imagens apresentavam uma importante cobertura de nuvens impedindo a análise (cobertura de nuvens superior a 70%).

## **b) Características do satélite Landsat 5**

O satélite Landsat 5 fez parte do programa de observação da superfície terrestre "Landsat", lançado pelos Estados Unidos da América em 1972. Sete satélites foram lançados depois desta data, constituindo um recurso único para o estudo das mudanças climáticas, utilização dos solos, cartografia, a gestão de habitats, mas igualmente para numerosas outras aplicações dentro do domínio da agricultura, geologia, silvicultura etc. No entanto, o último nascimento da geração, Landsat 7 encontra-se indisponível. Somente Landsat 5, lançado em 1984, ainda está em condições de funcionamento.

A fim de produzir uma carta de vegetação de qualidade, é importante precisar as características orbitais do satélite, as quais podem interferir na qualidade das imagens fornecidas.

Landsat 5 evoluiu a uma altitude média de 705 km, sobre uma órbita quase polar caracterizada por uma inclinação de 98,2°, o que corresponde a uma órbita heliosincrônica. Esta característica lhe permite o sobrevoo de uma região praticamente sempre há mesma hora solar local.

O período de revolução do satélite (tempo necessário para efetuar uma volta completa ao redor da terra) é de 98'52'', o que representa 14,52 revoluções em um dia. No entanto, a coincidência rigorosa entre duas passagens (quer dizer o tempo necessário para observar um mesmo local) ocorre a cada 16 dias (ciclo orbital). A cobertura do satélite, ou seja, a superfície total recoberta por uma imagem é de 185x185km.

Estas características orbitais têm consequências sobre a aquisição de imagens:

- A cobertura é completa entre os paralelos 81° norte e sul;
- A recobertura das imagens aumenta com a latitude (7% no Equador e 54% para 60° de latitude).

Enfim, e, sobretudo, é importante descrever as características dos sistemas embarcados por este satélite, a fim de conhecer as possibilidades oferecidas para nossa análise. Landsat 5 utiliza um radiômetro multiespectral MSS (Multi Spectral Scanner) de cinco canais, de uma resolução espacial de 80m cada um, e um outro radiômetro multiespectral TM (Thematic Mapper) com sete canais, com uma resolução espacial de 30m cada um, com exceção do canal seis que é de 120m. No entanto, o captor MSS do Landsat 5 não funciona mais desde 1992.

Aqui estão as características detalhadas do captor TM:

**Tabela 1.** Características do captor TM do satélite Landsat 5 (EOEDU, 2009).

Banda	Banda espectral ( $\mu\text{m}^*$ )	Resolução (m)	Utilização
1	0,45 - 0,52	30x30	Diferenciação solo/vegetais/zonas costeiras
2	0,52 - 0,60	30x30	Vegetação
3	0,63 - 0,69	30x30	Diferenciação de espécies vegetais
4	0,76 - 0,90	30x30	Biomassa
5	1,55 - 1,75	30x30	Diferenciação neve/nuvens
6	10,4 - 12,5	120x120	Térmica
7	2,08 - 2,35	30x30	Litologia

\* $\mu\text{m}$  : micrômetro

A partir destas pesquisas foram adotadas duas imagens do satélite Landsat do dia 06 de junho de 2007 como referência, com as seguintes características:

Imagem 222-82	Imagem 222-81
Satélite: Landsat 5	Satélite: Landsat 5
Instrumento: TM	Instrumento: TM
Órbita: 222 ponto: 81	Órbita: 222 ponto: 82
Data: 06 junho 2007	Data: 06 junho 2007
Nível de correção: nível 1	Nível de correção: nível 1
Datum: SAD69	Datum: SAD69
Projeção Padrão: UTM	Projeção Padrão: UTM

Estas características irão determinar todo o restante de nossa análise, e notavelmente no que se refere o sistema de projeção e o sistema de coordenadas adotados no núcleo do Sistema de Informação Geográfica (SIG). As informações relativas ao nível de correção são fornecidas pelo sítio do INPE, o qual indica que as imagens do nível 1 resultam da aplicação de tratamentos de calibração radiométrica nas imagens de nível 0 (neste nível as imagens não recebem qualquer modificação, ou seja, as imagens são "brutas").

Destacamos que para cobrir a totalidade de nossa zona de estudo deve-se utilizar quatro imagens Landsat 5. No entanto, sobrepondo os limites do Alto Camaquã, percebe-se que 99% de nosso território é coberto por somente duas imagens (aquelas situadas nas órbitas 222-081 e 222-082).

Assim, depois de ajustes com os enquadramentos deste estágio, decidiu-se de usar somente as duas cenas que apresentam uma cobertura aproximada de 99% do território a fim de facilitar e de melhorar nossa análise do território (a título de informação, a superfície total do território do Alto Camaquã é de 8.671km<sup>2</sup>. Considerando a demanda de recurso e trabalho não foi inserido o 1% restante.

Além disso, duas destas cenas se encontram sobre a órbita 221 do mesmo satélite, enquanto que as outras duas sobre a órbita 222, o que gera um diferença temporal de aproximadamente dois meses. Esta diferença implica em várias obliquidades:

Por um lado o estado da vegetação não é o mesmo entre o início de junho (cenas da órbita 222) e final de julho (cenas 221). Por consequência, as resposta espectrais não serão as mesmas para o mesmo objeto.

Por outro lado, trabalhar sobre duas órbitas diferentes gera vários problemas técnicos, e notavelmente aquele ligado a projeção. Por isto decidiu-se utilizar unicamente as duas cenas situadas sobre a órbita 222 do satélite Landsat 5, ou seja, as cenas 22-081 e 22-082.

### **c) Pré-tratamento das imagens de satélite**

O conjunto de operações de pré-tratamento e de análise das imagens de



satélite foram realizadas a partir do programa ENVI 4.3<sup>®</sup>. Este último é um programa de referência no domínio da teledetecção.

A primeira etapa consiste em recortar as imagens de satélite afim de que elas cubram unicamente a zona de estudo. Esta operação é necessária, pois há um desvio entre as dimensões das imagens e o espaço coberto pelo território em estudo.

## Metodologia

Foi determinado, através do programa CartaLinx<sup>®</sup>, um retângulo que integra os limites do Alto Camaquã e para o qual foram identificadas as coordenadas X-Y mínimas e máximas (as referências espaciais são idênticas aquelas das imagens de satélite, ou seja, UTM SAD69 Zone 22 Sul).

Como resultado foram encontrados os seguintes valores:

$$X_{\min} = 190\ 000 \quad Y_{\min} = 6\ 500\ 000$$

$$X_{\max} = 330\ 010 \quad Y_{\max} = 6\ 630\ 020$$

Após, no programa ENVI deve-se proceder da seguinte maneira:

No Menu ENVI escolher a opção "Basic Tools" seguido da opção "Resize data". Segue conforme captura das janelas de trabalho apresentadas na Figura 7.

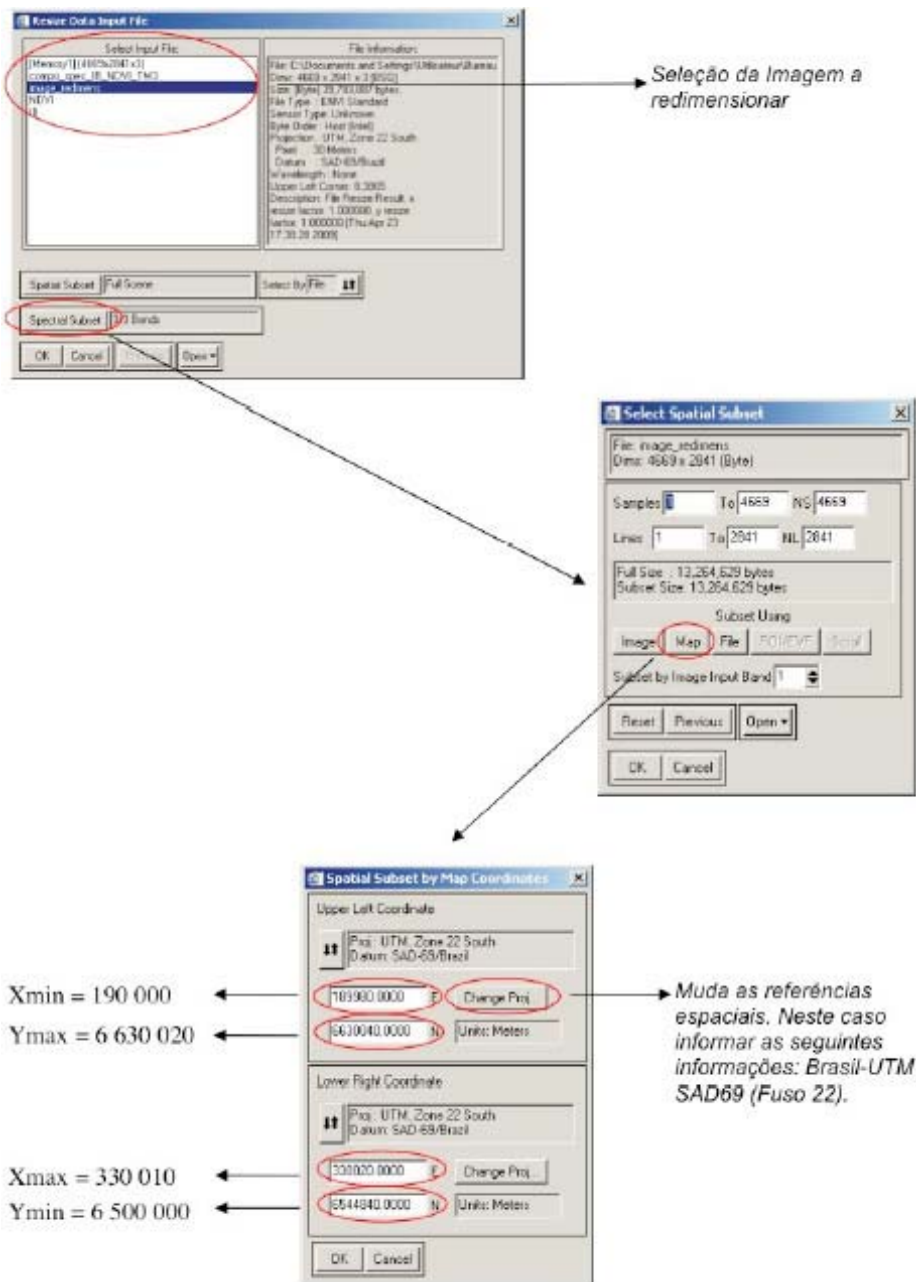
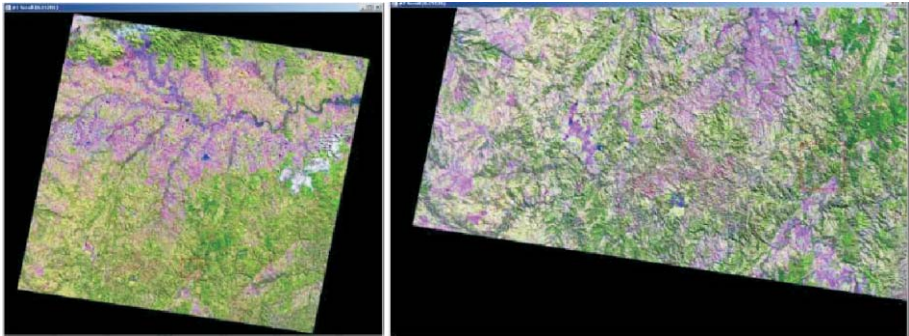
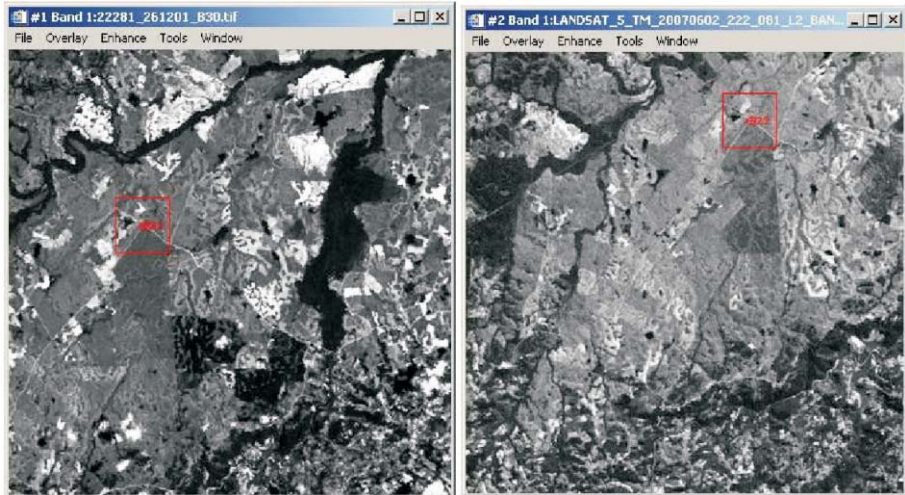


Figura 7. Redimensionamento de imagem através do programa ENVI.

**Resultado:**

**Figura 8.** A esquerda, imagem Landsat 222-081 antes do redimensionamento em composição colorida clássica (bandas 5-4-3). A direita, imagem Landsat 222-081 após redimensionamento e composição colorida clássica (bandas 5-4-3). O mesmo foi feito para a imagem Landsat 222-082.

A segunda etapa consiste no re-georrefenciamento das imagens de satélite Landsat. Com efeito, em sobrepondo os limites do Alto Camaquã às imagens, percebemos que as imagens estavam mal georreferenciadas. Para re-georreferenciar estas imagens de satélite foram utilizadas imagens Landsat do ano de 2003 corrigidas, fornecidas pelo Laboratório de Geoprocessamento da UFRGS. Assim pode-se determinar pontos de controle entre a imagem de referência e a imagem a ser corrigida. Estes pontos correspondem às intersecções de rodovias, as quais são facilmente identificadas (Figura 9).



**Figura 9.** Identificação de pontos de controle em imagem Landsat. A esquerda, imagem Landsat de 2003 sobre a qual aparece, em vermelho, o ponto de controle correspondente à uma intersecção de rodovia. A direita, imagem Landsat de 2007 sobre a qual aparece, em vermelho, o ponto de controle correspondente à mesma intersecção vista na imagem da esquerda.

Além disso, é preferível começar a estabelecer a lista de pontos de controle a partir da banda 3 das imagens Landsat, pois esta oferece maior contraste, o que permite identificar mais facilmente as similaridades entre as duas imagens. Em seguida, para cada uma das bandas, somente um ajuste de pontos se faz necessário. O número de pontos a definir depende do tamanho da imagem e do utilizador. No exemplo decidiu-se por aproximadamente 30 pontos. Estes devem estar uniformemente distribuídos no conjunto da imagem.

No Menu do programa ENVI, opção "Map" deve-se selecionar "Registration" seguido de "Select GCPs: Image to Image". Abaixo pode-se observar a sequência de procedimentos para determinar os pontos de controle (Figura 10).

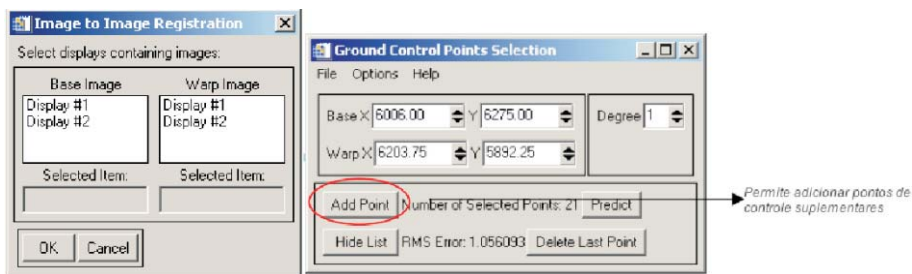


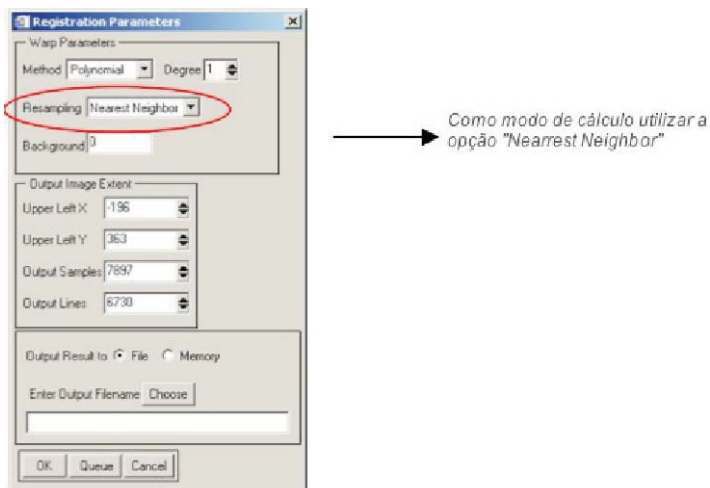
Figura 10. Adicionando pontos de controle no ENVI.

Como imagem de base (referência) foi escolhida a banda 3 de Landsat 2003. A imagem escolhida para ser ajustada foi a banda 3 Landsat 2007 ("warp image").

O indicador de qualidade do processo de georreferenciamento se chama "RMS Error" (o erro de pixels observado entre as duas imagens) que deve ser o menor valor possível. O RMS médio observado entre as duas imagens foi inferior a 1, um valor relativamente baixo. Isto significa que o georreferenciamento é bom.

Uma vez que os pontos de controle são definidos, assegurando um valor baixo de RMS, o usuário deverá efetuar os passos seguinte:

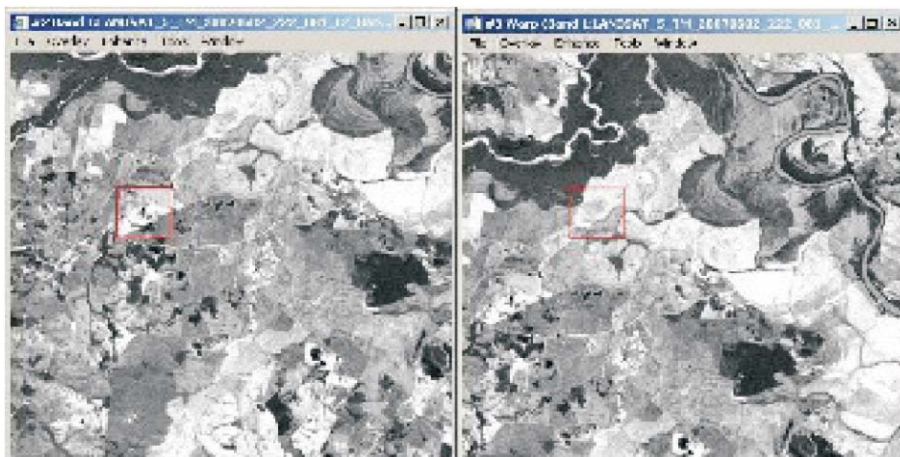
Na janela "Ground Control Points Selection" deve selecionar a opção "Warp Displayed Band" a janela "Registration Parameters" aparece e segue conforme Figura 11.



**Figura 11.** Registrando parâmetros da imagem a ser corrigida.

Nesta etapa, para gerar a imagem re-georreferenciada, optou-se por parâmetros definidos pelo programa ENVI. O método "Nearest neighbor" permite georreferenciar uma imagem mantendo os valores originais de pixel. Simplesmente, o pixel é reposicionado a partir dos parâmetros de georreferenciamento. O resultado poderá ser observado na Figura 12. No caso de ser utilizado os outros dois métodos, a imagem georreferenciada oferecerá uma melhor qualidade de visualização, mas o valor dos pixels terá mudado. Com efeito, estes métodos efetuam uma importante interpolação entre o valor dos pixels de origem para criar um pixel com um novo valor. A aplicação destes métodos não é recomendada antes de uma classificação.

## Resultado:



**Figura 12.** Imagem da esquerda: banda 3 Landsat 2007 antes do georreferenciamento.

Imagem da direita: banda 3 Landsat 2007 após georreferenciamento, na mesma zona de estudo.

Para efetuar o georreferenciamento das demais bandas Landsat, o procedimento é mais simples. Basta que as demais bandas sejam abertas no ENVI e o arquivo contendo os pontos de controle usados na banda 3 sejam aplicados e a etapa mostrada na Figura 11 seja repetida para cada uma das bandas a serem re-georreferenciadas.

Uma verificação se impõe para examinar a qualidade do georreferenciamento e ver se é necessário adicionar mais pontos ou eliminar algum. Isto pode ser feito visualmente ou verificando os valores médios de RMS, calculados automaticamente com a inclusão/exclusão de pontos.

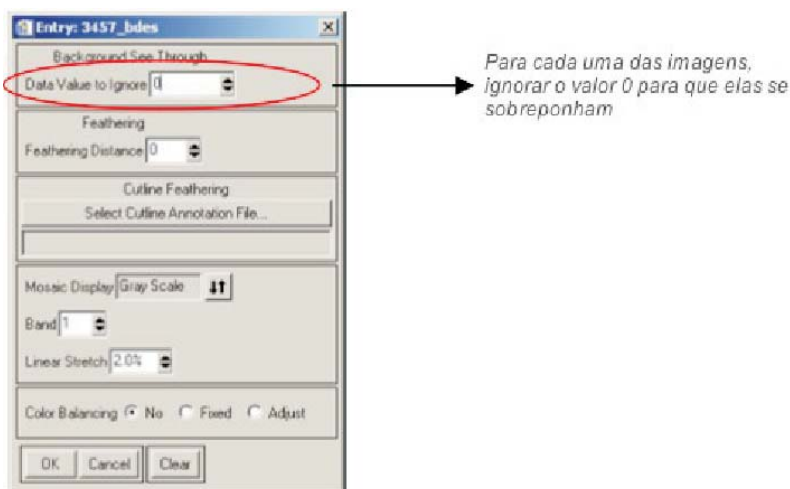
A última etapa antes de iniciar a classificação é a construção de um mosaico entre as imagens 222-081 e 222-082, a fim de ter uma única imagem cobrindo a zona de estudo.

## Metodologia

Ainda no programa ENVI, seguir os seguintes passos: No item “Menu”

do ENVI, selecionar a opção “Basic Tools”, seguido de “Mosaicking” e “Georeferenced”.

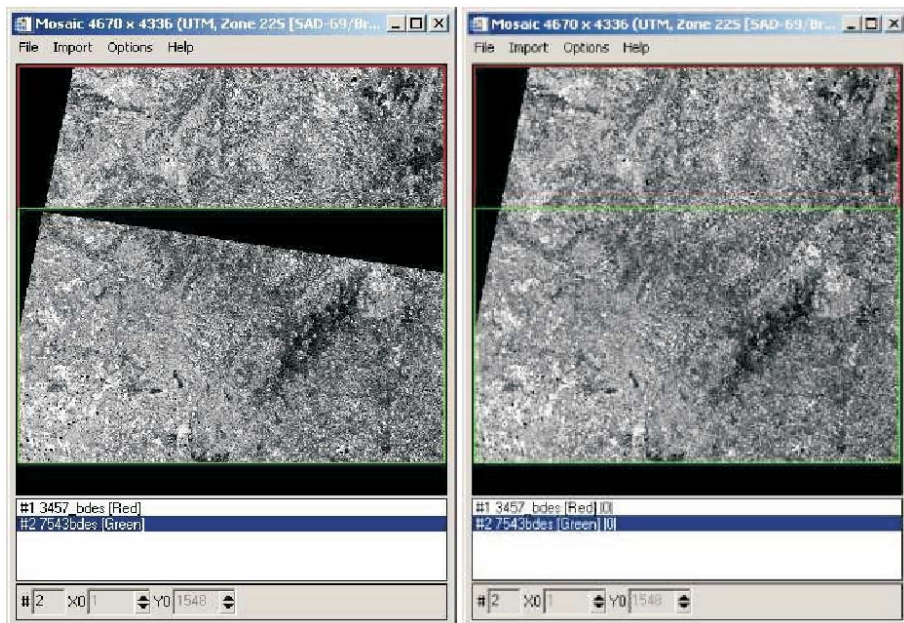
A seguir a janela "Map Based Mosaic" se abre. A seguir no "Menu Import" selecionar a opção “Import files and edit properties” e deve-se selecionar uma das duas imagens (Ex. 222-081), conforme Figura 13.



**Figura 13.** Propriedades de arquivo na construção de mosaico de imagens georreferenciadas.

Repete-se a etapa anterior (Figura 13) com a segunda imagem que comporá o mosaico e ter-se-á o resultado apresentado na Figura 14.





**Figura 14.** A esquerda, as duas imagens sem ignorar o valor zero (Figura 13). A direita, as mesmas imagens ignorando os valores zeros (retângulo verde, imagem 222-082, retângulo vermelho, imagem 222-081).

Para que estas etapas se tornem efetivas deve-se seguir, na opção "Menu file", a opção "Apply" para concluir.

Destaca-se que este mosaico foi realizado com sucesso devido ao fato de que as duas imagens são de mesma data. O mosaico entre duas imagens obtidas em duas datas diferentes necessita uma outra manipulação.

## Resultado:

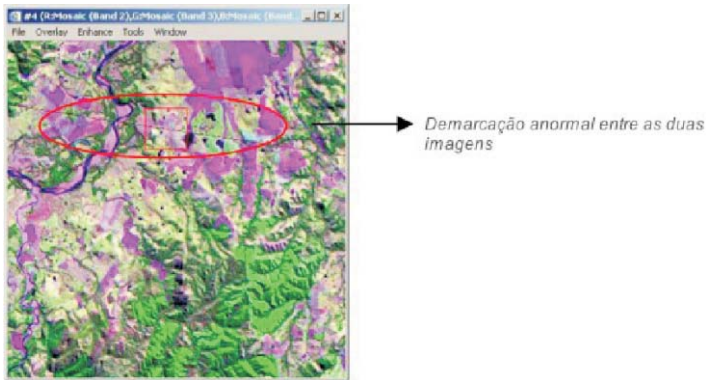


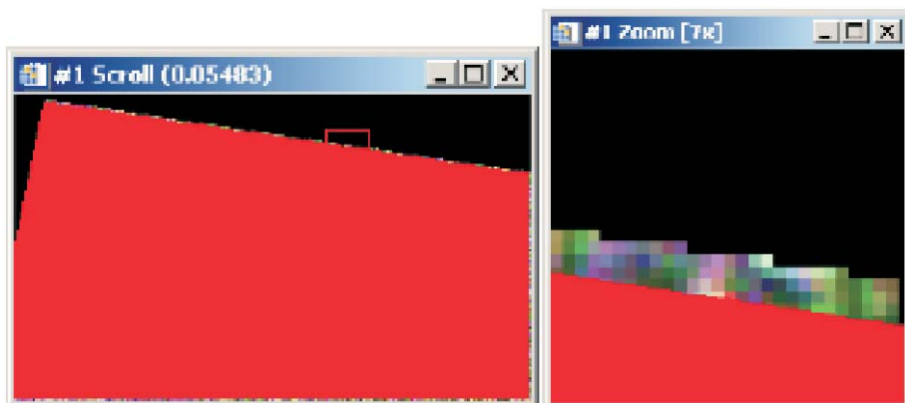
Figura 15. Mosaico ente as imagens Landsat TM 222-082 e 222-081.

O mosaico foi concluído com sucesso. No entanto, pode-se perceber uma demarcação anormal entre as duas imagens (Figura 15). Isto ocorreu devido ao fato que o primeiro georreferenciamento foi realizado sem a utilização do algoritmo do "Nearest Neighbor" (opção demonstrada na Figura 11), mas utilizando um dos métodos que efetuam uma interpolação entre os valores de pixel. Isto gera uma estrutura em escala as margens da imagem que impede encaixe perfeito (desejável).

Este primeiro georreferenciamento foi feito pelo INPE e impossível de ser desfeito. Por outro lado, é possível apagar esta demarcação entre as duas imagens a fim de obter um resultado uniforme.

## Metodologia

No Menu "Windows", deve-se selecionar a opção "Tools" seguido de "Region of interest" e "ROI tool" e sobre cada uma das duas imagens, desenhar um polígono ROI do seguinte modo:



**Figura 16.** Demonstração da opção "ROI tool" do programa ENVI.

O polígono deverá cobrir todo o território de estudo (imagem da esquerda da Figura 16). Rejeita-se unicamente as margens da imagem e a parte preta (imagem da direita da Figura 16). O polígono deve ser salvo com o nome de nossa preferência. Para realizar esta tarefa deve-se seguir os seguintes passo/etapas:

- Construir uma máscara ("Mask"): Para escolher qual janela onde a máscara deverá ser aplicada no Menu ENVI segue-se a opção "Basic Tool" através da opção "Masking" and "Build Mask";
- Região de Interesse (ROI): Consiste em informar a região de interesse para definir a máscara. No exemplo, se refere ao polígono criado acima. Para tal, em "Options" selecione a opção "Import ROI". Importa-se o arquivo do qual o polígono foi registrado anteriormente;
- Aplicar máscara: Novamente no Menu ENVI opção "Basic Tools" seguido de "Masking" selecione agora a opção "Apply mask" para aplicar a máscara definida no passo acima. A seguir ver opções na Figura 17.

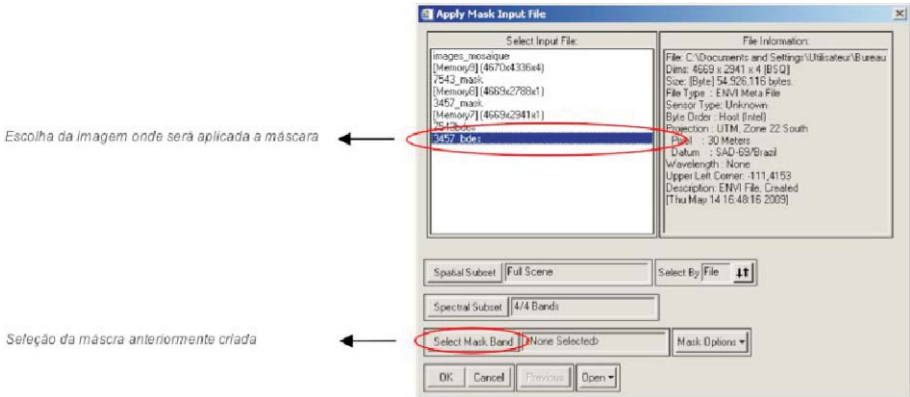
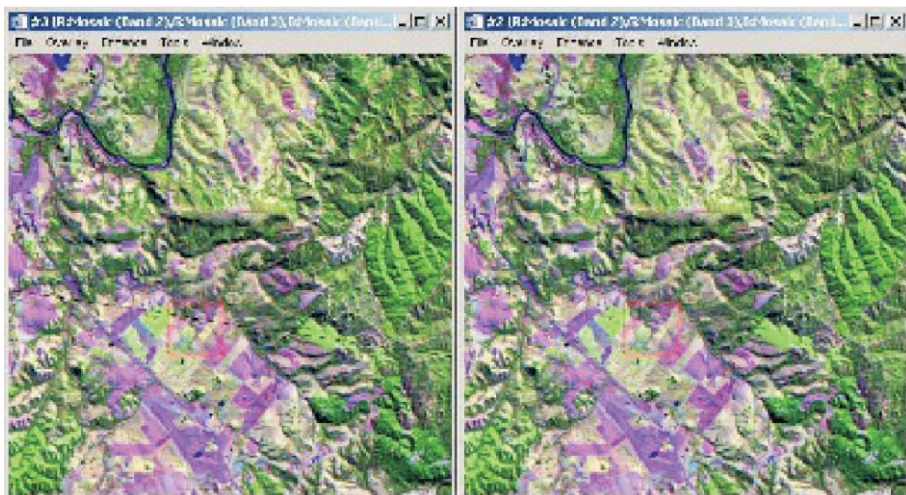


Figura 17. Opções para seleção de arquivo para aplicação de máscara em imagem.

A máscara será criada e aplicada sobre uma de nossas imagens. Então, recomeçamos a mesma operação para a segunda imagem. Uma vez que as máscaras são criadas e aplicadas, repete-se o procedimento anterior para a criação do mosaico de imagens (metodologia descrita antes da Figura 13).

## Resultado e comparação:



**Figura 18.** A esquerda, mosaico antes de eliminar bordas de imagens georreferenciadas com método diferente de "Nearest neighbor". A direita, mosaico construído com as mesmas imagens após as bordas das imagens terem sido eliminadas.

O resultado após o mosaico é perfeito. A demarcação entre as duas imagens desaparece e há uma continuidade entre as duas imagens.

As operações de pré-tratamento são finalmente concluídas. Finalmente pode-se começar a analisar a imagem em forma de mosaico a fim de produzir uma carta de vegetação.

## **Análise de imagens de satélite para a produção de uma carta de vegetação do Alto Camaquã**

A análise do mosaico de imagens Landsat, estabelecida a partir das imagens Landsat 222-081 e 222-082, deve permitir a elaboração de uma carta descrevendo os principais componentes vegetais do Alto Camaquã. Esta carta integrará o Sistema de Informação Geográfica (SIG) interno do Laboratório de Estudos em Agroecologia (LABECO-CPPSul) da Embrapa Pecuária Sul, o qual será mantido e desenvolvido pela equipe deste laboratório através de um crescente acúmulo de informações disponíveis.

### **Análises preliminares**

O estudo é orientado para uma temática ambiental. Deve-se, portanto, iniciar por uma análise do comportamento espectral dos diferentes objetos e pela criação de um neo-canal.

Esta primeira análise será efetuada a partir da Figura 18. Das diversas composições coloridas clássicas, para as quais foram analisados os valores de reflectância dos objetos (Figura 19), e descrevendo a resposta espectral de elementos como água, pastagens naturais, etc., conforme o comprimento de onda. Estes elementos levam a descartar as bandas 1, 2 e 6 da análise, mesmo que a banda 6 (que corresponde ao comprimento de onda de resposta térmica) ajude algumas vezes a diferenciar certos elementos entres estes. No entanto, por apresentar uma resolução espacial de 120m contra os 30m das outras bandas, foram descartadas da análise.

Quanto as bandas 1 e 2, que correspondem aquelas de comprimento de onda compreendida entre 0,45 e 0,60 $\mu$ m, elas foram pouco utilizadas em razão da forte absorção do sinal nos comprimentos de onda.

A criação de um "neo-canal" permite a criação de uma imagem NDVI (sigla da definição em Inglês de Normalized Difference Vegetation Index), que corresponde ao índice de vegetação da diferença normalizada. Este

índice é determinado a partir das bandas 3 (vermelha) e 4 (infravermelho) próxima para imagens do tipo Landsat TM.

O procedimento para obtenção de uma imagem do tipo NDVI segue o cálculo entre imagens seguinte:

$$\text{NDVI} = (\text{Banda 4} - \text{Banda 3}) / (\text{Banda 4} + \text{Banda 3})$$

Os resultados obtidos, no entanto, não aportaram elementos suplementares significativos para nossa interpretação da cobertura vegetal do Alto Camaquã.

Sendo assim, para classificação do mosaico de imagem produzida para o Alto Camaquã foram utilizadas as bandas 3, 4, 5, e 7 e de composições coloridas clássicas.

## **Metodologia e resultados da classificação não-supervisionada**

Na obtenção de informações a partir de sensores remotos, sem o contato direto com o objeto de estudo, os métodos de classificação mais comuns podem ser divididos em duas grandes categorias: Classificação não-supervisionada e classificação supervisionada.

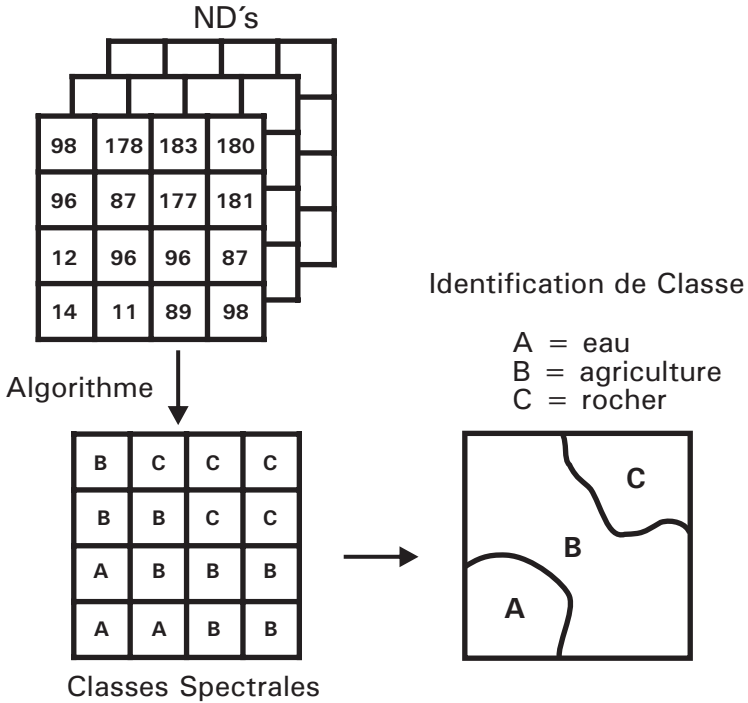
### **Classificação não-supervisionada**

As classes espectrais são formadas em primeiro, baseadas unicamente sobre informações de caráter numérico dos dados. Estas classes são a seguir associadas, por um analista, às classes de informação úteis. Programas chamados de algoritmos de classificação são utilizados para determinar os grupos estatísticos naturais ou as estruturas de dados. O analista pode especificar o número de grupos ou classes que serão formados com os dados. Pode especificar, além disto, certos parâmetros relativos a distância entre as classes e a variância no interior de um grupo de uma classe (Figura 19).

Este processo de classificação interativo permite criar classes que o analista gostaria de combinar, ou classes que deveriam ser separadas novamente. Isto lhe permite ter uma idéia das características que predominam sobre o território de análise, deixando ao programa a

escolha dos principais critérios de classificação.

Contudo, a intervenção humana não é totalmente excluída. Por isto, o começo da análise foi realizada por este tipo de classificação, justificada pelo pouco conhecimento da superfície total do território do Alto Camaquã.



**Figura 19.** Descrição do processo de classificação em modo não supervisionado (RNCAN, 2009).

No programa ENVI existem dois algoritmos que permitem de estabelecer uma classificação não supervisionada: A IsoData e a K-Means (outros programas poderão oferecer outros métodos de classificação). Neste documento serão apresentados os resultados do primeiro método.

## Metodologia

Aqui descrever-se-á os parâmetros de classificação que foram utilizados. Destaca-se que estes são de livre escolha do usuário e variam de uma

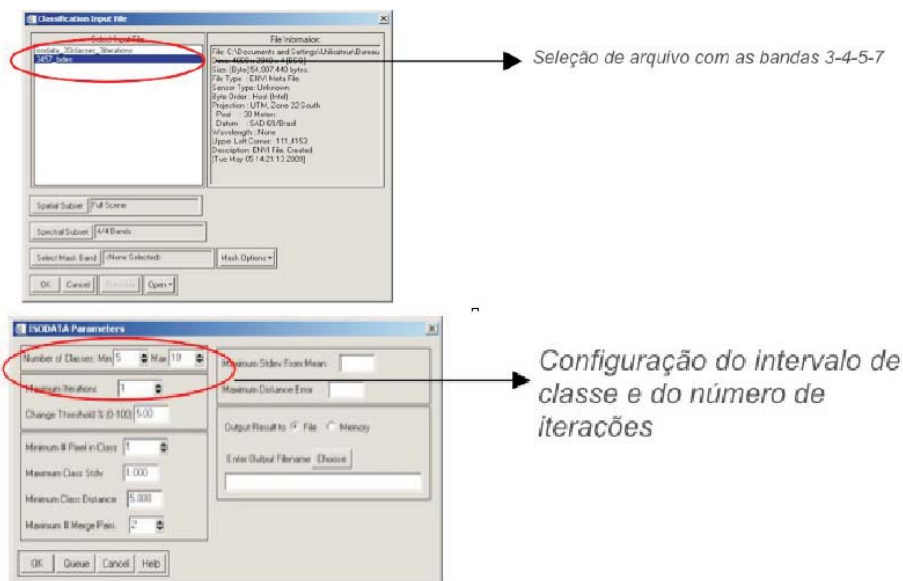


imagem para outra. Para que se obtenha os melhores deveremos fazer vários ensaios.

- a) Bandas espectrais utilizadas: 3, 4, 5, 7;
- b) Iterações: 3;
- c) Intervalo de classe: 15-20.

Passo a passo para a classificação de imagens no programa ENVI:

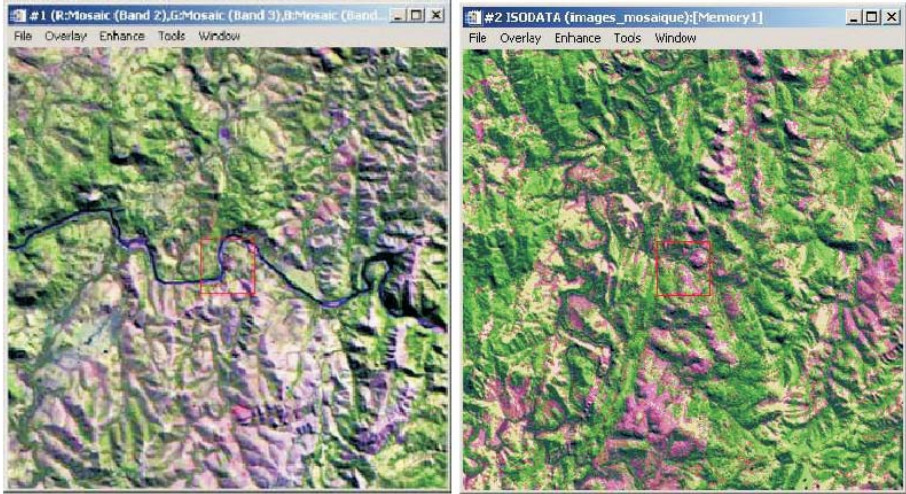
No menu ENVI deve-se selecionar a opção "Classification" seguida da opção "Unsupervised" e "IsoData". A seguir deve-se acompanhar as instruções como apresentado na Figura 20.



**Figura 20.** Procedimento para seleção das Bandas 3-4-5-7, configuração do intervalo de classe e do número de iterações.

## Resultados e comentários

Na Figura 21 pode-se observar o resultado da classificação.



**Figura 21.** Imagem da esquerda com composição colorida clássica das bandas 5-4-3. Já na imagem da direita imagem classificada.

Definindo o número de classes entre 15 e 20, procura-se isolar o máximo de características identificáveis sobre a imagem sujeita à análise. Destacamos que além de 20 classes, a interpretação da imagem se torna complicada e o reagrupamento de classes se torna difícil. Sendo assim, o algoritmo de cálculo nos gerou 20 classes. Em se tratando de uma carta dos principais componentes vegetais, 20 classes é demasiado. Para uma carta interpretável para um número maior de pessoas, principalmente para os manejadores do Alto Camaquã, o número ideal de grupos deve estar entre 8 e 12.

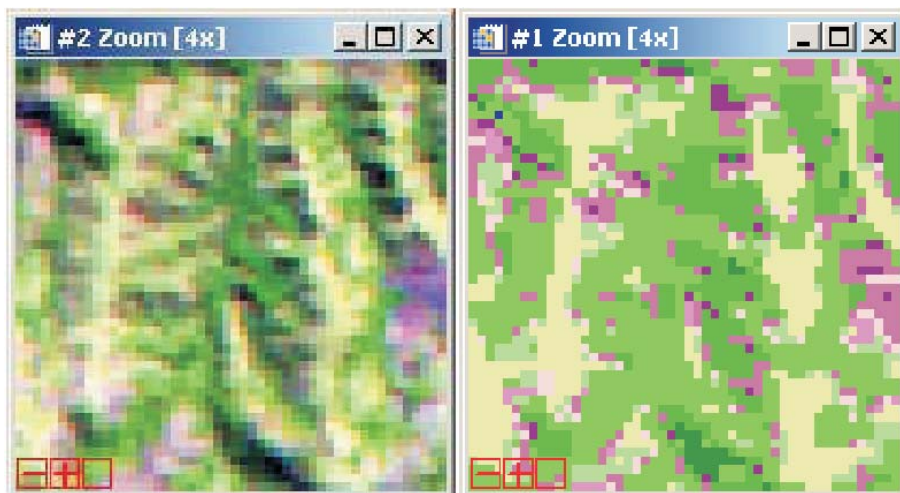
## **Metodologia de reagrupamento**

Passo a passo para o reagrupamento através do programa ENVI.

No Menu ENVI selecionando a opção de classificação, "Classification" seguida por "Post Classification" e "Combine Class" far-se-á o reagrupamento.

Efetuada este trabalho, pode-se perceber que certos reagrupamentos feitos não correspondem mais aos resultados observados na imagem em composição colorida clássica. Este método de classificação não

diferenciou as formações vegetais naturais daquelas como silvicultura. O mesmo problema aparece para as formações herbáceas baixas e contínuas e as formações herbáceas densas (Figura 22).



**Figura 22.** Comparação entre imagem colorida tradicional (esquerda) e imagem classificada e reagrupada (direita).

Pode-se observar na Figura 22, ao centro da imagem da esquerda (imagem de composição colorida composta das imagens 5-4-3), observações interpretadas como floresta de galeria ou floresta natural. No entanto, ao centro da imagem da direita (imagem classificada), o algoritmo interpretou estas observações como sendo de silvicultura.

Estes problemas estão ligados ao método de classificação. Isto é difícil de corrigir, pois o usuário interfere de maneira limitada sobre esta forma de classificação.

No processo de classificação da vegetação no Alto Camaquã, este processo foi, portanto, descartado. Por outro lado, este processo não foi inútil. Por ser rápido, permitiu um melhor reconhecimento da complexidade do território do Alto Camaquã.

## **Metodologia e resultados do método de classificação supervisionado**

Através deste método espera-se reduzir os erros de classificação induzidos pelo método não-supervisionado.

### **Classificação supervisionada**

O analista identifica amostras homogêneas da imagem e que serão representativas de diferentes tipos de superfície da imagem de estudo. A seleção destes "dados testemunhos" é baseada no conhecimento do usuário, sua familiaridade com a região geográfica de estudo e os tipos de superfície apresentados na imagem.

As informações numéricas para cada uma das bandas e para cada pixel destes conjuntos são utilizadas para que o computador possa definir as classes e, em seguida, reconhecer as regiões que apresentam as propriedades similares a cada classe. O computador utiliza um algoritmo para determinar a "assinatura" numérica de cada uma das classes. Vários algoritmos podem ser utilizados.

Uma classificação supervisionada começa, portanto, pela identificação de classes de informação que são em seguida utilizadas para definir as classes espectrais que as representam (Figura 23). A identificação das classes é sempre ligada a um objetivo preciso. No caso em estudo, procuramos estabelecer uma carta de vegetação para o Alto Camaquã.

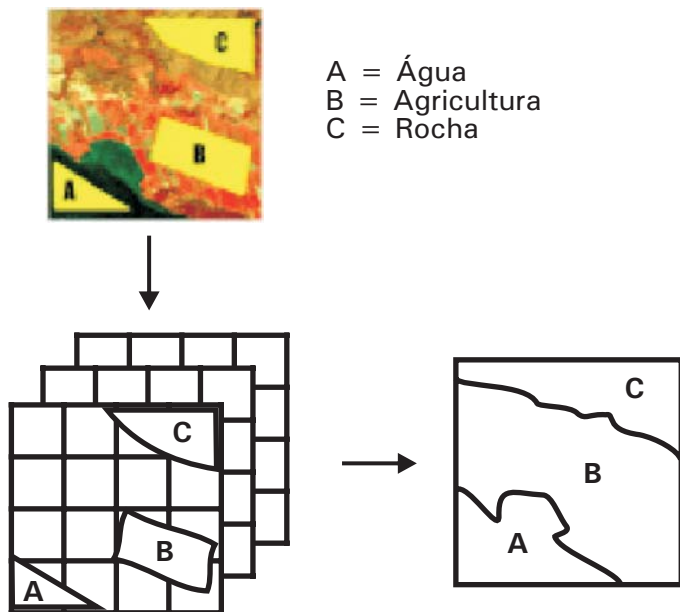


Figura 23. Descrição do processo de classificação em modo supervisionado (RNCAN, 2009).

Para que a classificação seja eficiente, é importante que o analista conheça o território em estudo. Neste caso, o Alto Camaquã. Um território vasto (8671 km<sup>2</sup>) e complexo, pela diversidade e heterogeneidade da cobertura vegetal.

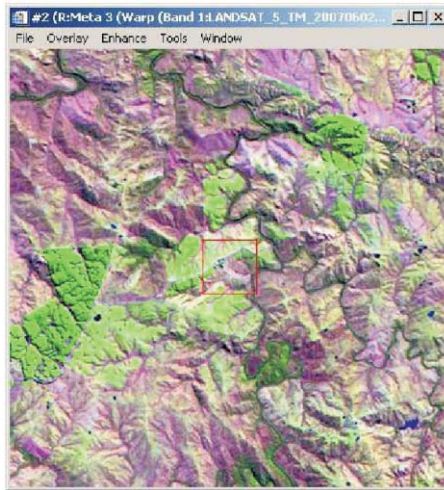
Tendo isto em consideração, um trabalho de campo foi realizado para efetuar amostragens de ponto com GPS, que permitiram caracterizar grandes tipos de formações vegetais observadas e as localizar em função de suas orientações. Assim, em dois dias, a parte leste do Alto Camaquã foi percorrida. Neste trabalho, 173 pontos e 35 fotos foram levantados. O conjunto destes pontos foi integrado a imagem Landsat a fim de facilitar sua interpretação.

## Metodologia

A classificação da vegetação neste processo utilizou as mesmas imagens utilizadas no método anterior (bandas 3-4-5-5 do mosaico de imagens

Landsat para o Alto Camaquã). Utilizando este método o usuário define suas classes. Sobre uma composição colorida de sua escolha o analista desenha polígonos, de preferência aqueles que mostram o maior contraste, indicando a que corresponde estes polígonos (água, floresta de acácia, etc.).

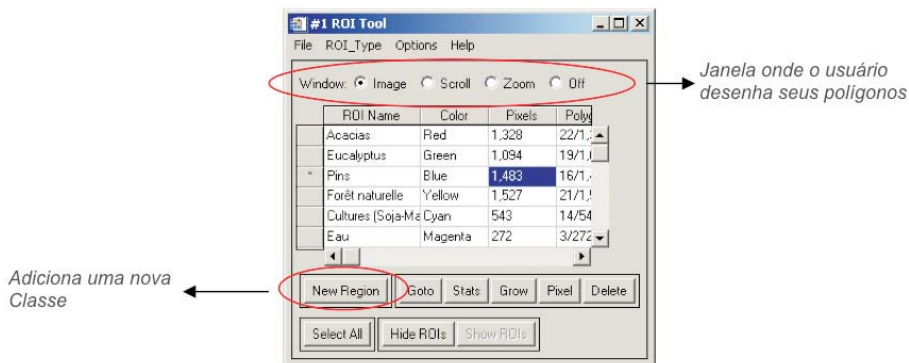
A partir do exemplo apresentado na Figura 24 destaca-se como área de contraste o quadrado em vermelho. Esta é uma imagem colorida clássica onde considera-se como banda vermelha a banda 5, verde a banda 4 e azul a banda 3. O resultado da classificação pode ser observado na mesma Figura 25.



**Figura 24.** Composição colorida clássica (bandas 5-4-3). O polígono em vermelho é um exemplo de ponto de contraste para classificação.

Passo a passo para a definição da região de interesse para classificação:

- No "Menu Display" deve-se selecionar a opção "Tools" seguida pela "Region of interest" e "ROI Tools". A seguir definir como a Figura 25.



**Figura 25.** Definições de Região de Interesse (ROI).

Ao final, tendo como referência os resultados das análises realizadas anteriormente (análise das respostas espectrais, criação de um "neo-canal", análise das classificações não-supervisionadas) e das amostragens GPS, foram determinadas nove classes:

- a) Monocultivos de acácias;
- b) Monocultivos de eucalipto;
- c) Monocultivos de soja e/ou milho;
- d) Formações rochosas;
- e) Água;
- f) Formações herbáceas rasas contínuas;
- g) Formações herbáceas densas;
- h) Matorral;
- i) Zona de confusão.

Uma vez a definição destas classes terem sido efetuadas procede-se da seguinte maneira para aplicá-las: No "Menu ENVI" deve-se selecionar a opção "Classification", seguido de "Supervised" e "Maximum Likelihood".

Assim, selecionando as bandas espectrais 3, 4, 5 e 7, a janela "Maximum Likelihood Parameters" aparece. Para cada uma das classes, seleciona-se uma por vez e inicia-se o cálculo:

Máxima verossemelhança: método de decisão estatística fundado sobre o cálculo da verossemelhança entre valores de pixels, permitindo classificar os elementos de uma imagem nas classes espectrais sem modificar o valor original do pixel. Outros algoritmos de cálculo são propostos (mínima distância, etc.). No entanto, estes não ofereceram resultados pertinentes.

## Resultados

Para apresentar os resultados compreensíveis e interpretáveis, segue algumas manipulações recomendadas: Na barra horizontal do programa ENVI deve-se escolher a opção "Menu" selecione "Classification", seguido de "Post classification" e "Assign Class colors".

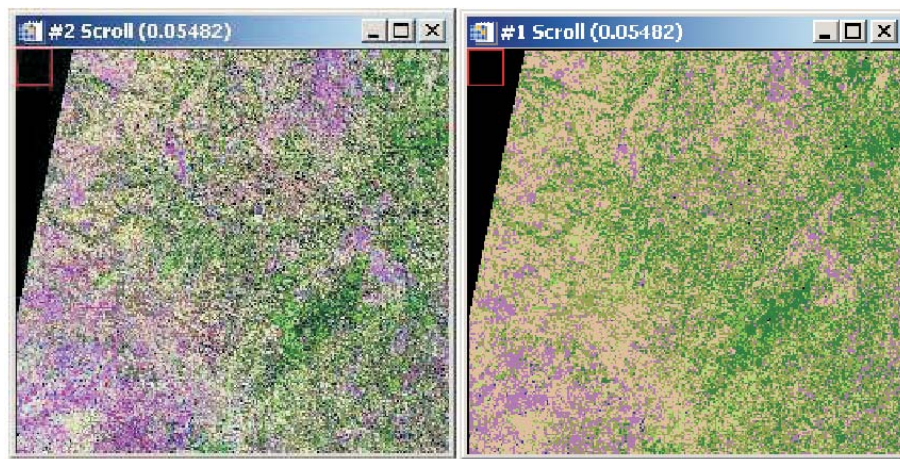
Isto apresenta a imagem classificada com as mesmas cores que aquelas da imagem da composição colorida clássica (Figura 26). A principal finalidade é facilitar a avaliação da qualidade da classificação.

Para melhorar a qualidade da imagem a seguir: na barra horizontal deve-se escolher "Menu", "Classification" seguido de "Post classification" e "Majority/Minority Analysis ou Clump Classes".

Este passo melhora a qualidade da imagem, efetuando uma atenuação das diferenças entre pixels (Figura 26, imagem da direita).

A seguir para unir as duas janelas: no "Menu Display", opção "Tools" deve-se selecionar "Link Displays". Para mostrar o conteúdo do objeto observado siga o roteiro anterior até a opção "Tools" e selecionar a opção "Cursor Location/Value".





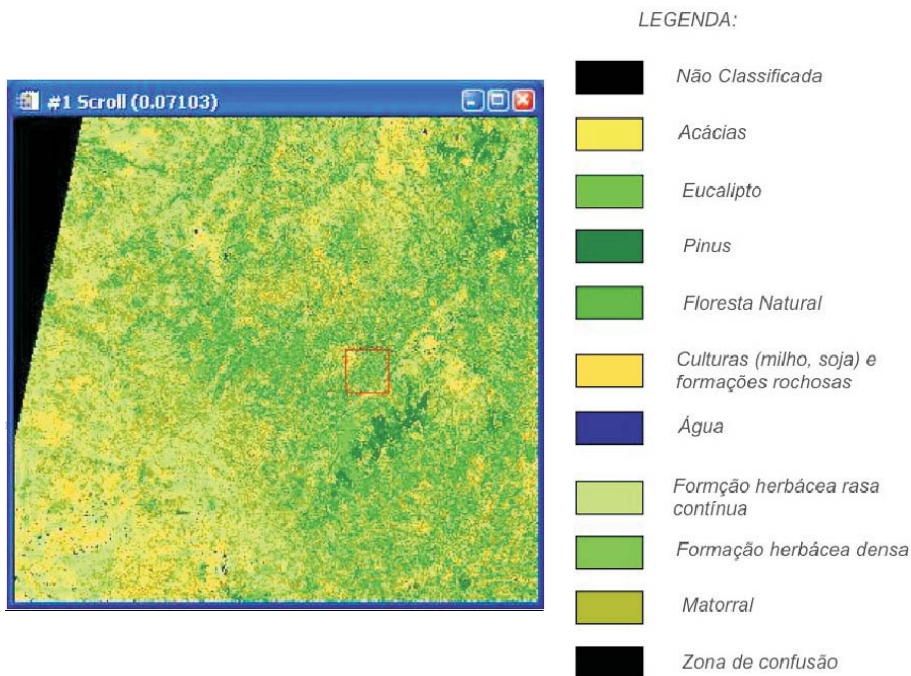
**Figura 26.** Comparação entre uma imagem colorida clássica produzida a partir das bandas 5-4-3, à esquerda e uma imagem classificada ajustada, à direita.

O resultado desta classificação apóia-se nos resultados das análises realizadas anteriormente (análise de resposta espectral, criação de um "neo-canal", análise das classificações não supervisionadas), sobre a integração dos pontos GPS à imagem Landsat e sobre a análise de várias classificações supervisionadas intermediárias.

Estas etapas permitem verificar a qualidade do trabalho realizado, e comparar com diferentes composições coloridas clássicas (Figura 26).

### Resultado Final

O programa ENVI Marca Registrada não é adaptado para a produção de uma carta. É recomendado exportar o trabalho realizado para um outro programa adequado.



**Figura 27.** Mapa de vegetação para a região onde se insere o Alto Camaquã.

Para exportar a imagem na barra de ferramentas horizontal do programa ENVI selecionar “Menu” seguido da opção “File” e “Save File As”. Vários formatos de arquivos serão propostos. Sugere exportar no formato TIFF/GeoTIFF.

Esta etapa permite a exportação da imagem apresentada na Figura 26 em vários formatos. Opta-se pelo formato TIFF/GeoTIFF compatível com a maioria dos programas de SIG.

Neste caso, o trabalho deve ser integrado ao programa ArcMap®, pois integrará o sistema de informação geográfica do LABECO-CPPSul para o Alto Camaquã, somente exploramos a opção captura de tela do ENVI, outras ferramentas são disponíveis.

A complexidade do território estudado dificultou bastante o trabalho, devido a própria cobertura da superfície do mesmo, bem como pela ausência de conhecimento e dados prévios para a zona de estudo.

## Referências

BOLDRINI, I. B. Campos no Rio Grande do Sul: fisionomia e problemática ocupacional. **Boletim do Instituto de Biociências da UFRGS**, Porto Alegre, v. 56, p. 1-39, 1997.

BOLDRINI, I. I. ; EGGERS, L. Directionality of succession after grazing exclusion in grassland in the south of Brazil. **Coenoses**, Gorizia, v. 12, n. 2-3, p. 63-66, Mar. 1997.

EOEDU. **L'observation de la terre pour tous**: petit guide de la télédétection. Disponível em:  
<[http://eoedu.belspo.be/noflash/menu\\_fr.htm](http://eoedu.belspo.be/noflash/menu_fr.htm)>. Acesso em: 13 set. 2009.

INPE. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em:  
<<http://www.inpe.org.br>>. Acesso em: 13 set. 2009.

OVERBECK, G. F.; MILLER, S. C.; PILLAR, V. D.; PFADENHAUER, J. Fine-scale post-fire dynamics in southern Brazilian subtropical grassland. **Journal of Vegetation Science**, Knivsta, v. 16, n. 6, p. 655-664, Dec. 2005.

RNCAN. **Ressources naturelles Canada**. Disponível em:  
<[http://cct.rncan.gc.ca/index\\_f.php](http://cct.rncan.gc.ca/index_f.php)>. Acesso em: 13 set. 2009.

**Embrapa**

---

**Pecuária Sul**

CGPE 9091

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

