

**LONGA SÉRIE TEMPORAL DE DADOS MULTISENORES PARA  
AVALIAÇÃO DA DINÂMICA DE MUDANÇA E USO DA TERRA. AREAS  
CAMPESTRES PARA SILVICULTURA, ENTRE OS ANOS DE 1973 A 2013,  
EM CANGUÇU (RS)**

**LONG TIME SERIES OF MULTISENSOR DATA FOR EVALUATION OF  
LAND USE LAND CHANGE DYNAMICS. GRASSLANDS TO  
SILVICULTURE, FROM 1973 TO 2013, IN CANGUÇU (RS)**

**Leonardo Henrique Gomes da Silva<sup>1</sup>  
Enio Egon Sosinski Junior<sup>2</sup>  
Adalberto Koiti Miura<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas**  
leonhgs@gmail.com

**<sup>2</sup>Embrapa Clima Temperado**  
**Laboratório de planejamento ambiental**  
enio.sosinski@embrapa.br  
adalberto.miura@embrapa.br

**RESUMO**

A dinâmica de uso e cobertura da terra reflete, em muitos casos, a ocupação dos territórios e a transição de ciclos naturais e/ou econômicos. Neste contexto, a região sul do Rio Grande do Sul tem longo histórico de colonização e aproveitamento econômico do espaço e dos recursos naturais associados, na qual a análise da dinâmica do uso das terras permite observar os diferentes ciclos de exploração econômica. O presente estudo tem como objetivo realizar uma análise temporal da conversão de uma área campestre para um plantio florestal de acácia negra, durante o período de 1973 a 2013, no Município de Canguçu (RS), nas proximidades do limite municipal com Amaral Ferrador. Neste trabalho adotou-se uma abordagem metodológica multisensor, na qual foram utilizadas aerofotografias analógicas datadas de 1973, provenientes um aerolevante solicitado pelo Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), concomitantemente a dois conjuntos de imagens orbitais obtidas através dos sensores TM (Thematic Mapper), a bordo do satélite Landsat 5, e OLI (Operational Land Imager) da plataforma Landsat 8, respectivamente datadas de 1993 e 2013. Ao conjunto de dados foi aplicada técnicas de processamento digital de imagens a fim de registrar geometricamente, obter mosaico digital semicontrolado (aerofotos) e atingir contraste e realce adequados para inspeção visual e extração temática. A partir da aplicação da técnica de imagem diferença e da classificação supervisionada pelo algoritmo da máxima verossimilhança, foi possível observar as mudanças no uso da terra, incluindo-se a conversão de áreas campestres em plantios florestais. Em relação a área separada para análise foram detectados no território analisado, para o ano de 1973, cerca de 72% de áreas campestres (campos, pastagens e estágios sucessionais predominantemente herbáceos), para 1993 já se encontravam aproximadamente 55% e em 2013 a área decresceu para aproximadamente 48%, números que refletem a mudança do uso do solo para outros fins, como plantações de acácia negra ao sul do Rio Camaquã, na divisa municipal. Ao avaliar-se apenas as regiões nas quais, atualmente, encontram-se os florestamentos de acácia, calcula-se que cerca de 450 ha de fisionomias campestres foram convertidas para este fim. A geração de um banco de dados geográficos que contém uma

longa série temporal de dados multisensores fornece oportunidade para detectar as mudanças na cobertura e no uso das terras que contribuem para elucidação de questões ambientais presentes e compreensão de tendências socioeconômicas do território analisado.

Palavras-Chave: Dinâmica de Uso e Cobertura das Terras, Sensoriamento Remoto, Acácia Negra, Canguçu (RS).

## ABSTRACT

The land use and land cover dynamic reflects, in many cases, the natural occupation of the territories and the transition between economic cycles. In this context, the southern Rio Grande do Sul has a long history of colonization and economic exploitation of landscape and associated depletion of natural resources, in which the analysis of the dynamics of land use allows us to observe and assess the different cycles of socio-economic changes. In this study, we aim at to conduct a temporal analysis of the suppression of a natural grassland area by a forest plantation of black wattle, from 1973 to 2013, in the Canguçu municipality (RS), near the boundary of the Amaral Ferrador city. We adopted a multisensor methodological approach, in which analog aerial photographs from one aerial survey requested in 1973 by the National Department of Sanitation Works (DNOS) were used together with two sets of satellite images obtained by sensor TM (Thematic Mapper) on board the Landsat 5 and OLI (Operational Land Imager) of Landsat 8 platform, dated correspondingly to 1993 and 2013. We applied techniques of digital image processing upon this dataset to geometrically register and to achieve semi-controlled digital mosaic (aerial photographs) and to reach adequate enhancement and contrast for visual inspection and thematic extraction. By applying both the technique of image difference and supervised classification by maximum likelihood algorithm, we observed the changes in land use and land cover, as well as the conversion of grasslands in forest plantations. We detected about 72% with grassland vegetation for the year 1973 and about 55% for 1993 and for 2013 the area has decreased by approximately 48%. Those numbers reflect the change of land use for other purposes, such as black wattle plantations in the south of Camaquã River, at the municipal boundary. When we evaluated only the regions where are currently the silviculture, it was estimated that around 450 ha of grassland physiognomies were converted to the timber purpose. The assembly of a geographic database that contains a long time series of multisensor data provides an opportunity to detect changes in land use and land cover that contribute to the elucidation of environmental issues and the understanding of socio-economic trends for the analyzed landscapes.

Key words: Land change land use, Remote sensing, Acácia, Black wattle, Canguçu (RS).

## 1. INTRODUÇÃO

Os usos de imagens aéreas de média a alta resolução oferecem grandes possibilidades na obtenção de informações de apoio ao monitoramento, pesquisa e planejamento territorial oferecendo novas possibilidades na análise de superfície e modelagem espacial. Entretanto, o avanço tecnológico rápido, com constantes mudanças e descontinuidades nas formas de obtenção de informações de diferentes sensores remotos tem algumas vezes dificultado a padronização dos protocolos e processos para estudos que buscam análises de superfícies em prazos mais longos.

Diz a Sociedade internacional de Sensoriamento Remoto e Fotogrametria (ISPRS) que Fotogrametria e Sensoriamento Remoto são arte, ciência e a tecnologia para se obter informações através de um sensor remoto da Terra e outros meio-ambientes sem contato direto e ainda segundo Novo (2010, pag. 29) o desenvolvimento do sensoriamento remoto é ligado ao desenvolvimento da fotografia e à pesquisa espacial. Sabendo disso uma análise entre antigas fotografias com imagens obtidas digitalmente através de sensores imageadores a bordo de satélites orbitais podem disponibilizar uma rica quantidade de dados, possibilitando uma ótima análise temporal.

Estudos de dinâmica da mudança do uso da terra em longo prazo nos permitem monitorar ou avaliar como as feições de determinadas áreas vem sendo alteradas. Quando aliamos a estas observações das feições a ciência do Sensoriamento Remoto, podemos obter uma infinidade de dados de diferentes alvos em uma mesma cena e então identificar alvos de diversas maneiras.

## 2. METODOLOGIA

A área de estudo compreende a área abrangência da carta planialtimétrica denominada Amaral Ferrador, elaborada pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG), identificada pela nomenclatura de articulação sistemática SH-22-Y-B-IV-3 e pelo código de Mapa Índice MI 2998/3. Nela estão inseridos dados e informações terrestres mapeados entre as coordenadas 30°45' e 21°00' de latitude sul, e 52°15' e 52°39' de longitude oeste. Área indicada pela figura 1.

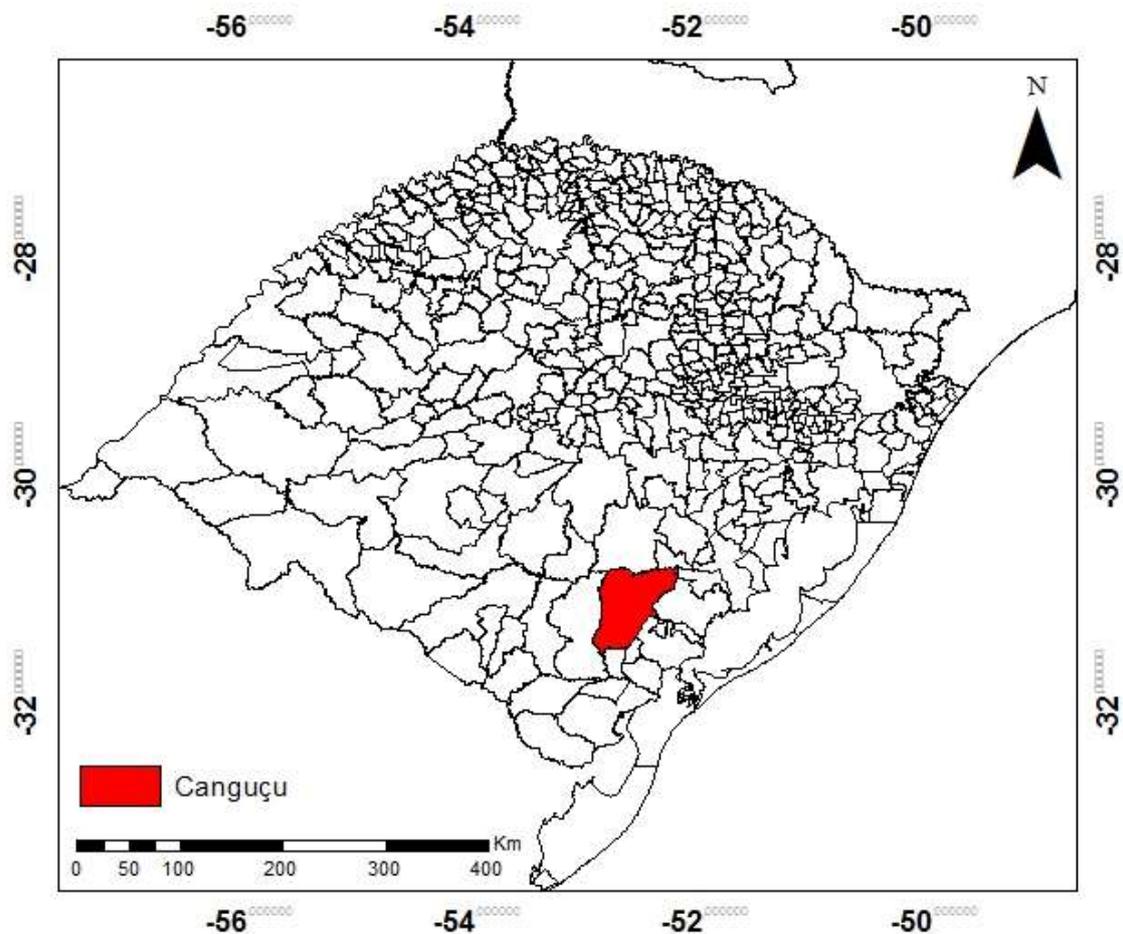


Fig 1 - Localização do limite municipal Canguçu. Fonte: IBGE

Foram utilizadas fotografias aéreas de um levantamento referente ao Ministério da Aeronáutica, comando costeiro, 1° 6° grupo de aviação da Base Aérea do Recife, correspondente PROJ 01/FAB-DNOS-72, datadas de: 12/03/73, com modelo de câmera ZEIS RMK-A 15,23, distância focal 152,56mm, com escala de 1:30.000. As fotografias pertencentes a faixa 5 do levantamento e contidas ao intervalo entre fotos n° 58 a 65 recobrem a cidade de Amaral Ferrador-RS e região do entorno, divisa com os municípios de Canguçu e Cristal e recobrem a área demarcada no software Google Earth exemplificada na figura 2.

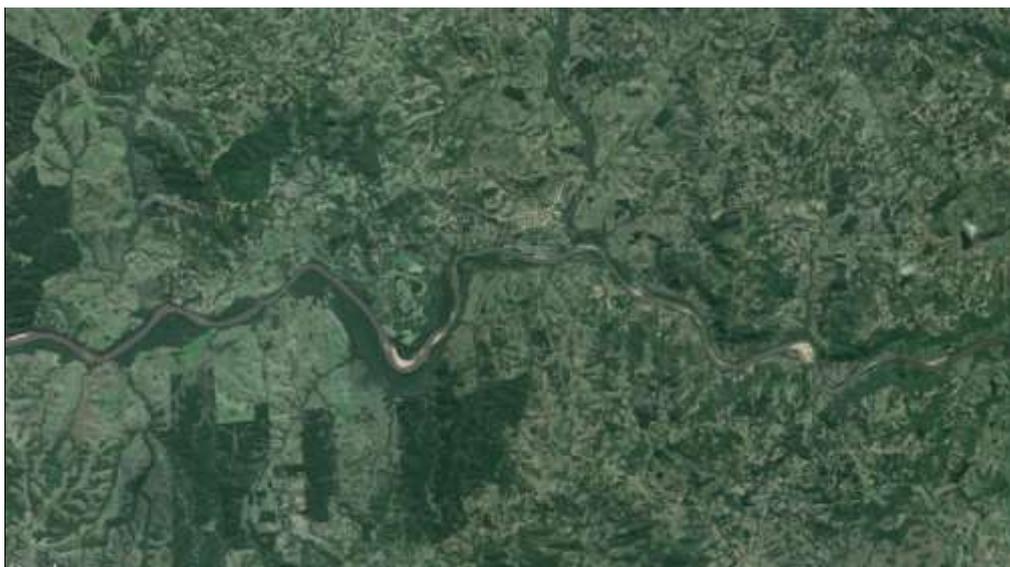


Fig 2 - Localização da área de análise nas proximidades de Amaral Ferrador-RS, fonte: Google Earth

Concomitantemente as aerofotos foram utilizadas duas imagens obtidas dos sensores a bordo dos satélites LANDSAT 8 e LANDSAT 5, sendo eles OLI (*Operational Land Imager*) e TM (*Thematic Mapper*) respectivamente, datadas de 15/05/2013 e 02/11/1993, cenas de orbita ponto 222/81, disponíveis nos bancos de dados do GLOVIS (*USGS Global Visualization Viewer* -<http://glovis.usgs.gov/>). As bandas utilizadas para vetorização e georreferenciamento foram as bandas 2,3,4, 5 e 8 correspondentes as frequências do azul (B), verde (G), vermelho (R), infravermelho próximo e a banda pancromática (PAN) para o Landsat 8 e para vetorização da outra imagem foram utilizadas as bandas 1,2 e 3, correspondentes a azul (B), verde (G), vermelho (R). A banda PAN foi utilizada por possuir uma resolução espacial maior permitindo melhor visualização de alvos do contorno os alvos e oferecer uma maior distinção de sombra e rugosidade para o operador.

As fotos da faixa do aerolevanteamento que se encontravam em formato físico foram digitalizadas com uma resolução de 200dpi (Avisión A3 Flatbed Scanner FB5000), e em seguida foram escolhidas quais recobririam a área de estudo, para delimitação da região de abrangência. Para o georreferenciamento, foi utilizada a imagem LANDSAT 8 como base, uma vez que esta é obtida georreferenciada no banco de dados do GLOVIS. Foram usados como pontos de controle cruzamento de estradas e outras feições reconhecíveis que sobreviveram ao tempo; intervalo entre as fotos e a imagem LANDSAT8 que possui a banda PAN com resolução geométrica de 15m. O número de pontos de controle variou de acordo com as feições que cada cena possuía, nunca sendo maior do que 1 para um resultado aceitável.

Com o recurso de montar mosaicos oferecidos pelo sistema de informação geográfica (SIG), as fotos georreferenciadas serviram de base para um mosaico controlado que continha a área desejada de estudo, onde foi editado a fim de permitir um melhor resultado.

Para acompanhar as mudanças no estado dos alvos, eles foram classificados de maneira que a precisão fosse a maior possível, levando em conta que a condição das fotografias que formaram o mosaico não permitiu a classificação de todos os alvos de maneira semi automática. No trabalho com fotos simples, como as de aerolevanteamentos antigos, não existem bandas maior que “um” para comparação dos alvos. Desta forma, o SIG leva em conta somente o Nível de Cinza dos pixels dessa única banda, logo a presença de manchas nas fotografias contribuiu para a confusão do SIG. Logo foram utilizadas de técnicas de produto digital de imagem para se obter o melhor resultado possível em cima da classificação do mosaico.

Os mapas apresentados e utilizados para a análise foram gerados através do software ArcGis 9.3 (ESRI, 2008) o qual apresenta uma resposta de qualidade e rápida de ser obtida. Também foi utilizado software Google Earth (GOOGLE, 2013), na identificação, geoprocessamento e acompanhamento das áreas de estudos. A montagem dos mosaicos e classificação das imagens foi realizada com ajuda do pacote computacional SPRING (CAMARA et al, 1996).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Mosaico gerado através do aerolevanteamento (figura 3) mostrou-se satisfatório mesmo com a degradação dos pixels e com a qualidade que se encontravam as fotografias e permitiu que se realizasse a análise nos alvos desejados. No Mosaico facilmente se observa um dos itens que sempre atrapalha aerolevanteamentos, a presença de nuvens na parte superior esquerda do mosaico causando um fator que degradante do resultando e impossibilitando que se obtenha a visão precisa dos alvos naquela região.

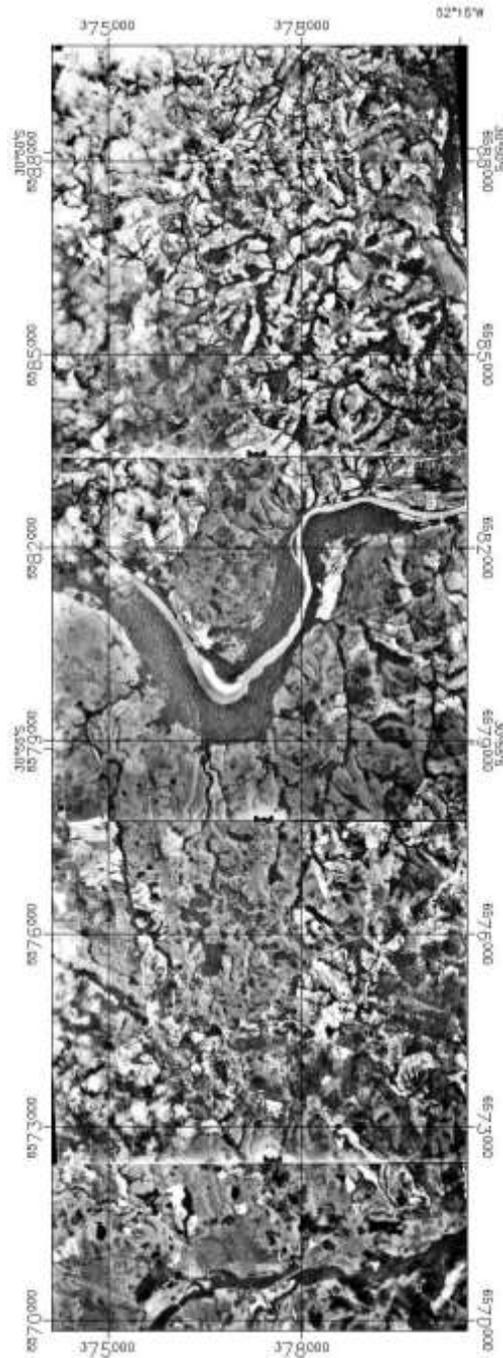


Fig. 3 - Mosaico controlado das fotos de aerolevanteamento em Níveis de Cinza.  
(Fonte: Arquivo pessoal)

Já que para o caso foi utilizada apenas uma faixa imageada do aerolevanteamento, um recorte foi realizado na imagem do Landsat 8 e 5, para que essas recobrissem a mesma área que o mosaico a fim de obter uma análise fiel.



Fig. 4 - Recorte da imagem LANDSAT8 com composição das bandas na faixa do visível

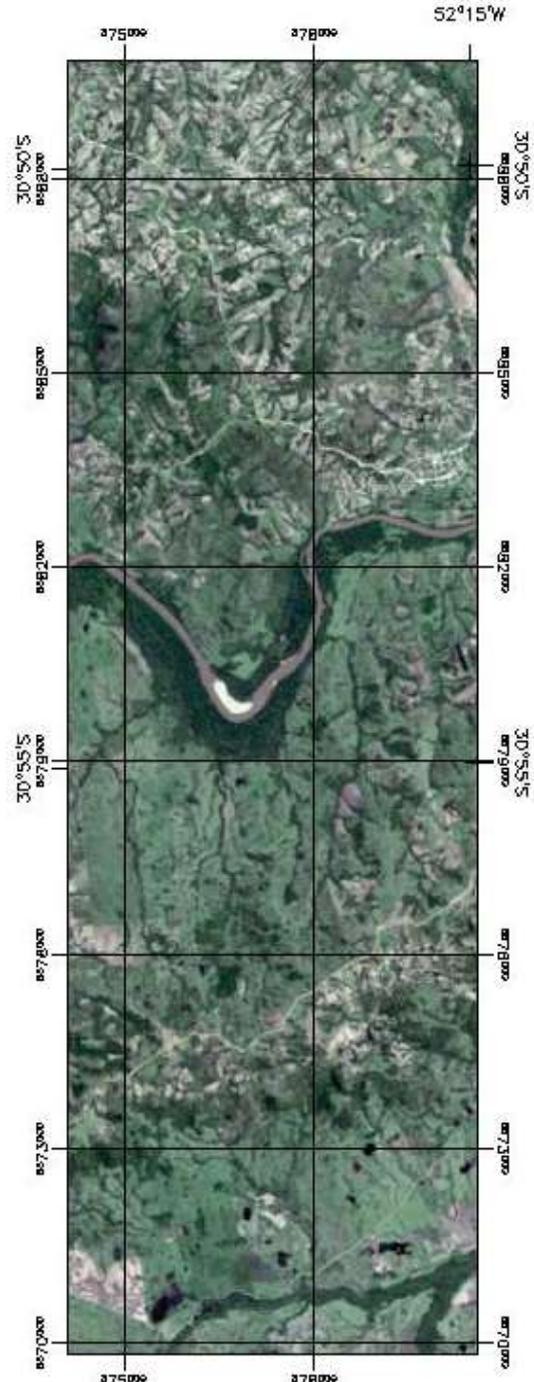


Fig. 5 - Recorte da imagem LANDSAT5 com composição das bandas na faixa do visível

Para estudarmos a dinâmica da mudança do uso da terra de áreas campestres para silvicultura, é necessário conhecer melhor os alvos estudados, para isso a cena foi dividida em dois conjuntos de classes, áreas campestres e vegetação florestal, onde vegetação rasteira foi incluída na classe de áreas campestres. Tal divisão nos permite analisar em quais lugares houve a conversão dos alvos, primeiramente são estudadas as áreas campestres.

Exemplificado no mosaico, o ano de 1973, demonstrou o maior número de áreas campestres na cena, sendo em números 9.205,695 Hectares calculados pelo SIG de área entre solos expostos e gramíneas, tal número que só foi obtido pelas utilizações de técnicas sobre as fotos do mosaico até o resultado ser satisfatório, tal resultado é exemplificado na Figura 6.

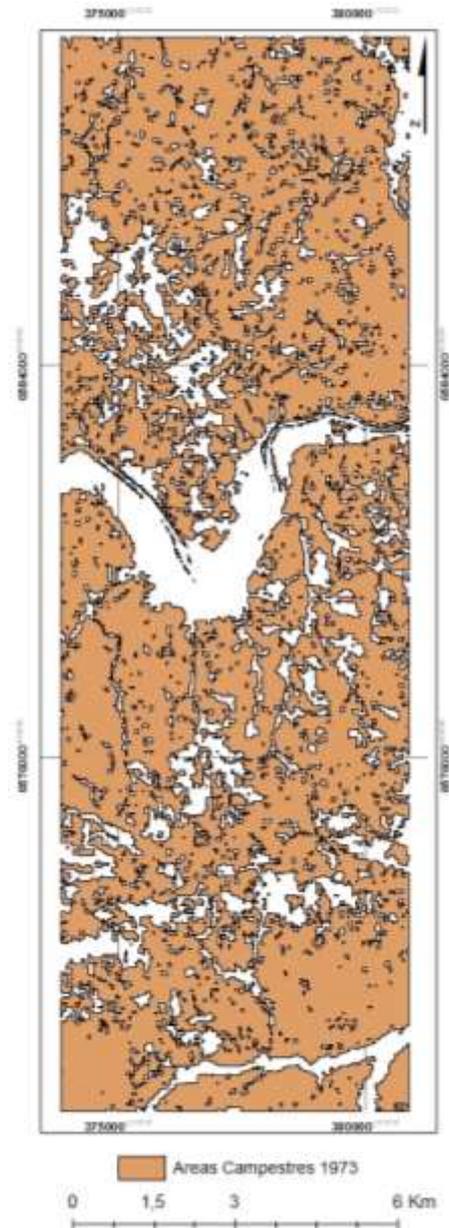


Fig. 6 - Distribuição das áreas campestres para 1973  
(Fonte: acervo pessoal)

Nas imagens Landsat, a classificação foi mais precisa que no mosaico, tendo uma baixa confusão de pixels, para o ano de 1993 foram calculados 7.113,51 Hectares de área de áreas campestres, já apresentando uma diferenciação de aproximadamente 2.000 ha a menos em relação a 1973, já para a imagem de 2013 tem-se 6.214,365 ha, 1000 ha a menos que 1993 e 3000 ha a menos que 1973, ou seja, cerca de 3000 ha foram convertidas a outra utilização. Resultados demonstrados nas figuras 7 e 8.

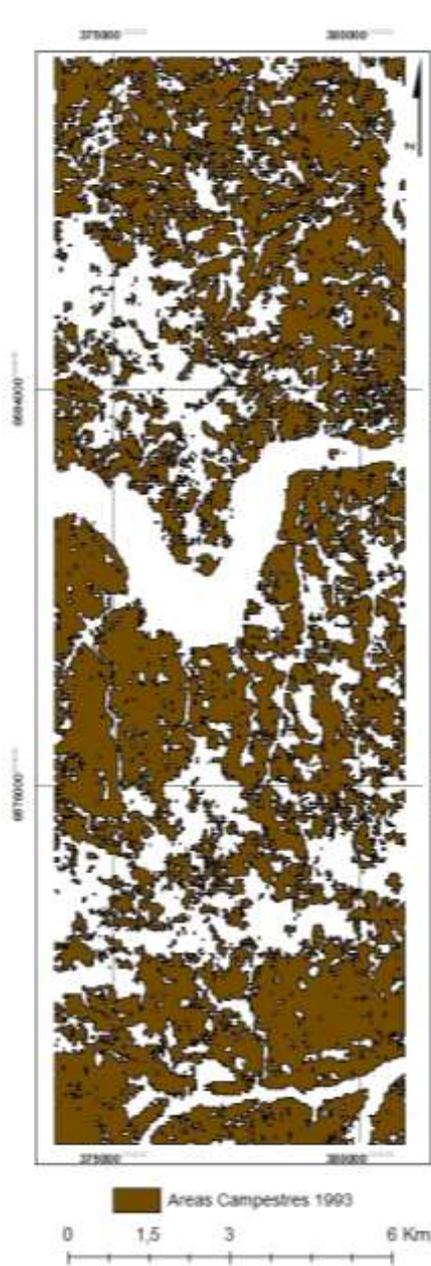


Fig. 7 - Distribuição das áreas campestres para 1993 (Fonte: Acervo pessoal)

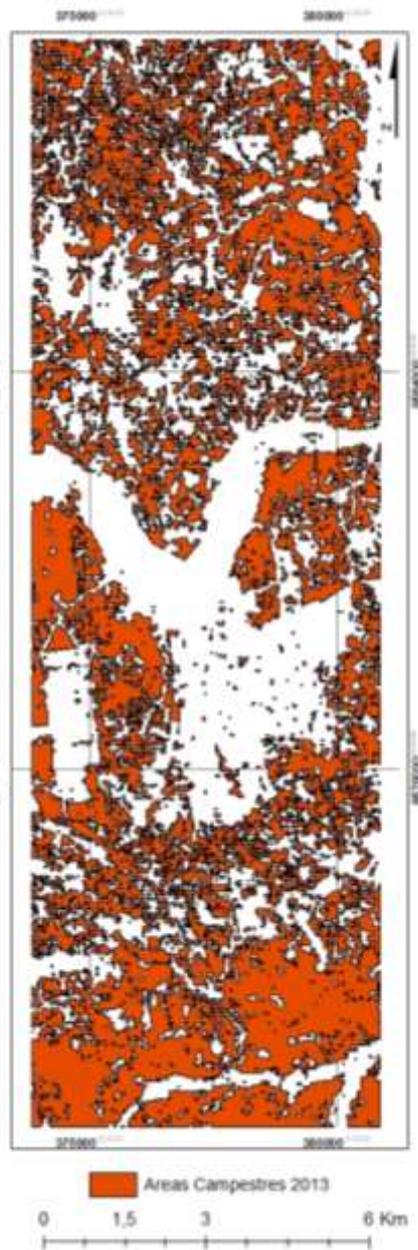


Fig. 8 - Distribuição das áreas campestres para 2013 (Fonte: Acervo pessoal)

Para compararmos a vegetação entre as cenas, uma sobreposição simples entre as classificações não dá à resposta necessária, logo, é necessário buscar outras maneiras para realizar a análise. Nesse caso a aerofoto se mostrou um recurso não tão usual nas condições em que foi trabalhada primeiramente, tendo então que se buscar aplicações de métodos para a melhora do resultado já que as digitalizações das fotos causaram degradação de pixel, fazendo que a resolução espacial no formato físico aparentasse ser maior que a de formato digital. Devido à falta dessa informação que diz qual data de impressão das fotos, assumiu-se que assim como o aerolevanteamento elas tenham aproximadamente 40 anos, durante esse tempo o manuseio e o tempo ocasionaram na degradação das fotografias, resultando em manchas nas bordas, marcas de amassado e outros desgastes que o SIG identificou como informações, confundindo então os classificadores e resultando numa precisão não muito boa em primeiro caso. Com isso podemos observar o desenvolvimento do alvo vegetação nas cenas:

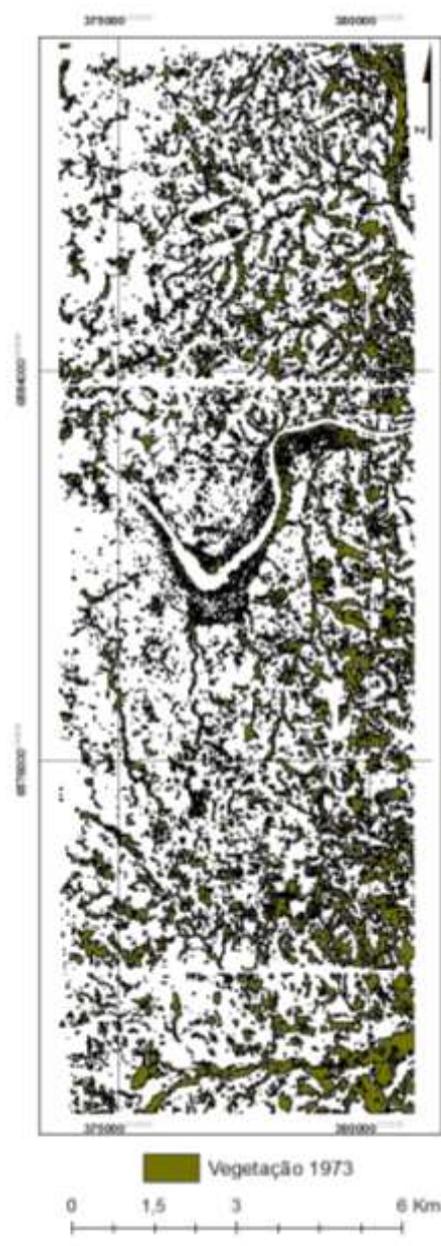


Fig. 9 - Distribuição da vegetação para 1973. (Fonte: Acervo pessoal)

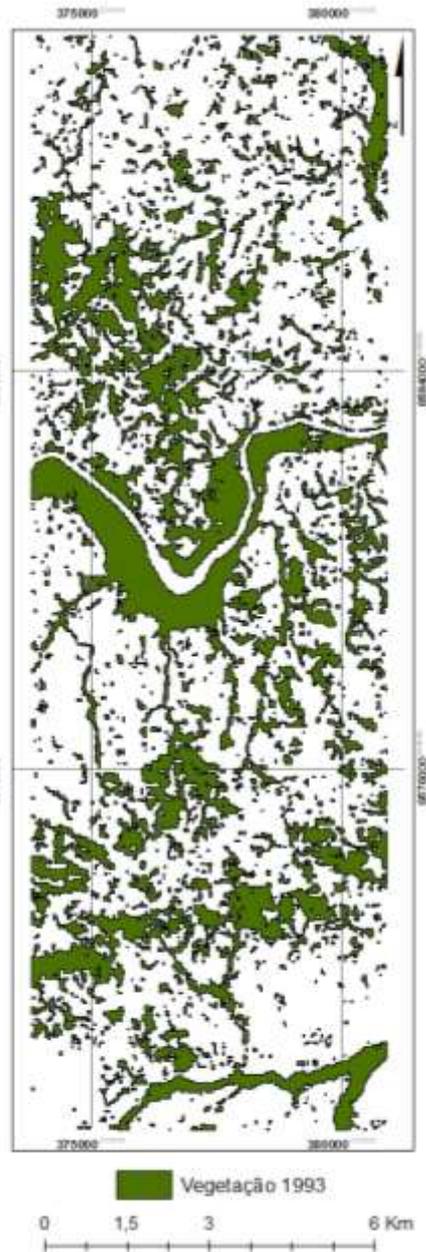


Fig. 10 - Distribuição da vegetação para 1993. (Fonte: Acervo pessoal)

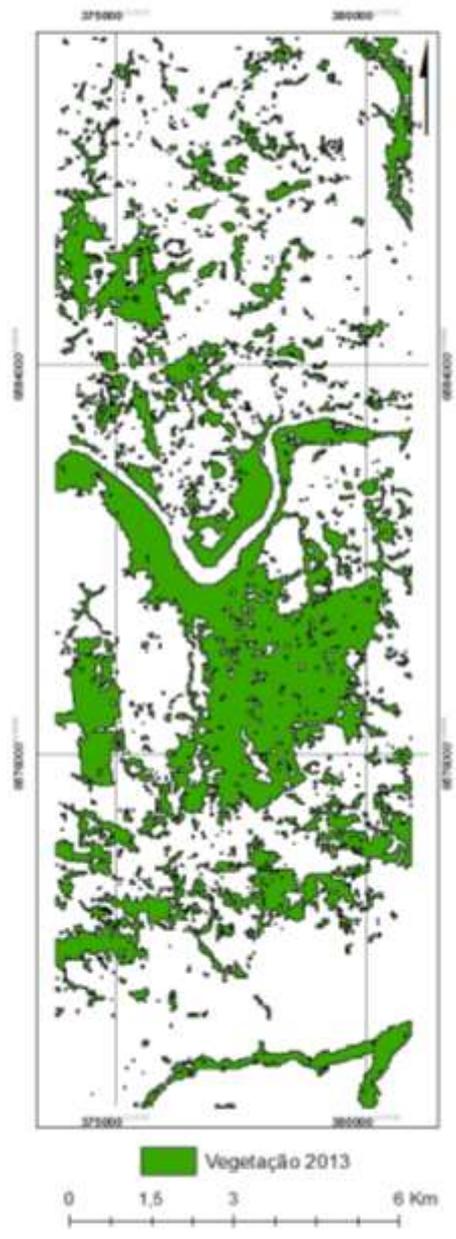


Fig. 11 - Distribuição da vegetação para 2013. (Fonte: Acervo pessoal)

Analisando os resultados obtidos, facilmente se percebe a interferência da qualidade das fotos na formação do mosaico (Figura 7), muitos pixels de outras classes foram confundidos e identificados como vegetação devido ao nível de cinza dos alvos parecidos, ao redor do Rio Camaquã sobre a vegetação encontram-se nuvens, tal que pelas características induz o pensamento de que em baixo das nuvens há a continuação da vegetação nativa, no caso mata ciliar. Já ao compararmos as duas cenas Landsat (Figura 10) pode-se ver facilmente que o que era vegetação nativa se manteve com o passar dos anos, e a vegetação que surgiu ao sul do rio Camaquã são exatamente as plantações de Acácias Negras.

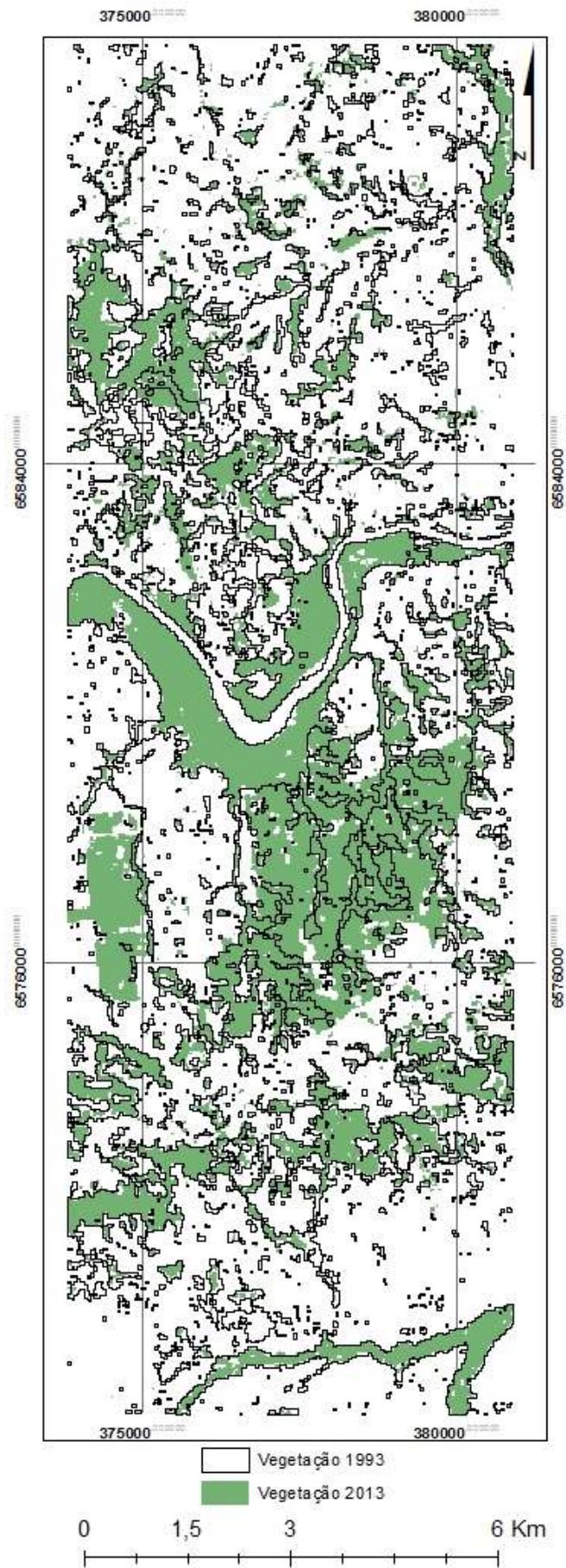


Fig 12 - Comparação da vegetação entre os anos de 1993 e 2013. (Fonte: Acervo pessoal)

Para analisar somente as plantações de acácia negra, foram realizados novos procedimentos, primeiramente foram identificadas com a ajuda do Google Earth as coordenadas (próximas) e uma imagem do local onde tais plantações se encontram (Figura 13).



Fig. 13 - Datada de 2005, imagem referente à localização das plantações de Acácias. (Fonte: Google Earth)

Como tais plantações não existiam nem na época em que foi realizado o aerolevante e nem na imagem de 1993, foi utilizada somente a imagem OLI de 2013 para o estudo e para o resultado ser focado em uma área menor, no qual fosse possível apenas estudar as trincheiras e não toda a área de análise, foi realizado um novo corte e uma nova classificação de maneira semi-automática, foram utilizadas todas as bandas que compõe a imagem fornecida pelo sensor imageador. Sabe-se que alguns tipos de vegetação possuem comportamento espectral muito parecido e que tal classificação poderia não ser possível, por isso foi feita uma boa amostragem da cena e utilizado o classificador que apresentou a melhor resposta para o resultado.

Analisando o resultado obtido (Figura 14), é possível perceber que o classificador confundiu alguns pixels, mas o resultado mostrou-se confiável ao compararmos a classificação com a área no Google Earth (Figura X). Devido à semelhança visual entre os alvos, para amostragem entre vegetação nativa e de plantio foram adotados os seguintes critério de amostragem: cor, rugosidade, tonalidade e sombra. Para utilização efetiva dessas amostras concomitantemente a imagem Landsat foi utilizado o Google Earth que disponibiliza uma resolução espacial oferecendo uma associação entre os lugares das amostras.

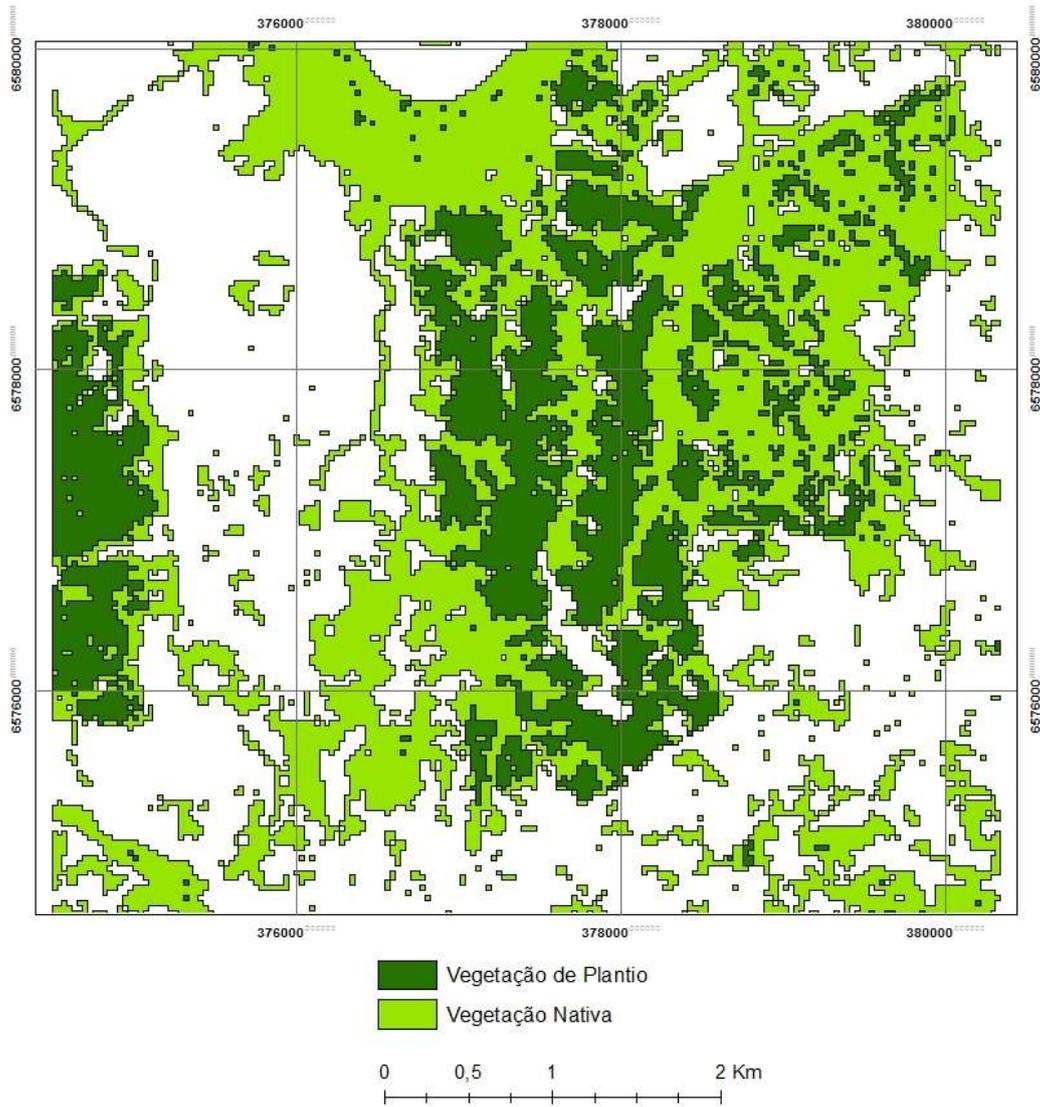


Fig 14 - Diferenciação das plantações de Acácias Negras da vegetação nativa. (Fonte: Acervo pessoal)



Fig 15 - Sobreposição do resultado obtido, na cena de alta resolução espacial do Google Earth. (Fonte: Google Earth)

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem alguns empecilhos na hora em que se vai trabalhar com imagens físicas, um bom manejo delas tem de ocorrer, caso contrário a condição em qual elas podem vir a ficar viram um empecilho como no caso deste trabalho, a degradação de algumas fotografias confunde não só o classificador digital como também o usuário, mas existem técnicas que podem ajudar a amenizar o problema até conseguir um resultado agradável.

Bem trabalhadas, as fotos de um antigo aerolevante podem oferecer uma quantidade gigantesca de dados não apenas sozinhas, mas concomitantemente a imagens orbitais de sensores atuais e também de sensores a bordo de satélites mais antigos, oferecendo a possibilidade de criação de mapeamentos para diversas datas, com isso observar as modificações dos alvos e entender melhor o local.

Uma alteração de aproximadamente 3 mil ha de áreas campestres exemplifica bem como no Brasil tem ocorrido uma grande conversão dessas áreas para outros fins, seja tanto para desenvolvimentos de cidades, agropecuária, reflorestamento, etc. Embora o Rio Grande do Sul seja conhecido pela plantação de arroz e soja, ao percorrer da cena não podemos encontrar nenhum cultivo desse tipo, somente as plantações de Acácias Negras.

#### AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal de Pelotas (UFPel) e a EMBRAPA Clima Temperado por todo apoio ao desenvolvimento deste trabalho, através disponibilização de recursos para a conclusão e apresentação.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- NOVO, Evelyn M.L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 4ª edição. São Paulo: Blucher, 2010.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI). ArcGIS Desktop 9.3 Redlands (CA), 2008.1 CD-ROM.
- GOOGLE. Google Earth (Ver. 7.1.1.1888) [Software]. Mountain View (CA), 2013. Disponível em: <<http://www.google.com.br/intl/pt-PT/earth/>>. Acesso em: 16 de Maio de 2014.
- SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" Camara G, Souza RCM, Freitas.UM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.
- ISPRS, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing. The Society. Disponível em: <<http://www.isprs.org/society/Default.aspxhtml>>. Acesso em 16 de Maio de 2014.