

**ANÁLISE DO USO DA TERRA E DAS ALTERAÇÕES OCORRIDAS,
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IBICUÍ, NO PERÍODO DE 1998 A
2013**

**ANALYSIS OF THE LAND USE AND OF CHANGES THAT
OCCURRED IN IBICUÍ RIVER BASIN BETWEEN 1998 TO 2013**

**ANALYSE DANS L'USAGE DES TERRES ET DANS CHANGEMENTS
QUI SE EST PRODUIT DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIERE IBICUÍ,
PERIODE 1998-2013**

Romario Trentin

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria/RS
e-mail: romario.trentin@gmail.com

Luís Eduardo de Souza Robaina

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria/RS
e-mail: lesrobaina@yahoo.com.br

Roberto Verdum

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre/RS
e-mail: vedum@ufrgs.br

Resumo

O padrão de apropriação, organização e uso da terra está cada vez mais sendo alterado pela ação antrópica, pelo desenvolvimento tecnológico e pelas novas formas de exploração econômica. O presente trabalho tem por objetivo definir o uso da terra na bacia hidrográfica do rio Ibicuí, nos anos de 1998 e 2013, através da análise de imagens de satélite LANDSAT 5 com o sensor TM e LANDSAT 8 com o sensor OL. A referida bacia encontra-se inserida no bioma Pampa, que se caracteriza pela presença de campos herbáceos com atividades agropastoris. Apesar destas características ainda serem predominantes na área de estudo, observam-se significativas alterações da dinâmica de uso com a presença das lavouras de cultivos temporárias de exploração econômica como a soja e o arroz, bem como o ingresso da silvicultura para a extração da celulose. A elaboração do mapa de Uso e Ocupação da Terra foi realizada no Laboratório de Geologia Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) onde se utilizou os softwares Envi 4.5 e Arcgis 10.1. Para a identificação do uso da terra foram definidas as classes de água, areais, áreas úmidas, campos, lavouras, florestas e silvicultura. Através da classificação das imagens constatou-se que a atividade de silvicultura se estabeleceu de forma muito significativa na bacia hidrográfica, com grande expansão no período analisado. O uso de programas SIG, aliado as técnicas de Sensoriamento Remoto, são ferramentas de importante apoio aos estudos ambientais, que possibilitam agilidade no processamento dos dados e na obtenção de resultados. A variação do uso da terra é um

estudo base para a realização de zoneamentos ambientais e compreender como as intervenções antrópicas podem influenciar os processos de dinâmica superficial.

Palavras-chave: LANDSAT; Uso da terra; Bacia hidrográfica do Rio Ibicuí.

Abstract

Human activities, technological development and new forms of economic exploitation are increasingly altering the pattern of ownership, organization and land use. This work aims to define land use in Ibicuí river basin, in 1998 and 2013 by analyzing LANDSAT 5 and LANDSAT 8 satellite images with TM and OLI sensors. That watershed is inserted in Pampa biome, which is characterized by the presence of herbaceous fields with agropastoral activities. Despite these characteristics also are prevalent in the study area, there are significant changes in use dynamics with the presence of crops of economic exploitation of temporary crops such as soybeans and rice, as well as the entry of forestry for the extraction of cellulose. The preparation of the land use and occupation map was performed at the Laboratory of Environmental Geology (LAGEOLAM), Federal University of Santa Maria (UFSM) used the Envi 4.5 and Arcgis 10.1 software. For the identification of land use were defined classes of water, sands, wet lands, fields, crops, forests and forestry. Through the classification of images was found that the activity of forestry was established in a very significantly way in the watershed, with major expansion during the period. The use of GIS programs, allied with Remote Sensing techniques are important tools supporting environmental studies, which allow flexibility in data processing and obtaining results. The change in land use is a basic study for the realization of environmental zoning and understand how human actions can influence the processes of surface dynamics.

Keywords: LANDSAT; Land use; Ibicuí basin.

Résumé

La structure de la propriété, l'organisation et l'utilisation des terres est altérée par les activités humaines, le développement technologique et les nouvelles formes d'exploitation économique. Cette étude vise à définir l'utilisation des terres dans le bassin de la rivière Ibicuí, entre 1998 et 2013 par l'analyse des images satellites LANDSAT 5 avec le sensor TM e LANDSAT 8 avec le sensor OL. Le bassin est inséré dans la Pampa, dans l'état de Rio Grande do Sul, Brésil, et caractérisé par la présence de champs de plantes herbacées, avec les activités agropastorales. Malgré ces caractéristiques, il ya des changements importants dans la dynamique d'utilisation des terres, avec la présence de cultures de l'exploitation économique temporaires, telles que le soja et le riz, ainsi que la présence de la foresterie pour l'extraction de cellulose. L'étude sur l'utilisation et de l'occupation des terres dans le bassin a été réalisée au Laboratoire de Géologie de l'Environnement, à l'Université Fédérale de Santa Maria (UFSM), où a été utilisé les logiciels ArcGIS 4.5 et 10.1. Pour l'identification de l'utilisation des terres dans le bassin versant ont été définis les classes: les cours d'eau, les tâches de sable (areais), les zones humides, les champs, les cultures, les forêts naturelles et la foresterie. L'utilisation des logiciels de SIG, liée à des techniques de télédétection sont des outils importants à l'appui des études environnementales. Ceux-ci permettent la flexibilité dans le traitement des données et l'obtention de résultats. Le changement d'utilisation des terres est une étude de base pour la réalisation du zonage de l'environnement et de comprendre comment les actions humaines peuvent influencer les processus de la dynamique de surface.

Mots-clés: LANDSAT, utilisation des terres, Rivière Ibicuí

Introdução

O padrão de organização e uso da terra está, cada vez mais, sendo alterado pela ação antrópica e pelo desenvolvimento tecnológico, fazendo-se necessário estudos que registrem essas modificações com o objetivo de fornecer subsídios para o planejamento regional (ROSA, 1990).

Nas últimas décadas o uso da cartografia vem sendo cada vez mais difundido entre todas as ciências, e, com o advento tecnológico, tanto as técnicas quanto os produtos oriundos da cartografia tem sido acrescido de ganhos significativos de qualidade com sua utilização cada vez mais ampla.

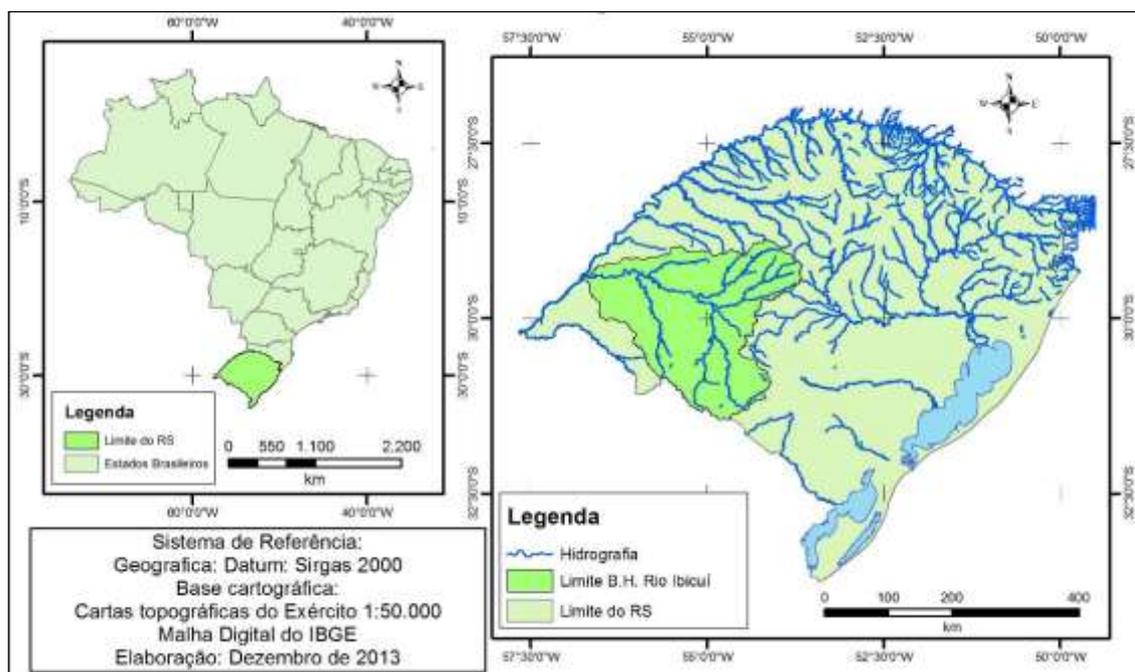
O mapeamento de uso da terra permite tanto a análise espacial quanto quantitativa, sendo uma ferramenta importante na caracterização da área de estudo e fenômenos analisados. Nesta perspectiva, Ferreira (2008, p. 42) aponta que “o geoprocessamento permite que as informações gerem respostas rápidas e confiáveis que subsidiam a tomada de decisão...”.

O presente trabalho tem por objetivo definir o uso da terra, na bacia hidrográfica do Rio Ibicuí, nos anos de 1998 e 2013 através de imagens de satélite LANDSAT 5 com o sensor TM e LANDSAT 8 com o sensor OLI, respectivamente.

O Rio Ibicuí é afluente da margem direita do Rio Uruguai e localiza-se no centro-oeste do estado do Rio Grande do Sul, estendendo-se por uma área de 47141 km² entre as coordenadas geográficas 53° 38' 24" a 56° 46' 48" de longitude oeste, e 28° 52' 48" a 31° 26' 24' de latitude sul (Figura 01).

A referida bacia encontra-se inserida no bioma Pampa (IBGE, 2004), que se caracteriza pela presença de campos com atividades agropastoris. Apesar destas características ainda serem predominantes na área de estudo, observam-se alterações desta dinâmica do uso, com a presença de lavouras, bem como o ingresso da silvicultura para a extração da celulose.

Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Ibicuí



Org: Os autores

Pressupostos Teóricos

A Ciência geográfica oferece através de ferramentas disponibilizadas pelas geotecnologias, como a cartografia digital, os sistemas de informações geográficas (SIG's), sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento, ações passíveis de desenvolvimento de diversos trabalhos. Nesse sentido temos a contribuição de Buzai, 2000, p.20:

[...] computacionales, y recién iniciados los othenta aparece La primera reflexión sobre su rol em La cartografía, a su consideracion como 'revolucion tecnológica' que traerá um notable impacto a partir de La automatizacion de las areas geográficas (BUZAI, 2000, p. 20).

De forma geral, Sensoriamento Remoto, conforme Novo (2008) e Rosa (1995), pode ser definido como sendo a tecnologia que permite a aquisição de dados sobre objetos e alvos sem contato físico com o mesmo. Para que esses dados sejam adquiridos, é necessária a utilização de sensores, que de acordo com Florenzano (2002), são equipamentos capazes de coletar energia

proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração de informações.

Dessa forma, pode-se dizer que o geoprocessamento representa uma área do conhecimento, onde diversos tipos de informações geográficas são processadas por meio de técnicas matemáticas e computacionais. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) aparecem como ferramentas do geoprocessamento, através das quais são geradas informações por meio da análise e integração de dados geográficos. Com o auxílio de geotecnologias torna-se possível o armazenamento e cruzamento destas informações, através da criação de um banco de dados, tornando possível o ordenamento lógico desses dados e a execução de uma vasta gama de análises lógicas sofisticadas.

Dentre as várias ferramentas existentes no universo de geoprocessamento, a classificação digital das imagens de satélite surge como uma ótima opção. Seu processo se baseia na distinção e identificação de diferentes classes que possuem comportamentos espectrais diferenciados, os quais permitem a sua classificação automatizada, em tempo hábil e em grandes áreas. Para isso, algoritmos de classificação ou classificadores são adotados para extrair as feições de interesse a partir de um espaço multidimensional, geralmente representado pelas bandas da imagem, criando um único nível de informação temática, as classes. (MAILLARD, 2001 *apud* DUTRA, 2005).

A classificação de imagens orbitais permite a extração rápida de informação e a definição dos padrões de ocupação da terra. Visa à categorização da sua cobertura distinguindo as composições de diferentes materiais superficiais. Duas abordagens distintas podem ser adotadas na classificação automática e semiautomática de imagens digitais, a classificação supervisionada e a não supervisionada (FONSECA, 2000).

Florenzano (2008) aponta o crescente uso de sistemas de informação geográficas (SIGs) nas questões ambientais. Essas integrações permitem que o intérprete reconheça áreas homogêneas, quanto a fragilidades e aptidões ambientais dentro dos limites de estudo. Além disso, facilita a interpretação e discussões a respeito da configuração espacial resultante.

Contexto de ocupação da área de estudo

Os primeiros estudiosos a descrever a região foram viajantes que passaram pelo oeste do Rio Grande do Sul. Um dos primeiros relatos é do médico naturalista Ave-Lallemant (1858, p. 86), que comenta sobre os areais da região: “há lua um pouco velada, deitava um clarão turvo sobre a região. Subitamente ao redor de nós tudo parecia branco. Crer-se-ia viajar num campo de neve. Em volta, a areia pura, limpa sem nenhuma vegetação, verdadeiro deserto africano embora de pouca extensão. Dava-me a impressão particularmente melancólica. Viajamos juntos em silêncio”.

Rambo (1956), em seu livro *Fisiografia do Rio Grande do Sul* apresentando um capítulo sobre a Campanha do Sudoeste, onde descreve os diversos aspectos geográficos.

Com relação a vegetação, Lindman (1974), apresenta uma descrição da campanha. Embora substancialmente alterada na atualidade, as paisagens do Sudoeste do Rio Grande do Sul ainda permitem reconhecer o seu estado original. A característica mais notável desta região é a grande predominância das formações campestres. A vegetação silvática restringe-se praticamente a certas encostas dos chapadões de arenito, sobretudo ao norte do Rio Ibicuí, bem como as faixas que acompanham os principais cursos de água, tratando-se nos dois casos, de habitats, favorecidos por um suprimento mais regular de água.

Conforme Marchiori (1995) quando os primeiros europeus chegaram ao estado a estrutura fitossociológica dos campos era bastante diversa da que hoje conhecemos nos chamados “campos nativos” – dominavam macegas tão altas, em grande parte da área, que alcançavam as pernas dos gaúchos em suas montarias.

A partir da incorporação do gado bovino pelos jesuítas, o uso da terra nas áreas de campos passou a ser a criação de gado extensiva. Somente a partir da década de 1970 começa a incorporar a lógica agrícola com o cultivo do trigo e da soja com uso sucessivo e intensivo dos solos.

Souto (1985), destaca que nas décadas de 60 e 70, verificaram-se um estímulo governamental acentuado, através de linhas de créditos, para

atividades agropecuárias, o que trouxe facilidade na aquisição de insumos e equipamentos agrícolas. Influenciado pela sucessão trigo/soja, que permitia o uso intensivo das máquinas, os agricultores ampliaram suas áreas agrícolas.

Segundo Suertegaray, et al. (2001), por ser uma região onde predominava os campos de pecuária extensiva, a mecanização tornava-se menos necessária, mas durante as décadas de 1970 e 1980, com a introdução do cultivo da soja e a modernização da lavoura de arroz, é que se inicia a incorporação de tratores e automatização das lavouras, sendo que os censos de 1970 e 1985 registraram aumento de 166% de número de tratores na região.

Conforme destaca Ab'Saber (2003), ao sul-sudoeste de Alegrete, em áreas de solo areníticos, vem ocorrendo escarificações por ações antrópicas e manejo agrícola inadequado. A retirada da vegetação chaquenha e de pradarias mistas para o plantio de soja, bem como o uso inconsequente de máquinas agrícolas pesadas e escarificadoras provocaram uma aceleração dos processos erosivos. Daí porque vastos setores das campinas regionais foram abandonados tanto para o pastoreio como para o cultivo, necessitando de usos alternativos como florestas plantadas de interesse econômico.

Na última década o sudoeste e oeste do Rio Grande do Sul vem passando por uma importante implantação da Silvicultura, em decorrência de interesses de indústrias de celulose na região, onde forte investimento internacional vem contribuindo para completo florestamento de espécies arbóreas destinadas à exploração da celulose. Já se observa grandes áreas de uso com plantação de árvores para extração econômica, que demonstra uma significativa mudança nas características da área e do próprio bioma Pampa.

Conforme Marchiori (1995), a implantação de florestas em áreas atualmente improdutivas, como é o caso dos areais, atende, por outro lado a necessidade de destinar as melhores terras para pastagens ou cultivos agrícolas. Cabe ressaltar, contudo, que a fragilidade deste ecossistema não admite o emprego de métodos tradicionais de silvicultura, como o corte raso.

Essa preocupação apresentada pelo referido autor remete a análise aos problemas enfrentados pela atividade agrícola nas décadas de 70 e 80 quando do uso de práticas tradicionais de plantio agrícola que ocasionaram o

desencadeamento de processos de dinâmica superficial, em certas áreas tão significativos e intensos que levou ao abandono destas áreas à tais atividades.

Metodologia

No estudo desenvolvido sobre o Uso e Ocupação da bacia hidrográfica do rio Ibicuí, realizou-se diversos levantamentos, onde os aspectos enfatizados foram cartografados via SIG, servindo de base para integração dos elementos necessários a obtenção dos resultados. O levantamento bibliográfico foi realizado através de consulta e leitura de bibliografias relacionadas à área de estudo e a temática em questão.

O levantamento de material cartográfico foi realizado através de pesquisa junto a órgãos públicos federais e internacionais, que disponibilizam dados cartográficos em formato digital como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército (DSG), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), U. S State Geological Survey (USGS).

Como suporte cartográfico foram utilizadas as cartas topográficas elaboradas pela DSG e pelo IBGE, todas na escala de 1:50.000, das quais foram adquiridos os elementos básicos para a elaboração e caracterização cartográfica da referida bacia hidrográfica.

As imagens de satélites foram adquiridas junto ao U.S Geological Survey (USGS) através do aplicativo Global Visualisation Viewer (GLOVIS) que permite a consulta, visualização e aquisição das imagens. No referido trabalho, utilizou-se um mosaico composto de 5 cenas Landsat 5 sensor TM do período de novembro de 1998 com as órbitas pontos 223/80, 223/81 e 223/82 dia juliano 327 e 224/80 e 224/81, dia juliano 334, e um mosaico composto de 5 cenas Landsat 8 sensor OLI do período de agosto de 2013, com as órbitas pontos 223/80, 223/81 e 223/82, dia juliano 240 e 224/80 e 224/81 dia juliano 231.

A elaboração do mapa de Uso e Ocupação da Terra, foi realizada no Laboratório de Geologia Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde utilizou-se os softwares Envi 4.5 e ArcGIS 10.1. Para a

identificação dos usos na bacia hidrográfica foram definidas as classes de água, areais, áreas úmidas, campos, lavouras, florestas e silvicultura.

A classificação digital das imagens foi processada após a identificação de amostras dos alvos pretendidos, com a menor confusão possível entre as mesmas, a partir do algoritmo definido com Máxima Verossimilhança (MAXVER), que considera a ponderação das distâncias médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos na classificação visando à busca de regiões homogêneas.

Destaca-se que as inúmeras áreas de campo e lavouras em estágios iniciais de desenvolvimento quando observadas nas imagens de satélite mostraram aspectos muito semelhantes aos campos de areia (areais) que ocorrem na bacia. Isto se dá devido ao substrato geológico que compõem grande parte da bacia hidrográfica ser de um arenito fluvial, muito friável, que origina solos muito arenosos e, no caso de campos com baixa densidade de gramíneas, podendo induzir uma classificação como areais.

Desta forma, as bases amostrais para a classificação digital das imagens e a validação das classificações supervisionadas, foram definidas através dos trabalhos de campo, que ocorreram no ano de 2013, realizados por meio do deslocamento das equipes de campo nas estradas e caminhos da região, equipados com receptor GPS e máquina fotográfica digital, utilizados para registrar posicionamento e caracterização dos tipos de uso da terra.

Resultados

Neste trabalho foram analisados os usos e ocupação da terra em dois períodos registrados pelas imagens de satélite do ano de 1998 e 2013, determinando as seguintes classes de uso da terra: água; areais, áreas úmidas, campos; lavouras, florestas e silvicultura.

Na classe de água, foram consideradas os rios e arroios, bem como os corpos de água represados como é o caso dos açudes, muito utilizados pelos agricultores da região, tanto para a irrigação dos cultivos de arroz, como para o gado beber água.

Na classe dos areais foram incorporados os campos de areia encontrados na bacia hidrográfica, bem como os bancos de areia identificados junto aos rios, principalmente, sobre o leito do canal principal do rio Ibicuí.

As áreas úmidas definidas na área de estudo, competem em sua maioria aos cultivos de arroz que na imagem de 2013 encontram-se em época de preparo para o cultivo e na imagem de 1998 encontram-se em estágio de desenvolvimento. Porém, também, foram inseridas na classe de áreas úmidas os banhados, que na maioria das vezes se associam aos cursos de água com vegetação de herbáceas, porém com concentrações de água que os difere dos campos.

Na classe dos campos são inseridas as áreas com vegetação de gramíneas e herbáceas, que são comumente utilizadas para exploração com a pecuária.

As lavouras são a classe de uso agrícola encontrada na bacia hidrográfica, com exceção do cultivo de arroz, por apresentar processo de irrigação e utilizar as áreas com saturação hídrica do solo. Nas lavouras foram inseridas tanto as áreas com cultivos em desenvolvimento, quanto as áreas em preparo do solo para o plantio, desta forma diversas culturas podem ser identificadas nesta classe, desde lavouras de soja e trigo, além de milho e fumo em pequenas propriedades, até mesmo de pastagens e espécies de adubação verde.

Na classe de florestas associou-se as áreas com presença de vegetação arbórea nativa. As áreas de mata ciliar também foram denominadas de floresta. Estas áreas são naturalmente ocupadas por vegetação arbórea, ou que passaram por processos de regeneração natural e a vegetação já atingiu porte arbóreo.

A classe silvicultura corresponde as áreas de florestas plantadas, na sua predominância com fins de destinação para a extração de celulose. Cabe destacar nesta classe que as espécies mais utilizadas na área de estudo correspondem ao Eucalipto (*Eucalyptus sp.*), a Acácia Negra (*Acácia mearnsii* De Wild) e o Pinus (*Pinus sp.*). Outra questão importante a destacar é a presença em pequena área, mas bastante utilizada, do uso de pequenos capões de

eucaliptos em meio aos campos, geralmente formando uma figura geométrica retangular ou quadrada de até uma centena de metros. Essas áreas são muito utilizadas para o gado criado solto nos campos se abrigar em dias de frio e chuva e, também, de madeira para abastecer as residências da população local.

Matriz de Confusão na Análise das Imagens

O quadro 1 apresenta a matriz de confusão e o resultado do Índice Kappa, gerados a partir da imagem classificada do ano de 1998 com o uso de um grupo de amostras não utilizadas na classificação da mesma.

Quanto a matriz de confusão gerada sobre a imagem classificada de 1998, observou-se que em todas as classes obteve-se um excelente grau de aceitação nos índices de acurácia da identificação dos alvos. Porém como apontado nos resultados algumas classes apresentam pequenas confusões com outras classes.

A classe com maior confusão de identificação foi a classe de banhado_arroz que apresenta confusões com as classes de campo 3% e lavouras 1,55%. As classes diferem exclusivamente pela concentração de água no solo, o que distingue os banhados dos campos e as culturas de arroz, das demais lavouras. As lavouras por sua vez apresentaram 0,08% dos pixels nas classes dos campos e 0,02% na classe do banhado_arroz.

Quadro 1 – Matriz de confusão e resultado do índice kappa da imagem de 1998 gerados automaticamente através do aplicativo ENVI

Classes	Água	Silvicultura	Areais	Floresta	Lavoura	Campo	Banhado_Arroz	Total
Não classificados	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Água	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.65
Silvicultura	0.00	99.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.28
Areais	0.00	0.00	99.61	0.00	0.86	0.00	0.00	12.25
Floresta	0.00	0.12	0.00	99.88	0.00	0.00	0.00	11.42
Lavoura	0.00	0.08	0.39	0.02	99.04	0.32	1.55	12.73
Campo	0.00	0.00	0.00	0.10	0.08	99.22	3.00	34.15
Banhado_Arroz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.45	95.45	10.53

Total	100.00							
Precisão geral = 99.0432%								
Coeficiente Kappa = 0.9882								

Fonte: Os autores

A classe de campos apresentou pequenas confusões associadas as classes de banhado_arroz, com 0,45% e lavoura com 0,32% dos pixels. Os areas apresentam 0.39% dos pixels na classe das lavouras, isso ocorre pelo substrato geológico/solos das lavouras ser muito arenoso, o que gera confusão com os areas. A classe de silvicultura apresentou confusão na classificação dos pixels associadas a florestas (0,12%) e lavouras (0,08%). Por fim as florestas apresentam confusão com os campos (0,1%) e lavouras (0,02%).

O quadro 2 apresenta as taxas de comissão e omissão associados aos erros e/ou confusões encontrados em cada uma das classes de uso identificadas para a bacia hidrográfica no ano de 1998.

A classe da água, como a própria matriz de confusão identificou inexistência de confusão com as demais classes, não apresentou comissão e omissão com as demais classes de uso. As classes de banhado_arroz, floresta e silvicultura foram as classes que tiveram maior confusão na classificação relacionadas a omissão de classes, ou seja, estes tipos de uso foram inseridos (classificados) como outro tipo de uso. Já as classes dos areas, lavouras e campos apresentaram maiores confusões relacionadas a comissões, ou seja, encontraram-se outras classes de uso relacionadas as suas respectivas classes.

Quadro 2 – Porcentagem de comissão e omissão da classificação da imagem de 1998

Classes	Comissão	Omissão
	Porcentagem	Porcentagem
Água	0.00	0.00
Silvicultura	0.00	0.20
Areas	0.88	0.39
Floresta	0.09	0.12
Lavoura	2.64	0.96

Campo	1.02	0.78
Banhado_Arroz	1.49	4.55

Fonte: Os autores

O quadro 3 apresenta a matriz de confusão e o resultado do Índice Kappa gerados a partir da imagem classificada do ano de 2013, com amostras não utilizadas na classificação.

Quadro 3 – Matriz de confusão e resultado do índice kappa da imagem de 2013 gerados automaticamente através do aplicativo ENVI

Classes	Água	Silvicultura	Floresta	Lavoura	Campo	Banhado_Arroz	Areais	Total
Não classificados	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Água	99.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.02
Silvicultura	0.03	96.98	0.00	4.19	0.00	0.00	0.00	17.78
Floresta	0.00	0.00	99.56	0.00	0.00	0.00	0.00	9.96
Lavoura	0.01	3.02	0.11	95.34	1.75	0.00	0.00	15.36
Campo	0.00	0.00	0.21	0.47	97.92	0.05	0.06	25.12
Banhado_Arroz	0.00	0.00	0.12	0.00	0.33	99.95	0.13	4.55
Areais	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	99.81	8.20
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Precisão Geral = 98.1640%								
Coeficiente Kappa = 0.9778								

Fonte: Os autores

Observa-se que houve pequenas confusões em todas as classes analisadas. A classe que mais houve confusão foi as lavouras com 4,19% dos pixels confundidos com silvicultura e 0,47 % confundida com campos. Esta confusão se dá basicamente em função dos estágios vegetativos das culturas denominadas como classe de lavouras e do estágio de desenvolvimento da silvicultura na região, que em grandes áreas se encontra em estágios pós-plantio e de maneira geral apresentam respostas espectrais muito semelhantes. Por consequência, a segunda classe com maior confusão são as silviculturas que apresentam pixels confundidos com lavouras (3,02%).

A classe de campos apresenta confusões com as classes de lavoura 1,75% e a classe de banhado_arroz com 0,33%. A classe de floresta por sua vez apresenta confusão com as classes de lavoura, campo e banhado_arroz com 0,11%, 0,21% e 0,12% respectivamente.

A classe do banhado_arroz apresenta uma pequena confusão com a classe de campo de 0,05% dos pixels. Por fim a classe de água apresenta uma pequena confusão com a classe de silvicultura 0,03% e lavoura 0,01%.

O quadro 4 apresenta as taxas de comissão e omissão associados aos erros e/ou confusões encontrados pelos classificados em cada uma das classes de uso identificadas para a bacia hidrográfica no ano de 2013.

Quadro 4 – Porcentagem de comissão e omissão da classificação da imagem de 2013

Classes	Comissão	Omissão
	Porcentagem	Porcentagem
Água	0.00	0.04
Silvicultura	3.58	3.02
Floresta	0.00	0.44
Lavoura	6.47	4.66
Campo	0.39	2.08
Banhado_Arroz	2.33	0.05
Areais	0.00	0.19

Fonte: Os autores

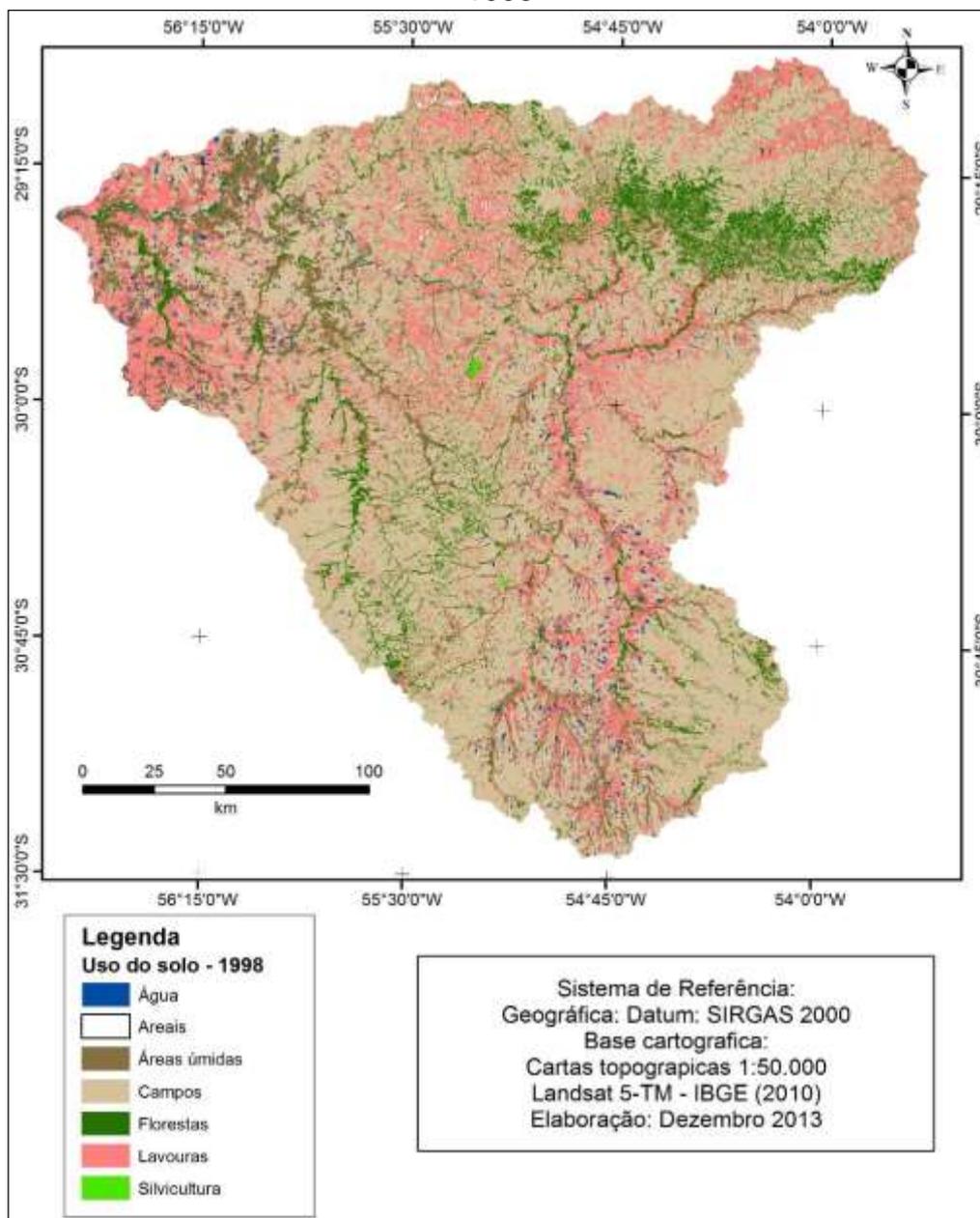
Com relação as análises de Comissão e omissão, as classes de uso da terra referentes a água, floresta, campo e areais, apresentam predominantemente omissão, ou seja, estas classes foram classificadas em outras. Já as classes de silvicultura, lavouras e banhado_arroz apresentam predominantemente comissão, ou seja, a confusão encontrada na classe refere-se a inclusão de outras classes nestas.

Análise do uso e ocupação da terra

A análise das imagens de satélite do ano de 1998 e 2013 permitiu identificar as formas de uso e ocupação e, também, as alterações registradas neste período.

Na figura 2 é apresentado o mapa de uso da terra identificado para o ano de 1998. A tabela 1 apresenta a distribuição de áreas e porcentagem ocupadas pelas classes de uso.

Figura 2 – Mapa de uso da terra da bacia hidrográfica do Rio Ibicuí do ano de 1998



Org: Os autores

Tabela 1 – Área e porcentagem das classes de uso da terra da bacia hidrográfica do rio Ibicuí do ano de 1998

Classe de Uso	Área km²	Porcentagem
Água	764,17	1,62
Areais	213,06	0,45
Áreas Úmidas	4801,83	10,19
Campos	29131,76	61,80
Lavouras	7230,19	15,34
Florestas	4958,36	10,52
Silvicultura	42,52	0,09
TOTAL	47141,88	100

Fonte: Os autores

Conforme análise espacial das classes de uso da terra e de suas respectivas áreas, pode-se identificar que a classe de água ocupa além dos cursos de água, duas áreas predominantes de concentrações de açudes, um na porção mais sudeste da bacia hidrográfica, junto a sub-bacia do rio Santa Maria e uma outra porção no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Ibicuí. Esta classe ocupa 764,17 km² de área, representando 1,62% da área de estudo.

A classe dos areais ocupa uma área de 213,06 km², ou 0,45% da área de estudo, e espacialmente concentra-se em sua maioria na margem direita do rio Ibicuí, ocupando principalmente áreas do centro norte da bacia hidrográfica, sobre as sub-bacias do rio Itu e Miracatu.

As áreas úmidas encontram-se associadas às drenagens, principalmente as de maior porte e, como na sua maioria referem-se a áreas com cultivo de arroz, associam-se as porções de concentração dos açudes que são utilizados para a irrigação dos cultivos de arroz. Esta classe ocupa 4801,83 km², ou seja, 10,19% da área de estudo.

As áreas de campo são as que ocupam maior parcela da bacia hidrográfica, com 29131,76 km², ou seja, 61,8% da área total e, espacialmente, encontram-se distribuídas por toda a bacia.

As lavouras ocupam a área de 7230,19km², ou seja, 15,34% da área total da bacia. É a segunda maior classe de uso e espacialmente também se encontra por toda a bacia, porém observa-se maior concentração no alto curso, na porção nordeste, e no baixo curso na porção noroeste, onde observa-se a ocupação significativa de lavouras.

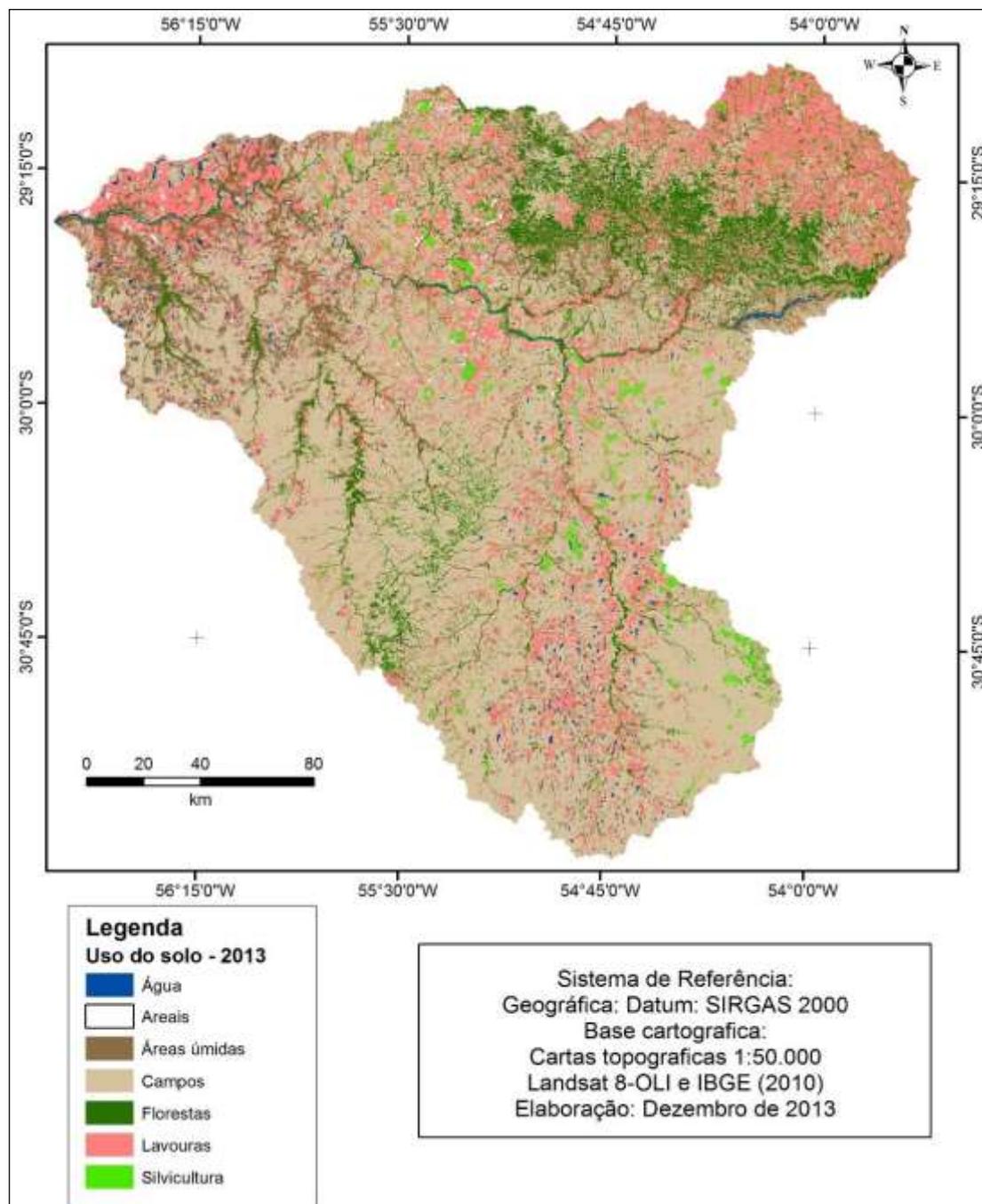
A classe das florestas, além da associação com as drenagens na mata ciliar, ocorre principalmente em forma de faixa no centro leste da bacia hidrográfica associada à área de rebordo do planalto, onde ocorrem declividades acentuadas e as características naturais da área favorecem o desenvolvimento de espécies arbóreas, ao contrário do restante da bacia tomada pelos campos que predominam as gramíneas e pequenos arbustos.

Por fim, a classe de silvicultura que no ano de 1998 era pouco expressiva, ocupando apenas 42,52 km², ou seja, 0,09% da área de estudo e associada a pequenas áreas usadas para proteção e refúgio do gado em meio aos campos de gramíneas.

Na figura 3 é apresentado o mapa de uso da terra da bacia hidrográfica do rio Ibicuí, para o ano de 2013, e a tabela 2 mostra as áreas e porcentagens por elas ocupadas.

Com relação a distribuição espacial e ocupação de áreas, a classe de água não apresentou grandes alterações, com área de 676,38 km², cerca de 1,43% da área total, definida pelos canais de drenagens e açudes que se concentram no baixo curso e na porção sudeste junto à bacia do rio Santa Maria. A variação deve-se ao fato dos diferentes níveis de água nos açudes, aumentando ou diminuindo as bordas secas.

Figura 3 – Mapa de uso da terra da bacia hidrográfica do Rio Ibicuí do ano de 2013



Org: Os autores

Tabela 2 – Área e porcentagem das classes de uso da terra da bacia hidrográfica do rio Ibicuí do ano de 2013

Classe de Uso	Área km²	Porcentagem
Água	676,38	1,43
Areais	198,20	0,42
Áreas Úmidas	3479,96	7,38
Campos	27295,81	57,90
Lavouras	9317,21	19,76
Florestas	5149,86	10,92
Silvicultura	1024,46	2,17
TOTAL	47141,88	100,00

A classe de areais, da mesma forma, não apresentara grandes alterações quanto à área de ocupação e localização espacial, somando a área de 198,20 km², ou 0,42%. A pequena redução registrada, pode ser devido a confusão do classificador, conforme destacado na metodologia. Entretanto, a observação em trabalhos de campo, mostra que parte destas áreas foram ocupadas pela silvicultura, principalmente, em suas porções de bordas dos areais, diminuindo gradativamente as áreas dos mesmos.

A classe de áreas úmidas foi identificada em 3479,96km², ou seja, 7,38% da área total. Esta classe apresentou significativa redução quando comparada ao ano de 1998, porém em comparações de classes ocupadas nestes locais, observou-se que as mesmas passaram, na sua grande maioria, para a classe de lavouras, o que se deve a data da imagem, agosto de 2013, quando estas áreas estão em período de preparo para cultivo do arroz, ou mesmo com final de cultura de inverno o que as levou a serem incorporadas à classe das lavouras.

A classe dos campos ainda se mantém com a maior ocupação de área da bacia hidrográfica com 27295,81km², ou seja, 57,9% da área total. Também se observou uma redução desta classe em comparação ao ano anterior, devido

as novas formas de exploração econômica que passaram a ser implantadas na região, como é o caso da silvicultura.

As classes das lavouras apresentaram área de 9317,21km², ou seja, 19,76%. O grande incremento de área nesta classe, provavelmente, se deu pela identificação de áreas anteriormente definidas como áreas úmidas (cultivos de arroz), que passaram a ser identificadas como lavouras, principalmente, por não apresentaram, na época da imagem classificada, características de solo saturado.

A classe de florestas não apresentou grandes variações quanto a área de ocupação, com 5149,86km², ou seja, 10,92% da área total, se concentrando em uma faixa de terras de alta declividade e junto aos rios. Com relação a ocorrência espacial da mesma, também, não houve grandes variações, podendo ser identificadas pequenas áreas que deixaram de possuir vegetação arbórea para a implantação de lavouras e de algumas áreas de lavouras e/ou campo que passaram a apresentar vegetação arbórea, desta maneira sendo classificadas como florestas.

A classe de silvicultura foi a classe com maior alteração, o que mostrou a inserção da nova forma de exploração econômica que passou a ser aplicada na região. A referida classe ocupa uma área de 1024,46km², ou seja, 2,17% da área de estudo. Esta classe apresenta uma distribuição espacial, principalmente, seguindo uma faixa central que cruza a bacia de sul a norte. Esta formatação de desenvolvimento associa-se muito ao substrato que compõem a bacia hidrográfica. Nestas áreas predominam arenitos friáveis, com solos muito arenosos, o que tornaram as terras com valores de compra relativamente mais baixos, o que permitiu sua aquisição pelas empresas madeireiras.

Conclusão

A bacia hidrográfica do rio Ibicuí apresenta uma grande demanda de pesquisas necessárias para melhor identificação e caracterização de sua dinâmica de uso, bem como dos processos de dinâmica superficiais. Nesse sentido, estudos com a utilização de geotecnologias permitem caracterizar o

espaço geográfico e as transformações geradas com maior facilidade, proporcionando o futuro cruzamento das informações de maneira rápida e automática, auxiliando na tomada de decisões.

Em relação a área de ocupação, os campos ainda predominam, mas sofreram redução pela incorporação da atividade de silvicultura. Os areais encontrados na bacia são produto de processos naturais, registrados pelos primeiros viajantes que passaram pela região, mas que merecem atenção especial pelas formas de uso e ocupação do entorno, pois estes podem ser facilmente afetados pelos processos de dinâmica superficial.

Outra área que merece atenção está associada as áreas com atividades agrícolas e áreas úmidas (quando utilizadas pelos cultivos de arroz), pois juntas somam mais de 25% da área total da bacia. O não respeito às aptidões destas áreas pode acarretar a aceleração dos processos erosivos, bem como assoreamentos dos cursos de água e desmatamento das matas ciliares.

A atividade silvicultora é uma realidade na bacia hidrográfica e a mesma apresentou expansão no período analisado. A preocupação associada ao desenvolvimento das mesmas dá-se em não repetir erros das décadas de 70 e 80, quando o desenvolvimento agrícola com técnicas tradicionais possibilitou o desencadeamento de processos de dinâmica superficial que em determinadas áreas inviabilizou o desenvolvimento das mesmas.

O uso de programas SIG aliado a técnicas de Sensoriamento Remoto, são ferramentas de importante apoio aos estudos ambientais possibilitando agilidade no processamento dos dados e obtenção de resultados. O uso da terra é um estudo base para a realização de zoneamentos ambientais em uma região que apresenta como característica grande ocorrência de processos de dinâmica superficial.

Referências

AB'SABER, A. N. **Províncias Geomorfológicas e Domínios Morfoclimáticos no Brasil**. Geomorfologia. São Paulo: USP, n. 20, 1970.

_____. **Os Domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas.** São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AVÉ-LALLEMANT, R. **Viagem pela Província do Rio Grande do Sul (1958).** São Paulo: Itatiaia/USP, 1880.

BUZAI, G. D. **La exploración Geodigital:** Implementación, proyecto de investigación y resolución de problemáticas geográficas y medioambientales através de La aplicación de sistemas de información geográfica (SIG) com las computadoras personales. Buenos Aires: Lugar, 2000.

IBGE. **Mapa de biomas do Brasil. Escala 1:5.000.000.** Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>. Acesso em: 16 fev. 2013.

FERREIRA, J. F.; **Geoprocessamento como Ferramenta na gestão pública municipal.** Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

FLORENZANO, T. G. Cartografia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.) **Geomorfologia conceitos e tecnologias atuais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 105-128.

FONSECA, L.M.G. **Processamento Digital de Imagens:** apostila do curso da disciplina de Processamento digital de imagens dada no curso de pós-graduação em sensoriamento remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais / Divisão de Processamento de Imagens. [on line]. <http://www.dpi.inpe.br/~leila/ser437/PDI_7_seg_clas.pdf> acesso em novembro de 2000.

LINDMAN, C. A. M. **A Vegetação no Rio Grande do Sul.** São Paulo: Itatiaia, 1974, 356 p. (Tradução por Alberto Löfgren).

MARCHIORI, J. N. C. Areais do Sudoeste do Rio Grande do Sul: Elementos para uma História Natural. **Ciência e Ambiente.** Santa Maria, v. 3, n. 5, p. 62-86. jul. - dez. 1992.

_____. Vegetação e Areais no Sudoeste Rio-Grandense. **Ciência e Ambiente.** Santa Maria, v. 11, 1995. p. 81-92.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações.** São Paulo, Terceira Edição. Editora Edgard Blucher, 388 p, 2008.

RAMBO, B. Pe. **A Fisionomia do Rio Grande do Sul.** 2ª Ed. Porto Alegre: Ed. Selbach, 1956. 456p.

ROSA, R. A. Utilização de imagens TM/LANDSAT em levantamento de uso do solo. In: VI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Manaus, 1990, **Anais...** São José dos Campos, INPE, 1990. v.2, p.419-425.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia: Edufu, 1995. 117p.

SOUTO, R. **Deserto: Uma Ameaça?** Secretaria da Agricultura do RS, DRNR, Diretoria Geral, Porto Alegre, 1985.

SUERTEGARAY, D. M. A.; GUASSELLI, L. & VERDUM, R. (org.). **Atlas de Arenização: Sudoeste do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento, 2001.