

## **Análise multitemporal do uso e cobertura da terra no município de faxinal do soturno-rs nos anos de 1986, 1996, 2006 e 2011**

*Multitemporal analysis of the ground usage and coverage in Faxinal do Soturno-RS town in the years of 1986, 1996, 2006 and 2011.*

Juliana Marchesan<sup>1</sup>, Laura Camila de Godoy Goergen<sup>1</sup>, Matheus Mesquita da Costa Nunes<sup>1</sup>  
Daiana Iris Soto Brites<sup>1</sup>, Caroline Kist da Silva<sup>1</sup>, Rudiney Soares Pereira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria (UFSM),

### **Resumo**

O objetivo do trabalho foi avaliar as mudanças no uso e cobertura da terra no município de Faxinal Soturno, Rio Grande do Sul, nos anos de 1986, 1996, 2006 e 2011. As imagens do sensor TM Landsat 5, foram classificadas em quatro classes de uso e cobertura da terra: "Floresta", "Campo", "Solo Exposto" e "Água". A classificação foi de forma supervisionada, utilizando o algoritmo MaxVer (máxima verossimilhança), e para o processamento do dados utilizou-se o aplicativo SPRING 5.1.8. Os resultados mostraram que houve um aumento de 8,64 km<sup>2</sup> em área de floresta de 1986 a 2011. Em áreas de campo, houve um aumento de 43,4 km<sup>2</sup> entre 1986 e 2006, mas entre 2006 e 2011 foram reduzidos 7,31 km<sup>2</sup>. As áreas de solo exposto diminuíram 44,52 km<sup>2</sup> ao longo do período de estudo. Áreas ocupadas por água são muito comuns na região, permaneceram praticamente inalteradas. Também foi utilizada a programação em Linguagem Espacial de Geoprocessamento algébrico (LEGAL) para quantificar a transição entre as classes de uso e cobertura da terra, onde observou-se em todo o período de estudo uma regeneração florestal de 28,20 Km<sup>2</sup> e um desmatamento de 19,54 Km<sup>2</sup>. Conclui-se que houve um acréscimo de floresta e uma redução das áreas de agricultura. Esse fato pode estar relacionado com o crescimento de florestas nativas em área que anteriormente eram ocupadas pela agricultura e pecuária e ao aumento do êxodo rural e das fiscalizações ambientais.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto, Landsat-5, classificação digital, mapeamento temático.

### **Abstract**

The objective of this study was to evaluate changes in land use and cover in the municipality of Faxinal Soturno, Rio Grande do Sul, in the years 1986, 1996, 2006 and 2011. The images from the Landsat TM sensor 5, four classes were classified use and land cover: "Forest" "Field", "Bare Soil" and "Water. Classification was supervised manner, using the algorithm MaxVer (maximum likelihood), and for processing the data we used the application SPRING 5.1.8. The results showed an increase of 8.64 km<sup>2</sup> in forest area 1986-2011. In areas of the field, there was an increase of 43.4 km<sup>2</sup> between 1986 and 2006, but between 2006 and 2011 were reduced 7.31 km<sup>2</sup>. The areas of exposed soil 44.52 km<sup>2</sup> decreased over the study period. Areas occupied by water are very common in the region, remained virtually unchanged. It was also used in the programming language Spatial GIS algebraic (LEGAL) to quantify the transition between classes use and land cover, which was observed throughout the study period of forest regeneration and 28.20 km<sup>2</sup> 19.54 km<sup>2</sup> of deforestation. We conclude that there was an increase of forest and a reduction in agricultural areas. This fact may be related to the growth of native forests in an area that was previously occupied by agriculture and livestock and increasing rural exodus and environmental inspections.

**Keywords:** remote sensing, Landsat-5, digital classification, thematic mapping.

## INTRODUÇÃO

O município de Faxinal do Soturno, localizado na região central do estado do Rio Grande do Sul, faz parte da Quarta Colônia de Imigração Italiana, caracterizada por uma economia baseada no setor primário, utilizando mão de obra familiar, tendo como principais produtos cultivados o arroz, a soja e o milho (IBGE, 2011). Segundo Pedron et al. (2006) nessa região, a agricultura familiar, aliadas a poucas alternativas de exploração agrícola, principalmente por sua geomorfologia, tem provocado situações de degradação ambiental pela forte pressão antrópica sobre áreas que oferecem algum tipo de risco devido a sua ocupação.

A falta de planejamento do uso da terra tem promovido diversos impactos na paisagem ao longo dos anos. A cobertura florestal nativa presente nos diferentes biomas foi sendo fragmentada, cedendo espaço para as culturas agrícolas, pastagens e para a expansão urbana (MARTINS, 2001). Desse modo, o levantamento do uso e cobertura da terra é importante para analisar a expansão urbana e rural, para um melhor planejamento e organização de ocupação de uma determinada área. Assim, utiliza-se das **técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG)**, onde é possível realizar o monitoramento do uso e cobertura da terra de forma prática, e obter informações para avaliar a dinâmica da paisagem (NOVO, 2008), através do uso de imagens de satélite. Briassoulis (1999) define o termo “cobertura da terra” como sendo a caracterização dos estados físico, químico e bio-

lógico da superfície terrestre, como por exemplo: floresta, gramíneas, água, ou área construída; já, o termo “uso da terra” refere-se aos propósitos humanos associados àquela determinada cobertura, por exemplo: pecuária, recreação, conservação, área residencial.

Diante do exposto, o presente trabalho foi desenvolvido, com o objetivo de analisar e comparar imagens de satélite entre os anos de 1986, 1996, 2006 e 2011, onde será possível observar as mudanças ocorridas na paisagem e adquirir um melhor entendimento sobre o progresso do município.

## I. METODOLOGIA DE TRABALHO

### I.1 Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo, o município de Faxinal do Soturno, localiza-se na região central do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1), entre as coordenadas geográficas 29°28'28" e 29°38'39" de latitude sul e 53°21'21" e 53°35'20" de longitude oeste. Situa-se na transição entre a Depressão Central, constituída de rochas sedimentares da Bacia do Paraná, apresentando relevos suaves a ondulados, e o Planalto, formado por rochas vulcânicas da formação Serra Geral, que apresentam um relevo aproximadamente tabular, muito escavado pelos rios (STRECK, *et al.*, 2008). De acordo com a classificação de Köppen, o clima é subtropical úmido (Cfa), com temperaturas

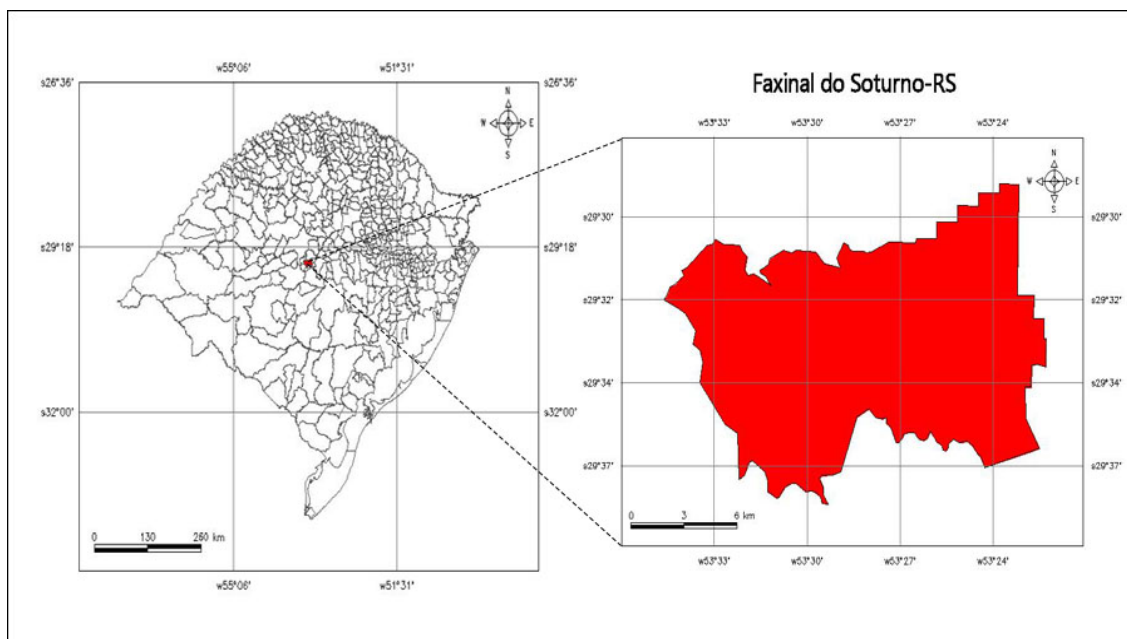


Figura 1. Localização do município de Faxinal do Soturno no estado do Rio Grande do Sul.

que variam entre 14°C e 25°C. As precipitações são distribuídas durante o ano, apresentando média anual de 1700mm (MORENO, 1961).

### 1.2 Material

Foram utilizados imagens do satélite Landsat 5, sensor TM (*Thematic Mapper*), bandas espectrais 1, 2, 3, 4, 5 e 7, órbita-ponto 222-081 datadas de 28/09/1986, 07/09/1996, 19/09/2006 e 01/09/2011, disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2012). Os aplicativos computacionais utilizados foram o SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) versão 5.1.8 para processamento e análise das imagens.

### 1.3 Metodologia

No software SPRING, foi criado um banco de dados espaciais onde foram importados as imagens e o arquivo vetorial correspondente ao polígono limite da área de estudo. No projeto foi utilizado a projeção geográfica e como sistema de referência utilizou-se o Datum WGS84. Para o processamento e análise das imagens fez-se necessário a georreferência, através da obtenção de 15 pontos amostrais, sendo que esses foram escolhidos em cruzamentos de estradas, drenagens, pontes, locais que não tenham sofrido alterações ao longo do tempo. Posteriormente, os pontos foram selecionados para a verificação do erro de controle, o qual encontrou-se dentro dos níveis de aceitação.

Após elaborou-se a composição falsa-cor RGB (*Red, Green e Blue*) com as bandas espectrais 5, 4 e 3, possibilitando a identificação dos alvos,

sendo usada a técnica de contraste linear para diferenciar os padrões de uso e cobertura na imagem, nas diferentes datas.

Para a classificação das imagens, foi realizado o treinamento supervisionado “pixel a pixel” para o reconhecimento da assinatura espectral das classes. No treinamento foram identificadas na imagem diversas áreas representativas de cada classe, sendo assim cada pixel da imagem é classificado de acordo com a classe que mais se assemelha. Para esse procedimento foi utilizado o algoritmo *MaxVer* (*Máxima Verossimilhança*), pois segundo Venturi e Santos (2003) esse é um dos métodos iterativos de classificação mais utilizado por apresentar sob certos aspectos maior precisão na classificação.

Para o mapeamento temático foram definidas quatro classes: “Floresta” correspondente a florestas nativas e plantadas, “Campo” que incluem campos naturais e pastagens plantadas, vegetação rasteira, “Solo exposto” referente a solos agrícolas em preparação ou em pousio e “Água” que incluem rios, arroios, banhados e açudes.

Para avaliar a qualidade da classificação, foi utilizada a tabela proposta por Landis e Koch (1977), contendo uma escala de valores, os quais definem a qualidade da classificação segundo o coeficiente Kappa (Tabela 1).

Realizou-se a programação de Análise LEGAL (Linguagem Espacial de Geoprocessamento Algébrico) para analisar a dinâmica florestal durante o período de estudo, onde se procederam as combinações dos mapas de uso e cobertura da terra, sendo possível a consulta e manipulação espacial dos dados obtidos na classificação digital

Tabela 1. Qualidade da classificação segundo intervalos do coeficiente Kappa.

Valor Kappa	Qualidade da classificação
<0,00	Péssima
0,00 – 0,20	Ruim
0,20 – 0,40	Razoável
0,40 – 0,60	Boa
0,60 – 0,80	Muito Boa
0,80 – 1,00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977).

das imagens. Segundo Câmara (1995), a linguagem espacial provê um ambiente geral para análise geográfica, com operadores espaciais geo-campos e geo-objetos existentes no banco de dados.

## 2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Uso e Cobertura da terra

Através da classificação supervisionada das imagens dos anos de 1986, 1996, 2006 e 2011, foram obtidos os mapas de uso e cobertura da terra

(Figuras 2, 3, 4 e 5). Para esses mapas, os resultados do coeficiente Kappa foram respectivamente: 0,995 (99,5%), 0,958 (95,8%), 0,996 (99,6%) e 0,956 (95,6%), portanto enquadra-se em uma classificação “excelente” de acordo com a Tabela 1. Após o mapeamento das classes temáticas de uso e cobertura da terra, foi possível a quantificação das mesmas (Tabela 2), igualmente demonstrado na Figura 6.

As áreas de floresta apresentaram uma diminuição no ano de 1996 em relação ao ano de 1986. Porém, nos anos seguintes as áreas aumentaram,

Tabela 2. Quantificação das classes temáticas no município de Faxinal do Soturno, RS, nos anos de 1986, 1996, 2006 e 2011.

Classes Temáticas	Área (Km <sup>2</sup> )			
	1986	1996	2006	2011
<b>Floresta</b>	58,70	51,62	51,35	67,34
<b>Campo</b>	62,12	67,73	105,51	98,20
<b>Solo Exposto</b>	72,52	74,66	36,65	28,00
Água	1,45	0,78	1,28	1,25
<b>Total</b>	<b>194,79</b>	<b>194,79</b>	<b>194,79</b>	<b>194,79</b>

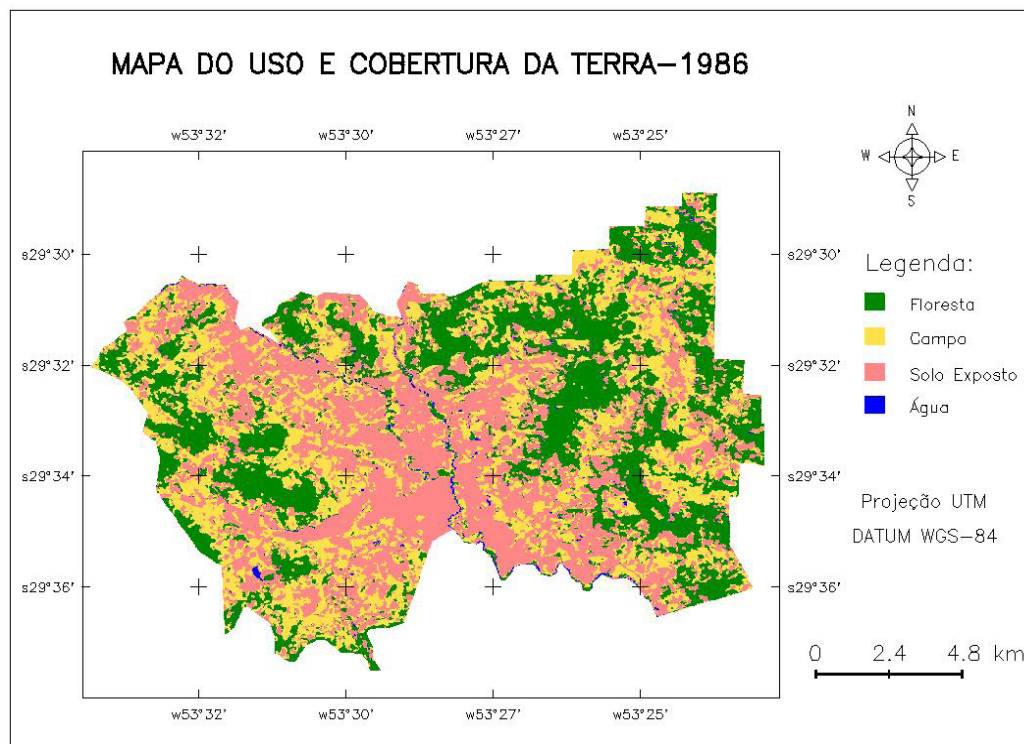


Figura 2. Mapa de uso e cobertura da terra em 1986 no município de Faxinal do Soturno, RS.

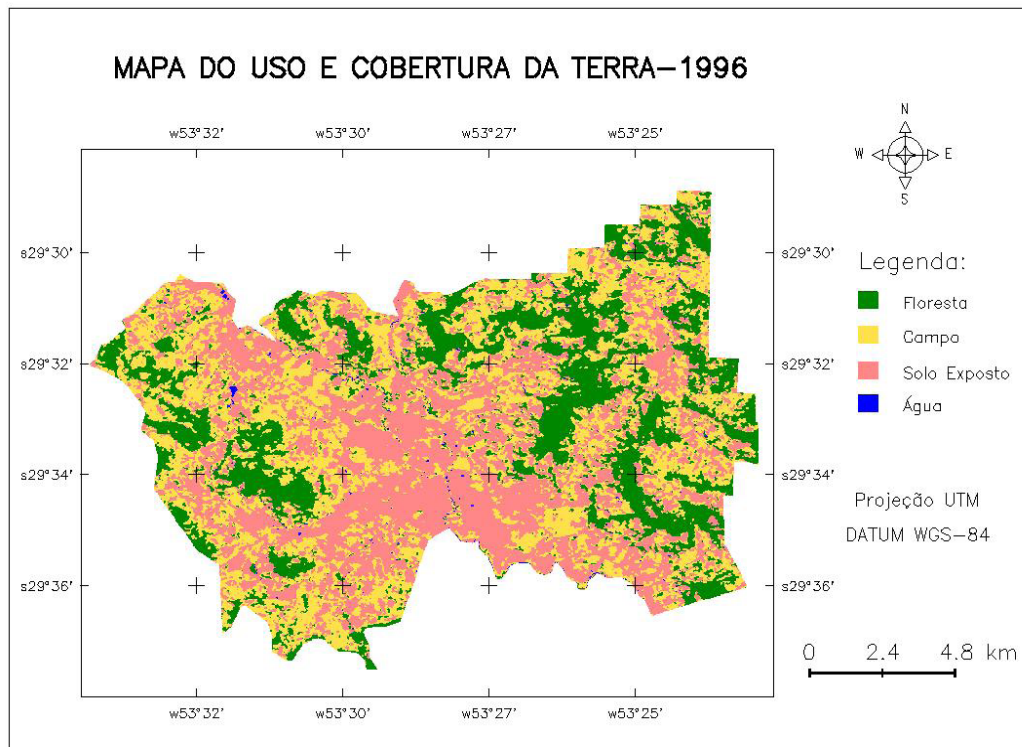


Figura 3. Mapa de uso e cobertura da terra em 1996 no município de Faxinal do Soturno, RS.

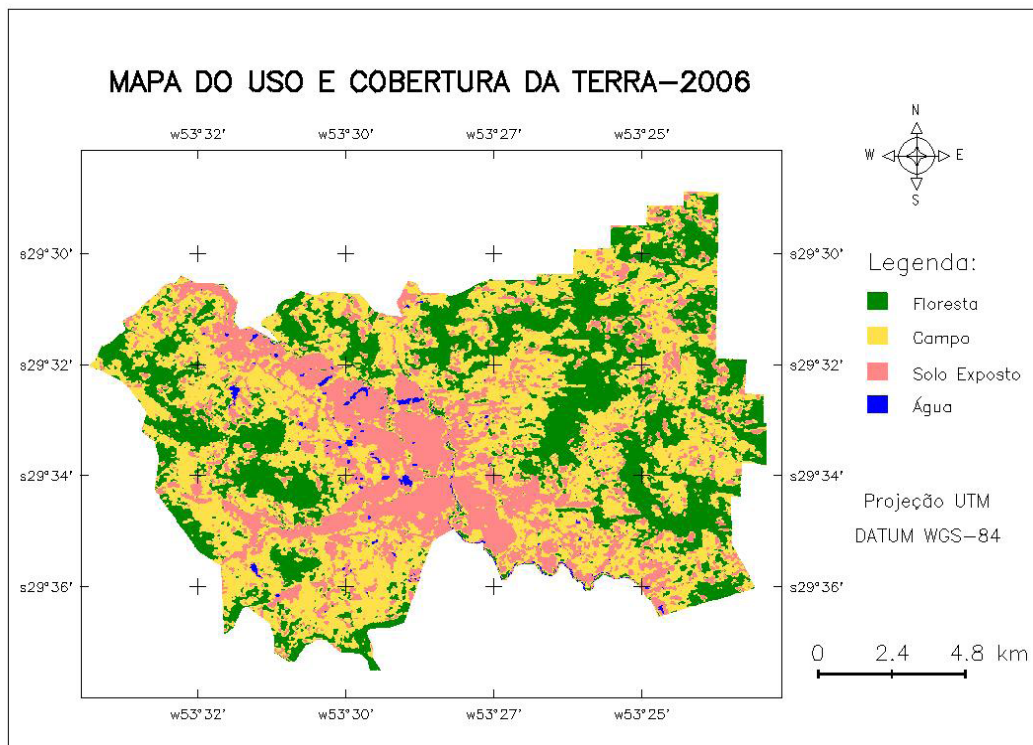


Figura 4. Mapa de uso e ocupação da terra em 2006, no município de Faxinal do Soturno, RS.

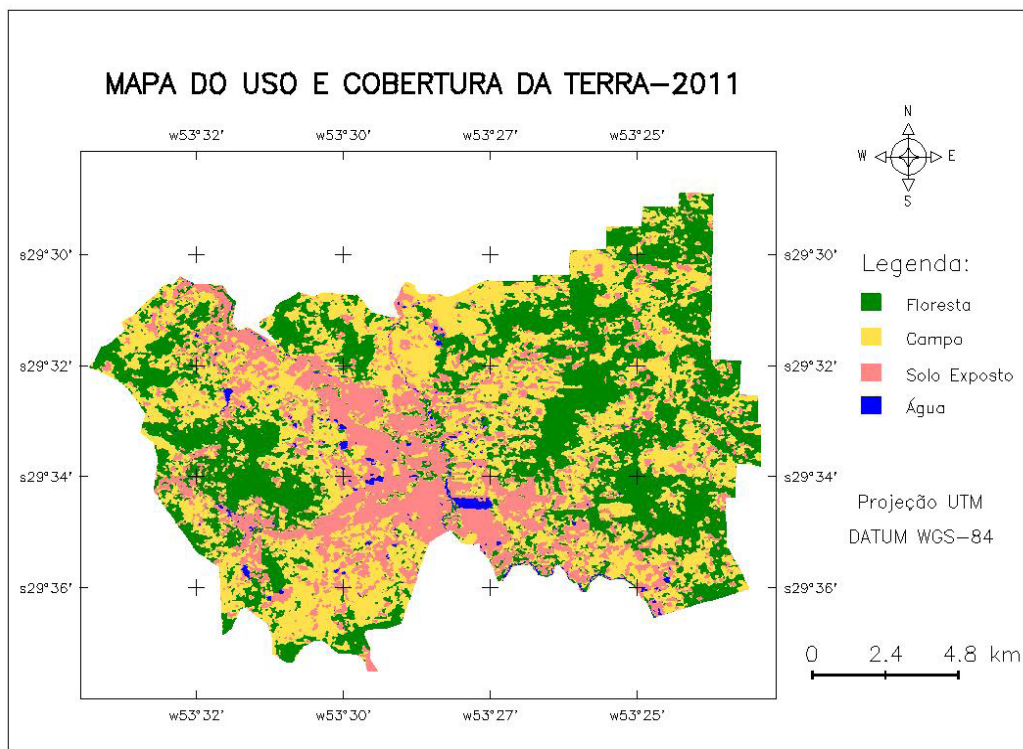


Figura 5. Mapa de uso e cobertura da terra em 2011 no município de Faxinal do Soturno, RS.

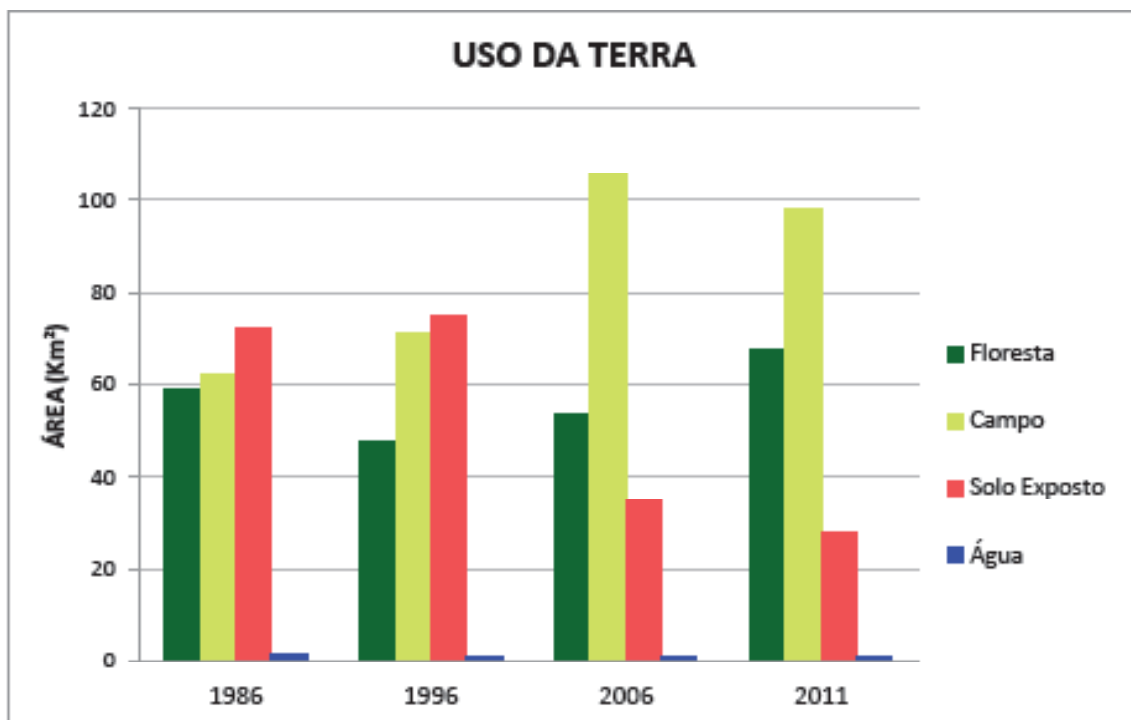


Figura 6. Evolução das classes temáticas no município de Faxinal do Soturno, respectivamente dos anos de 1986, 1996, 2006 e 2011.

sendo que em todo o período avaliado houve um acréscimo de 8,64 km<sup>2</sup>. Esse acontecimento pode estar relacionado com o aumento das fiscalizações às infrações florestais, ocasionando um aumento da regeneração de vegetação nativa, principalmente nas encostas de morros, presentes na área de estudo, e também ao êxodo rural ocorrido nas últimas décadas. Diante disso, o que pode estar acontecendo é que na classe “Floresta” estão incluídas florestas nativas e plantadas, e com a necessidade por produtos de origem florestal, como madeiras, lenhas, ocorre uma maior preocupação em cultivos de florestas plantadas, dessa forma contribuindo para o aumento dessa classe.

Nas áreas de campo verificou-se um acréscimo de 43,4km<sup>2</sup> entre 1986 e 2006, entretanto de 2006 até 2011 observou-se um decréscimo de 7,31 km<sup>2</sup>. Essa redução é, em parte, ocasionada pela expansão florestal em áreas de campo, ocupadas anteriormente para a pecuária. Outro fator atribuído a esse decréscimo **é a conversão para solo exposto, devido sua utilização para a agricultura.**

As áreas de solo exposto diminuíram 44,52 km<sup>2</sup> em todo o período de estudo. Esse acontecimento é em parte ocasionado pela expansão das culturas agrícolas, em que é possível notar que ocorre a substituição do campo pela agricultura de verão e posteriormente por cobertura de inverno.

**Áreas ocupadas por lâminas d’água são muito comuns** no município, principalmente por alagados formados pelas lavouras de arroz. Verificou-se que essa classe praticamente manteve-se

inalterada em função dessa cultura agrícola ser a principal fonte de renda dos agricultores por muitas décadas.

#### Análise LEGAL da Cobertura Florestal

Através da análise em Linguagem Espacial de Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), pode-se quantificar as áreas de “Manutenção” referente a áreas de floresta plantada e nativa que se mantiveram ao longo dos anos, “Regeneração” que incluem áreas de floresta nativa e plantada que regeneraram, “Desmatamento” que corresponde a áreas de floresta plantada e nativa que foram desmatadas, e “Outros Usos” que incluem áreas de solo exposto, campo e água que se mantiveram, ou que se modificaram entre si.

Os resultados obtidos com as análises estão dispostos na tabela 3, com os dados de transição florestal, no período de 1986 e 2011.

Entre os anos de 1986 e 1996 foram desmatados 17,71 Km<sup>2</sup> dos 58,70 Km<sup>2</sup> existentes, ou seja, 30,2% da área original da floresta foi substituída por outro uso do solo. Porém nesse período houve uma regeneração florestal de 10,63 Km<sup>2</sup>, resultando em uma área florestal de 51,62 Km<sup>2</sup> em 1996. A figura 7 representa o mapa de evolução da cobertura florestal no período de 1986 a 1996.

No período de 1996 e 2006, observou-se um aumento da regeneração florestal, em relação ao período anterior analisado. Essa regeneração foi

Tabela 3. Evolução Florestal entre o período de 1986 e 2011.

USO DA TERRA	Área (Km <sup>2</sup> )			
	Entre 1986 e 1996	Entre 1996 e 2006	Entre 2006 e 2011	Entre 1986 e 2011
Manutenção	40,99	39,35	39,63	39,14
Regeneração	10,63	12,00	27,71	28,20
Desmatamento	17,71	12,27	11,71	19,54
Outros Usos	125,46	131,17	115,74	107,91
<b>TOTAL</b>	<b>194,79</b>	<b>194,79</b>	<b>194,79</b>	<b>194,79</b>

### Mapa de Evolução da Cobertura Florestal (1986 – 1996)

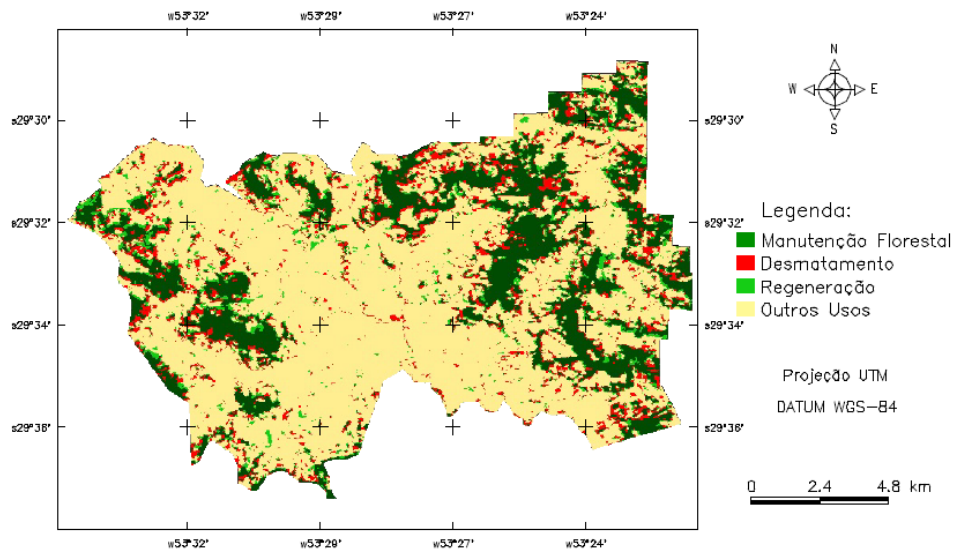


Figura 7. Mapa de Evolução da Cobertura Florestal entre os anos de 1986 e 1996.

quantificada em 12,00 Km<sup>2</sup>, ou seja, 6,16% da área total foi convertida em floresta. O desmatamento nesse período foi de 12,27Km<sup>2</sup>, o que corresponde a 23,77% de florestas convertidos pra outro uso da terra (Figura 8)

Entre os anos de 2006 e 2011, nota-se um desmatamento de 11,71 Km<sup>2</sup>, correspondentes a 22,80% da área original de floresta, sendo esta substituída por outro uso. Contudo, a regeneração foi de 14,22% da área total do município, o que corresponde a 27,71 Km<sup>2</sup> da área convertidos em

floresta (Figura 9).

Na avaliação do período entre 1986 e 2011, encontrou-se um desmatamento de 19,54 Km<sup>2</sup>, o que corresponde a 10,0% da área total do município. A manutenção florestal foi de 39,14 Km<sup>2</sup>, e a regeneração totalizou 28,20 Km<sup>2</sup>, ou seja, 14,5 % da área total foram convertidos em floresta (Figura 10).

Assim, conclui-se que, para um período de 25 anos, a cobertura florestal aumentou 8,64 Km<sup>2</sup>, ou seja, 4,45% da área do município, passando de

### Mapa de Evolução da Cobertura Florestal (1996 – 2006)

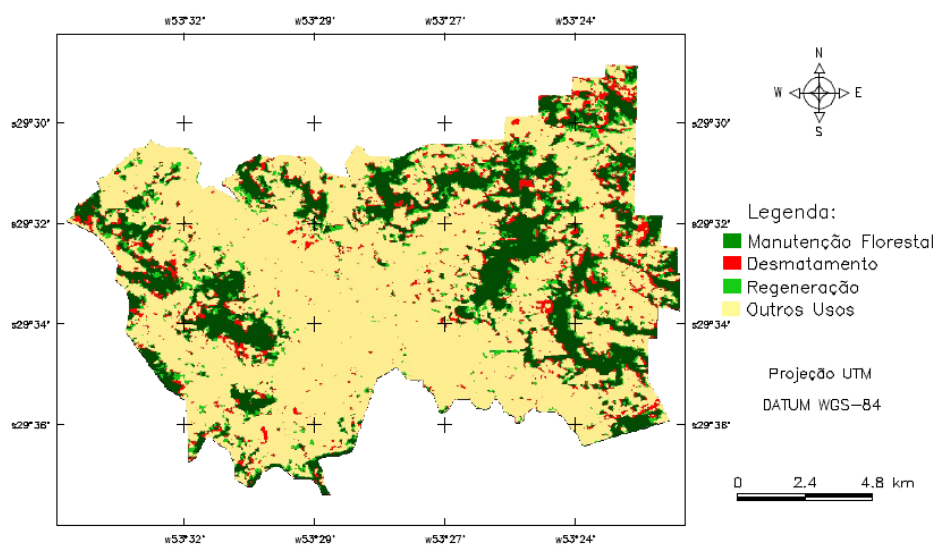


Figura 8. Mapa de Evolução da Cobertura Florestal entre os anos de 1996 e 2006.



Mapa de Evolução da Cobertura Florestal (2006 – 2011)

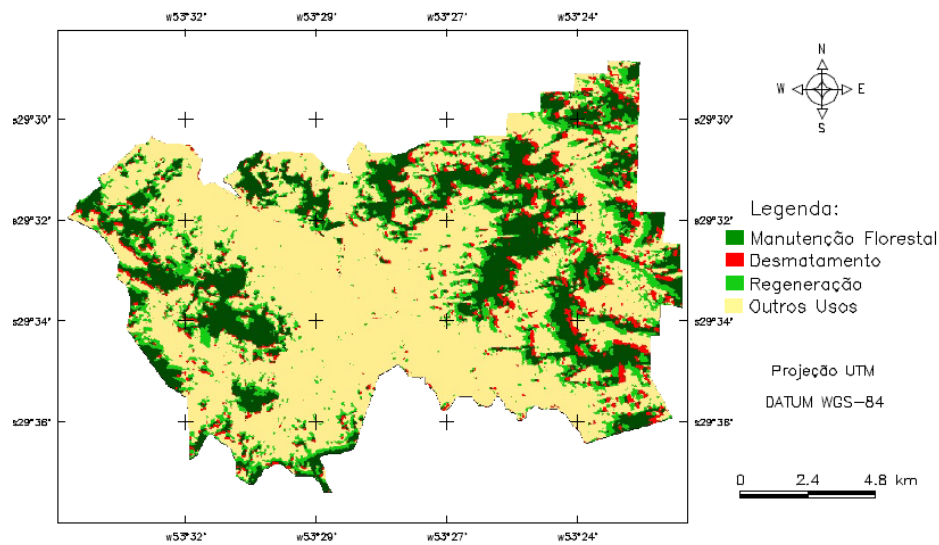


Figura 9. Mapa de evolução da cobertura florestal entre os anos de 2006 e 2011.

58,7 Km<sup>2</sup> em 1986 para 67,34 Km<sup>2</sup> em 2011. Esse acréscimo dá-se pelo aumento dos fragmentos florestais e pela substituição por vegetação pioneira de áreas anteriormente ocupadas pela agricultura. Além desses, tem-se os pequenos plantios que vem aumentando no município devido à demanda da matéria prima, como por exemplo, a madeira que é usada para secagem de grãos (arroz e soja).

A manutenção florestal, no final do período de estudo (2011), totalizou 39,14 Km<sup>2</sup>, sendo

que nos anos anteriores não houve mudanças significativas em relação a esse período. Essas áreas permaneceram inalteradas, principalmente nos morros e em suas encostas por serem lugares impróprios para a agricultura, e também áreas próximas de rios.

Ao longo do período de estudo, os desmatamentos totalizaram 19,54 Km<sup>2</sup>, tendo o valor pouco expressivo em relação às demais classes analisadas. Esses desmatamentos ocorrem em

Mapa de Evolução da Cobertura Florestal (1986 – 2011)

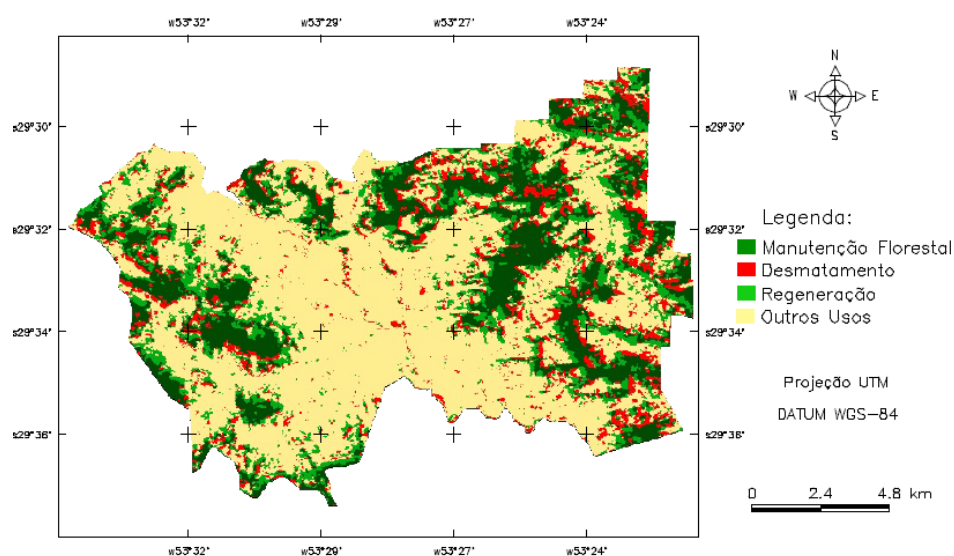


Figura 10. Mapa de evolução da cobertura florestal entre os anos de 1986 e 2011.

áreas atualmente ocupadas pela agricultura, que ao longo dos anos foram diminuindo devido ao abandono do setor agrícola, pelos agricultores, por causa de suas dificuldades de investimentos e também pelo aumento da fiscalização às infrações ambientais, o que implicaram em um aumento da área florestal no município.

### 3. CONCLUSÃO

As técnicas utilizadas mostraram-se eficientes para a análise espacial multitemporal do uso e cobertura da terra. Através da utilização de imagens do satélite Landsat 5, foi possível verificar as principais mudanças ocorridas num período de vinte e cinco anos com relação à floresta, campo, solo exposto e água, além da quantificação dos diferentes usos da terra para os anos de interesse ano no município de Faxinal do Soturno. Com a ajuda da programação LEGAL pode-se detectar todas as mudanças ocorridas na área de estudo, nas diferentes datas de análise.

A partir dos dados obtidos, foi possível constatar que houve um acréscimo de floresta e uma redução das áreas de agricultura, esse fato pode estar relacionado com o crescimento de florestas nativas em área que anteriormente eram ocupadas pela agricultura e pecuária, além do aumento das fiscalizações florestais.

### 4. REFERÊNCIAS

- Briassoulis, H. **Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches**. In: Regional Research Institute. West Virginia University, 1999. Disponível em: <<http://www.rri.wvu.edu/Web-Book/Briassoulis/contents.htm>>. Acesso em: 25 out. 2012.
- CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos**. 1995. 282f. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1995.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 26 out. 2012.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <<http://www.inpe.br>>. Acesso em: 08 set. 2012.
- Landis, J.; Koch, G. G. The measurements of agreement for categorical data. **Biometrics**, Washington, v. 33, n. 3, p. 159-179, 1977. INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <<http://www.inpe.br>>. Acesso em: 10 set. 2012.
- Martins, S. V. **Recuperação de Mata Ciliar**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 146p.
- Moreno, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.
- Novo, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo, SP: Editora Blucher, 2008. 333p.
- Pedron, F.A.; Poelking, E.L.; Dalmolin, R.S.D.; Azevedo, A.C.; Klant, E. **A aptidão de uso da terra como base para o planejamento da utilização dos recursos naturais no município de São João do Polêsine - RS**. *Ciência Rural* [online]. 2006, vol.36, n.1, p. 105-112. ISSN 0103-8478.
- Streck, E.V.; Kampf, N.; Dalmolin, R.S.D.; Klamt, E.; Nascimento, P.C.; Schneider, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER-RS/UFRGS, 2008. 222 p.
- Venturieri, A.; Santos, J.R. dos. Técnicas de classificação de imagens para análise da cobertura vegetal. In: ASSAD, E. D. & SANO, E. E. (Org.). **Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 1998. p. 351-371.