

Avaliação das mudanças no uso do solo em áreas rurais no município de Passo Fundo/RS entre 1989 e 2011 com uso de imagens Landsat TM-5

Evaluation of changes in land use in the city of Passo Fundo/RS between 1989 and 2011 with use of TM-5 Landsat images

Rosana Corazza(1); Alcindo Neckel(2); Laura Pasa Cambrussi(3)

1 Licenciada em Geografia, Profa. Dra. do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), Campus Sertão, Sertão/RS, Brasil.

E-mail: rosana.corazza@sertao.ifrs.edu.br

2 Geógrafo, Prof. Dr. do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGARq) da Faculdade Meridional (IMED) – Passo Fundo/RS, Brasil. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Mobilidade Urbana (NEPMOUR) – Passo Fundo/RS, Brasil.

E-mail: alcindo.neckel@imed.edu.br

3 Escola de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade Meridional (IMED) – Passo Fundo/RS, Brasil; Núcleo de Estudos e Pesquisas em Mobilidade Urbana (NEPMOUR) – Passo Fundo/RS, Brasil.

E-mail: lauracambrussi@hotmail.com

Revista de Arquitetura IMED, Passo Fundo, vol. 7, n. 1, p. 68-83, Jan.-Jun., 2018 - ISSN 2318-1109

[Recebido: 03 maio 2018; Aceito: 19 julho 2018]

DOI: <https://doi.org/10.18256/2318-1109.2018.v7i1.2688>

Como citar este artigo / How to cite item: [clique aqui/click here!](#)

Resumo

A pesquisa baseou-se no diagnóstico das mudanças nas características do uso do solo no município de Passo Fundo (RS), objetivando, de maneira geral, avaliar as mudanças ocorridas entre 1989 e 2011, com o uso de imagens do satélite Landsat TM-5. As imagens foram classificadas pelos métodos supervisionado e não supervisionado, gerando mapas temáticos com as seguintes classes: área agrícola e pecuária, mata, solo exposto e água. Os resultados da pesquisa mostraram em sua comparação que em 2011 a classe “mata” possuía uma área de 10.628,4 ha (14,9% do total) e a classe “água” uma área de 203,6 ha (0,4%).

Palavras-chave: Análise do Ambiente. Classificação de Imagens. Sensoriamento Remoto.

Abstract

The search is based on the diagnosis of changes in the characteristics of land use in the city of Passo Fundo (RS). In general lines, it aims to evaluate changes between 1989 and 2011, using satellite images from Landsat TM-5. The images were classified by supervised and unsupervised method, generating thematic maps with the following classes: agriculture and ranching, forest, exposed soil and water. The results have showed that the forest possesses an area of 10.628,4 ha (14.9% from total) and the class “water” possesses an area of 203,6 ha (0,4%).

Keywords: Environmental Analysis. Image Classification. Remote Sensing.

1 Introdução

Apesar dos avanços tecnológicos e científicos do século XXI, cada vez mais, “os recursos naturais são insuficientes em relação às necessidades humanas” (GÜLERSOY, 2013, p. 1915). Geralmente, o aumento populacional requer cada vez mais áreas, motivando, assim, a expansão das cidades e a degradação dos recursos naturais (GÜLERSOY, 2013). Esse processo também é verificado nas áreas rurais, ocasionando a supressão da vegetação nativa e a conversão das áreas para a produção agrícola ou pecuária.

Isso decorre das modificações desenvolvidas pelas atividades humanas no ambiente, que, para Sitayeb e Benabdeli (2008, p. 466), são detectadas em nível regional e local e “resultam em uma interrupção das paisagens naturais, influenciam na dinâmica da vegetação e trazem consequências diretas sobre a configuração de uso do solo e da biodiversidade”.

Esses diferentes tipos de impacto ambiental, segundo Gülersoy (2013), necessitam ser monitorados. Nesse sentido, o sensoriamento remoto tornou-se uma ferramenta capaz de auxiliar na análise das características do ambiente em escala local e regional. Convém lembrar que, apesar de o sensoriamento remoto ser uma potente ferramenta para análise do uso do solo, é necessário levar em consideração as diferentes técnicas de análise de imagens de satélite de diferentes anos, de forma a apresentar a situação atual do uso da terra e as mudanças temporais ocorridas (GÜLERSOY, 2013).

Quando se aplica o sensoriamento remoto para representar os diferentes tipos de usos no solo, os autores Angel et al. (2010) alertam que também se deve levar em consideração as forças físicas que agem sobre o ambiente. Essas ações realizam-se de maneira lenta e rápida, ou seja, lenta quando dependem dos processos naturais, como o intemperismo geológico, e rápida quando realizadas pela interferência humana no espaço geográfico.

Segundo Gülersoy (2013), estudos envolvendo o sensoriamento remoto ajudam a compreender o uso do solo em suas diferentes formas e contextos e tornam-se de fundamental importância para que se possa interferir sobre o território analisado, até mesmo com ações mitigadoras de impactos ambientais, se for o caso. Assim também entendem Jiao, Liu e Li (2012, p. 46), os quais sugerem que “o primeiro passo para a caracterização de classes de uso da terra é a compreensão das diferentes formas de uso da terra em pequenas e grandes propriedades de uso particular ou privado”. Esses autores indicam que “os efeitos antrópicos sobre a paisagem podem ser observados em imagens de sensoriamento remoto, identificando diferentes formas e características de uso do solo através de manchas”.

Importa, nesse contexto, conhecer a evolução histórica da ocupação do solo. No município de Passo Fundo, o registro dessa evolução é feito a partir de relatos.

Fritsch (2006) explica que, há cerca de 200 anos, o município de Passo Fundo/RS era apenas uma terra de passagem e de descanso para os tropeiros que vinham de Santa Catarina, com áreas de campo e de mata extensa e de pouca civilização. Atualmente, em virtude da importância econômica do município no cenário gaúcho e nacional, a população urbana do município vem aumentando de forma constante. No meio rural, o dinamismo experimentado pela agricultura nas últimas décadas levou à expansão do setor, com a intensificação da utilização de tecnologias e do aumento da produtividade, ocasionando um aumento da pressão sobre as áreas preservadas.

Tendo em vista o exposto, esta pesquisa objetiva avaliar, de maneira geral, as mudanças do uso do solo no município de Passo Fundo/RS, entre os anos de 1989 e 2011, com o uso de imagens Landsat TM-5, de modo a confirmar ou não os relatos sobre o uso gradativamente maior das áreas de vegetação nativa para a agropecuária.

A utilização das imagens de satélite torna possível a verificação dos diferentes tipos de uso do solo em Passo Fundo/RS e pode auxiliar em planejamentos futuros, o que reflete a importância dessa pesquisa para a sociedade, gerando, assim, dados sobre porcentagem restante de matas e os quantitativos ocupados por corpos hídricos, lavouras e solo exposto.

2 O sensoriamento remoto e as suas vantagens para o monitoramento do uso do solo

Ao pesquisar sobre diferentes técnicas e aplicações do Sensoriamento Remoto, deve ser valorizado o estudo desenvolvido por Prenzel (2004, p. 281), para quem esse processo requer a “quantificação com base em sensoriamento remoto da cobertura da terra e mudança no uso da terra para o planejamento”. Analisaram-se diversos setores no estado do Rio Grande do Sul (Brasil), que, com o uso do Sensoriamento Remoto puderam se beneficiar de informações que incluem agricultura, silvicultura, planejamento urbano, serviços públicos, petróleo e gás, conservação de recursos naturais e monitoramento ambiental. Os dados adquiridos por Prenzel (2004, p. 299) revelam que o “monitoramento da superfície terrestre continua sendo uma meta importante para o Sensoriamento Remoto”, o que, por sua vez, pode contribuir muito para o planejamento do uso do solo no Estado, pois as técnicas de sensoriamento remoto utilizadas resultaram em um monitoramento confiável.

Posteriormente, Vagen (2006, p. 219) desenvolveu uma pesquisa intitulada “O Sensoriamento Remoto e suas complexas mudanças no uso do solo e as trajetórias das montanhas de Madagascar”, na África, retratadas “como um local de desmatamento e degradação ambiental”, em razão da ocupação intensiva de encostas por áreas de pastagens, as quais aumentaram cerca de 65% (3400 ha) durante o período de estudo (1972 e 2001). Os resultados identificados por Vagen (2006, p. 228) foram de

fundamental importância para que se aumentassem os recursos disponíveis na região, e para que pudessem ser aplicados na recuperação do local analisado.

As pesquisas de Zhang e Zhang (2007, p. 461), ao abordarem as questões de sensoriamento remoto e analisarem as modificações na China, revelaram que, no ano de 1999, com apoio do Ministério da Terra e Recursos (MTR) “lançou-se o Programa Nacional de Uso da Mudança da Terra, especialmente para monitorar a distribuição de expansão urbana e da redução das terras cultivadas”. Para isso, utilizou-se do sensoriamento remoto, o que possibilitou o mapeamento, apontando precisas mudanças no uso da terra, proporcionando a possibilidade de um plano de ação para o limite territorial investigado de forma eficiente e rentável.

Os estudos de Sensoriamento Remoto, ao analisarem as características do uso do solo, segundo Golmehrer (2009, p. 15) tornam-se de fundamental importância para “a coleta de espacial informação, que é muito útil na identificação, classificação e mapeamento das unidades de uso da terra”. Isso facilita o entendimento do desenvolvimento de regiões povoadas, razão pela qual Golmehrer (2009) define o Sensoriamento Remoto como uma ferramenta científica eficaz que determina um conjunto de verdades na caracterização do ambiente terrestre.

Outra relevante pesquisa é a que foi desenvolvida por Baboo e Devi (2010, p. 3085), sobre as “integrações do Sensoriamento Remoto e SIG (Sistema de Informações Geográficas) para analisar as mudanças no uso e cobertura do solo no Distrito de Coimbatore” na Índia. Foram constatadas e descritas, com o uso do Sensoriamento Remoto, várias mudanças no uso do solo entre 2004 e 2007. Os resultados mostraram um “rápido crescimento no uso do solo, no período de 2004 a 2007”. Isso proporcionou a intervenção e a possibilidade de pensar ferramentas de planejamento urbano para o distrito.

Zhu, Lin e Li (2011, p. 407) pesquisaram sobre “o Sensoriamento Remoto e a classificação de especialistas sobre o uso do solo: tipos de cobertura do solo usando as dimensões espectrais sobre uma região montanhosa, subtropical na China”. Para o cumprimento metodológico, utilizaram-se imagens Landsat 7, as quais foram trabalhadas com modelos de classificação que possibilitaram identificar os objetos de terra em uma região, onde as características de superfície são muito diversificadas”. Assim, segundo Zhu, Lin e Li (2011, p. 421) foram encontrados resultados que revelaram “diferentes tipos de uso do solo, especialmente em diferentes categorias de vegetação, que foram identificadas em uma classificação com exatidão de 80,25%”. Essa exatidão tornou-se possível porque, quanto mais especialistas trabalharem com Sensoriamento Remoto em uma região específica, mais os resultados da classificação podem ser melhorados.

Outro estudo relevante sobre identificações no uso do solo utilizando o Sensoriamento Remoto foi desenvolvido por Xie, Lin e Ren (2011, p. 232) e denominou-

se “otimizando o modelo para o uso da terra e recuperação da cobertura do solo de imagens de Sensoriamento Remoto com base na precisão variável conjuntos Irregulares”. Essa pesquisa apresentou um modelo de otimização baseado na precisão de variáveis, o que possibilitou a discriminação da cobertura do solo no inventário do pantanal da China. Pelo uso de imagens Landsat-5 (bandas TM, precisão global: 87,32%), obtiveram-se melhores dados que os já obtidos anteriormente. Isso possibilitou que Xie, Lin e Ren (2011, p. 240) chegassem a resultados eficientes, pois, “a dimensão dos dados foi diminuída dramaticamente, de 12 para 3”. Esses resultados encontrados podem ser úteis para a recuperação de áreas úmidas.

Dymond et al. (2012, p. 1) também desenvolveram pesquisa sobre “o Sensoriamento Remoto e a mudança no uso do solo para o relatório do Protocolo de Kyoto: o caso da Nova Zelândia”. As “mudanças na floresta mostraram que a área arborizada, entre 1990 e 2008, na Nova Zelândia (Reino Unido), foi de 579.000 ha, e a área de desmatamento foi de 75.000 ha”. Os resultados dessa pesquisa desenvolvida por Dymond et al., (2012, p. 8) foram disponibilizados para a população e para os órgãos competentes, responsáveis por fiscalizações, pois apresentam provas das causas dessas alterações (desmatamentos), e sobre o “antes e depois, exibido por imagens de satélites”, o que possibilitou um conjunto de ações de fiscalização visando minimizar essas mudanças.

Vibhute e Gawali (2013, p. 81) tratam de maneira conceitual o Sensoriamento Remoto, denominando-o como uma ferramenta útil para o planejamento do uso da terra e do sistema de apoio à tomada de decisão. Pelas imagens de satélites, o “Sensoriamento Remoto torna-se benéfico para o monitoramento das características do solo”. Nesse caso, Vibhute e Gawali (2013, p. 81) atribuíram e analisaram as características agrícolas e dados que comprovaram a eficiência de “informações exatas de atividades agrícolas, tais como identificação de diferentes culturas e classificação; monitoramento de condições de colheita; o crescimento da cultura em área de colheita e estimativa de rendimento, além da eficiência da agricultura de precisão”.

Recentemente, Agapiou et al. (2014, p. 20) utilizaram-se do Sensoriamento Remoto para trabalhar com modelos lineares em 3D e representar marcas de corte de características arqueológica sobre a superfície do território. Utilizaram-se três etapas: “(1) o recálculo das medições de banda com imagens Landsat 5; (2) a aplicação dos Principais Componentes Análise de (PCA) para transformação, seguido por (3) uma rotação de 3D dos dados”. Essa pesquisa realizada por Agapiou et al. (2014, p. 20) teve resultados satisfatórios e inovadores que possibilitaram “aumentar assinaturas arqueológicas melhores do que os próprios índices de vegetação, enquanto que a metodologia pode ser expandida para todas as outras imagens multiespectrais de satélite”, visando à representação eficiente (mínimo de erros) de outros objetos, dentro de um plano de análise.

Essas técnicas atuais e diferentes ao Sensoriamento Remoto, possibilitaram a Hossain et al. (2014, p. 61) analisar a validade de “vários métodos utilizados para

produzir mapas de habitats de ervas marinhas” no Estado do Rio Grande do Sul (Brasil). Metodologicamente, o estudo utilizou-se de técnicas de amostragem “para destacar os avanços recentes e para definir as áreas em que a investigação potencial e uma revisão bibliográfica de 195 estudos científicos”. Isso possibilitou que Hossain et al. (2014, p. 61) constatassem que, com a utilização de imagens Landsat, apesar de não existir um único “método ou abordagem capaz de medir todos os parâmetros de ervas marinhas (presença/ausência, tampa, espécies e biomassa) para avaliar suas mudanças”, o Sensoriamento Remoto torna-se ferramenta que depende exclusivamente da “integração de campo, imagens, e abordagens de mapeamento”, já realizados em outras pesquisas.

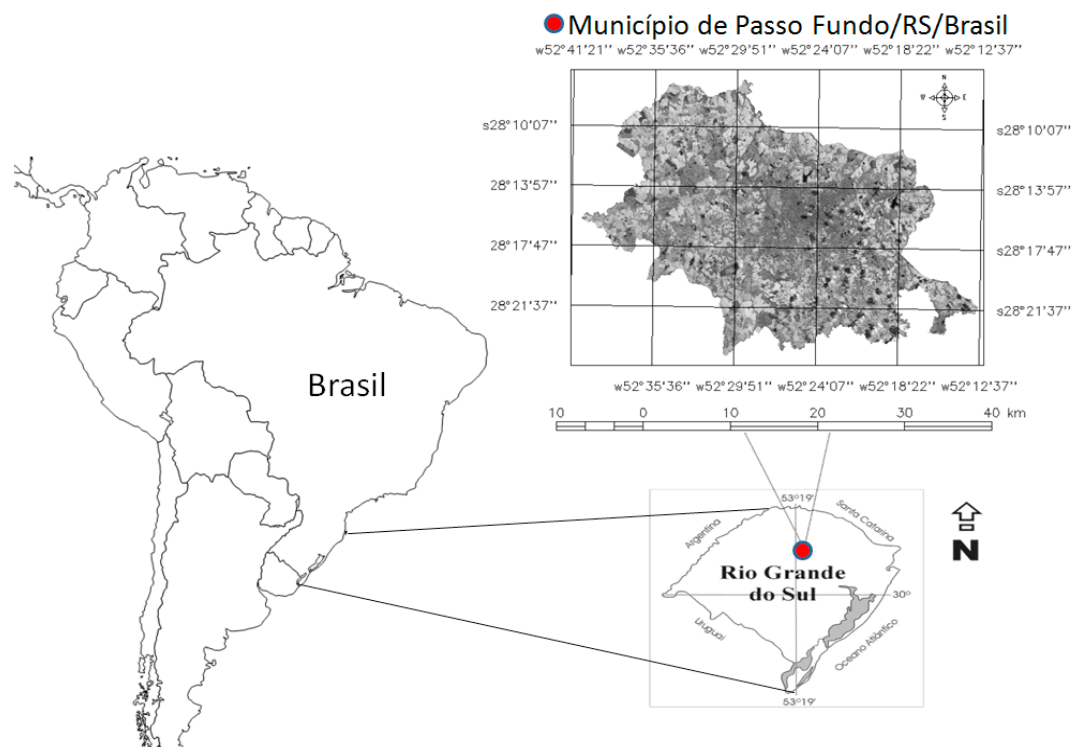
Prenzel (2004), Vagen (2006), Zhang e Zhang (2007), Sitayeb e Benabdeli (2008), Golmehr (2009), Baboo e Devi (2010), Zhu, Lin e Li (2011), Xie, Lin e Ren (2011), Jiao, Liu e Li (2012), Dymond et al. (2012), Vibhute e Gawali (2013), Agapiou et al. (2014), Gülersoy (2013) e Hossain et al. (2014) trabalharam com técnicas e áreas de representação diferentes em suas pesquisas, utilizando-se do Sensoriamento Remoto, o qual se mostrou eficiente e inovador. Nessas pesquisas percebe-se o Sensoriamento Remoto como uma ferramenta capaz de proporcionar diagnósticos de alta precisão, auxiliando uma possível tomada de decisão, tanto para planejamento urbano quanto para fiscalização, em diferentes usos no solo, para recuperação de áreas degradadas, caracterização e representação de recursos hídricos, ou até mesmo, em pesquisas relacionadas com oceanos, onde a escala é cada vez mais ampla.

Em razão disso, entende-se que a utilização dessa ferramenta na presente pesquisa foi capaz de trazer dados precisos e úteis às mesmas finalidades.

3 Metodologia da pesquisa

O município de Passo Fundo situa-se no norte do Estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas 28°07' e 28°25' de latitude Sul e 52°17' e 52°41' de longitude Oeste (Figura 1). Seus limites atuais são formados pelos municípios de Pontão, Sertão e Coxilha, ao Norte; Carazinho, Ronda Alta e Santo Antônio do Planalto, a Oeste; Ernestina, Nicolau Vergueiro e Marau, ao Sul e Mato Castelhano a Leste (IBGE, 2014). A cidade de Passo Fundo, conforme o IBGE (2014), é conhecida como a capital do Planalto Médio, tendo em vista sua importância para toda a Região Norte do Estado do Rio Grande do Sul e o fato de possuir a maior população dessa região, com 184.826 habitantes, segundo o Censo 2010 (IBGE, 2014).

Figura 1. Localização do município de Passo Fundo (RS/BRASIL)



Fonte: Adaptando de Neckel, Brandli e Prietto (2013), com o uso de imagem de satélite Landsat TM/5.

Os mapas de uso do solo do município de Passo Fundo (RS) foram elaborados com uso de imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, obtidas no *website* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e processadas no Sistema de Informações Geográficas (SIG) SPRING, versão 5.2.6, desenvolvido e disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Foram utilizadas imagens de duas datas: 07 de novembro de 1989 e 04 de novembro de 2011. Optou-se por empregar imagens do mesmo mês para que o estágio fenológico das culturas de inverno fosse semelhante nas duas datas.

O norte do estado do Rio Grande Sul, onde se localiza o município de Passo Fundo, é uma região de intensa exploração agrícola. A maior parte das áreas encontra-se coberta por culturas agrícolas temporárias durante todo o ano: milho e soja, no período de verão e começo do outono; trigo, aveia, cevada e outros cultivares no inverno e no início da primavera. A ocupação agrícola intensa que se estabeleceu na região processou-se com a gradual introdução da tecnologia agrícola na cultura do trigo (décadas de 1930, 1940 e 1950) e consolidou-se de forma moderna nas décadas de 1960 e 1970, com o processo de difusão tecnológica, conhecido como Revolução Verde, e que foi aplicado à cultura da soja (ALVES, 2013). Ao mesmo tempo em que propiciou o aumento da produtividade e da lucratividade no setor primário, a Revolução Verde impulsionou o desmatamento de vastas áreas de vegetação pertencentes ao Bioma Mata Atlântica. De acordo com Krabe (2010), no início da ocupação agrícola, o solo das

áreas de campo era considerado, de forma geral, imprestável para o cultivo de cereais, por possuir menor fertilidade e, por isso, a agricultura tradicional desenvolveu-se praticamente nas áreas de mata. Em relação ao relevo, a mesorregião Noroeste do Rio Grande do Sul possui uma grande área com relevo de planalto, com leves ondulações, ideais para a moderna prática agrícola, com uso intensivo da mecanização como propunha a Revolução Verde (ALVES, 2013).

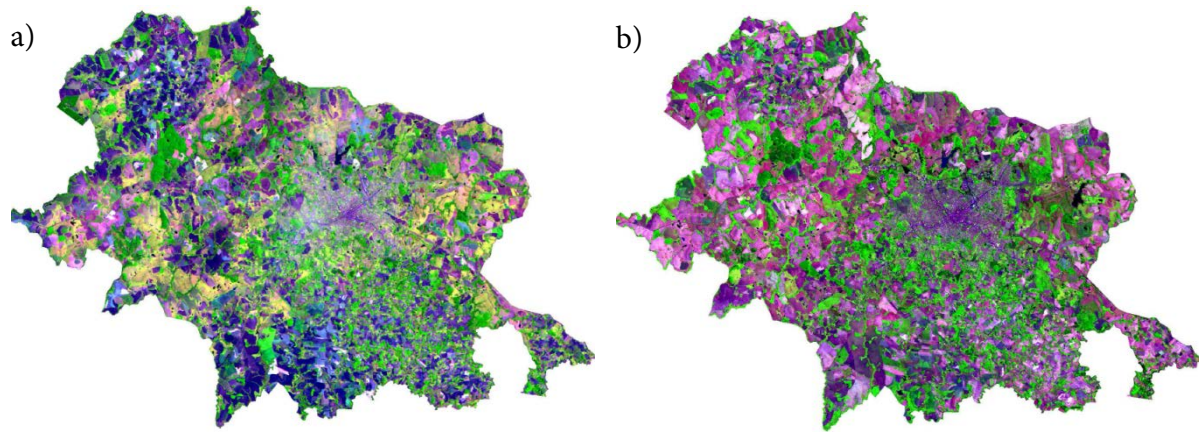
Em relação ao processamento das imagens, inicialmente se procedeu com sua correção geométrica, realizando, na sequência, a aplicação de contraste às bandas 3, 4 e 5 e seu recorte para a área de estudo. Optou-se por excluir a área urbana, uma vez que a diversidade de respostas espectrais dos alvos impossibilita a sua separação das demais áreas. A delimitação da área urbana foi realizada visualmente sobre a imagem de satélite. Optou-se por utilizar a máscara da área urbana de 2011 para o recorte da imagem de 1989, garantindo, assim, a intercomparabilidade dos resultados.

As imagens foram classificadas pelo método supervisionado e não supervisionado, gerando mapas temáticos com as seguintes classes: área agrícola e pecuária, mata, solo exposto e água. A classe solo exposto corresponde tanto às áreas com solo não cultivado (em pousio), revolvido ou não, quanto àquelas em que foi realizada a colheita do cultivar (áreas de resteva), nas quais a resposta espectral do solo suplanta a resposta da palha e dos restos do cultivo precedente. O mapeamento temático resultante foi comparado visualmente com a composição RGB543 das bandas para a escolha no método que apresentasse os melhores resultados. Para a imagem de 1989, o método não supervisionado (segmentação com valor 8 de similaridade e 16 pixels de área, algoritmo ISOGEG, com limiar de aceitação de 99,9%) apresentou melhor correspondência com os alvos, enquanto, para a imagem de 2011, o método supervisionado (classificador Maxver, limiar de aceitação de 99,9%) foi superior. Por fim, realizaram-se as medidas de cada classe para cada uma das imagens.

4 Resultados e discussão

Na Figura 2 são apresentadas as imagens das duas datas, na composição RGB543. As áreas em tons de roxo (imagem de 1989) e em tons de lilás (imagem de 2011) são áreas de solo exposto e mostram-se abundantes, pois, no início do mês de novembro, grande parte das culturas de inverno encontra-se colhida. Nas duas imagens, as áreas em verde escuro referem-se às áreas florestais (nativas ou não), enquanto as áreas ocupadas por cultivos agrícolas aparecem em tonalidades de verde claro. Verifica-se que somente com a observação da imagem torna-se difícil identificar as mudanças no uso do solo ocorridas entre as duas datas.

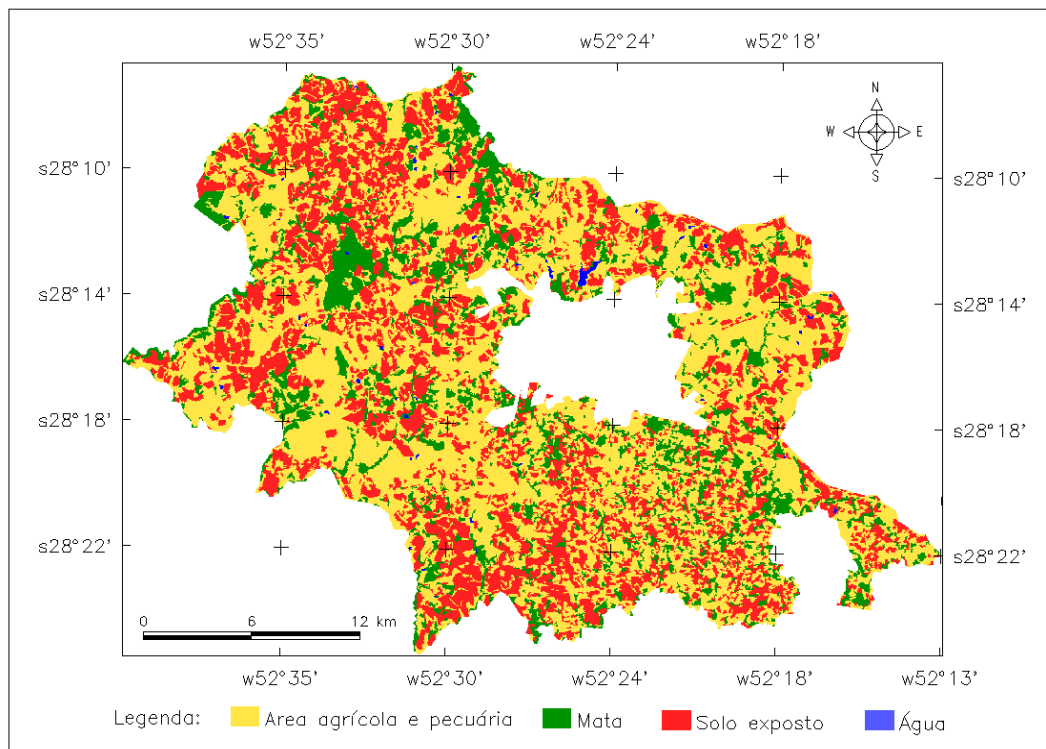
Figura 2. Imagens do Satélite Landsat 5 - Sensor TM, do município de Passo Fundo/RS



Fonte: Imagens do satélite Landsat TM/5 - em composição RGB543. Em “a” a imagem de 07 de novembro de 1989 e em “b” a imagem de 04 de novembro de 2011.

No mapa apresentado na Figura 3, é possível verificar o uso do solo em Passo Fundo em novembro de 1989. Da área total (71.124,8 ha), a maior parte era ocupada pelas áreas destinadas à agricultura e pecuária (37.734,6 ha), e pela classe “solo exposto” (22.258,2 ha). As áreas de solo exposto, em sua maioria, também se destinam ao uso agropecuário, porém na data do imageamento, encontravam-se sem cobertura vegetal. Juntas, essas classes perfaziam 84,8% da área total do município. A classe “mata” apresentava uma área de 10.628,4 ha (14,9% do total) e a classe “água” uma área de 203,6 ha (0,4%).

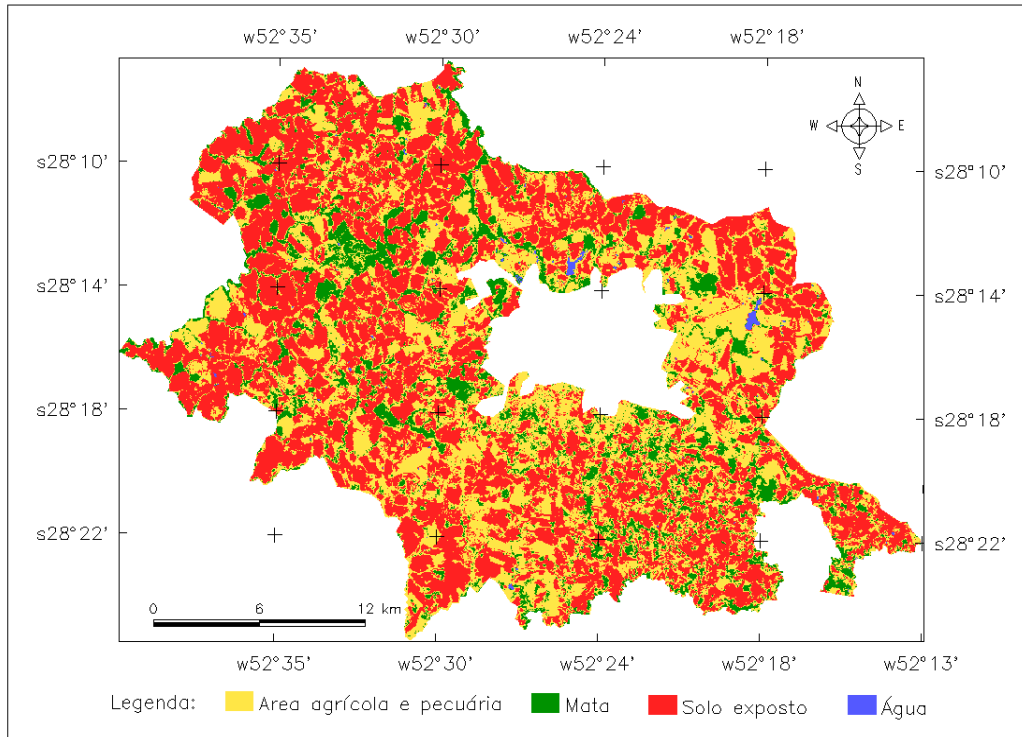
Figura 3. Mapa de uso do solo no município de Passo Fundo - novembro de 1989



Fonte: Sistematizados pelos autores com o uso de Imagens do satélite Landsat TM/5 (2018).

Na Figura 4 é apresentado o mapa de uso do solo de novembro de 2011. Naquela data, as áreas destinadas à agricultura e pecuária ocupavam 26.940,9 ha (37,8% da área total) e as áreas de solo exposto 35.687,9 ha (50% da área total). Juntas, estas áreas perfaziam 87,9% da área total, o que demonstrou um aumento em relação ao ano de 1989. A comparação entre as porcentagens obtidas nas duas datas pode ser observada no gráfico da Figura 5.

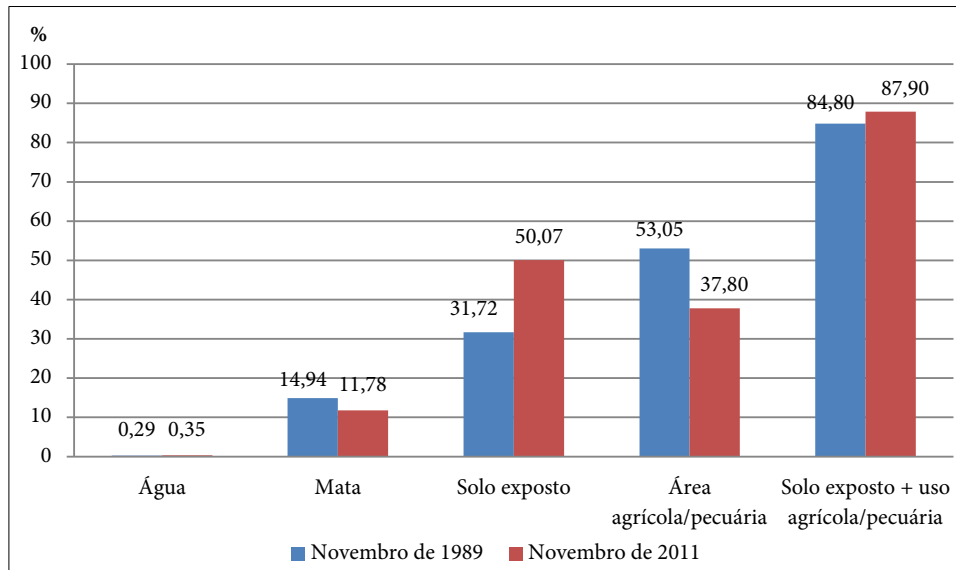
Figura 4. Mapa de uso do solo no município de Passo Fundo - novembro de 2011



Fonte: Sistematizados pelos autores com o uso de Imagens do satélite Landsat TM/5 (2018).

A alteração mais significativa deu-se em relação às áreas de mata (nativa e/ou plantada), que passaram de 10.628,4 ha (14, 94%) para 8.395,7 ha (11,78%). Esses dados demonstram a contínua supressão da vegetação nativa para a implantação de lavouras ou pastagens no período entre as duas imagens.

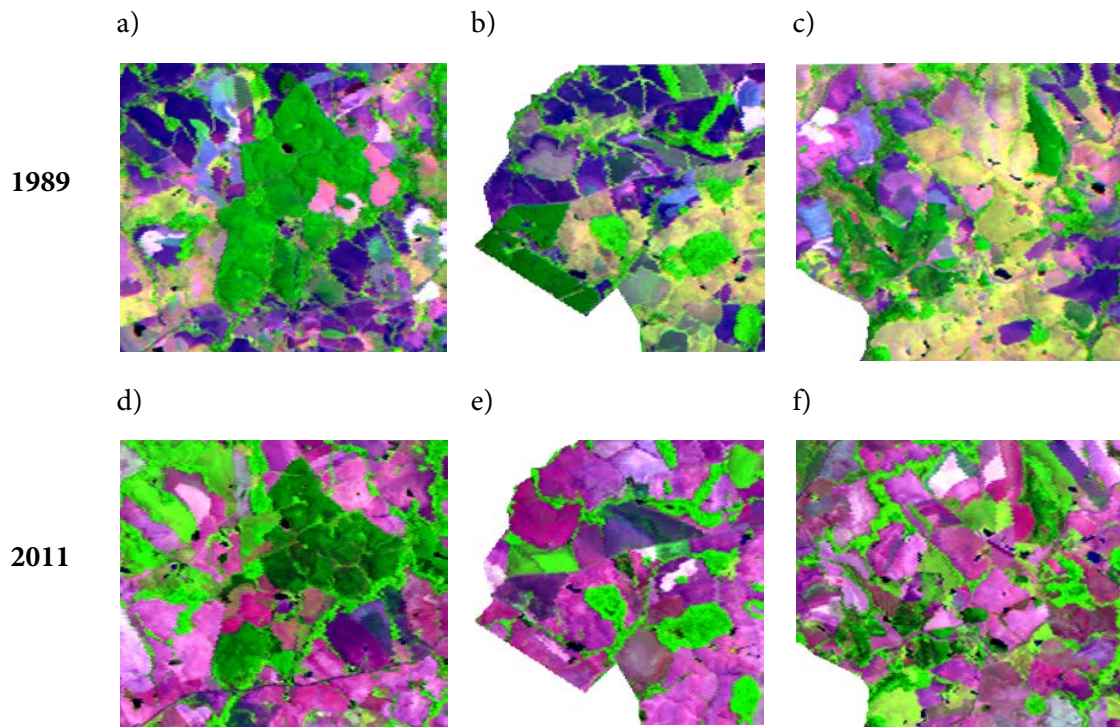
Figura 5. Classes mapeadas e suas respectivas porcentagens nas datas das duas imagens



Fonte: Autores (2018).

Na Figura 6, são demonstrados alguns recortes das imagens, tornando facilmente identificável a supressão ou a degradação da vegetação. Percebe-se que a imagem “a” de 1989 tinha uma maior densidade de mata em relação à imagem “d” e pode ser identificado o aumento de solo exposto e de áreas agricultáveis. No ano de 2011, a mata restante está fragmentada e cortes externos e internos indicam a presença de caminhos (estradas), os quais contribuiriam para dividir as manchas densas de mata.

Figura 6. Composição RGB543 do município de Passo Fundo/RS dividida em 3 compartimentos para análise da evolução de 1989 até 2011



Fonte: Imagens do satélite Landsat 5 adaptada da NASA (2014).

A imagem “b” era contemplada por manchas de uso agrícola e áreas de capoeira. A imagem “e” traz a representação da diminuição de capoeiras e o aumento das áreas agrícolas e de solo exposto. No canto esquerdo inferior da imagem de 1989, verifica-se uma extensa área de mata que foi suprimida em 2011. Todavia, pela tonalidade e pela textura homogênea, é possível inferir que se trata de uma área de reflorestamento. Convém destacar que, nas imagens “c” e “f”, como nas demais, o mais agravante é a diminuição das Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao longo dos cursos d’água.

Esses resultados apresentam semelhanças em relação à pesquisa realizada por Gülersoy (2013), na qual se tratou da técnica de detecção remota utilizando diferentes imagens de satélites para identificar as mudanças que ocorreram no uso do solo no município de Manisa Merkez İlçesi (Turquia). Naquela pesquisa, o autor identificou que as áreas agrícolas passaram de 10% do território entre os anos de 1986 e 1999, para 44% do território entre 1986 e 2010, demonstrando, assim, o aumento dessas sobre as áreas de mata. Em virtude da diminuição das áreas de mata no município de Passo Fundo/RS, percebe-se a iminente necessidade de preservação dos recursos naturais ainda existentes e a necessidade de observância dos proprietários quanto à legislação ambiental vigente.

Em estudos realizados por Jiao, Liu e Li (2012), identificou-se que “a paisagem em áreas povoadas é fortemente influenciada pelas atividades humanas. Um aspecto importante dos efeitos antrópicos sobre a paisagem e que pode ser observada em imagens de sensoriamento remoto é a forma característica de uso do solo através de manchas”. O aumento dessas manchas, segundo Jiao, Liu e Li (2012), retrata a situação crescente de solo exposto através das décadas.

5 Considerações finais

A pesquisa possibilitou uma análise espaço-temporal da área municipal de Passo Fundo e relevou dados preocupantes no que diz respeito à diminuição das áreas de mata em detrimento do aumento das áreas agrícolas no município. Outro fator agravante é que, dentro dos limites do município de Passo Fundo/RS, foram identificados 203,6 ha de recursos hídricos, o que corresponde a 0,4% da área total. Se medidas não forem tomadas, a preservação desses mananciais e dos cursos de água corrente pode estar ameaçada.

Embora o aumento das áreas agrícolas contribua para o aumento da produção e da lucratividade por parte dos produtores rurais, os resultados obtidos indicam uma provável não observância da legislação ambiental. Nas datas das imagens, encontrava-se em vigor o Código Florestal de 1965 (BRASIL, 1965), o qual preconizava, entre outros itens, a preservação de 30 metros de vegetação ciliar ao longo dos cursos d’água (áreas de APP) de menos de 10 metros de largura, e a manutenção de 20% da área da

propriedade com a vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, constituindo a Reserva Legal (RL). Todavia, essa legislação era amplamente descumprida, o que culminou na aprovação do Novo Código Florestal em 2012 (BRASIL, 2012) e de seus instrumentos: o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e o Programa de Regularização Ambiental (PRA). Além do cadastro das propriedades via CAR, os proprietários poderão aderir ao PRA com o objetivo de promover a regularização ambiental, o que possivelmente levará ao aumento das áreas de mata nas próximas décadas.

Nesse sentido, a avaliação das áreas de APP e RL no período anterior e posterior à aprovação do Novo Código Florestal, consistiu-se em estudo recomendável.

Algumas medidas poderiam ser adotadas na área municipal de Passo Fundo para o monitoramento das áreas florestais, a exemplo do supervisionamento aéreo, integrado às imagens de satélites, o que poderia ser fundamental para o desenvolvimento e a implementação de políticas de proteção da vegetação nativa e para a recuperação das áreas degradadas e desmatadas. A necessidade de monitoramento é iminente uma vez que os recursos naturais estão sendo devastados paulatinamente. Nesse sentido, este trabalho permitiu constatar que as imagens de satélite são poderosas ferramentas para o acompanhamento espaço-temporal das mudanças ocorridas no uso do solo.

Agradecimentos

A Agência Espacial Norte Americana (NASA), e ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), pela disponibilização das imagens do satélite Landsat 5, sensor TM do município de Passo Fundo/RS.

O segundo autor agradece a Borda Produtividade da Fundação Meridional (IMED).

Referências bibliográficas

- AGAPIOU, Athos et al. Linear 3-D transformations of Landsat 5 TM satellite images for the enhancement of archaeological signatures during the phenological cycle of crops. *International Journal of Remote Sensing*, London, v. 36, n. 1, p.20-35, dez. 2014.
- ALVES, Clovis Tadeu. *A Revolução Verde na mesorregião noroeste do RS (1930-1970)*. 2013. 174 f. Dissertação (Mestrado em História) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. 2013.
- ANGEL, Shlomo; PARENT, Jason; CIVCO, Daniel L. Ten compactness properties of circles: measuring shape in geography. *Canadian Geographer*, v. 54, n. 4, p. 441-461, dez. 2010.
- BABOO, Santhosh; DEVI, M. Renuka. Integrations of Remote Sensing and GIS to Land Use and Land Cover Change Detection of Coimbatore District. *International Journal on Computer Science and Engineering*, Vietnam, v. 2, n. 9, p. 3085-3088, mar. 2010.
- BRASIL. Lei 4.771/1965, de 15 de setembro de 1965. *Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 set. 1965. p. 9529.
- BRASIL. Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. *Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 mai. 2012. p. 01.
- DYMOND, John R. et al. Remote sensing of land-use change for Kyoto Protocol reporting: the New Zealand case. *Environmental Science & Policy*, Genève, v. 16, n. 1, p.1-8, fev. 2012.
- GOLMEHR, Ehsan. Current Application of Remote Sensing Techniques in Land Use Mapping: A Case Study of Northern Parts of Kolhapur District, India. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, Nigeria, v. 13, n. 4, p.15-20, dez. 2009.
- GÜLERSOY, Ali Ekber. Farklı Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Arazi Örtüsü/ Kullanımında meydana gelen değişimlerin incelenmesi: Manisa Merkez İlçesi Örneği (1986-2010). *Turkish Studies: International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, Turkey, v. 8, n. 8, p. 1915-1934, ago. 2013.
- FRITSCH, Rodrigo Carlos. *Avaliação do ruído urbano: o caso da área central de Passo Fundo – RS*. 2006. 182 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-graduação em Engenharia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.
- HOSSAIN, M.S. et al. The application of remote sensing to seagrass ecosystems: an overview and future research prospects. *International Journal of Remote Sensing*, London, v. 36, n. 1, p.61-113, dez. 2014.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2014. *Censo 2010*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 17 out. 2014.
- JIAO, Limin; LIU, Yaolin; LI, Hongliang. Characterizing land-use classes in remote sensing imagery by shape metrics. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, n. 72, p. 46-55, 04 jun. 2012.
- KRABBE, Graziela. *Modernização, agroindustrialização e agricultura familiar: o complexo soja na dinâmica econômica brasileira nos anos 1970-2000*. 2010. 143 f. Dissertação (Mestrado em História) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. 2010.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. Imagem do Satélite Tm-Landsat-5, na composição colorida (RGB-543). Imagens de satélite adquirida pelo INPE entre 1989 e 2011. Imagens disponibilizadas em 2014.

NECKEL, Alcindo; BRANDLI, Luciana Lontero; PRIETTO, Pedro Domingos Marques. Urban Park of the University City Lot of Passo Fundo, RS, Brazil: Example of Environmental Recovery (Five Years of Research). *Applied Ecology and Environmental Sciences*, Canada, v. 1, n. 6, p.113-119, nov. 2013.

PRENZEL, Bjorn. Remote sensing-based quantification of land-cover and land-use change for planning. *Progress in Planning*, London, v. 61, n. 4, p. 281-299, mar. 2004.

SITAYEB, Tayeb; BENABDELI, Khéloufi. Contribution à l'étude de la dynamique de l'occupation des sols de la plaine de la Macta (Algérie) à l'aide de la télédétection et des systèmes d'information géographique. *Comptes Rendus Biologies*, Paris, n. 331, p. 466-474, abr. 2008.

VAGEN, Tor-gunnar. Remote sensing of complex land use change trajectories—a case study from the highlands of Madagascar. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Huzhou, v. 1-4, n. 115, p.219-228, jul. 2006.

VIBHUTE, Amol D.; GAWALI, Bharti W. Analysis and Modeling of Agricultural Land use using Remote Sensing and Geographic Information System: a Review. *International Journal of Engineering Research and Applications*, Vietnam, v. 3, n. 3, p. 081-091, mar. 2013.

XIE, Feng; LINB, Yi; REN, Wenwei. Optimizing model for land use/land cover retrieval from remote sensing imagery based on variable precision rough sets. *Ecological Modelling*, California, v. 222, n. 2, p. 232-240, 24 jan. 2011.

ZHANG, Jixian; ZHANG, Yonghong. Remote sensing research issues of the National Land Use Change Program of China. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, China, v. 62, n. 6, p.461-472, 14 set. 2007.