

## GEOPROCESSAMENTO ALGÉBRICO PARA ESTUDO DA DINÂMICA DA COBERTURA FLORESTAL NO MUNICÍPIO DE NOVA PALMA (RS)

Douglas Stefanello **Facco**<sup>1</sup>; Angélica Cargnin de **Souza**<sup>2</sup>; Ana Caroline Paim **Benedetti**<sup>3</sup>

(1 - Universidade Federal de Santa Maria, Mestrando em Geografia, douglas.s.facco@hotmail.com; 2 - Universidade Federal de Santa Maria, Mestre em Geografia, angelica.cargnindesouza@gmail.com; 3 - Universidade Federal de Santa Maria, Docente do Colégio Politécnico, anacaroline@politecnico.ufsm.br)

**Resumo:** A utilização de imagens orbitais de sensoriamento remoto para mapeamento do uso e cobertura da terra permite o monitoramento de uma dada porção da superfície terrestre. Assim, o objetivo deste trabalho é realizar um mapeamento multitemporal da cobertura florestal no município de Nova Palma, RS, com análise espacial em LEGAL no programa SPRING. A metodologia está resumida nas seguintes etapas: download e importação de imagens, processamento digital, validação das classificações e análise em LEGAL. Através da classificação das imagens, dos anos 1985, 2000 e 2014 foram quantificadas as áreas das seguintes classes de uso e cobertura: floresta, campo, agricultura, solo exposto, água e sombra. As análises geográficas foram realizadas com o cruzamento das imagens, evidenciando a cobertura florestal, considerando áreas de manutenção, desmatamento e regeneração florestal. Os resultados revelam que de 1985 – 2000, as áreas de expansão florestal se concentram na porção leste do município, antes de ser implantada a Usina hidrelétrica de Dona Francisca. Já as áreas de desmatamento foram verificadas em maior abrangência no primeiro período em que a legislação não era vigente. A manutenção florestal se deu principalmente em locais de maior declividade do terreno, topos de morro e áreas entorno da rede hidrográfica, consideradas como área de preservação permanente.

**Palavras-chave:** Sensoriamento remoto; Uso e cobertura da terra, Análise Espacial.



## **ALGEBRAIC GEOPROCESSING FOR THE STUDY OF THE DYNAMICS OF FOREST COVERAGE IN THE MUNICIPALITY OF NOVA PALMA (RS)**

**Abstract:** Use of orbital remote sensing images for land use and cover mapping allows monitoring of a given portion of the earth's surface. Thus, the objective of this work is to perform a multitemporal mapping of the forest cover in the municipality of Nova Palma, RS, with spatial analysis in LEGAL in the SPRING program. The methodology is summarized in the following steps: download and import of images, digital processing, validation of classifications and analysis in LEGAL. Through the classification of the images, the years of 1985, 2000 and 2014 were quantified the following areas of use and coverage: forest, field, agriculture, exposed soil, water and shade. The geographic analyzes were performed with the crossing of the images, evidencing the forest cover, considering areas of maintenance, deforestation and forest regeneration. The results show that from 1985-2000 the areas of forest expansion are concentrated in the eastern portion of the municipality, before the Dona Francisca hydroelectric power plant is implemented. The areas of deforestation were more broadly verified in the first period when legislation was not implemented. The forest maintenance was mainly in places of greater slope of the terrain, hill tops and areas around the hydrographic network, considered as permanent preservation areas.

**Keywords:** Remote sensing; Use and cover of land; Spatial Analysis.

## **GEOPROCESAMIENTO ALGEBRAICO PARA ESTUDIO EN LA DINAMICA DE LA CUBIERTA FORESTAL EN EL MUNICIPIO DE NOVA PALMA (RS)**

**Resumén:** La utilización de imágenes orbitales de teledetección para el mapeo del suelo y la cobertura de la superficie de la tierra permite la supervisión de una parte de la superficie terrestre. Así, el objetivo de este trabajo es realizar un mapeo de varios tiempos de la cubierta forestal, en la ciudad de Nova Palma, RS, con una análisis espacial en LEGAL dentro del programa SPRING. La metodología se resume en las siguientes etapas: descarga e importación de imágenes, procesamiento digital, validación de las clasificaciones y análisis en LEGAL. A través de la clasificación de las imágenes, de los años 1985, 2000 y 2014, se cuantificaron las áreas de las siguientes clases de uso y cobertura: bosque, campo, agricultura, suelo expuesto, agua y sombra. El análisis geográfico se realizó con el cruce de las imágenes, evidenciando la cobertura forestal, considerando áreas de mantenimiento, deforestación y

regeneración forestal. Los resultados revelan que desde 1985 hasta 2000, las áreas de expansión forestal se concentraron al este de la ciudad, antes de que se implementase la central hidroeléctrica Doña Francisca. Las áreas de deforestación se verificaron de manera en mayor medida durante el primer período, en el cual la legislación no era vigente. La manutención forestal se realizó principalmente en lugares de mayor declividad del terreno, sobre las colinas y las áreas alrededor de la red hidrográfica, consideradas como áreas de preservación permanente.

## **INTRODUÇÃO**

A ocupação do espaço pelo homem historicamente esteve associada à apropriação descontrolada dos recursos naturais fato esse que tem gerado nas últimas décadas o aumento no interesse acerca das questões ambientais. Frente aos desafios ligados à preservação ambiental é necessário que se conheça a realidade, os usos e a cobertura da terra em determinado ambiente. Esse conhecimento permite a avaliação da realidade ambiental, bem como o diagnóstico, o monitoramento e possíveis planejamentos visando seja a manutenção ou a recuperação do mesmo.

Uma das formas de se conhecer, de se obter informações sobre alvos da superfície terrestre visando estudos ambientais de maneira rápida e barata sem que haja contato direto com a mesma é através do Sensoriamento Remoto (ROSA, 1995; NOVO, 2008). O sensoriamento remoto pode ser entendido, conforme Lillesand e Kiefer (1994), como a arte e a ciência de obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno através da análise dos dados adquiridos por um dispositivo que não está em contato com o que está sob investigação.

Conforme Schirmer e Trentin (2013) a extração de informações da superfície terrestre através dos sensores orbitais tem sido amplamente difundida e possui diversas aplicações nos mais variados ramos da ciência, em especial nas ciências ambientais. A utilização de imagens orbitais obtidas por sensoriamento remoto no mapeamento da superfície terrestre possibilita, devido a visão sinótica e a repetitividade dessas imagens, que se façam análises de extensas áreas obtendo-se resultado com maior rapidez e precisão e com isso redução de tempos e custos se comparados com métodos tradicionais de levantamentos dos meios físicos e biótico (PETTA et al., 2008). Segundo Silva et al. (2013), o mapeamento do uso da terra mediante técnicas de análises espaciais são o meio mais rápido e fácil para análise dos fenômenos naturais nas mais variadas escalas. Os recursos hídricos, a urbanização, o uso do solo, a

cobertura florestal e as áreas construídas são os componentes mais visíveis nas imagens de satélite a fim de se estudar o meio, assim são importantes componentes da paisagem, representando a importância da utilização de imagens do sensoriamento remoto, possibilitando o desenvolvimento de diversos estudos sobre estas áreas (VALLE, LISBOA, 2014).

A visualização e análise de mudanças ocorridas em determinado ambiente sugere necessariamente um estudo histórico onde se tenha uma data inicial, mais antiga, e uma data final, mais recente. Assim, no estudo do ambiente através do Sensoriamento Remoto são necessárias duas ou mais imagens de satélite ser possível verificar possíveis mudanças ocorridas em dado local. O mapeamento utilizando duas ou mais imagens de satélite é denominado mapeamento multitemporal. Os trabalhos que abordam a análise multitemporal com imagens de satélite, cada vez mais se intensificam, servindo para o monitoramento do crescimento urbano bem como a evolução do desmatamento e extensão agrícola entre outros (CARVALHO JÚNIOR et al., 2005).

A utilização de uma série temporal de imagens com uso de técnicas de Geoprocessamento permite a confecção de diversos mapas de uso e cobertura da terra de dado local, permitindo além da análise visual, qualitativa, a análise quantitativa das possíveis alterações ocorridas. A confecção dos mapas de uso e cobertura da terra que permitem essas análises se dá através do uso de técnicas do Geoprocessamento e Sistemas de informação geográfico SIG. Conforme Câmara, Davis e Monteiro (2001) o Geoprocessamento e os SIG, ferramentas computacionais para Geoprocessamento, possibilitam a criação de um banco de dados georreferenciados, a integração de dados de diversas fontes e a realização de análises complexas. Os SIG em sua grande maioria oferecem operações de álgebra de mapas através de linguagens de comandos (LUCENA et al., 1999). Essas linguagens permitem ordenar seqüências de transformações dos dados com objetivo de gerar novos mapas a partir dos mapas existentes.

É o Sistema de Processamento de Informações Geográficas (SPRING) um SIG com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais (CÂMARA et al., 1996). Este permite a utilização de análise em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL). Segundo Câmara (1995), essa linguagem é utilizada para fazer o cruzamento entre planos de

informação e provê um ambiente geral para análise geográfica, com operadores espaciais sobre geo-campos e geo-objetos existentes no banco de dados do SPRING.

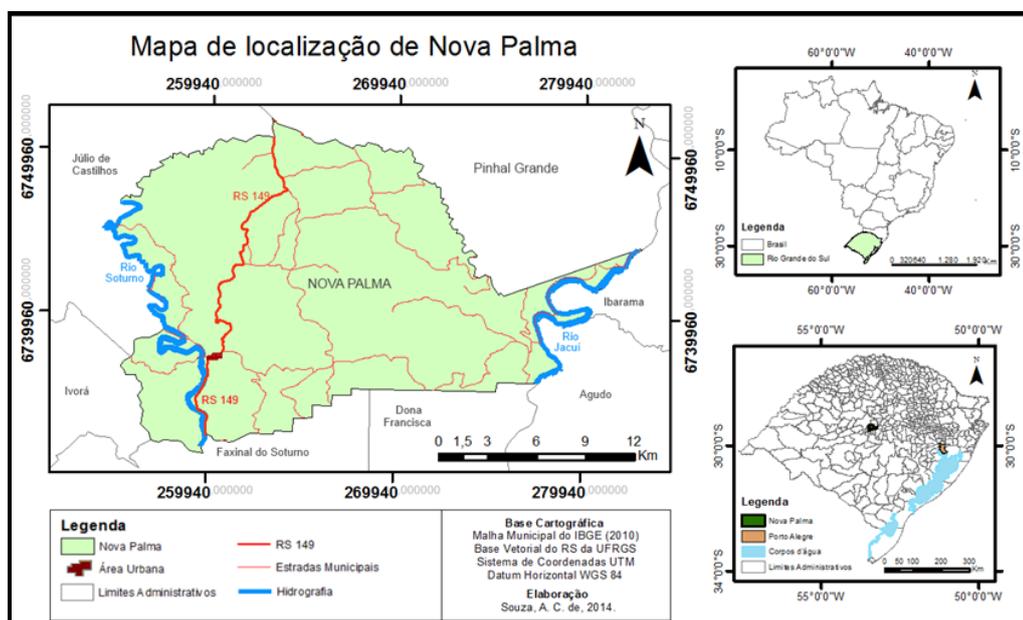
Nesse contexto o objetivo principal desse trabalho é realizar uma análise multitemporal da cobertura florestal do município de Nova Palma, RS, com auxílio da análise espacial em LEGAL em dois períodos: 1985 a 2000 e 2000 a 2014. A partir do mapeamento utilizando uma série temporal de imagens, com três diferentes datas, se pretende quantificar as áreas ocupadas por cobertura florestal verificando se houve aumento ou diminuição do desmatamento, regeneração ou manutenção das mesmas.

Alguns estudos sobre o mapeamento multitemporal da cobertura florestal e/ou análise em LEGAL nos últimos cinco anos: Lippert, Benedetti e Pereira (2012), Cunha et al (2012), Ferreira (2012), Schirmer e Trentin (2013), Valle e Lisboa (2014), Ten Caten, Safanelli e Ruiz (2015), Cunha, Bacani e Sakamoto (2015), Silva e Bacani (2015), Oliveira et al (2015), Silva et al (2014).

### Área de estudo

O município de Nova Palma localiza-se entre as coordenadas geográficas de 53°13'45'' e 53°31'32'' de longitude Oeste e 29°32'15'' e 29°20'19'' de latitude Sul (Figura 01). Em 2010 a população do município era de 6.342 habitantes e foi estimada em 6.579 habitantes para 2014 (IBGE, 2015). Sua economia está baseada principalmente na agropecuária e nos setores de comércio e indústria.

Figura 01. Mapa de localização do município de Nova Palma/RS.



Em termos geomorfológicos situa-se entre a transição geomorfológica da Depressão Central e do Planalto Meridional, ou seja, está situado no Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul, como mostrado na Figura 2a. Na porção de nordeste a sudoeste do município de Nova Palma predomina uma topografia de morros e morrotes de encostas íngremes e declividades superiores a 15%, já nas porções norte e noroeste de Nova Palma encontram-se declividades inferiores a 15% (SHCIRMER, 2012).

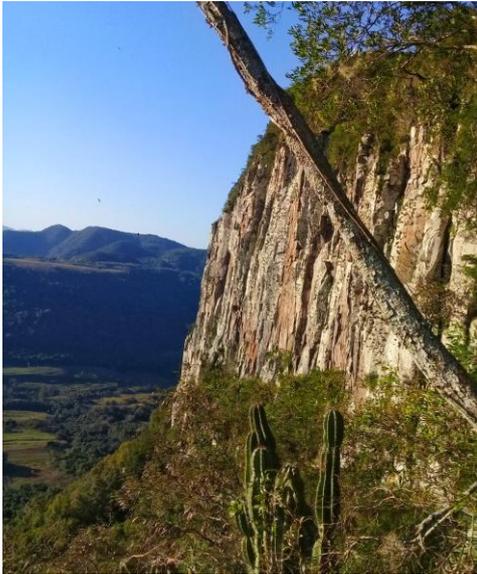
Quanto à hidrografia o município de Nova Palma é banhado por dois rios, o Rio Soturno e o Rio Jacuí, ambos pertencem a bacia do Guaíba. O Rio Soturno é afluente do Rio Jacuí e serve como divisa natural entre o município Nova Palma e o município de Júlio de Castilhos em parte de seu percurso e corta parte do município em sua porção ocidental. O Rio Jacuí é divisa natural entre o município de Nova Palma e os municípios de Ibarama e Agudo. Nova Palma faz parte do Baixo Jacuí. Este rio se destaca pela sua grande potencialidade hidrelétrica, possuindo várias usinas, dentre elas a Usina de Dona Francisca (quinta usina desse rio) situada no município de Nova Palma (FERRARI, 2008).

O clima da cidade de Nova Palma de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfa (clima temperado úmido com verão quente) caracterizado pela ocorrência de chuvas todos os meses do ano, por possuir a temperatura do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio superior a -3°C (Moreno, 1961).

Quanto à vegetação, Nova Palma possui campos com capões e grandes porções de mata nativa, que faz parte do bioma Mata Atlântica (Figura 2b). Essa mata revela uma formação exuberante, com grande diversidade de espécies. Dentre as denominações mais comuns de vegetações nos campos, além das gramíneas presentes, encontram-se os capões e as restingas, que podem estar compostos por aroeiras e maria mole, entre outras espécies. Nas matas inexploradas encontram-se árvores como o cedro, canjerana, louro, figueira, camboatá, mamica de cadela etc. os capões, muitas vezes, são utilizados pelo gado para se proteger das intempéries (dias frios de inverno ou no verão) ou para a alimentação dos galhos mais baixos em época de falta de pasto no campo (FERRARI, 2008).

Figura 02. Características do relevo (a) e da vegetação (b) no município de Nova Palma/RS.

2a



2b



Fonte: Angéli Aline Behling 2017.

## METODOLOGIA

A metodologia usada neste trabalho se resume basicamente nas etapas descritas a seguir: download e importação de imagens orbitais, processamento digital das imagens com georreferenciamento, realce por contraste e classificação digital do uso da terra, validação das classificações e análise em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL).

### Download e importação de imagens orbitais

Para o mapeamento de uso e cobertura da terra utilizaram-se três imagens dos satélites LANDSAT 5 e LANDSAT 8. Essas imagens possuem resolução espacial de 30 metros e resolução temporal de 16 dias, justificando sua escolha devido a disponibilidade de imagens, gratuidade e também por permitir uma escala adequada ao estudo de recursos terrestres em âmbito municipal.

O download dos arquivos de imagens foi através do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Os satélites Landsat têm o mesmo período de revisita (16 dias), a mesma grade de referência e a conservação destes parâmetros técnicos facilita a pesquisa de imagens e a perfeita integração para uso simultâneo em um projeto de mesma área, como por exemplo, em um estudo multitemporal.

Para o mapeamento histórico do município, foi analisada inicialmente a imagem Landsat *Thematic Mapper* (TM) de 23 de julho de 1985, ano que constitui o primeiro registro de dados disponíveis. Posteriormente, procedeu-se a análise nas imagens Landsat TM de 14 junho de 2000, e *Landsat Operational Land Imager* (OLI) de 24 de agosto de 2014 respectivamente. A órbita-ponto é 222-080, e as bandas espectrais processadas foram: 1 (azul), 2 (verde), 3 (vermelho) ambas do espectro visível 4 (infravermelho próximo) e 5 (infravermelho médio) do sensor TM e bandas 2 (azul), 3 (verde), 4 (vermelho) ambas do espectro visível, 5 (infravermelho próximo) e 6 (infravermelho médio) do sensor OLI. A resolução espacial das bandas do sensor TM e do sensor OLI utilizadas no estudo possuem resolução espacial de 30 metros.

As imagens, originalmente disponíveis em formato GeoTiff, foram convertidas e importadas no aplicativo SPRING, sendo posteriormente submetidas à diferentes técnicas de processamento digital.

### **Processamento digital de imagens**

O processamento digital constitui-se na manipulação e análise de uma imagem por computador, de modo que a entrada e a saída do processo sejam também imagens (RECHIUTI, 1996) e seu objetivo, conforme Florenzano (2011) é melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista e fornecer outros subsídios para sua interpretação, inclusive gerando produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos. Pelo processamento digital de imagens aplicamos técnicas para manipular as imagens, com o objetivo de corrigir distorções ou extrair informações.

Técnicas como georreferenciamento, realce por contraste linear e classificação digital, foram usadas para interpretação, extração de informações e comparação entre as imagens da série temporal.

#### *Georreferenciamento e Realce por contraste linear*

O georreferenciamento é descrito por Teixeira e Christofolletti (1997) como sendo a situação em que uma entidade geográfica é referenciada espacialmente ao terreno por meio de sua localização, utilizando-se para tal um sistema de coordenadas conhecido no qual a localização de um ponto da superfície da Terra pode ser identificada.

O georreferenciamento de imagens foi importante uma vez que as cenas de diferentes datas não apresentam coincidência com relação à sua referência geográfica quando sobrepostas. Dessa forma, buscou-se pontos de fácil identificação visual na imagem mais recente do ano de 2014, como barragens, cruzamentos de estradas, etc., para a tomada de coordenadas e as cenas dos anos de 1985 e 2000 foram georreferenciadas em função desta. Esse processo eliminou distorções e possibilitou a análise comparativa entre imagens de diferentes datas e o correto recorte através do limite do município.

As imagens dos anos de 1985 e 2000, obtidas pelo sensor TM, foram usadas para elaborar as seguintes composições coloridas: RGB 321, RGB 432 e RGB 543. A imagem do ano de 2014, do sensor OLI, foi usada para elaborar as composições RGB 432, RGB 543 e RGB 654 que equivalem respectivamente às composições anteriores.

Sobre as composições elaboradas, foi aplicada a técnica de contraste linear, usada para realce e melhor observação das feições de interesse (NOVO, 2008; JENSEN, 2009), além de melhor diferenciação nos padrões de uso e cobertura da terra, dentre os quais foi possível identificar as seguintes classes: campo, floresta, solo exposto, agricultura, água e ainda sombra, que estavam presentes nas três imagens analisadas. A cobertura terrestre apresenta peculiaridades que afetam o comportamento espectral das informações coletadas por sensoriamento remoto, como exemplo disso temos as áreas sombreadas por encostas íngremes (TEN CATEN, SAFANELLI, RUIZ, 2015).

### *Classificação digital*

O objetivo geral dos procedimentos de classificação de imagem é categorizar automaticamente todos os pixels de uma imagem em classes referentes à cobertura terrestre (LILLESAND e KIEFER, 1994). De acordo com o algoritmo utilizado, a classificação é dita supervisionada ou não supervisionada, envolvendo duas fases distintas: o treinamento e a fase de classificação propriamente dita (MOREIRA, 2005).

Segundo Novo (2008), a classificação supervisionada, que será utilizada nessa pesquisa, agrupa os padrões de imagens semelhantes em classes de uso da terra, o classificador orienta sua busca de classes a partir de amostras de treinamento feitas anteriormente com as classes de interesse da cena. No cálculo da distância entre cada pixel e a média dos níveis de cinza da classe previamente definida a partir das amostras de treinamento,

cuja seleção deve refletir a variabilidade de cada categoria dentro da área estudada, não existindo um número ideal dessas amostras para representar a classe de interesse.

As classes temáticas reconhecidas nas imagens foram: agricultura, água, campo, floresta, solo exposto e sombra. A classe agricultura engloba todas as áreas com presença de cultivos. A classe água é caracterizada pelas drenagens e demais corpos d'água. Campos são representados por áreas com presença de gramíneas de diversos tamanhos e espécies, geralmente nativas, e vegetação arbustiva de pequeno porte. As florestas são compostas por vegetação arbórea de médio a grande porte geralmente densa. A classe solo exposto representa áreas onde há inexistência de cobertura do solo sendo em sua maioria áreas agrícolas, porém são caracterizadas dessa forma porque todas as imagens foram adquiridas no período de inverno. Já a classe sombra devido ao ângulo de incidência do sensor e ao relevo acidentado do município em que a sombra de porções mais elevadas da superfície é projetada sobre a superfície descaracterizando a resposta espectral do uso ou cobertura da terra existente naquele local. Para cada uma dessas classes temáticas foram coletadas amostras de treinamento (amostras de pixels) representativas das mesmas para a posterior classificação.

Nessa etapa de classificação, utilizou-se o algoritmo Maxver (Máxima Verossimilhança), para agrupar pixels que apresentam maior probabilidade de pertencer a uma determinada classe de uso e cobertura da terra. Maxver é o método de classificação supervisionado mais comum e considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes e o pixel, utilizando parâmetros estatísticos, isto é, considerando a distribuição de probabilidade normal para cada classe (INPE, 2006).

A qualidade da classificação digital foi avaliada a partir da matriz de confusão das áreas de treinamento das amostras, aplicando-se a fórmula do coeficiente Kappa, um teste estatístico para análise da confiança da classificação supervisionada. Seu valor é a comparação dos mapeamentos produzidos considerando-se a distribuição de percentagem de pixels classificados corretamente e incorretamente. Landis e Kock (1977) caracterizam diferentes faixas para os valores Kappa. Assim valores maiores que 0,75 representam excelente concordância. Valores abaixo de 0,40 representam baixa concordância e valores situados entre 0,40 e 0,75 representam concordância mediana.

## **Análise Espacial**

A linguagem LEGAL é composta por comandos para uso em análise geográfica que está em desenvolvimento no *software* SPRING. Ela foi desenvolvida com base no modelo de dados desse *software* com o objetivo de permitir a efetivação e análise de simulações de fenômenos reais sobre atributos espaciais e não espaciais (SILVA, 2003). Segundo Barbosa (1997) a linguagem LEGAL proposta por Câmara (1995), tem como finalidade prover um ambiente para análise geográfica, englobando operações de manipulação, consulta espacial e operação de apresentação de resultados de consulta e manipulação. As operações são feitas separadamente das operações de consulta e apresentação.

Neste trabalho, foram gerados mapas temáticos da evolução da cobertura florestal, evidenciando a manutenção florestal, o desmatamento e a regeneração nos períodos de 1985 a 2000 e 2000 a 2014. Este procedimento permitiu identificar a dinâmica da floresta, que foi considerada em uma das seguintes três situações: manutenção, regeneração e desmatamento.

As áreas de manutenção florestal foram consideradas as que apresentaram classe floresta em ambas as datas analisadas. Áreas de regeneração foram consideradas àquelas que se apresentavam classificadas em outra classe (campos, agricultura, solo e água) e que passaram a ser floresta; as áreas de desmatamento foram àquelas que eram floresta e passaram a ser outra classe de uso. Áreas de sombra foram desconsideradas quanto aos dados contabilizados como uso e cobertura da terra, embora pressupõem-se, que devido à localização, que essas sejam ocupas pela classe floresta.

## **RESULTADOS**

Os resultados da pesquisa serão apresentados inicialmente com a análise e discussão dos mapas de uso e cobertura da terra nos anos de 1985, 2000 e 2014, e logo após, análise e discussão dos mapas de evolução da cobertura florestal nos períodos de 1985 a 2000 e 2000 a 2014.

### **Análise do mapeamento multitemporal**

Através da classificação digital de imagens foi possível quantificar a ocorrência das classes de uso e cobertura da terra nos anos de 1985, 2000 e 2014, verificando a expansão ou redução de sua ocorrência ao final do período. Representando os resultados de quantificação foram gerados mapas temáticos das classes mapeadas (Figuras 3, 4 e 5), sendo encontrado um

coeficiente Kappa de 0,859 para as amostras da classificação de 1985, 0,994 para as amostras da classificação de 2000 e 0,993 para as amostras do ano de 2014.

Figura 3. Mapa de uso e cobertura da terra no município de Nova Palma, RS no ano de 1985.

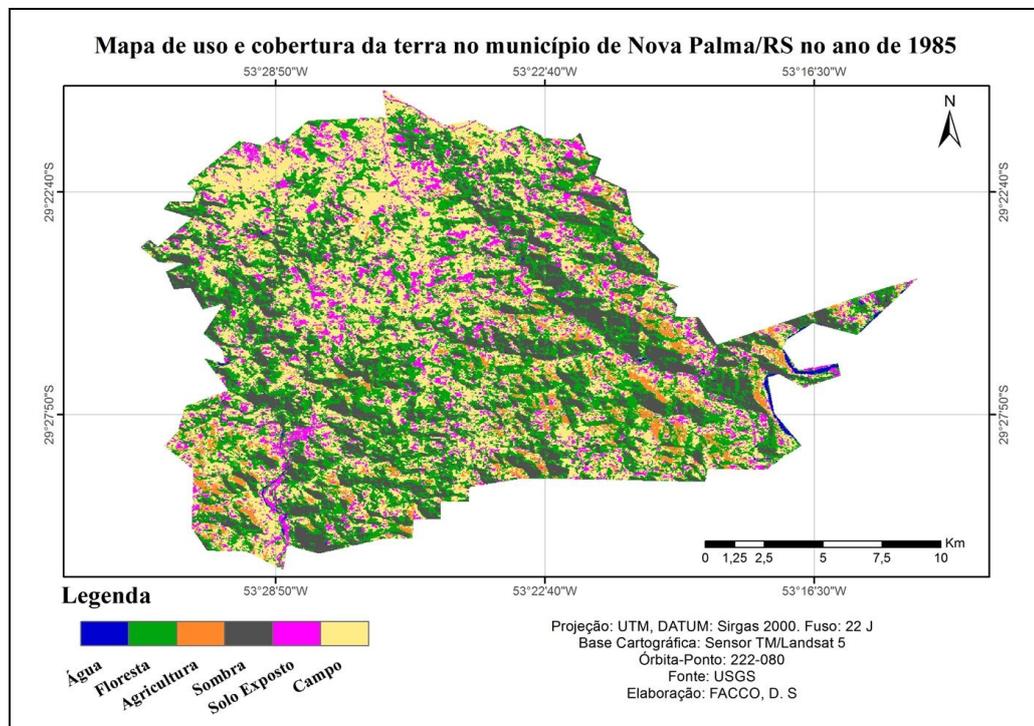


Figura 4. Mapa de uso e cobertura da terra no município de Nova Palma, RS no ano de 2000.

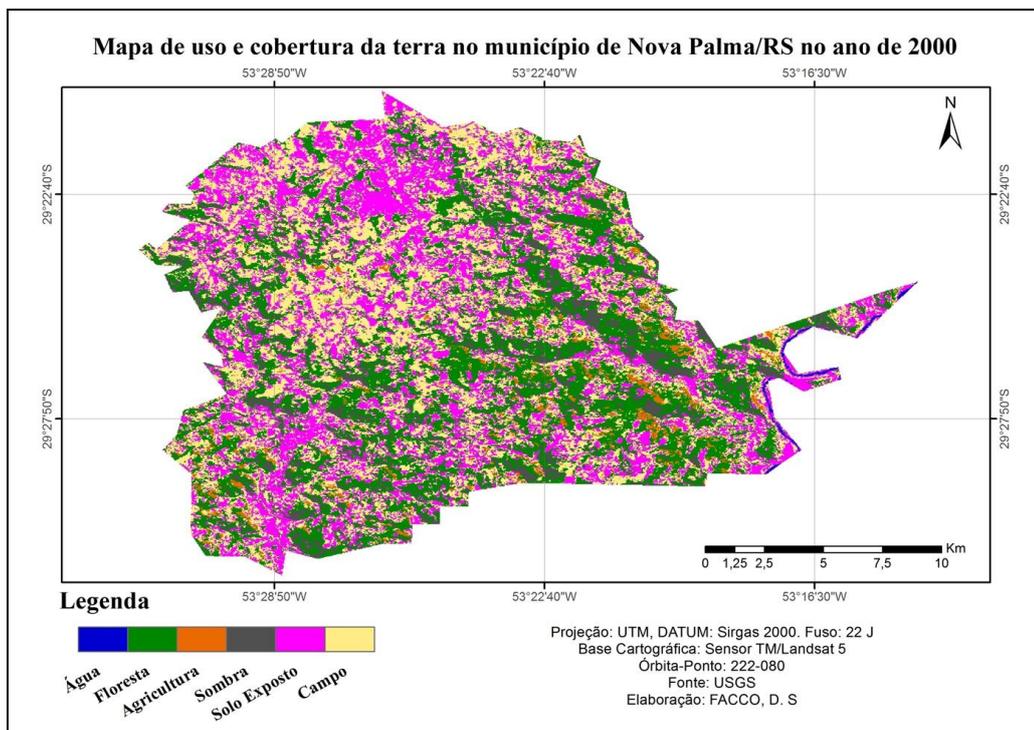
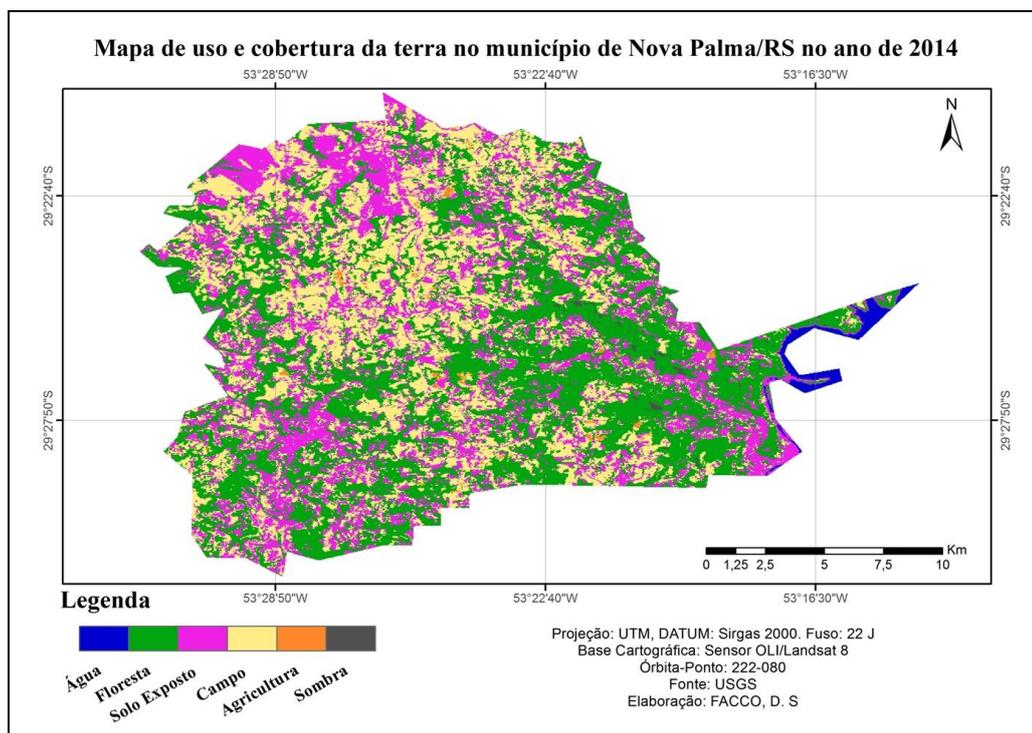


Figura 5. Mapa de uso e cobertura da terra no município de Nova Palma, RS no ano de 2014.



A totalidade das classes de uso e cobertura da terra (Tabela 1), nas três datas, compreendem 362,28 km<sup>2</sup>, a qual difere-se da área oficial estabelecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o município, que é de 313,894 km<sup>2</sup>. Esta superestimativa deve-se ao fato de as classes terem sido contabilizadas a partir do modelo matricial oriundo das imagens Landsat de resolução espacial de 30 metros.

Tabela 1. Áreas (km<sup>2</sup>) quantificadas pela classificação digital das imagens nos anos 1985, 2000 e 2014.

Classe	Áreas classificadas (Km) <sup>2</sup>		
	1985	2000	2014
Água	1,65	0,98	3,91
Agricultura	16,64	10,28	2,08
Campo	130,38	114,88	111,50
Floresta	113,32	116,12	148,58
Solo Exposto	36,91	105,53	95,14
Sombra	63,38	14,49	1,07
<b>Total</b>	<b>362,28</b>	<b>362,28</b>	<b>362,28</b>

O mapa do ano de 1985 nos revela o predomínio de campos compreendendo 36% do total da área e de florestas com 31,3%. A classe solo exposto correspondia a 10,2% e a classe

agricultura a 4,6% da totalidade da área. A classe água computou 0,5% da área, sendo caracterizada basicamente pelo Rio Jacuí. A segunda maior classe foi sombra essa encobriu 17,5% do total da área municipal, devido a presença do relevo íngreme do município.

No ano de 2000 ocorre o predomínio de campos e florestas, porém agora a classe floresta apresenta pequeno aumento, se comparada a área anterior passando para 32,1% e a classe campo apresentando uma redução de aproximadamente 5,0% passando a cobrir 31,7% da área. A classe solo exposto para esse ano computou 29,1% da área e a classe agricultura 2,8%. A classe sombra foi detectada em porção relativamente menor se comparado ao ano de 1985, representando 4,0% agora.

Em 2014 as classes floresta, campo e solo exposto representaram quase totalidade da área sendo 41,0%, 30,8% e 26,3% respectivamente. A classe com agricultura computou apenas 0,6% de área e a classe água apresentou aumento em relação aos períodos anteriores passando a cobrir 1,1% da área municipal.

A análise da quantificação das áreas de uso e cobertura da terra no período estudado revela o predomínio das áreas de campo e de floresta no interior do município. As áreas cobertas por campos e florestas são predominantes no período, seguidas por solo exposto vindo confirmar uma das bases do município calcada na produção agropecuária e também seu relevo caracterizado pelo rebordo do Planalto Meridional caracterizando o predomínio de florestas nas áreas íngremes e acidentadas. A classe agricultura apresentou baixos índices, principalmente devido à data de captação das imagens correspondendo ao período do ano em que a terra está sendo preparada para o plantio. Quanto as lamina d'água é verificado um aumento em relação as duas últimas datas devido a implantação da UHE Dona Francisca.

Objetivando-se analisar mais profundamente a evolução florestal com base nos mapas de uso e cobertura da terra anteriormente confeccionados dos anos de 1985, 2000 e 2014, foram gerados dois novos mapas baseados nos períodos de 1985-2000 (Figura 6) e 2000-2014 (Figura 7).

Uma análise prévia visual da Figura 6 indica que houve desmatamentos em praticamente toda a área de estudo. Muitas áreas desmatadas constituem espaços ocupados por atividade agrícola, ocorrido na maioria nas áreas mais planas do município. O desmatamento nesse período teve forte abrangência pela falta de fiscalização ambiental.

Apenas depois dos anos 2000 a legislação começou a entrar em vigência, que conforme a Lei Orgânica Municipal de 30 de março de 1990, Capítulo III do Meio Ambiente:

Art. 102. O Meio Ambiente é bem de uso comum do povo, e a manutenção de seu equilíbrio é essencial à sadia qualidade de vida.

Art. 103. A tutela do meio ambiente é exercida por todos órgãos da administração Municipal. Parágrafo único. Poderão ser criados por Lei, incentivos especiais para a preservação das áreas de interesse ecológico em propriedades privadas.

Art. 104. A Lei disporá sobre a organização do sistema municipal de proteção ambiental que terá como atribuições a elaboração, implementação, execução e controle da política ambiental do Município.

Art. 105. O município manterá viveiro para produção e fornecimento de mudas exóticas, nativas, frutíferas e ornamentais, como forma de incentivo à preservação dessas espécies, do meio ambiente e fomento à exploração econômica.

Figura 6. Mapa de evolução da cobertura florestal no município de Nova Palma, RS no período de 1985 a 2000.

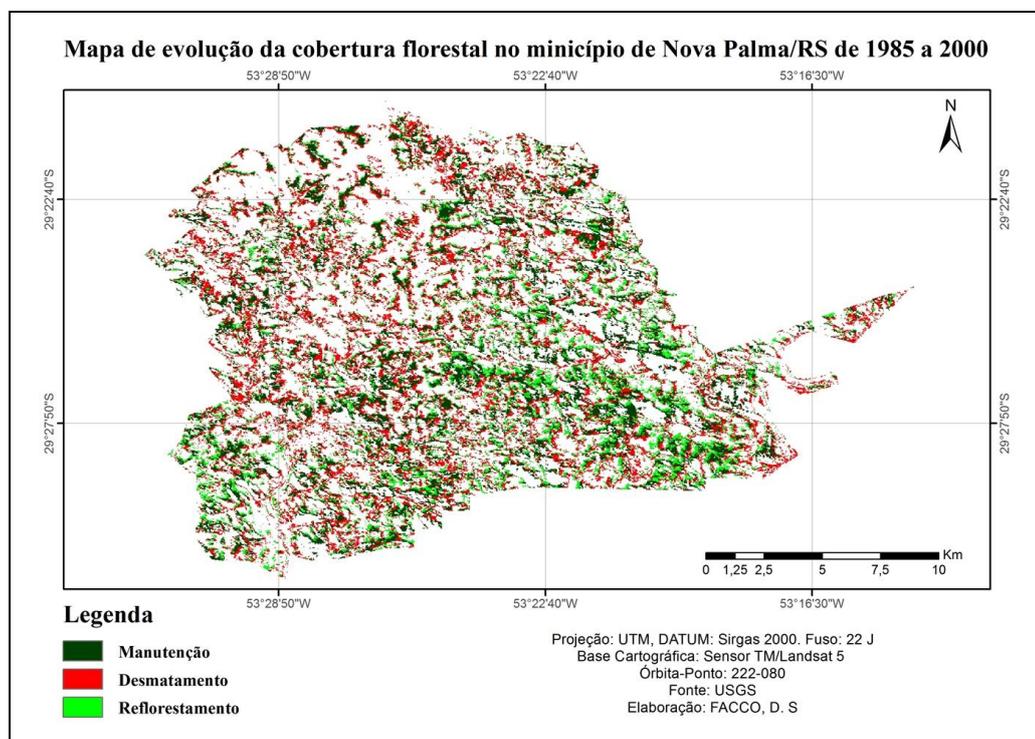
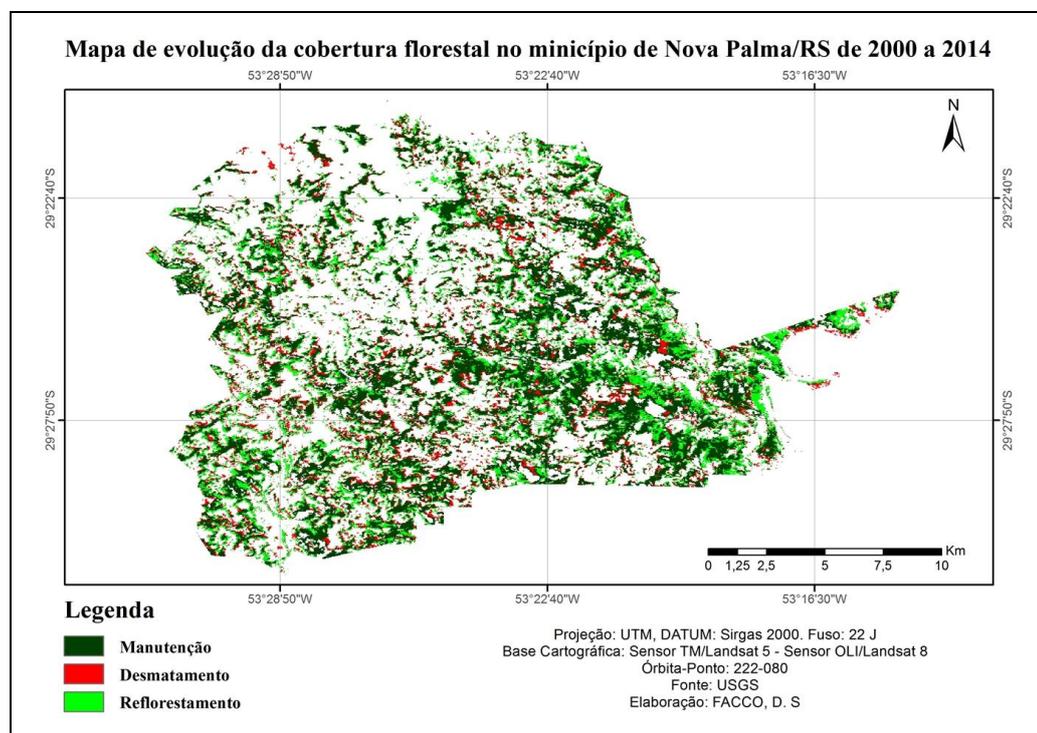


Figura 7. Mapa de Evolução da Cobertura Florestal no Município de Nova Palma, RS no período de 2000 a 2014.



Em complemento a legislação municipal órgãos como a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) atuam exercendo controle e fiscalização sobre as áreas de desmatamento.

As áreas de reflorestamento ou regeneração florestal na distribuição espacial foram inferiores ao desmatamento e a manutenção, se estabeleceram principalmente nas margens dos cursos d'água, nas nascentes.

A manutenção florestal consiste nas áreas que mantiveram inalteradas no período de 1985 a 2000, essas, tiveram maior ocorrência principalmente no interior das florestas de galeria.

As áreas de manutenção florestal superam as demais classes, suas áreas estão distribuídas em toda extensão do município. Sua predominância se destaca pelas ocorrências nas áreas mais íngremes, nos topos de morros, nas áreas do entorno da rede hidrográfica e áreas de preservação permanente (APP).

O mapa de evolução florestal (Figura 7) do período de 2000 a 2014, é caracterizado por pequenas áreas de desmatamento, visto que nesse período a legislação mais rigorosa. Algumas porções de desmatamento são identificadas na região oeste do município.

Reflorestamento se deu na sua maioria na região leste do município principalmente ao redor do reservatório da Usina Hidrelétrica de Dona Francisca que foi implantada no ano de 2001, seguindo a legislação vigente aos arredores de rios e reservatório ocasionando uma maior preocupação com as APPs e seu entorno.

## CONCLUSÃO

Através da metodologia aplicada, e resultados obtidos, pode-se concluir que a análise dos cruzamentos das informações de uso e cobertura da terra evidenciando a cobertura florestal (desmatamento, reflorestamento e manutenção florestal) que sofreram alterações no decorrer dos 29 anos possibilitou constatar que com o passar dos anos houve uma diminuição no desmatamento e um aumento na cobertura florestal do município, devido à expansão na floresta secundária e ao aumento do plantio de eucalipto.

A utilização da linguagem LEGAL mostrou-se adequada para avaliar a dinâmica florestal decorrente nos dois períodos. Observou-se que as áreas de maior expansão florestal se concentram na porção leste do município, região onde foi implantada a Usina hidrelétrica de Dona Francisca no ano de 2001, esse fato pode ter provocado uma maior preocupação com as APPs e seus arredores. Já às áreas de ocorrência de desmatamento foram verificadas em maior abrangência no primeiro período estudado em que a legislação municipal não estava em vigor e a população não se preocupava como atualmente no cumprimento da legislação estadual e federal. A manutenção florestal se deu principalmente em locais de maior declividade do terreno, nos topos de morro e nas áreas do entorno da rede hidrográfica, que são consideradas como Áreas de Preservação Permanente (APP).

Os resultados apresentados poderão servir de base para estudos futuros que o complementem, permitindo a utilização de informações e um melhor conhecimento sobre a dinâmica da paisagem do município de Nova Palma.

Sugere-se, para as áreas onde foram identificados desmatamento no último período analisado, que seja feito um trabalho de conscientização ambiental junto aos proprietários

destas, alertando sobre a importância de serem preservadas e também, informá-los sobre a Legislação Ambiental vigente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEHLING, A. A.; “Fotografia”, Município de Nova Palma, 2017.
- BARBOSA, C. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). – São José dos Campos: INPE. 1997.
- CÂMARA, G. **Modelos, linguagens e arquiteturas para banco de dados geográficos**. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – São José dos Campos: INPE. 1995.
- CÂMARA, G; SOUZA, R. C. M; FREITAS, U. M; GARRIDO, J; MITSUO. F. SPRING: integrating remote sensing and gis by objectoriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n.3, p.395-403, may/jun. 1996.
- CARVALHO JUNIOR, O. A; GUIMARÃES, R. F; CARVALHO, A. P. F; GOMES, R. A. T; MELO, A. F; SILVA, P. A. **Processamento e análise de imagens multitemporais para o perímetro de irrigação de Gorutuba (MG)**. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** Goiânia: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, p. 473-480. 2005.
- CONGALTON, R. G. A comparison of sampling schemes used in generating error matrices for assessing the accuracy of maps generated from remotely sensed data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 54, p.1669-1671, 1992.
- CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. Nova York: Lewis Publishers, 1999.
- CUNHA, E. R. da; BACANI, V. M.; SAKAMOTO, A. Y. Utilização de imagem de alta resolução espacial para o mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal Geografia **Ensino & Pesquisa**, vol. 19, n. 2, p. 65-74, maio/ago. 2015.
- CUNHA, J. E. de B. L.; RUFINO, I. A. A.; SILVA, B. B. da; CHAVES, I. de B. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, UAEEA/UFCG v.16, n.5, p.539–548, 2012.
- FERRARI, R. **Modelagem Dinâmica do Uso e Cobertura da Terra da Quarta Colônia, RS**. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Santa Maria: UFSM. 2008.



FERREIRA, M. P. **Análise da dinâmica da cobertura florestal no oeste do estado de São Paulo utilizando imagens de satélite.** Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, 2012. INPE São José dos Campos, 2012.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto.** São Paulo: Gráfica, 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo da população.** 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em : 22 de out. 2014.

JENSEN, J. **Sensoriamento Remoto do Ambiente:** Uma Perspectiva em Recursos Terrestres. São Paulo: Parêntese, 2009.

LANDIS, R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p.159-174, mar. 1977.

NOVA PALMA. Lei Orgânica Municipal, de 30 de março de 1990. **Nova Palma Estado do Rio Grande do Sul**, Nova Palma, 30 de novembro de 2002.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote Sensing and Image interpretation.** Nova York: John Wiley & Sons, 1994.

LIPPERT, D. B.; BENEDETTI, A. C.; PEREIRA, R. S. Dinâmica da cobertura florestal no município de Crissiumal-RS durante um período de vinte anos. *Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental* v(7), nº 7, p. 1297-1305, MAR-AGO, 2012.

LUCENA, I; CÂMARA. G; NASCIMENTO, M. A. **Um ambiente de Geração de Programas de Análise Espacial.** Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/gisbrasil99/amo/>. Acesso em 10 jan. 2017.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação.** 3 ed. Viçosa: UFV, 2005.

NOVO, E. L. M. **Sensoriamento Remoto:** Princípios e Aplicações. 2 ed. São Paulo: Edgar Blücher, 2008.

OLIVEIRA, F. S. de; PATERLINI, E. M.; MENDONÇA, H. F. P. de; BARBOSA, R. P.; SANTOS, A. R. dos. Evolução temporal da cobertura florestal na bacia hidrográfica do Rio Iconha, Espírito Santo, Brasil. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 7, n. 4, p. 83-91, dez. 2015.

PETTA, R. A; FERNANDES, R. C; REZENDE, P. S. Detecção automática da dinâmica da cobertura da terra por Sensoriamento Remoto. **Geografia, Londrina**, v. 17, n. 1, p.111-125, jan./jun. 2008.

RECHIUTI, L. V. **Processamento de Imagens Digitais**. São José dos Campos: INPE – CTA, 1996.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia: EDUFU 1995.

SCHIRMER, G. J. **Mapeamento geoambiental dos municípios de Agudo, Dona Francisca, Faxinal do Soturno, Nova Palma e Pinhal Grande – RS**. 2012. 156 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) –Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

SCHIRMER, G. J.; TRENTIN, R. **Relação entre declividade e usos da terra a partir da classificação de imagens de satélite nos municípios de Dona Francisca, Faxinal do Soturno e Nova Palma-RS**. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** Foz do Iguaçu: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2013, p.7281-7288.

SILVA, A. M.; XAVIER, A. P. C.; MEDEIROS, I. C; MARANHÃO, K. U. A.; SILVA, R. M.; **Análise multitemporal e atualização do mapa de uso e ocupação do solo do município de Monteiro - PB**. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Foz do Iguaçu: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. p. 1548-1555. 2013.

SILVA, A. de B. **Sistemas de Informação Geo-referenciadas: conceito e fundamentos**. Campinas, SP: Ed da UNICAMP, 2003.

SILVA, E. A; PEREIRA, R. S; SILVA, C. K; GOERGEN, L. C. G; SCHUH, M. S. Uso de Imagens Orbitais no Geoprocessamento Algébrico da Microrregião da Campanha Ocidental, Rio Grande do Sul. **Revista Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro p. 277-285. 2014.

SILVA, L. F. da; BACANI, V. M. **Análise multitemporal do uso da terra e cobertura vegetal no Pantanal de Aquidauana com o uso de geotecnologias**. REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA, Fortaleza, Brasil, v. 9, n. 2, p. 27-40, jul./dez. 2015.

TEIXEIRA, A. L. de A.; CHRISTOFOLETTI, A. **Sistemas de Informação Geográfica: Dicionário Ilustrativo**. São Paulo: Hucitec Ltda., 1997.

TEN CATEN, A., SAFANELLI, J. L., RUIZ, L. F. C. Mapeamento multitemporal da cobertura da terra por meio de árvore de decisão, na bacia hidrográfica do Rio Marombas – SC. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.6, p.1198-1209, nov./dez. 2015.

VALLE, A. D.; LISBOA, J. P. **Mapeamento multitemporal do uso do solo da Bacia Hidrográfica do rio Alegria no município de Medianeira – Paraná**. 2014. 67 f. Trabalho de conclusão de curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.