

Uso da resposta espectral na identificação e monitoramento de espécies florestais a partir de imagens de média resolução espacial

Elisiane Alba¹
Rudiney Soares Pereira¹
Gabriel Felipe Diel¹
Eliziane Pivoto Mello¹
Emanuel Araújo Silva ¹
Juliana Tramontina¹

¹ Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
97105-900, Santa Maria – RS, Brasil

{elisianealba, rudiney.s.pereira, Tramontina.ju, elizianepmello, emanuelmadster
gfdiel }@gmail.com

Abstract. Due to the great demand for forestry products in the central region of the state of Rio Grande do Sul, this study is aimed at mapping and quantifying commercial stands of *Eucalyptus* sp., *Pinus* sp. and *Acacia* sp. in Encruzilhada do Sul county between 2004 and 2014. Landsat 5/TM and Landsat 8/OLI satellite images were taken as basis for this study. The satellite images were subjected to radiometric correction and further digital processing was performed using the Bhattacharya classification, which generated maps of use and coverage of the study area. However, the near infrared spectrum was used to distinguish the forest species present in the county which was coupled with manual classification and visual interpretation of the targets, ending with the evolution dynamics of the forest species in the studied period. A strong increase in the *Eucalyptus* and *Acacia* stands was observed during the study period. The areas occupied by Pines presented less expressive growth. The occupation dynamics of these species demonstrated that the market is being furnished mainly by products derived from commercial stands of *Pinus* and *Eucalyptus*, since they present the highest cutting rates. However, the cutting rates of *Acacia* plantations remains low, showing problems in the economic sector of this cultivation.

Palavras-chave: Forest stands, reflectance, forest dynamics, LEGAL, povoamentos florestais, reflectância, dinâmica florestal, LEGAL.

1. Introdução

As técnicas e métodos de estudo do Sensoriamento Remoto possuem aplicação em diversas áreas, todavia esta tem apresentado fundamental importância em áreas voltadas ao monitoramento, planejamento e preservação ambiental (LERSCH, 2003). Neste contexto, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), constituem uma ferramenta capaz de manipular e representar os processos ambientais, de forma simples e eficiente, permitindo uma economia de recursos e tempo, possibilitando agregar imagens de satélites, mapas topográficos, hidrografia, entre outros (BENEDETTI, 2011).

Uma vez que o uso desordenado dos recursos naturais e da terra pode acarretar assoreamento, poluição de cursos hídricos e perda de biodiversidade, faz-se necessário, para evitar esses problemas criar modelos de planejamento visando o desenvolvimento sustentável do planeta. Sendo assim, o mapeamento do uso e cobertura da terra se apresenta como uma ferramenta importante, permitindo o acompanhamento das mudanças ocorridas na paisagem.

As plantações florestais são fundamentais na redução da pressão sob as florestas nativas contribuindo assim para a diminuição das taxas de desmatamento, assumindo funções não apenas de produção, mas também de conservação. O setor florestal vem se destacando na economia, tanto em termos de faturamento como na geração de empregos. O estado do Rio Grande do Sul é um dos novos polos de desenvolvimento florestal, gerando novos empreendimentos no setor, liderados por grupos empresariais estrangeiros e nacionais (BENEDETTI, 2011).

Segundo Santos et al., (2007), no Rio Grande Sul foi implantado um programa florestal com objetivo de aumentar a produção silvícola da região e com isso desenvolver o potencial

econômico e social da mesma, o que justifica o crescimento desta atividade nos últimos anos. Desse modo, a utilização de imagens de satélites com resolução espacial adequada para o monitoramento da superfície terrestre pode contribuir para o planejamento da expansão da cobertura florestal no Rio Grande do Sul, assim como no manejo desta atividade.

Diante disso, este trabalho visa o mapeamento e quantificação do uso e cobertura da terra para o município de Encruzilhada do Sul, enfatizando na identificação dos povoamentos florestais de *Eucalyptus* sp., *Pinus* sp., *Acacia* sp. a partir da resposta espectral no período de 2004 a 2014, utilizando imagens de média resolução espacial.

2. Metodologia do Trabalho

A área de estudo corresponde ao município de Encruzilhada do Sul, localizado no estado do Rio Grande do Sul (Figura 1), situando-se entre as coordenadas geográficas 30°16'17" e 30°56'06" de latitude Sul, e 52°54'51" e 52° 18'40" de longitude Oeste, com uma área de 3.438 km².

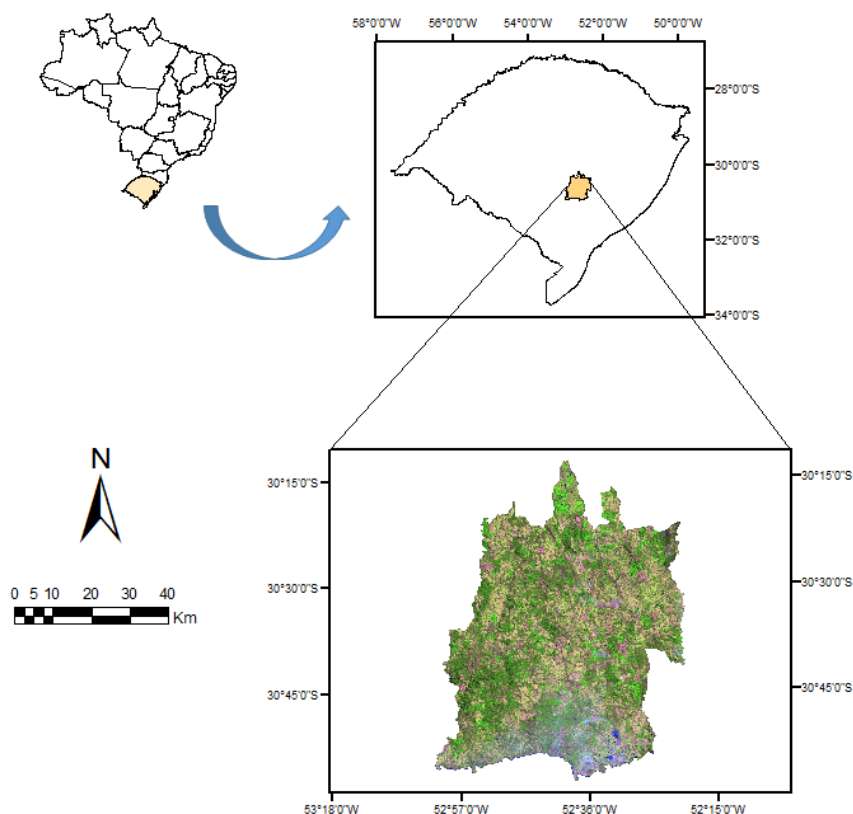


Figura 1. Localização da área estudo no estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

O município de Encruzilhada do Sul apresenta clima subtropical cfb, sendo que a temperatura média é de 17,5 °C, e as precipitações pluviométricas atingem a média 1.700 mm/ano. O município está localizado na zona da Serra do Sudeste e apresenta altitude de 432 m, pertencendo ao Sul à Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã e mais ao norte à Bacia Hidrográfica do Rio Jacuí.

Para este estudo foram utilizadas imagens Landsat 5, sensor TM (órbita – ponto 222-081), data em 20 de setembro de 2004, e imagens Landsat 8 sensor OLI de 09 de setembro de 2014. Estas imagens foram utilizadas como base para a tomada de amostras das respectivas classes temáticas presentes na área de estudo.

O processamento digital foi realizado com o uso do *software* SPRING 5.1.8 no qual foi criado um banco de dados e dentro deste, um projeto utilizando a projeção UTM (*Universal Transverse Mercator*) e o Datum WGS 1984 (*World Geodetic System*). Utilizou-se o *software* GRASS GIS, para a correção radiométrica das imagens, aplicando o método de correção atmosférica DOS 1.

Com a finalidade de obter mapa de uso e cobertura da terra da área em estudo, foi realizada a classificação das imagens, sendo que a metodologia utilizada para elaboração de mapas foi baseada no método de classificação supervisionada através dos classificadores por regiões, utilizando a distância de *Bhattacharya* para calcular a diferença estatística entre as classes, na qual se realizou o treinamento baseado em amostras de aquisição e teste e o limiar de aceitação de 99%. O processo de treinamento se repetiu até a obtenção de amostras suficientes para a representação correta das classes de interesse. Foram utilizadas inicialmente cinco classes de uso e cobertura da terra: floresta nativa, campo, água, sombra e nuvens. Como suporte para obtenção das amostras fez-se uso das imagens do *Google Earth*, utilizando-as para conferir o resultado final das imagens classificadas. A avaliação da acurácia das classificações foi realizada por meio do Índice Kappa (K).

Já para a identificação e mapeamento dos povoamentos florestais separando-os de acordo com as espécies: *Eucalyptus* sp., *Pinus* sp. e *Acacia* sp., utilizou-se como base a resposta espectral apresentada pela banda do infravermelho próximo como ferramenta auxiliar, e assim, desenvolvendo-se a classificação manual e interpretação visual dos alvos. A banda do infravermelho próximo em imagens Landsat 8 consiste na Banda 5 e Banda 4 para Landsat 5/TM.

Para a obtenção da dinâmica das espécies florestais ao longo do período analisado, utilizou-se a Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL). Desse modo, estudou-se cada espécie individualmente de acordo com as categorias: Manutenção, expansão e corte. Definido como “manutenção”, a espécie que em 2014 permaneceu na mesma área ocupada em 2004, “expansão” como o aumento de área ocupada em 2014 sobre os demais usos, e “corte” como perda da área florestada que era ocupada em 2004.

3. Resultados e Discussões

Os mapas de classificação do uso e cobertura da terra obtido de imagens Landsat em 2004 e 2014, permitiram constatar a existência de nove classes de uso respectivamente: *Eucalyptus* sp., *Pinus* sp., *Acacia* sp., floresta nativa, campo, solo exposto, água, sombra e em algumas regiões visualizou-se a interferência de nuvem na cena (Figura 2).

De acordo com o critério de validação estatística, ambas as classificações foram consideradas excelentes, quando submetidas ao Índice de kappa, apresentando valores superiores a 80% (83% e 92% respectivamente para 2004 e 2014), intervalo este definido por Congalton e Green (1998).

A utilização da reflectância da banda do infravermelho próximo foi primordial para a separação dos diferentes tipos de povoamentos florestais implantados no município, já que os mesmos apresentam, em muitos casos, textura e formatos semelhantes.

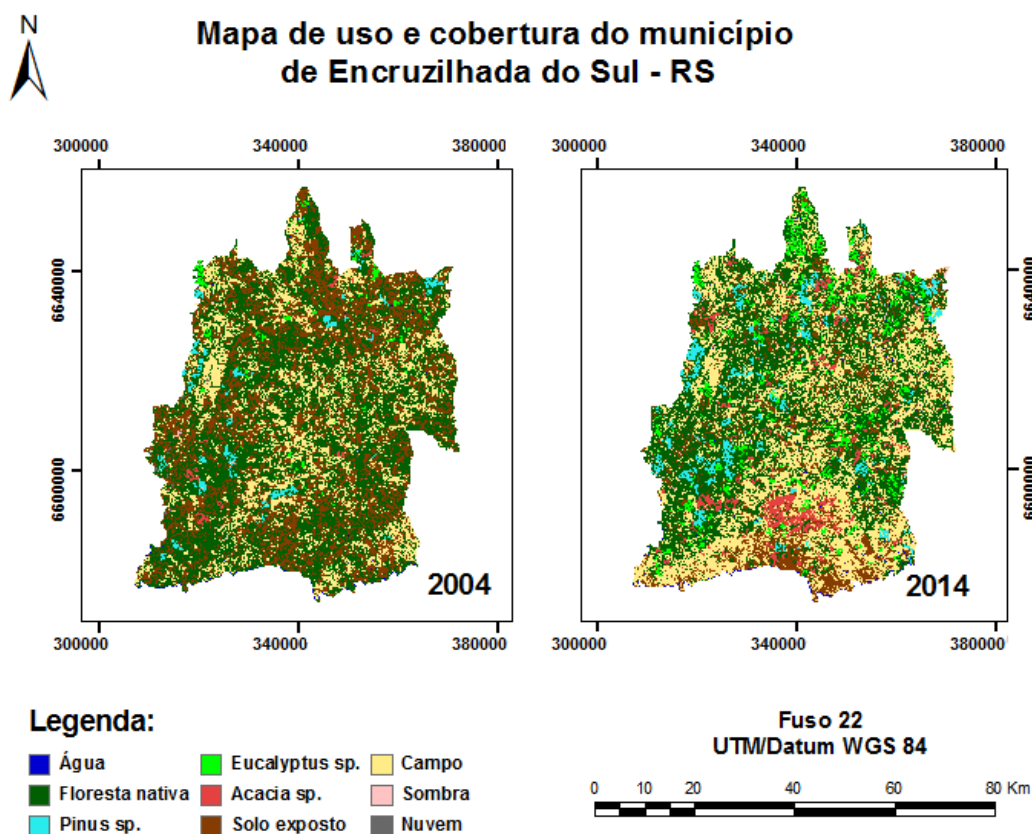


Figura 2. Mapa de uso e cobertura da terra de Encruzilhada do sul para 2004 e 2014.

A resposta espectral dos povoamentos de *Eucalyptus* sp. na banda do infravermelho próximo é superior, quando comparado com as demais espécies florestais em análise, o que deve-se a menor quantidade de água no interior das células presentes na folha. Já a reflectância apresentada pelas espécies de *Pinus* sp. e *Acacia* sp. são próximas, porém povoamentos de *Pinus* absorvem mais energia quando estudado este comprimento de onda, por se tratar de uma conífera, sendo possível a separação.

Conforme exposto na Tabela 1, a área de estudo é caracterizada pela vegetação natural, sendo demonstrado pela floresta nativa, a qual ocupa aproximadamente metade da área total do município em ambas as datas estudadas.

Tabela 1. Quantificação das classes de uso e cobertura da terra no município nas datas estudadas.

| Usos | 2004 | | 2014 | |
|-----------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|
| | Km ² | % | Km ² | % |
| <i>Eucalyptus</i> sp. | 31,80 | 0,92 | 170,23 | 4,95 |
| <i>Pinus</i> sp. | 55,45 | 1,61 | 125,59 | 3,65 |
| <i>Acácia</i> sp. | 15,94 | 0,46 | 143,67 | 4,18 |
| Floresta nativa | 1581,53 | 45,99 | 1416,39 | 41,19 |
| Campo | 685,14 | 19,92 | 1091,60 | 31,74 |
| Solo exposto | 1050,40 | 30,55 | 453,85 | 13,20 |
| Água | 9,4 | 0,27 | 17,05 | 0,50 |
| Nuvem | 6,00 | 0,17 | 20,40 | 0,59 |
| Sombra | 3,12 | 0,09 | - | - |
| Total | 3438,80 | | 3438,80 | |

A quantificação dos plantios florestais evidencia o aquecimento do setor florestal na região, proporcionando grande crescimento na área ocupada pelas espécies estudadas. Em 2004, povoamentos de *Pinus* ocupava 55,45 Km², sendo o gênero florestal mais plantado, seguido de Eucalipto (31,80 Km²) e uma pequena porção ocupada por Acácia (15,94 Km²).

Em 2014, o cenário apresenta modificações, observando uma forte expansão dos povoamentos florestais. Nesse contexto, *Eucalyptus* sp. apresentou um crescimento em área plantada de cinco vezes mais, ocupando atualmente aproximadamente 5 % da área total, com 170,23 Km².

Diante da demanda de seus produtos no período analisado, a *Acacia* sp. passou de 0,46 % para 4,18 % de área ocupada no município. O gênero *Pinus* por sua vez, também apresentou expansão, porém menor que as demais espécies, ocupando 3,65% de área.

Segundo a ABRAF (2010) as florestas plantadas são responsáveis por abastecer quase a metade do mercado brasileiro de madeira, sendo que neste cenário, o município de Encruzilhada do Sul se destaca com a maior produção de gênero *Pinus* do Rio Grande do Sul. No setor de papel e celulose, a madeira utilizada como matéria-prima tem origem exclusivamente de florestas plantadas.

A dinâmica das espécies florestais obtida na linguagem de programação LEGAL, expõem as mudanças ocorridas entre os usos de interesse ao longo de 10 anos, permitindo obter importantes informações para o planejamento das atividades no setor primário e econômico (Figura 3).

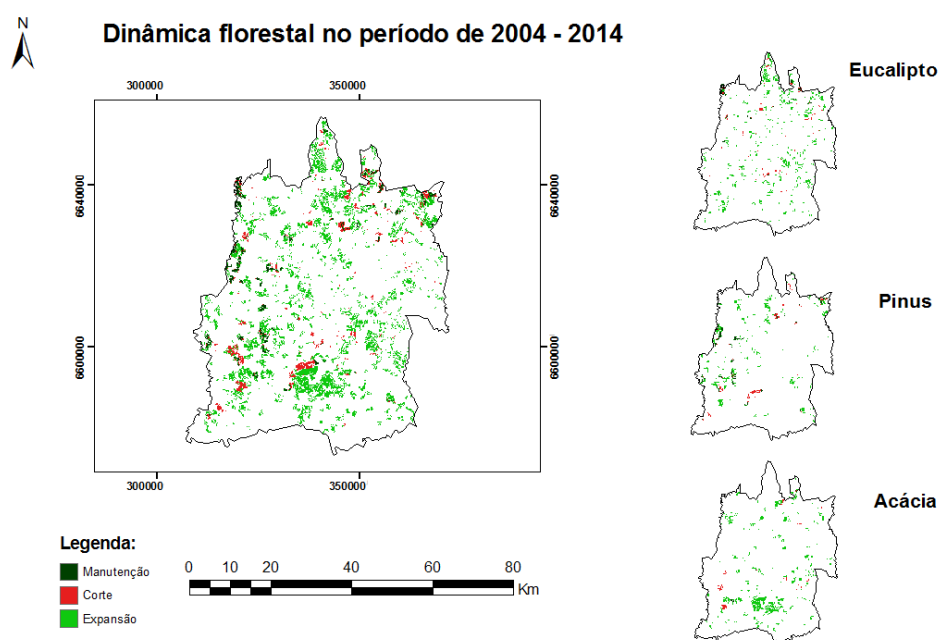


Figura 3. Mapas das transições de cada espécie (direita) e da dinâmica dos plantios florestais como um todo no período de análise (Esquerda).

Ao longo do período de estudo, quando analisado as modificações de área ocorrida com *Eucalyptus* sp., percebe-se que 11,24 Km² permanece ocupado por ele em 2014, expandindo-se cerca de 158 Km² sobre os demais usos, e aproximadamente 20,52 Km² destinados a abastecer o mercado madeireiro da região (Tabela 2). Essa grande expansão em parte se deve as características silviculturais e de adaptação deste gênero, os quais caracterizam-se por serem pouco exigentes em nutrientes, clima, solo, e aliado ao rápido crescimento é uma espécie crescente em território brasileiro.

Tabela 2. Dinâmica de evolução das espécies florestais no período de 2004 - 2014.

| | <i>Eucalyptus sp.</i> | | <i>Pinus sp.</i> | | <i>Acacia sp.</i> | |
|--------------|-----------------------|-------|------------------|-------|-------------------|-------|
| | Km ² | % | Km ² | % | Km ² | % |
| Manutenção | 11,24 | 5,90 | 28,88 | 19,16 | 2,25 | 1,43 |
| Expansão | 158,82 | 83,34 | 96,14 | 63,78 | 141,32 | 89,89 |
| Corte | 20,52 | 10,77 | 25,72 | 17,06 | 13,64 | 8,68 |
| Total | 190,58 | | 150,70 | | 157,21 | |

O gênero *Pinus* possui grande importância para a região, tendo como principal destino a fabricação de papel e celulose. Contudo, cerca de 29 Km² deste gênero não apresentou alteração ao longo do período dos 10 anos. Porém, vale salientar que se trata de espécie de ciclo longo, a qual apresenta crescimento mais lento que as demais presentes no estudo, o que justifica a maior área de manutenção. A expansão em área foi de 96,14 Km² e a área de corte de 25,72 Km².

A principal espécie destinada a produção de madeira de Acácia presente nessa região é a *Acacia mearnsii*, a qual apresenta rápido crescimento juntamente com um ciclo de vida curto, sendo a área de manutenção desta espécie no município de apenas 2,25 Km². Apresentando expressiva expansão (141,32 Km²), o que pode ser atribuído a grande demanda do mercado por seus produtos, já que sua principal utilização é a produção de carvão vegetal.

O estado do Rio Grande do Sul segundo ABRAF (2013), em 2006 apresentava cerca de 184.245 ha ocupados por *Eucalyptus sp.* e em 2012 aumentou para 284.701 ha. Já a área ocupada por *Pinus sp.* era de 181.378 e 164.832 ha, respectivamente para 2006 e 2012. Os dados estatísticos demonstram um crescimento exponencial de eucalipto no estado, porém as áreas ocupadas com *Pinus* cresceram até 2008, apresentando após esta data perdas graduais em sua área. Neste cenário, o percentual ocupado em 2012 por Eucalipto foi de 63,3% e 36,7 % de *Pinus*. Povoamentos comerciais de Acácia não estão inclusos neste anuário estatístico, por se tratarem de áreas menores, ainda pouco expressivas no cenário brasileiro.

4. Conclusão

A banda do infravermelho é perceptível a mudanças nas características estruturais das folhas destas espécies, permitindo assim, o reconhecimento destes povoamentos por meio de imagens orbitais de média resolução espacial. A partir das técnicas englobadas pelo sensoriamento remoto, foi possível obter o mapeamento e a quantificação dos usos e cobertura presentes na área de estudo.

Os plantios florestais apresentaram expansão considerável ao longo do período de análise, de modo que, as maiores taxas de crescimento são atribuídas a *Eucalyptus sp.* e *Acacia sp.* Os povoamentos de *Pinus* apresentaram alta taxa de manutenção, o que pode ser atribuído ao seu ciclo produtivo mais longo, enquanto que a tendência de redução de áreas desses povoamentos no Estado interferiu na baixa taxa de expansão na área de estudo.

A demanda do mercado para o setor primário foi suprida em sua maioria pelas espécies de *Pinus* e Eucalipto, respectivamente. A partir de 2004 houve um crescimento considerável de áreas ocupadas por Acácia, uma vez que existia demanda do mercado regional por este produto. Por se tratar de espécie de ciclo de vida curto (em torno de seis anos), as taxas de corte apresentadas em 2014 são relativamente baixas, permitindo identificar problemas econômicos no mercado atual, ocasionadas pela superprodução deste produto, o que resulta em sua saturação.

5. Referências Bibliográficas

Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF. Anuário estatístico da ABRAF 2010, ano base 2009 – Brasília: 2010. Disponível em: < <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF10-BR.pdf>>. Acesso em 24 de julho de 2014.

Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF. Anuário estatístico da ABRAF 2013, ano base 2012 – Brasília: 2013. Disponível em: < <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF10-BR.pdf>>. Acesso em 27 de outubro de 2014.

Congalton, R.G.; Green, K. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. New York: Lewis Publishers, 1998. 137 p.

Benedetti, A. C. P. Modelagem dinâmica para simulação de mudanças na cobertura florestal das Serras do Sudeste e Campanha do Rio Grande do Sul. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, RS, 2010.

Lersch, R. P. Integração de técnicas de SIG e Sensoriamento Remoto na Classificação de Imagens Digitais com o uso da Teoria da Evidência. Dissertação (Mestrado em sensoriamento remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS, 2003.

Santos, R. M., et al., **Riqueza e Similaridade Florística de Oito Remanescentes Florestais no Norte de Minas Gerais – Brasil**. Revista, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.135-140, 2007. São Paulo, São Paulo, Brasil, 301 p.