



**Análise da Trajetória Evolutiva da Cobertura Florestal do Município de Teresópolis/RJ
utilizando o Algoritmo LandTrendr**
Evolutionary Trajectory Analysis of Forest Cover in the City of Teresópolis/RJ
using LandTrendr Algorithm

João Victor Zebende¹; Rômulo Weckmüller¹; Raúl S. Vicens^{1,2}

¹Universidade Federal Fluminense, Instituto de Geociências Laboratório de Geografia Física, Av. Litorânea s/n, 24.210-340, Niterói, RJ, Brasil

²Universidade Federal Fluminense, Instituto de Geociências, Departamento de Geografia,
Av. Litorânea s/n, 24.210-340, Niterói, RJ, Brasil

E-mails: jzebende@id.uff.br; weckmuller@gmail.com; rsvicens@id.uff.br

DOI: http://doi.org/10.11137/2020_2_316_324; Recebido: 10/02/2020 Aceito: 22/04/2020

Resumo

A Mata Atlântica fluminense foi historicamente pressionada pelos ciclos econômicos e ocupações humanas. Alguns dos mais preservados remanescentes estão localizados na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro. O município de Teresópolis, situado nesta Região, vem sofrendo mudanças em sua cobertura florestal desde o século XIX. Neste sentido, este trabalho visa, por meio de uma análise multitemporal (1985 – 2017) orientada a pixel, utilizando o algoritmo LandTrendr, compreender o caráter das mudanças observadas neste município, buscando o entendimento dos motivos que potencializam os distúrbios. Os resultados são apresentados como trajetórias e os vértices representam mudanças, nas trajetórias florestais foram detectados 2.090 hectares, sendo 85% supressões e 15% regenerações. As supressões antigas (1985) ocorreram na área mais densamente povoada, enquanto que as perdas florestais recentes foram nos distritos mais distantes do centro da cidade. As regenerações estão associadas à recuperação pós deslizamentos de 2011 e à silvicultura. Quanto ao relevo, as mudanças predominaram nas áreas menos declivosas.

Palavras-chave: Séries temporais; Landsat; Vegetação

Abstract

The Fluminense Atlantic Forest has historically been pressured by economic cycles and human occupations. Some of the most preserved remnants are located in the mountainous region of the state of Rio de Janeiro. The city of Teresópolis, located in this region, has undergone changes in its forest cover since the 19th century. In this sense, this work, through a multitemporal analysis (1985 - 2018), guides a pixel, using the LandTrendr algorithm, understanding the character of the changes observed in the entire city, seeking to understand the reasons that potentiate the disturbances. The results are presented as trajectories and the vertices represent changes, in the forest trajectories 2090 hectares were detected, with 85% suppression and 15% regeneration. The old suppressions (1985) occurred in the most densely populated area, while the recent forest ones were in the districts furthest from the city center. The regenerations are associated with the recovery from landslides in 2011 and forestry culture. As for the relief, since the changes predominated in the less declared areas.

Keywords: Time series; Landsat; Vegetation

1 Introdução

A disponibilidade de informações detalhadas, precisas e atualizadas sobre cobertura e uso da terra é essencial para monitorar e gerenciar os ecossistemas florestais. O conhecimento preciso das taxas e tendências das mudanças na paisagem, bem como as respostas desses ecossistemas a eventos passados de perturbação, permitem uma melhor compreensão de como as florestas responderão aos eventos de perturbação presentes e futuros. A grande quantidade de informações geográficas geradas através dos sensores orbitais de imageamento da superfície terrestre e o desenvolvimento de novas tecnologias e metodologias permitiu ao geocientista uma ampliação do caráter de suas pesquisas (Weckmüller, 2018). Lu *et al.* (2004) acrescentam que o pesquisador tende a preferir métodos por ele conhecidos e/ou de sua área de atuação. O desafio da escolha dos métodos que correspondem a melhor maneira de entender a dinâmica e evolução de uma paisagem é fundamental para o desenvolvimento de uma pesquisa que visa atender esta temática.

Os estudos de trajetórias evolutivas em coberturas florestais surgem como um complemento aos estudos de detecção de mudanças, gerando informações sobre o histórico da cobertura da terra, possibilitando entender a natureza e magnitude das mudanças. Além de criar uma maior perspectiva sobre o entendimento das mesmas e fornecendo ao pesquisador dados mais específicos sobre o caráter dessas mudanças (Weckmüller, 2018).

Nesta linha, Kennedy *et al.* (2010) automatizaram o processo de detecção de distúrbios para grandes séries temporais com a implantação do pacote de algoritmos denominado *LandTrendr*, que permite obter o grau de degradação de uma paisagem, além de detectar distúrbios e recuperações na vegetação. Possui uma metodologia eficiente para os estudos de áreas florestadas que sofreram mudanças em sua cobertura ao longo dos anos.

A Mata Atlântica se caracteriza por um conjunto de formações florestais, como por exemplo: Ombrófila Densa, Ombrófila Mista, Estacional Semidecidual, Estacional Decidual e Ombrófila Aberta, e ecossistemas associados a estes, como as restingas, manguezais e campos de altitude (Velooso *et al.*, 1991). Os ciclos econômicos agropecuários e aumento da população urbana foram determinantes para remoção da cobertura vegetal original e

degradação das paisagens naturais. O estado do Rio de Janeiro passou por diversas modificações em sua cobertura florestal ao longo dos anos.

O município de Teresópolis merece destaque, situado na região serrana deste estado, sente os efeitos desde o século XIX com a colonização europeia (Costa, 2005). Além disso, esta área caracteriza-se também pela grande produção de hortaliças como alface, salsinha, rúcula, entre outras. Esta agricultura é um grande potencializador do processo de supressão vegetal, uma vez que ainda são utilizadas técnicas mais rudimentares, como as queimadas, por agricultores com menos instrução, recursos tecnológicos e financeiros. Ressalta-se também o potencial do município em produção de madeiras para corte, sendo considerado, em 2014, o nono município com a maior área de silvicultura do estado (Ferraz, 2017).

O entendimento da dinâmica evolutiva florestal da área possibilita o desenvolvimento de informações fundamentais para as políticas de gestão do município. Este possui um plano diretor desde 2014 que visa o desenvolvimento sustentável, de forma a compatibilizar a preservação ambiental com o desenvolvimento econômico. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo geral fazer uma análise da trajetória evolutiva da cobertura florestal do município de Teresópolis entre os anos de 1985 a 2017, utilizando o pacote de algoritmos *LandTrendr*, buscando entender os condicionantes que levaram a alteração da vegetação nas últimas três décadas.

2 Metodologia

2.1 Área de Estudo

A área de estudo foi todo o município de Teresópolis situado a cerca de 75 quilômetros da capital do estadual. Possui uma altitude média de 871 metros acima do nível do mar, abrangendo uma área de 773,338 quilômetros quadrados nos quais estão distribuídos a sua população formada por aproximadamente 163.746 habitantes dos quais 89,3% residem na zona urbana (IBGE, 2010). Além de Nova Friburgo e Petrópolis, o município faz limite com São José do Vale do Rio Preto, Cachoeiras de Macacu e Guapimirim.

Por critérios administrativos, o município de Teresópolis é dividido em três (3) distritos. Além disso, a Lei Municipal nº 1805 de 8 de dezembro de 1997 dividi o município de Teresópolis

em área urbana, área de expansão urbana e área rural. A área urbana se delimita, basicamente, ao distrito principal que recebe o mesmo nome do município, sendo dividido em cerca de 49 bairros oficiais, além de loteamentos, áreas de aglomeração e outros bairros não oficiais. A área de expansão urbana é dividida em 17 localidades, além de ser subdividida em três núcleos: Três Córregos, Vargem Grande e Pessegueiros, e se delimita, basicamente, da área urbana, entre o Vale do Paquequer (2º distrito) e o Vale do Bonsucesso (3º distrito). Já a

área rural é compreendida pelo restante do espaço territorial, excluindo a área urbana e a área de expansão urbana, sendo dividido em quatro núcleos, dentre eles: Nhunguaçú, Vieira e Bonsucesso, todos no terceiro distrito, tendo este último citado como sede. Enquanto a Localidade de Cruzeiro é a sede do segundo distrito. A Figura 1 contempla a divisão administrativa adotada pelo município e este recorte será utilizado no trabalho com a finalidade de se comparar as mudanças observadas na cobertura florestal.

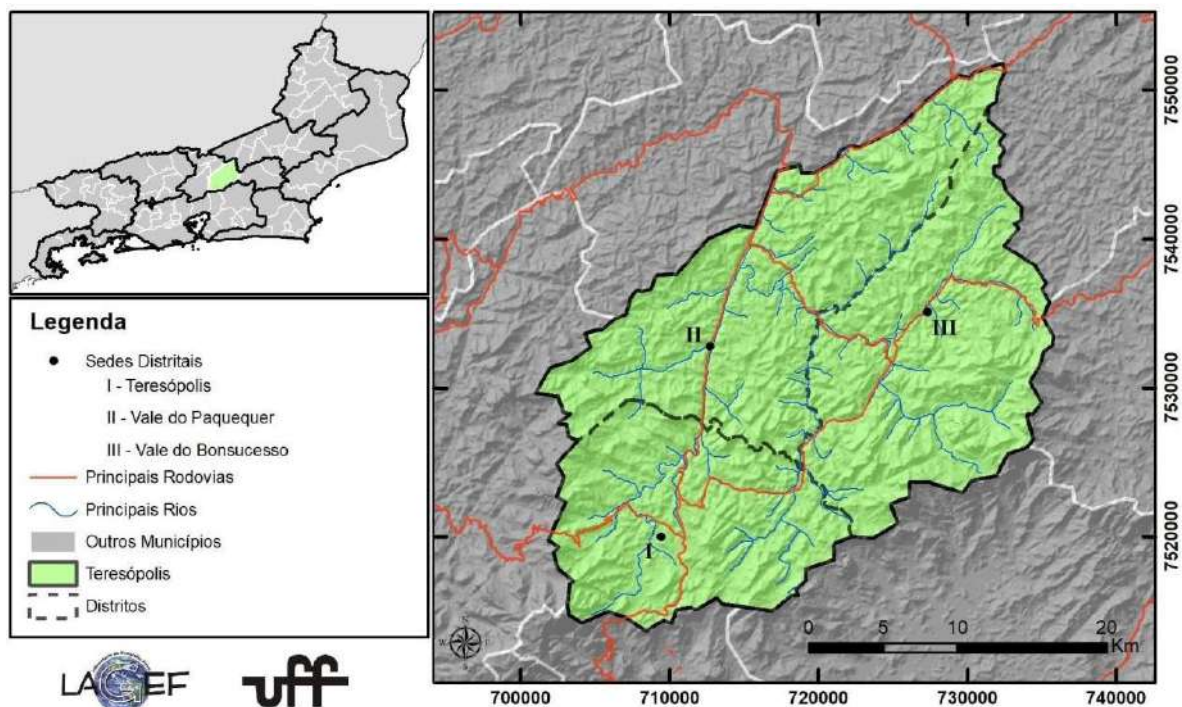


Figura 1 Localização do município de Teresópolis e sua divisão distrital.

2.2 Material

Para o presente trabalho foram utilizadas imagens *Landsat*, dos sensores TM (1984 a 2011) e OLI (2013 a 2018). As bases vetoriais foram adquiridas através do banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do GeoBank do Instituto Estadual do Ambiente (INEA). O Modelo Digital de Elevação (MDE) foi obtido a partir da missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) que compõe a base de dados do LAGEF/UFF (Laboratório de Geografia Física). Para obtenção e processamento dos dados foram utilizados softwares que compõem a estrutura do mesmo laboratório. Para desenvolvimento das trajetórias de cobertura florestal foi utilizado Envi + IDL, e para os dados característicos

das trajetórias foram utilizadas ferramentas do *software* ArcGIS 10.4.1.

2.3 Métodos

2.3.1 Pré-Processamento

As imagens *Landsat* do produto CDR (*Landsat Surface Reflectance Climate Data Record*) obtidas no portal eletrônico do USGS (United States Geological Survey), de acordo com seus metadados, já vem ortorretificadas com precisão sub-pixel e corrigidas segundo a atmosfera utilizando o modelo 6S. Porém numa detecção de mudanças, o mais importante seria a pouca variação das imagens entre si. Por isso optou-se pela realização de uma normalização radiométrica, objetivando diminuir

a variação radiométrica dentro da série temporal (Cronemberger, 2014; Weckmüller & Vicens, 2016; Fernandes *et al.*, 2017).

Além disso, para restringir a área de análise, foi desenvolvida uma máscara de floresta para limitar a interpretação dos dados gerados pelos algoritmos (Zebende *et al.*, 2017). Após testes preliminares com o *LandTrendr*, observou-se a necessidade de desenvolvimento de uma máscara de sombras topográficas, pois as mesmas eram classificadas erroneamente como mudança (Weckmüller, 2018).

2.3.2 Segmentação Temporal

A segmentação temporal do algoritmo *LandTrendr* consiste em identificar quebras estatísticas do comportamento linear entre a imagem inicial e a final da série, simplificando a série espectro-temporal. Esta série ajustada pode ser relacionada a eventos ocorridos com a cobertura florestal, como supressões e regenerações. Ambos podem ser observados pelos segmentos das trajetórias, que mostram os momentos críticos de cada mudança (Kennedy *et al.*, 2010; Weckmüller, 2018; Weckmüller & Vicens, 2019).

Dos vários descritores disponíveis para o processo de segmentação temporal, foi utilizado o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), devido ao seu melhor desempenho na detecção de mudanças em florestas tropicais (Fragal, 2015; Weckmüller *et al.*, 2018). Definido o descritor, resta configurar os parâmetros de controle para garantir uma segmentação temporal que contemple as trajetórias florestais da área. Os principais parâmetros que influenciam na qualidade da segmentação temporal são: *kernel size*, *pval* e *max segments* (Fragal, 2015). Após testes, respectivamente, definiu-se 3x3, 0.05 e 6 como os valores mais adequados para estes parâmetros. O parâmetro *kernel size* (tamanho da janela), expressa o tamanho da janela utilizada para definir os valores espectrais utilizados para gerar a trajetória espectro-temporal de cada pixel. O *max segments* representa o número máximo de vórtices ou segmentos na reta de regressão da série temporal (expressando mudanças). O *pval* revela o ajuste estatístico entre a trajetória espectro-temporal ajustada e a trajetória espectro-temporal original

(Weckmüller, 2018).

2.3.3 Classificação das Trajetórias

A fase de classificação é a última do processo de detecção de trajetórias utilizando os algoritmos *LandTrendr*. Neste momento são inseridos os parâmetros de controle de mudanças (limiares) e as classes que representam as trajetórias da paisagem, através do algoritmo chamado *labelfit* (Kennedy *et al.*, 2010; Weckmüller, 2018).

Após testes com áreas previamente conhecidas, foram definidos os limiares: para uma mudança ser considerada supressão florestal deveria apresentar variação negativa anual de 0.34 e variação negativa numa série de 20 anos de 0.3 no NDVI. Já para ser considerada uma recuperação da vegetação, basta variação positiva de 0.27 no NDVI. Formando, dessa maneira, três classes: Supressão, Regeneração e Invariante.

2.3.4 Características das Mudanças

Como possibilidade, o pacote de algoritmos *LandTrendr*, além de classificar as trajetórias a partir de uma assinatura espectro-temporal, disponibiliza dados fundamentais para compreender as características das mudanças por ele observadas. Dados como, o ano inicial, a duração e magnitude da mudança é oferecido em formato *raster*, juntamente com as trajetórias evolutivas.

O ano inicial representa a imagem ao qual iniciou-se determinada supressão ou regeneração florestal. A duração leva em consideração a quantidade de anos em que a determinada alteração da cobertura vegetação tem sido observada, isto é, o número total de imagens consecutivas que apresentam o mesmo padrão após um distúrbio até a sua estabilização. Por fim, a magnitude está relacionada ao grau de intensidade em que a mudança ocorreu, ou seja, esta expressa a amplitude de variação do índice espectral. A associação entre estes três mapeamentos permite entender o grau de degradação, estabilidade ou recuperação da paisagem (Fragal, 2015; Weckmüller, 2018).

Ressalta-se que neste trabalho optou-se por classificar estes dados. Os dados de anos iniciais foram agrupados em três grupos: distúrbios que

aconteceram entre 1985 e 1995 (foram considerados distúrbios antigos); os que iniciaram entre 1996 e 2005 (considerados de médio prazo); e aqueles entre 2006 e 2017 (considerados como recentes).

As durações também foram agrupadas em três segmentos: de curta, de média e de longa duração. A primeira classe relaciona às mudanças com idade igual ou inferior a 5 anos. As durações médias dizem respeito aos fenômenos observados de 6 a 15 anos, e os fenômenos que tiveram mais de 15 anos são agrupados na classe de longa duração.

As classes escolhidas de magnitude foram divididas também em três grupos: pequenas magnitudes (com variação espectral entre 0,1 e 0,3), médias magnitudes (relacionadas as variações maiores que 0,3 até 0,6) e grandes magnitudes (maior que 0,6).

2.3.5 Associação das Trajetórias com Elementos do Relevo

Como complemento à análise das trajetórias, estas foram relacionadas às características morfométricas do relevo, geradas a partir do MDE, do SRTM. Dois subprodutos deste MDE foram gerados no módulo *3D Analyst* do *ArcGis*: a declividade e a orientação das encostas. Posteriormente, os polígonos com as classes de trajetórias foram convertidos em *rasters* com *pixels* de 30 por 30 metros, e depois transformados em um *shapefile* de pontos. Através da ferramenta do *ArcGis* “*extract value to points*”, os valores de altitude, declividade e orientação da encosta foram extraídos. Histogramas com a distribuição das médias desses pontos foram feitos para auxiliar a interpretação destes dados.

Para a altitude foram criados intervalos de 200 metros. Com relação à orientação da encosta foram criadas 8 classes, com intervalo de 45 graus, representando os pontos cardeais e colaterais. A declividade foi dividida em seis classes de acordo com legenda desenvolvida pela Embrapa (2006), onde o relevo é considerado plano, de 0 a 3%; suave, de 3 a 8%; ondulado, de 8 a 20%; fortemente ondulado, de 20 a 45%; montanhoso, de 45 a 75% e escarpado, acima de 75%.

2.3.6 Validação do Mapa de Trajetórias

A estratégia de validação foi a utilização do índice *Kappa* associado à análise da matriz de

confusão. Considera-se que a análise da matriz de confusão é tão importante quanto o índice *kappa*, pois permite identificar a principal fonte de erros da classificação (algoritmo e/ou pesquisador), através dos erros de comissão e omissão (Weckmüller, 2018).

Para isso foi gerado aleatoriamente 50 pontos por classe para avaliação da acurácia do mapeamento através da ferramenta *Create Random Points*. Agrupando as trajetórias em três grandes grupos, a saber: áreas invariantes, trajetórias de supressão e de recuperação. Congalton (1991) destaca que este número de pontos é representativo, o que segundo o autor garante a relevância estatística dos dados. Estes pontos foram analisados um a um tendo como referência a própria série temporal.

A análise da matriz de confusão se faz tão importante quanto o Índice *Kappa*. Considera-se que este seja um bom método de avaliação da qualidade dos mapeamentos, pois, permite acompanhar o desempenho por classe e a quantidade de erros de omissão e comissão obtidos. Neste sentido, acredita-se que possa se fazer uma melhor avaliação dos produtos gerados pelo *LandTrendr*, identificando possíveis fontes de erros e limitações do modelo e/ou do algoritmo (Weckmüller, 2018).

3. Resultados e Discussão

3.1 Classificação das Trajetórias

Após a segmentação temporal e a classificação das trajetórias (*Labelfit*) foi gerado o mapa das trajetórias florestais do município de Teresópolis representado na Figura 2. Ao todo, observou-se 2.090 hectares de trajetórias florestais no município, na qual, a supressão florestal corresponde a 85% da área (1.760 ha). Enquanto os outros 15% são compostos pelas trajetórias de regeneração que abrangem apenas cerca de 330 hectares.

Quando observamos estas trajetórias por distrito, Vale do Bonsucesso apresenta as maiores taxas de supressão com 53% do total desta classe. 38% da supressão foram observados no Vale do Paquequer e apenas 9% no distrito urbano. Quanto a regeneração, esta foi mais observada pelo algoritmo no Vale do Paquequer com 47% do total da classe. Vale do Bonsucesso concentrou 43% das regenerações e 10% foi observada no primeiro distrito.

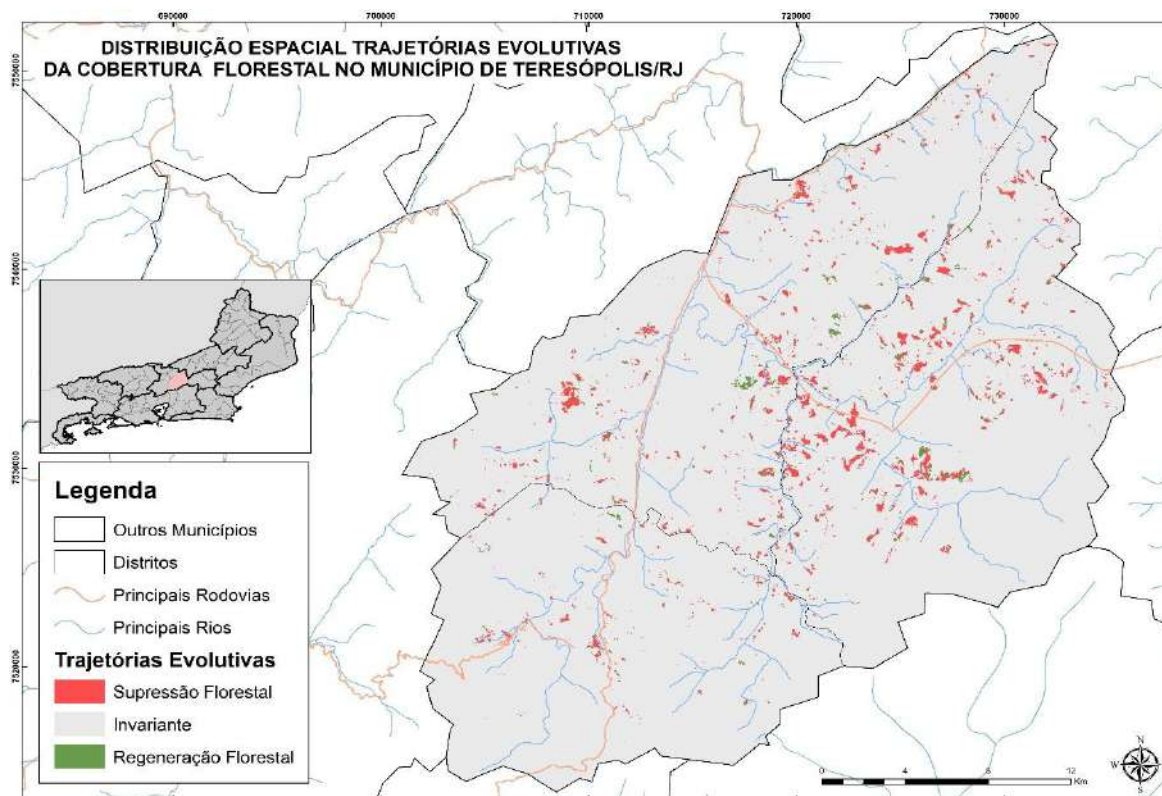


Figura 2 Trajetórias florestais nos distritos de Teresópolis/RJ.

3.2 Características das Mudanças

As supressões florestais encontradas pelo algoritmo sobre o primeiro distrito (Teresópolis) datam dos primeiros anos da série temporal (1985 a 1995), considerada antiga, indicando a supressão da área florestal em detrimento ao adensamento populacional, apenas 9% da supressão foi observado nesse distrito. Por outro lado, os distritos de Bonsucesso (III) e Vale do Paquequer (II) predominam aqueles onde o distúrbio recente (2006 a 2016).

Quando se associa os dados de Ano Inicial com a Duração é confirmado este caráter da supressão da cobertura florestal. Os eventos de curta duração estão associados aos distritos II e III, enquanto no distrito I predominam os de longa duração. Em relação a magnitude, predominam as médias magnitudes em todos os três distritos.

Quanto as características das regenerações, em relação ao ano inicial, são predominantes os eventos que se deram após 2006. Estes eventos podem estar relacionados a três principais condicionantes: (1) a elaboração do plano diretor, neste mesmo ano, que objetiva implantar medidas para um desenvolvimento sustentável do município e recuperação das áreas naturais; (2) as chuvas de janeiro de 2011 levaram

a redução da vegetação em áreas onde se deram os movimentos de massas (essas áreas, situadas em altas declividades são impróprias para construção civil ou dificultosas para a produção agrícola, desta maneira, foram abandonadas dando origem a uma floresta secundária e (3) a produção de madeira para corte nos II e III distritos. Em 2014, Teresópolis possuía cerca de 1.085 hectares de silvicultura (Ferraz, 2017). Esta regeneração muito curta pode indicar a produção silvícola de madeira para corte como o eucalipto, espécie que apresenta um rápido crescimento. A Figura 3 apresenta as características das mudanças observadas nos distritos.

Em síntese, a situação no primeiro distrito é a menos preocupante devido as pequenas taxas de supressão florestal recente, uma vez que essa área teve o ápice de supressão no período de ocupação e ampliação da área urbana do município. Supressões após 1985 explicam-se pela expansão urbana em uma área declivosa sem muitas áreas apropriadas para a construção civil.

O quadro mais instável e, portanto, de maior degradação está no Vale do Bonsucesso. Este cenário estaria relacionado a grande área destinada a horticoltora que ainda carece de práticas conservacionistas de manejo do solo. Ressalta-se

ainda o potencial turístico rural e ecológico com a presença de áreas do Parque Estadual dos Três Picos e da Área de Proteção Ambiental dos Frades.

Pela análise das características das mudanças associada ao relevo, a Figura 4 mostra os resultados obtidos. Tanto a regeneração quanto a supressão obtiveram características semelhantes, isto é, foram predominantes em altas altitudes, entre 800 e 1100 metros acima do nível do mar, e predominaram em relevos menos declivosos da região. A respeito da orientação da encosta, ambos fenômenos foram predominantes nas vertentes mais orientadas ao Norte, ou seja, a distribuição de chuvas orográficas não foi um determinante para a supressão ou regeneração florestal nos segundo e terceiro distritos,

visto a vocação agrícola. Portanto, o relevo não teve relevância estatística nos fenômenos de supressão e regeneração.

De forma geral, a supressão florestal foi a classe predominante em todo o município. A área obtida foi até cinco vezes maior que a regeneração (1760 ha de perdas florestais contra 330 ha de ganhos). Ou seja, nos últimos 30 anos, Teresópolis sofreu um balanço em sua cobertura florestal bastante negativo. O caráter produtivo e o tipo de cultura dos distritos II e III potencializam este fenômeno, uma vez que o segundo distrito apresenta áreas destinadas a agricultura e pecuária enquanto o terceiro distrito é responsável por uma das maiores áreas de produção olerícola do estado.

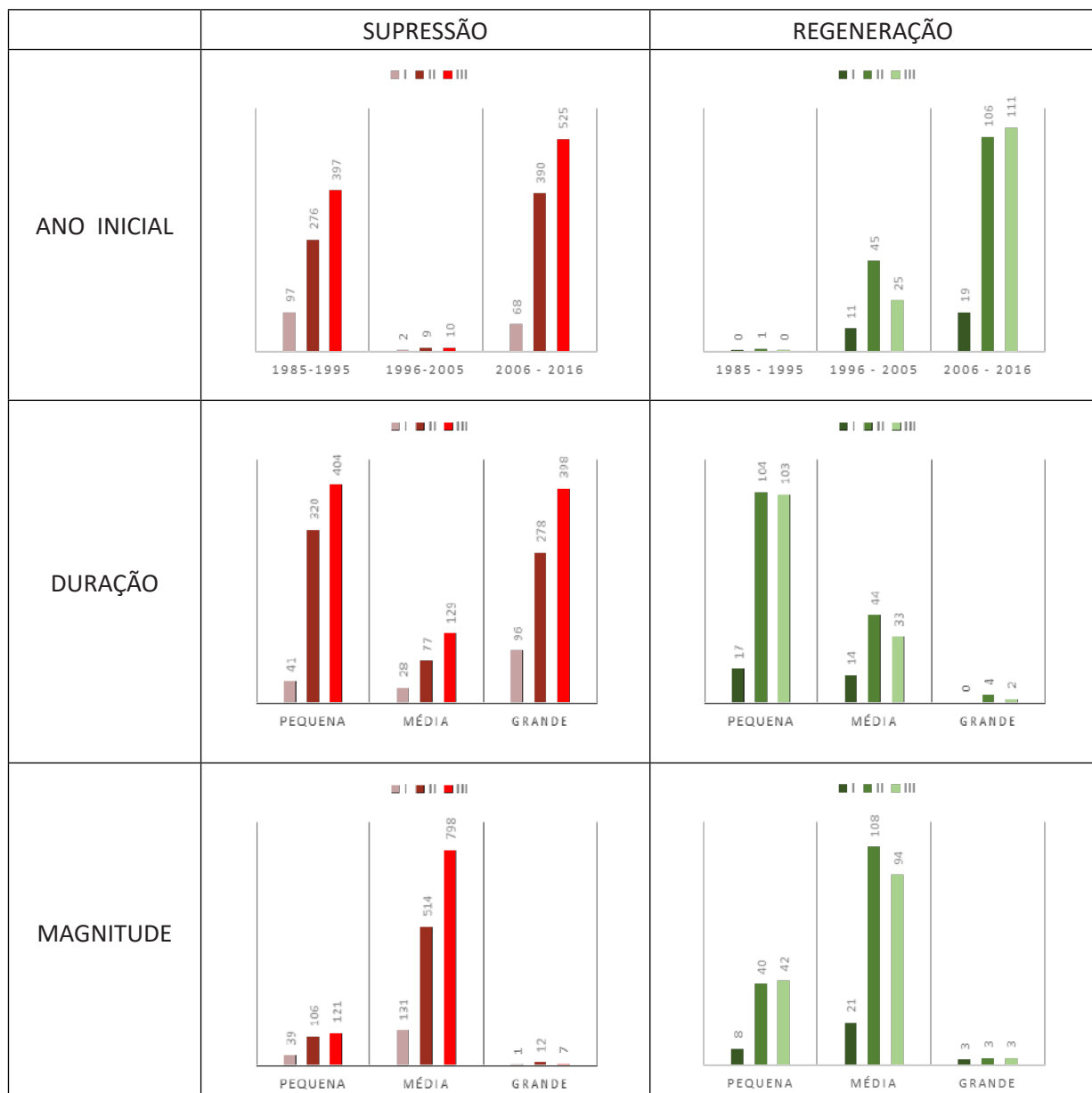


Figura 3 Características das mudanças por cada distrito em hectares.

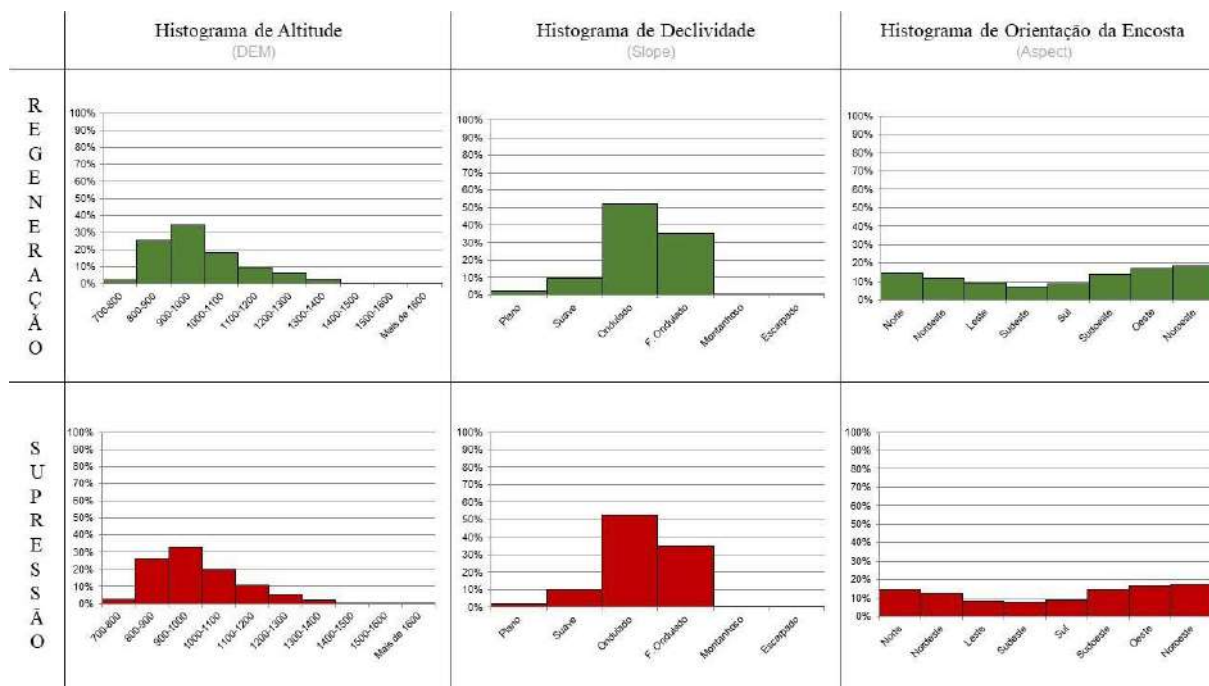


Figura 4 Características das mudanças por classe de relevo. Classes adaptadas de Embrapa (2006).

O primeiro distrito também apresentou áreas de distúrbio, acredita-se que nesse caso estão relacionadas a ocupação urbana. Observou-se que áreas demarcadas como proteção ambiental também sofreram com o desmatamento, porém em menor grau que áreas desprotegidas.

3.3 Validação dos Mapeamentos

Após a análise dos 150 pontos de validação foi encontrado um Índice de Exatidão Global de 72% para um Índice Kappa de 0.65 no mapeamento das trajetórias. Segundo a classificação proposta por Landis & Koch (1977), o índice obtido pode ser considerado como “muito bom”.

No que tangem os erros de comissão, ou seja, referentes a classificação, é possível concluir ao analisar a matriz abaixo que as classes que representam alteração da cobertura florestal apresentaram o mesmo valor percentual, enquanto a classe invariante obteve um valor superior. Por outro lado, esta classe, obteve o menor valor percentual nos erros de omissão, isto é, dos erros referentes ao modelo (Tabela 1). No geral, considerando um algoritmo que classifica de maneira automática, os erros obtiveram valores relativamente baixos, com um *Kappa* valor dentro do esperado para uma série temporal longa.

	Supressão	Regeneração	Invariante	Omissão
Supressão	34	4	12	32%
Regeneração	7	31	12	38%
Invariante	2	4	44	12%
Comissão	21%	21%	35%	

Tabela 1 Matriz de confusão de validação da série temporal.

4 Considerações Finais

As validações apresentam um baixo valor comparado a demais classificações bi-temporais, todavia, ressalta-se que este trabalho leva em consideração mudanças temporais que ocorreram durante um período de 30 anos. Além disso, a escolha pelo uso do Índice *Kappa* associado a matriz de confusão se mostrou acertada, já que este método permite a identificação dos erros. O valor *Kappa*

obteve uma classificação “muito boa” o que se configura como um resultado satisfatório quando se leva em consideração o tamanho da série temporal, o fato da classificação se dar de forma automatizada e ainda os erros provenientes das máscaras.

Quanto ao modelo, o pacote de algoritmos *LandTrendr* foi muito eficiente em detectar trajetórias de florestas, sejam de supressões ou recuperações. Seu método automatizado de segmentação temporal,

pixel a pixel (porém observando uma janela de pixels vizinhos) e baseado na observação de uma série temporal e suas curvas espectrais, foi capaz de detectar mudanças florestais, mesmo as mais sutis, de baixa magnitude e poucos hectares.

Os mapeamentos das características de cada grupo de trajetórias oferecidas pelo algoritmo *LandTrendr* (duração, idade e magnitude) se mostraram muito úteis para auxiliar no entendimento dos fenômenos de mudança, além de se apresentarem condizentes com as particularidades de cada distrito do município de Teresópolis. Todavia, apenas com as características disponibilizadas pelo algoritmo não é possível entender as condicionantes que impulsionaram os processos de supressão e/ou recuperação da cobertura florestal, sendo necessário a associação com estudos sobre o histórico de perturbação.

5 Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Geografia Física (LAGEF), da Universidade Federal Fluminense (UFF); à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio a esta pesquisa.

6 Referências

- Costa, D.P. 2005. *Utilização de geotecnologias na análise da transformação sócio-espacial urbana da região Serrana Fluminense: o estudo de caso do distrito sede de Teresópolis*. Dissertação de Mestrado em Geografia, UNESP. Rio Claro, SP. 185 p.
- Congalton, R.G. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37: 35-76.
- Cronemberger, F.M. 2014. *Paisagens da Serra do Mar: uma análise geoecológica da dinâmica da paisagem*. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal Fluminense, Tese de Doutorado, 159 p.
- Embrapa. 2006. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. *Sistema Brasileiro de classificação de solos*. Brasília, DF, 2ª edição. 353 p.
- Ferraz, D.P.G.B. 2017. *Dinâmica espaço-temporal da produção de silvicultura no estado do Rio de Janeiro entre 1985 e 2014*. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal Fluminense, Dissertação de Mestrado, 83 p.
- Fernandes, P.J.F.; Vicens, R.S. & Furtado, L.F.A. 2017. Modelo automático de normalização radiométrica de série multitemporal Landsat-5 usando pontos pseudoinvariantes, PIF. *Revista Brasileira de Cartografia*, 69 (2): 241-251.
- Fragal, E.H. 2015. *Reconstrução histórica de mudanças na cobertura florestal em várzeas do baixo Amazonas utilizando o algoritmo Landtrendr*. Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Dissertação de Mestrado, 126 p.
- IBGE. 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades, Teresópolis, RJ. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/teresopolis/panorama>>. Acesso em 10 de dezembro de 2018
- Kennedy, R.E.; Yang, Z. & Cohen, W.B. 2010. Detecting trends in forest disturbance and recovery using yearly Landsat time series: 1. LandTrendr - Temporal segmentation algorithms. *Remote Sensing of Environment*, 114: 2897-2910.
- Landis, J.R. & Koch, G.G. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33: 159-174.
- Lu, D.; Mausel, P.; Brondizio, E. & Moran, E. 2004. Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25(12): 2365-2407.
- Veloso, H.P.; Rangel Filho, A.L.R. & Lima, J.C.A. 1991. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: IBGE/DERNA. 123 p.
- Weckmüller, R. & Vicens, R.S. 2019. Detecção de Mudanças Florestais em Séries Temporais Utilizando os Algoritmos Landtrendr: Estudo de Caso no Estado do Rio de Janeiro. *Revista do Departamento de Geografia*, 37: 44-57.
- Weckmüller, R. & Vicens, R.S. 2016. Método híbrido de detecção de mudanças: uma associação entre classificação baseada em objetos e baseada em pixels. *Revista Brasileira de Cartografia*, 68(5): 883-899.
- Weckmüller, R.; Zebende, J.V. & Vicens, R.S. 2018. Escolha do melhor descritor para a detecção de trajetórias em florestas tropicais utilizando os algoritmos LandTrendr. *Revista Continentes*, 7(13): 68-84.
- Weckmüller, R. 2018. *Trajetórias evolutivas das coberturas florestais do estado do Rio de Janeiro utilizando os algoritmos LandTrendr*. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal Fluminense, Tese de Doutorado, 123 p. Disponível em: <https://go.gl/9KuJnK>.
- Zebende, J.V.; Weckmüller, R. & Vicens, R.S. 2017. Desenvolvimento de máscara de floresta utilizando classificação orientada a objeto. In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA e XXVI EXPO-SICARTA SBC, Rio de Janeiro - RJ, 452-456.