



# AVALIAÇÃO TEMPORAL DA VARIAÇÃO DE COBERTURA DE SOLO ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NORMALIZADO (NDVI) E AJUSTADO AO SOLO (SAVI): CASO DE ESTUDO PARA O RIO DOCE E O DESASTRE AMBIENTAL DE MARIANA

*J.R. da Silva<sup>1</sup>, L.Siqueira<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil

<sup>2</sup> Universidade do Estado de São Paulo, Brasil

Comissão IV - Sensoriamento Remoto, Fotogrametria e Interpretação de Imagens

## RESUMO

Este trabalho utilizou-se da série temporal da família de satélites Landsat (TM e OLI) para avaliação da cobertura vegetativa com o auxílio de dois índices de vegetação para região as margens do Rio Doce, os índices foram calculados e avaliados através de interpretação visual de forma racional através de sua normalização e ponderação de peso através de sua classificação inicial para a detecção de tendências de ocupação e mudanças na cobertura devido ao desastre ambiental de Mariana no ano de 2015. Foram utilizadas imagens do ano de 1987, 1997, 2007 e 2016. Os resultados mostram como a região do Rio Doce já vinha a longo prazo sofrendo por processos de antropização, porém também mostra como o caso de Mariana impactou profundamente essas tendências já existentes.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento, NDVI, SAVI.

## ABSTRACT

This paper aims to present the use of a serie of temporal images from satellites of the families Landsat (TM e OLI) to evaluate the vegetation cover by adopting two vegetation indexes to the location around Rio Doce, the indexes were calculated and subsequently analyzed through racional visual interpretation using normalization and weighting to the observation of tendencies in the occupations and changes on vegetation cover due to Mariana's disaster on 2015. Images from 1987, 1997, 2007 and 2016 were used. The results show that the riverbank was already suffering anthropization, but also shows the impact of the disaster on this environment.

**Keywords:** Geoprocessing, NDVI, SAVI.

## 1- INTRODUÇÃO

Variações antrópicas sobre a cobertura do solo tem sido fatores dinâmicos na transformação do espaço natural e se apresentado de complexa modelagem devido a suas subsequentes divergências, principalmente quando se considera fatores regionais. O uso de sensoriamento remoto (SR) tem se tornado, nos últimos 30 anos, uma ferramenta de grande importância para monitoramento das mudanças sobre a paisagem sendo viável devido a disponibilidade de diferentes fontes de dado, baixo custo, metodologia sistemática e a sua fácil aplicação para áreas de grandes extensões geográficas.

A detecção de mudanças é caracterizada a partir do reconhecimento de alterações nas amostras características de determinado alvo em certo período de tempo (Santos et al., 2001). O SR tem sido fundamental para compreensão da dinâmica dos

padrões espaciais e temporais dos diferentes processos que ocorrem no ambiente, facilitando a detecção e delimitação das mudanças ocorridas na área de estudo através imagens obtidas por sensores remotos. Para Kennedy et al. (2007), os sensores remotos são utilizados no monitoramento de mudanças na superfície terrestre, fornecendo informações que permitem a identificação de comportamentos e processos que provocam mudanças por diferentes agentes, sendo esses naturais ou antrópicos, e por mudanças climáticas.

O diagnóstico propiciado pelo monitoramento ambiental é resultado da interpretação das alterações antrópicas e/ou naturais no ambiente por meio de imagens de sensores remotos. As imagens do satélite Landsat vêm sendo utilizadas como subsídio para diferentes pesquisas desde a década de 1970, e aparece em pesquisas relacionadas a análise temporal do

mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal, passando por pesquisas de prospecção mineral e planejamento territorial. Atualmente, visto as diferentes aplicações dessas imagens é possível identificar que essas servem para avaliação e monitoramento, servindo como base para estabelecimento de políticas a fim de reverter diferentes quadros oriundos da ação antrópica.

Dentro do contexto do mapeamento de mudanças na cobertura do solo, uma das principais características a serem avaliadas é a vegetação em suas mais complexas formações. Para tais fins, utilizando-se de imagens multiespectrais, iniciou-se a proposta de uso de índices de vegetação (IVs) e desde então diferentes caminhos metodológicos foram utilizados para a criação de diversos IVs baseando-se nas características de reflectância das folhas, arbustos e dóceis que compõem determinada estrutura vegetativa.

Existem já conhecidas conseqüências naturais negativas advindas da atividade de mineração. Recentemente o Brasil deparou-se com este tipo de desastre, devido o rompimento da barragem do Fundão. Conforme Lopes(2016), a construção era de propriedade da Samarco S/A, cujas as maiorias das ações são pertencentes a Companhia Vale do Rio Doce e da BHP-Billinton (anglo-australiana). De acordo com (Samarco,2017), a barragem do fundão encontra-se em Mariana-MG e em 5 de novembro de 2015, abruptamente, ocorreu a ruptura da mesma. Na ocasião 19 pessoas desapareceram e, até junho de 2016, 18 corpos foram encontrados. Segundo Felipe et al. (2016) , a tragédia causou danos materiais de grande dimensão a população residente nas proximidades do Rio Doce, resultando em avarias incalculáveis de natureza ambiental nesta que seria a quinta maior bacia hidrográfica do País. Avalia-se o despejo de 60 milhões de metros cúbicos de resíduos.



Fig. 1 – caminho percorrido pela lama oriunda do rompimento da barragem do Fundão.  
Fonte: Adaptado de Samarco (2017)

Para finalidade de pesquisa e posterior mitigação dos danos, existem variados métodos de realizar o monitoramento dos estragos causados por tragédia dessa magnitude, e uma delas é através do sensoriamento remoto. Este é baseado no princípio que cada superfície possui uma reflectância dependendo do material que a constitui. Obtêm-se a reflectância

corrigindo as distorções causadas pela atmosfera e através de parâmetros, incluso provenientes da própria imagem a ser trabalhada. A reflectância deve ser calculada antes da análise da imagem, pois está contêm inicialmente apenas números digitais (Gürtler et al.,2005). Após o cálculo da reflectância é possível obter os índices de vegetação (IVs), estes tem relação direta com as características da vegetação , alterando-se na mesma proporção em que esta se modifica (Fontana et al., 1998). Em concordância com Wagner (2013), a vegetação tem caráter sazonal e a compreensão deste fenômeno auxilia no entendimento das condições do ambiente que esta pertence bem como facilita a observação de alterações no comportamento usual originado por mudanças climáticas. Sendo assim, visando-se uma análise temporal sobre as possíveis modificações ocorridas em decorrência do desastre de Mariana , utiliza-se neste trabalho o NDVI ( Índice de vegetação normalizada) e SAVI (Índice de vegetação ajustado para o solo).

### 3- METODOLOGIA

#### 3.1- NDVI

Em conformidade com Fontana (2011), este índice é calculado através das bandas do vermelho e do infra-vermelho próximo. Possui como fatores limitantes aos efeitos atmosféricos, a interferência ocasionadas pela presença das nuvens e também possíveis efeitos gerados pelo solo. O valor do NDVI varia de -1 a +, porém, especificamente se tratando de vegetação, este valor varia de 0 a +1. Entretanto alguns autores (Ponzoni e Shimabukuro, 2010), definem o intervalo do NDVI para vegetação de uma forma mais restrita como, por exemplo, entre 0 e +0,8. De acordo com (Moreira, 2005), o NDVI foi desenvolvido para que o resultado final da análise não seja influenciado por erros causados pela diferente angulação de elevação solar ao longo do ano. Abaixo a equação 1 demonstra como é obtido o NDVI:

$$NDVI = ( IVP - V ) / ( IVP + V ) \quad (1)$$

Sendo IVP a reflectância no infra-vermelho próximo e V a reflectância no vermelho.

#### 3.1- SAVI

Este IV foi desenvolvido visando-se a eliminação das possíveis interferências originadas pelo solo. De acordo com Fontana (2011) na equação do cálculo de SAVI está presente a constante L, que é um fator que corrige a distorção causada por brilho no solo e consiste na soma dos eixos x e y do ponto de encontro entre a linha do solo e a resultante entre NDVI e PVI (Índice de vegetação perpendicular). Dessa forma, a vegetação pode ser analisada independente dos possíveis efeitos do solo. A equação representante do SAVI é representada abaixo.

$$SAVI = [( IVP- V)/( IVP+ V+L)](1+L) \quad (2)$$

Comparando-se a equação do SAVI com a do NDVI observa-se que quando L é igual a zero estes são iguais.

### 3.3- ÁREA DE ESTUDO

Para este trabalho escolheu-se como ponto de partida o Rio Doce em sua seção pertencente ao estado de Minas Gerais. A partir do shapefile disponibilizado pelo IBGE criou-se um buffer de 50 km, distância essa que acredita-se representar adequadamente as mudanças que influenciam diretamente o rio em sua análise temporal. Um mapa da região utilizada pode ser visualizado na figura 2.

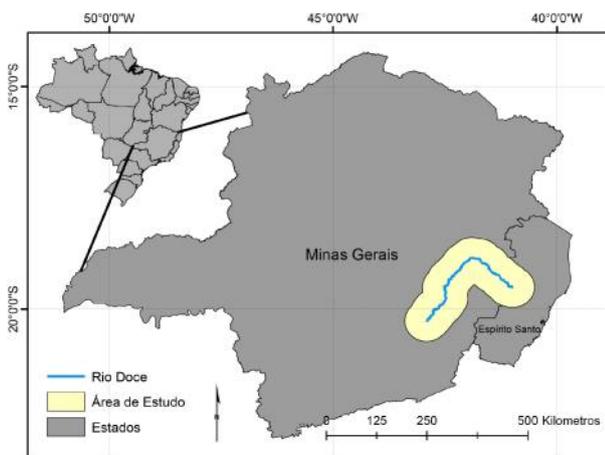


Fig. 2 – Mapa área de estudo e localização no Brasil  
Fonte: Autores (2017).

A partir da região de interesse foram escolhidos os anos de 1987, 1997, 2007 e 2016 com os pontos e órbitas 216/73, 216/74, 217/73 e 217/74 para a obtenção das imagens orbitais. Para os três primeiros anos utilizou-se imagens Landsat 5 (TM) e para o ano de 2016 Landsat 8 (OLI). As imagens foram todas obtidas durante os meses de junho e julho para que as características temporais dentro do mesmo ano e em relação a diferentes anos fossem mantidas, esta época foi escolhida por representar o inverno, estação que apresenta menos cobertura de nuvens e maior facilidade na obtenção de imagens limpas.

Para as imagens foi utilizada a conversão de números digitais (DN) para reflectância no topo da atmosfera utilizando as informações disponíveis nos metadados e o software ENVI 5.0.

Após o cálculo dos índices de vegetação (ENVI e SAVI) as cenas foram então mosaicadas utilizando-se o algoritmo de convolução cúbica. Após mosaicadas utilizou-se o buffer gerado no software ArcGIS 10.5 *student license* para extrair a área de interesse.

Os resultados para o processamento do NDVI estão apresentados na figura 3.

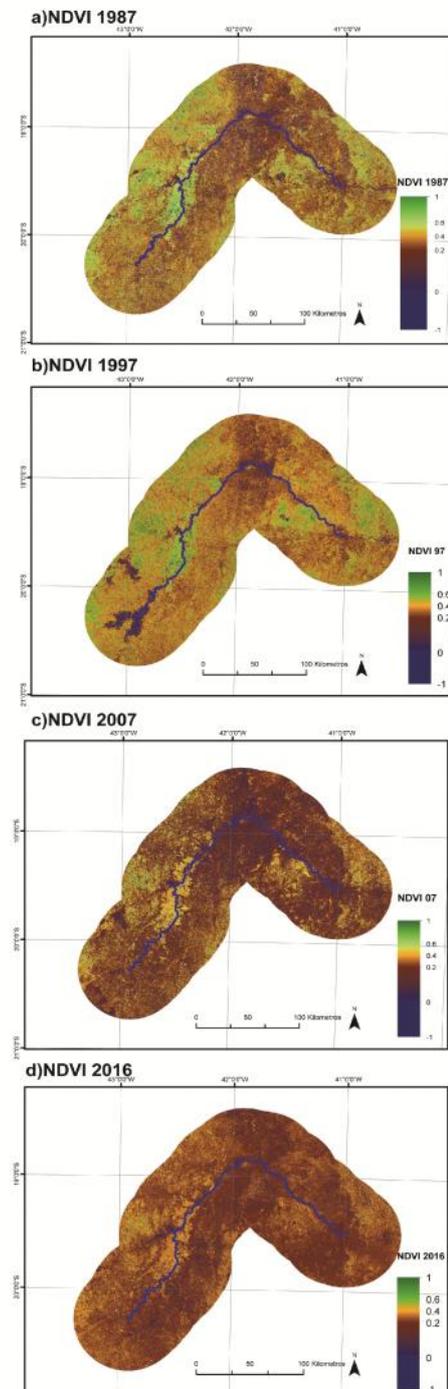


Fig. 3 – resultado do processamento do NDVI.

Fonte: Autores (2017).

Os resultados para o processamento do SAVI estão apresentados na figura 4.

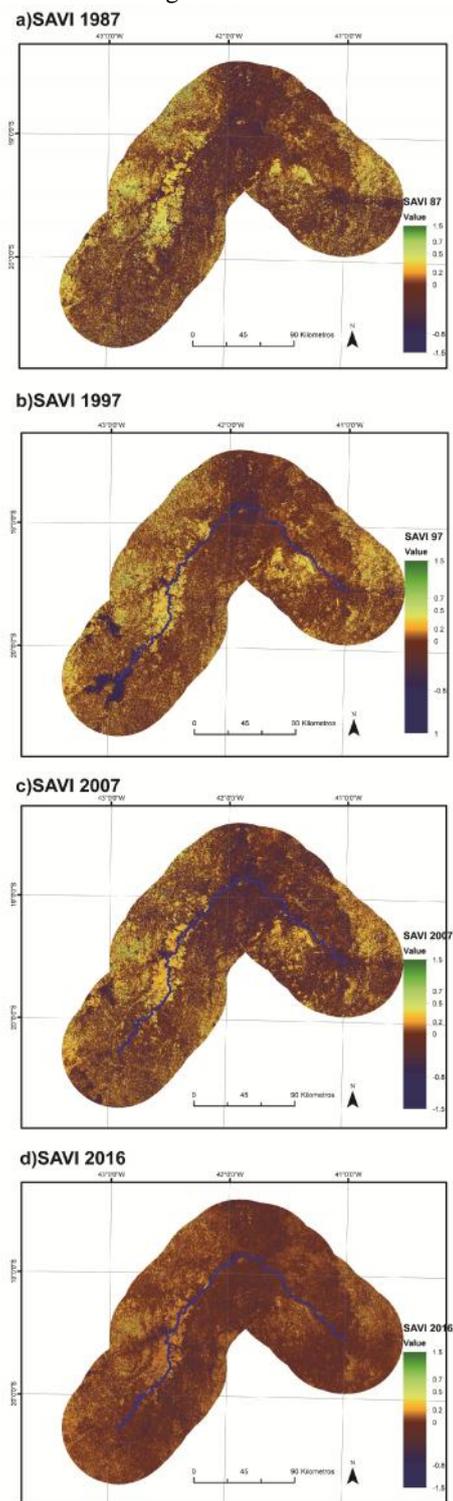


Fig. 4— resultado do processamento do SAVI.  
Fonte: Autores (2017).

#### 4 - ANÁLISES E CONCLUSÕES

As imagens analisadas apresentam a variação temporal na região as margens do Rio Doce. Os resultados obtidos mostram uma grande variação no sentido de uma perda significativa de vegetação tanto para o Índice de Vegetação Normalizada (NDVI) quanto para o Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI).

Para o NDVI no ano de 1987 temos uma clara visão da região de vegetação densa (valores acima de 0.6) e uma região central com característica de solo exposto. Para a próxima imagem, o ano de 1997, podemos observar uma sensível vitalização nas regiões de vegetação e uma diminuição nas áreas consideradas de solo exposto (valores menores que 0.2). Para o ano de 2007 podemos entretanto ver uma tendência de antropização da região onde a maior parte da área que antes se classificava como vegetação agora se caracteriza como vegetação rasteira e solo exposto. Para o ano de 2016 essa tendência se apresenta ainda mais intensa onde praticamente 100% da região se enquadra na categoria de vegetação rasteira ou solo exposto, mostrando assim uma grande degradação do ecossistema base nas regiões de margem do rio.

Para o SAVI podemos observar uma classificação concordante com o NDVI, para o ano de 1987 temos uma grande gama de regiões dentro das características de solo exposto e vegetação rasteira e algumas áreas com vegetação densa. Para o ano de 1997 povas mudanças são sensíveis porem podemos perceber uma leve tendência no crescimento das regiões classificadas como vegetação rasteira (amarelo claro). Para o ano de 2007 voltamos a observar a degradação já vista anteriormente no NDVI indicando um crescimento significativo das regiões com vegetação rasteira e solo exposto sobre as regiões de mata. Para o ano de 2016 novamente grande parte da área de estudo apresenta característica de solo exposto e vegetação rasteira.

Em comparação entre os índices de vegeação podemos perceber que a mudança entre os anos de 1997 e 2007 é significativamente mais sensível para o SAVI onde o mesmo apresenta uma melhor representação das características de solo e vegetação baixar, porem para o ultimo ano (2016) ambas as formas de avaliação apresentam a mesma carcteristica de degradação, neste caso o desmatamento, das regiões que margeiam o rio doce em seu segmento no estado de Minas Gerais.

O entendimento das ações antrópicas e sua variação temporal é importante para associar a esta região características ecológicas de risco. No ano de 2016, por exemplo, os casos de febre amarela se apresentaram em sua grande maioria em regiões próximas ao rio, o que pode indicar uma correlação espacial entre os resultados encontrados.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Felippe, M.F.;A.Costa,R.Franco e R.Matos,2016. Relatório da expedição ao Rio Doce. Minas Gerais,27 p.

Fontana, D. C.; M. A BERLATO.; BERGAMASCHI, H. Relação entre o Índice de Vegetação Global e Condições Hídricas no Rio Grande do Sul,1998.Pesquisa Agropecuária Brasileira,Vol. 33, nº 8,pp. 1399 -1405.

Fontana, D.C. Comportamento espectral da vegetação,2011.Disponível:<<http://www.ufrgs.br/leaa/arquivos/aulas/SERP06/cultivos.pdf>>.Acessado em: 07.09.17.

Gürtler,S.;J.C.N.Epiphanio.;A.J.B.Luiz.;A.R.Formaggio ,2005. Planilha eletrônica para o cálculo de reflectância em imagens TM e ETM+ LANDSAT. Revista Brasileira de Cartografia, Vol. 57, pp. 162-167

Kennedy, R. E.;W.B. Cohen e T.A. Schroeder,2007. Trajectory-based change detection for automated characterization of forest disturbance dynamics. Remote Sensing of Environment, Vol. 110, nº 3, pp. 370-386.

Lopes, L.M.N,2016.O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais. Sinapse Multipla .Vol 5 nº 1 , pp. 1-14.

Moreira, M. A,2005. Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação, Editora UFV, Viçosa, 320p.

Ponzoni,F. J.; Y.E. Shimabukuro.,2010. Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação,Editora: São José dos Campos: Parêntese,128 p.

Samarco.Rompimento da barragem de Fundão,2016. Disponível:<<http://www.samarco.com/rompimento-da-barragem-de-fundao/>>. Acessado em: 07.09.17

Santos, J.R.; T. Krug.; L.S Araujo.; L.G. Meira Filho e C.A. Almeida,2001. Dados multitemporais TM/Landsat aplicados ao estudo da dinâmica de exploração madeireira na Amazônia In: X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Foz do Iguaçu, PR,Brasil, 21-26 .

Wagner,A.P.L, 2013.Dinâmica temporal dos índices de vegetação no Pampa do Rio grande do Sul e Uruguai e suas relações com os elementos meteorológicos regionais.Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto)-Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,Porto Alegre,146p