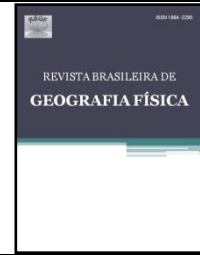




ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Dinâmica da cobertura florestal da terra indígena do Guarita, RS, Brasil

Daniele Arndt Erthal¹, Fabio Marcelo Breunig², Rafaelo Balbinot³, Paulo Afonso da Rosa⁴ Leonardo Freire de Mello⁵

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria, Campus Sede, Santa Maria, RS. dani.a.erthal@hotmail.com (autor correspondente). ² Dr. Professor e Pesquisador do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen, RS. fabiobreunig@gmail.com. ³ Dr. Professor e Pesquisador do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen, RS. rafaelo.balbinot@gmail.com. ⁴ Me. Em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria, Campus Sede, RS. pauloafonso.darosa@gmail.com. ⁵ Dr. Professor e Pesquisador da Universidade Federal do ABC (UFABC), São Bernardo do Campo, SP. leo.mello@gmail.com.

Artigo recebido em 23/04/2018 e aceito em 14/12/2018

RESUMO

Acompanhar a dinâmica do uso e da cobertura do solo em terras indígenas é fundamental para avaliar a sustentabilidade da população indígena residente. Assim, o objetivo consistiu no estudo espaço-temporal da Terra Indígena do Guarita (TIG) com uso de imagens de satélite. Foram utilizadas imagens do sensor TM/Landsat 5 para fazer o mapeamento do uso e cobertura do solo nas classes: floresta, agricultura/campo e sombra/água. Para tal, dois classificadores foram utilizados: Spectral Angle Mapper (SAM) e o Support Vector Machine (SVM). Os dados da composição 16-dias do Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)/Terra foram utilizados para a avaliação intra-anual de cinco setores da TIG: sul, norte, oeste, leste e central. Os resultados mostraram que ambos os classificadores retornaram quantificações de área semelhantes para cada classe. A classe floresta apresentou maior área (64,9% e 66,77% - SAM e SVM, respectivamente), seguida pela agricultura/campo (27,78% e 25,4%) e sombra/água (7,32% e 7,83%). Verificou-se alternância entre aumento e diminuição da área da classe floresta a cada cinco anos, possivelmente devido à abertura de novas áreas, e abandono de áreas. Na análise intra-anual de 2000 a 2016, verificou-se a presença de caducifólia da área de floresta nativa. Quando avaliada por setores, a TIG apresentou áreas com distintos padrões dos índices. Nos setores sul e oeste os índices de vegetação (especialmente o Enhanced Vegetation Index - EVI) apresentaram valores mais baixos e a presença de ciclos anuais. Nos setores norte, leste e central o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) retratou melhor as variações anuais da floresta.

Palavras-chave: imagens, satélite, mapeamento, Landsat, MODIS, floresta.

Dynamics of the forest cover of Guarita indigenous land, RS, Brazil

ABSTRACT

Monitoring the dynamics of land use and land cover in indigenous lands is fundamental to assessing the sustainability of the resident indigenous population. Thus, the objective consisted in the space-time study of the Indigenous Land of Guarita (TIG) with the use of satellite images. TM / Landsat 5 sensor images were used to map the land use and cover in the forest, agriculture / field and shade / water classes. For this, two classifiers were used: Spectral Angle Mapper (SAM) and Support Vector Machine (SVM). The 16-day Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) / Terra composition data were used for the intra-annual assessment of five TIG sectors: south, north, west, east, and central. The results showed that both classifiers returned similar area quantifications for each class. The forest class presented the highest area (64.9% and 66.77% - SAM and SVM, respectively), followed by agriculture / field (27.78% and 25.4%) and shade / water (7.32% and 7.83%). There was alternation between increase and decrease of the forest class area every five years, possibly due to the opening of new areas, and abandonment of areas. In the intra-annual analysis from 2000 to 2016, the presence of deciduous was observed in the native forest area. When evaluated by sectors, the TIG presented areas with different index patterns. In the southern and western sectors vegetation indexes (especially the Enhanced Vegetation Index - EVI) presented lower values and the presence of annual cycles. In the northern, eastern and central sectors, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) better addressed the annual variations of the forest.

Keywords: images, satellite, mapping, Landsat, MODIS, forest.

Introdução

O mapeamento do uso e cobertura da terra com uso do sensoriamento remoto vem sendo visto como importante ferramenta para planos de

gerenciamento e monitoramento das transformações e processos atuantes na paisagem. (Chaves et al, 2013.; Prina et al, 2016).

Porém, dentre as limitações do uso de imagens para a elaboração de mapas de uso e cobertura da terra estão à resolução espacial, temporal, radiométrica e espectral. Uma resolução espacial grosseira como a do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer/Terra (MODIS/Terra) permite obter imagens com alta frequência temporal (quase-diária). Por outro lado, dados obtidos a partir de sensores com resolução espacial média (30 m) foram gerados pelos sensores da série de satélites Landsat por mais de três décadas, formando um banco de dados único para estudos ambientais com objetivo de avaliação temporal. Com a combinação desses dois bancos de dados (Landsat e MODIS/Terra) é possível capturar variações espaciais e a dinâmica em uma determinada área de estudo. Em geral, o primeiro passo consiste no mapeamento do uso e cobertura da terra através de métodos manuais ou semiautomáticos (Oliveira, 2016).

A extração de informações das imagens de satélites pode ser feita através do método de classificação. Este método baseia-se no reconhecimento de padrões e objetos homogêneos e é utilizado para mapear áreas que possuem comportamentos espectrais específicos na superfície terrestre. Assim, métodos fundamentados em classificadores supervisionados, onde é necessário fornecer amostras de treinamento (Silva et al, 2016).

Quando resultados de mapeamentos de diferentes datas são comparados é possível avaliar as mudanças ao longo do período selecionado. Para refinar o entendimento da dinâmica uma abordagem pixel-a-pixel pode ser utilizada, permitindo reconstituir melhor as mudanças ocorridas durante as lacunas dos mapeamentos.

Os dados do MODIS/Terra têm sido amplamente utilizados para avaliar a dinâmica espacial e temporal de áreas agrícolas e florestais (Benedetti et al, 2013.; Borges e Sani, 2014.; Peng et al., 2013). Para tal são utilizados produtos como as composições de 16-dias que permitem acompanhar de forma adequada esses alvos e minimizam a contaminação das cenas por nuvens, geometria de aquisição e iluminação e ruídos (Tian, F. et al., 2015).

A aplicação desse grupo de dados Landsat e MODIS em terras indígenas ainda é incipiente (Rosa et al., 2015). Estudos sobre a reserva têm se concentrado em abordagens socioeconômicas (Costa, 2017.; Siqueira et al, 2015.; Lappe e Laroque, 2018) e demográficas (Kujawa e Tedesco, 2014). Contudo, espera-se que a pressão sobre as áreas florestais aumente. Assim, acredita-se que estudos temporais com imagens de satélite

MODIS possam capturar esse efeito e auxiliar no entendimento da dinâmica dessa população, que possui características próprias que devem ser consideradas na análise.

A TIG possui uma área de 23.406,87 hectares e abriga de acordo com ultimo censo realizado a população da etnia Kaingang com aproximadamente seis mil pessoas (Portal Kaingang, 2016).

Apesar de existir como área indígena desde o século XIX (Kujawa e Tedesco, 2014) e possuir inúmeros estudos relacionados à história, à sociedade, à economia e à religião (Fumagalli et al, 2014.; Costa, 2017.; Kujawa e Tedesco, 2014.; Siqueira et al, 2015), a TIG apresenta poucos estudos da dinâmica do uso do solo. Por meio do estudo e entendimento da dinâmica do uso e ocupação da terra da TIG será possível identificar as áreas que sofrem maior pressão para desmatamento, avaliar a recuperação das áreas de agricultura itinerante e a invasão por propriedades limítrofes, dentre outras informações.

É importante ter em mente que a utilização do fogo como forma de limpeza e de preparação do terreno para a agricultura de subsistência é hábito/tradição da cultura indígena e, desta forma, merece ser considerada e analisada sob esta perspectiva, apesar de, muitas vezes, essa utilização entrar em conflito com a legislação ambiental vigente.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho consiste no estudo espaço-temporal por meio de imagens de média (Landsat) e de baixa (MODIS/Terra) resolução espacial da dinâmica do uso e ocupação da terra na Terra Indígena do Guarita (TIG), tendo como foco as últimas três décadas e as variações dos índices de vegetação NDVI e EVI para entender as variações intra- anuais em diferentes setores da TIG.

Material e métodos

Área de Estudo

A área de estudo está localizada na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul – Brasil (Figura 1) e apresenta clima do tipo Cfa (classificação de Köppen), denominado subtropical, com temperaturas médias nos meses mais quentes (janeiro) superiores aos 22° C e nos meses mais frios (julho) ficam entre -3° C e 18° C. A precipitação anual é de aproximadamente 1.665 mm, sendo bem distribuídos ao longo do ano.

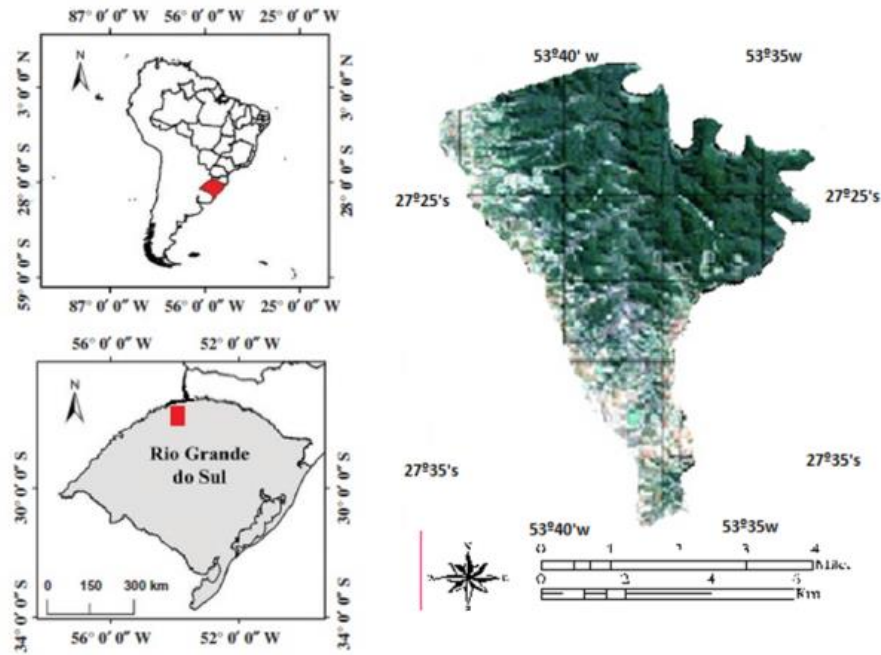


Figura 1. Localização da área de estudo da Reserva Indígena do Guarita localizado no Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Uma composição do tipo cor verdadeira (RGB, bandas 4,3 e 2) da imagem Landsat-TM (2010) é mostrada na parte direita da figura. Fonte: Adaptado pelo autor de Teles et al. (2015).

A formação da TIG acompanhou todo o processo de criação de outros territórios que foram destinados aos índios no Rio Grande do Sul no século XIX (Kujawa e Tedesco, 2014). Segundo o autor, a região do Guarita foi demarcada como área de ocupação tradicional em 1917.

Em uma análise temporal da população verifica-se seu aumento ao longo dos últimos 60 anos: em 1945, 660 Kaingang viviam na TIG; em 1976, esse número subiu para 1.340; e, em 2005, a população atingiu 6.100 indivíduos, das etnias kaingang e guarani (Portal Kaingang, 2016). Este incremento populacional pode gerar pressão sobre as áreas de floresta nativa, podendo vir a refletir em alterações dos índices de vegetação.

Aquisição e processamento das imagens

Para avaliar as mudanças no uso e cobertura da terra foram utilizadas imagens do sensor Thematic Mapper a bordo de satélites da série Landsat (TM/Landsat). Os produtos foram adquiridos com correção geométrica e em forma de reflectância de superfície (Landsat Surface Reflectance Climate Data Record – CDR) (USGS, 2016).

O estudo da dinâmica do uso e cobertura da terra foi realizado com cenas dos anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010, abrangendo

aproximadamente três décadas, com a mesma data de aquisição para as imagens. A área de estudo foi recortada para os limites do TIG utilizando um vetor (polígono) disponibilizado pela Fundação Nacional do Índio (FUNAI). O mesmo limite foi aplicado às cenas do MODIS/Terra. Todos os tratamentos com as imagens Landsat foram feitos no aplicativo ENVI© (Excelis, 2014).

Foram utilizados dados de reflectância de superfície e índices de vegetação do sensor MODIS/Terra dos anos de 2000 a 2016, extraídos do produto MOD13Q1 (MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250-m SIN Grid V005).

Os índices de vegetação utilizados foram o NDVI e EVI, calculados para pixels de 250 metros. A qualidade dos dados foi inspecionada e dados contaminados por nuvens ou ruídos foram eliminados. Os dados foram obtidos do Land Processes Distributed Active Archive Center (LPDAAC) através do Bulk Download Application (BDA) (USGS, 2015).

Os aplicativos IDL (Exelis Vis, 2015) e MODIS Reprojection Tool (MRT) foram utilizados para converter os dados de coordenadas sinusoidal para uma projeção planar (UTM, WGS84). O produto MOD13Q1 inclui dados de reflectância de superfície com resolução especial de 250 metros das bandas do azul (reamostrado), vermelho e infravermelho próximo, os índices de vegetação

NDVI e EVI, informações sobre a geometria de aquisição e qualidade dos pixels.

Os índices de vegetação foram utilizados para avaliar o “verdor” da área de estudo e sub-regiões dentro da área. Para permitir capturar os efeitos da ação antrópica sobre a área florestal da TIG, a região foi dividida em cinco regiões com características de uso e ocupação da terra distintas, com base em uma avaliação preliminar dos pixels: sul, norte, oeste, leste e central.

Classificação das imagens Landsat

Foram testados dois classificadores supervisionados, sendo eles o Spectral Angle Mapper (SAM) e o Support Vector Machine (SVM). Para o SAM, utilizou-se amostras de treinamento e foi utilizado o ângulo máximo em radianos (0,1). Para o SVM foi utilizado como tipo de núcleo, a função de base radial, o gama em função do núcleo escolhido foi de 0,167, o parâmetro de penalidade de 100 mil, não foi escolhido nenhum nível de pirâmide, e o limiar de probabilidade de classificação de zero. Ao total, foram gerados 12 mapas de classificações (seis por cada classificador).

Para as classificações foram adotadas apenas três classes: floresta, agricultura/campo (representando além da área cultivada, campos nativos e áreas abandonadas) e sombra/água. Os métodos de classificação foram selecionados por representarem algoritmos que adotam estratégias diferentes para a classificação dos dados e por serem métodos amplamente utilizados pela comunidade acadêmica nos últimos anos (Borges e Sano, 2014.; Caragea et al, 2014.; Hegde et al, 2014).

Para validar o estudo foi feito um voo não controlado (amador) sobre a área indígena. Na ocasião, foram adquiridas fotografias da área abrangendo diferentes partes da TIG. Além disso, foram identificadas áreas com queimadas e anotadas informações sobre o uso e cobertura da terra para auxiliar na interpretação das cenas Landsat e MODIS/Terra.

Análise temporal e integração dos resultados

Toda análise dos dados foi feita com base nas medidas de cada classe obtidas para os diferentes anos, considerando os limites da TIG. Para avaliar espacialmente a dinâmica temporal das variações do uso e cobertura da terra, foram elaborados vários mapas, considerando os resultados dos dois algoritmos de classificação testados. Os resultados foram avaliados na forma gráfica e discutidos, considerando as informações da literatura e advindas das fotografias aéreas e informações tomadas no voo.

A fim de avaliar a dinâmica numa base pixel-a-pixel, os dados MODIS/Terra (produto MOD13Q1) foram utilizados para elaborar médias do NDVI e EVI para toda a área da terra indígena e para cada setor da TIG. Assim, foram feitas avaliações para identificar tendências gerais sobre o verdor da área de estudo e estudos por setor. Na avaliação por setor, os dados foram plotados para cada índice individualmente para capturar variações sutis associadas à sua formulação.

Resultados e discussão

Uso e cobertura da terra na TIG

Os mapas de uso e cobertura elaborados pelos dois métodos de classificação permitiram gerar informações sobre a dinâmica, no tempo e no espaço, da TIG, em intervalos de cinco anos para o período de 1985 a 2010. Os dois classificadores testados apresentaram resultados semelhantes (Figura 2).

Estudos realizados por Rosa (2017) demonstram que as microrregiões de Frederico Westphalen e Três Passos, onde se encontra localizada a TIG, apresentaram aumento da cobertura florestal de 50,4%, entre os anos de 1985 e 2014.

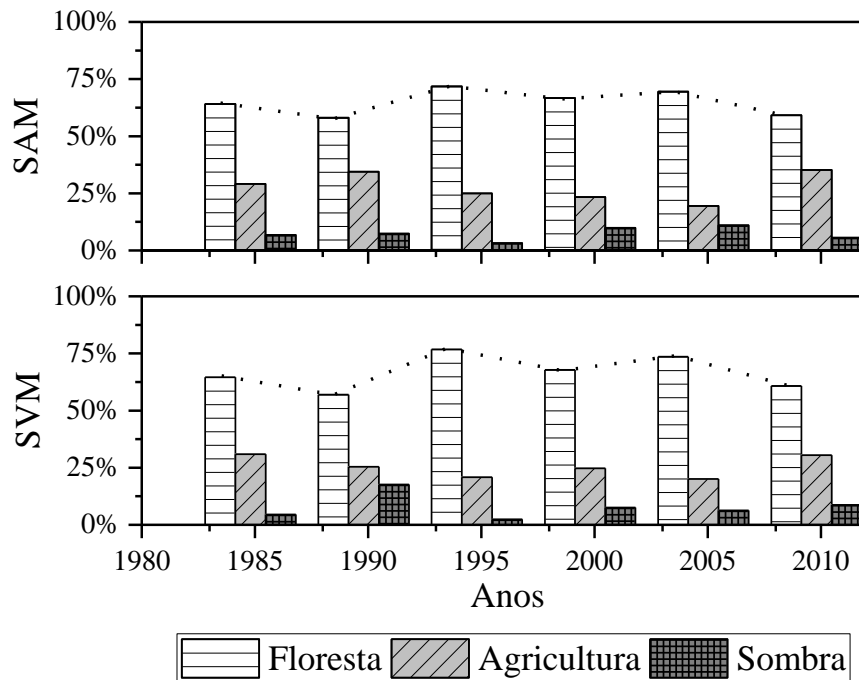


Figura 2. Porcentagem de cobertura da terra estimada pelos classificadores Spectral Angle Mapper (SAM) e Support Vector Machine (SVM), considerando as classes floresta, agricultura/campo e sombra/água. O período analisado foi de 1985 a 2010 com intervalos de cinco anos. A linha pontilhada se refere à interpolação linear entre os picos da classe floresta.

As pequenas diferenças encontradas mostram que ambos são eficientes para o mapeamento do uso e da cobertura da terra, tendo em vista o pequeno número de classes que foi considerado e a homogeneidade da área de estudo. Considerando os resultados do SAM, a classe floresta representou aproximadamente 64,9% da área da TIG. Na sequência, a classe de agricultura e campo com 27,78% e a classe sombra e água com 7,32%. Resultados semelhantes foram encontrados para o SVM (66,77; 25,40; 7,83; respectivamente).

Dado que ambos os métodos resultaram em soluções semelhantes, podemos fazer a avaliação temporal desses dados e ver que, conforme ocorre aumento da classe agricultura/campo, verifica-se diminuição consequente da classe de florestas. Assim, é possível ver que em alguns anos (como, por exemplo, 1990) a classe floresta apresenta diminuição de sua área. Isso mostra que a TIG apresenta grande cobertura florestal, apesar da redução identificada por ambos os classificadores em 2010.

Também é possível ver que ocorre alternância entre o aumento e a diminuição da área de floresta a cada cinco anos. Ou seja, em 1985 a classe floresta apresentou maior cobertura que em 1990; em 1995 maior que 2000; e, em 2005 maior que 2010, conforme ilustra a linha pontilhada da Figura 2 (para a classe floresta).

Esse resultado pode, hipoteticamente, estar relacionado ao ciclo de uso e abandono do solo de

áreas agrícolas, chamado de coivara (Kriegel et al, 2014.; Kastelic et al, 2015). Segundo Koeppe et al (2014), este método de cultivo itinerante na floresta tropical consiste no cultivo de corte e queima na forma de clareiras na floresta. Cabe uma nova investigação para avaliar se realmente esse processo ocorre dessa forma nas aldeias presentes na TIG.

Quanto à dinâmica temporal, é importante entender que o processo de ocupação da TIG não é espacialmente homogêneo. A avaliação dos mapas de uso e cobertura da terra gerados pelo SAM (Figura 3) e o SVM (Figura 4) mostra que não existe brusca mudança a cada cinco anos. Isso mostra consistência com as medidas apresentadas na Figura 2, e que os avanços e contrações da área florestal tendem a ocorrer em pequenas áreas, muitas vezes inferiores ao tamanho do pixel do Landsat 5 (sensor Thematic Mapper – TM) (resolução espacial nominal de 30 m, ou seja, cada pixel representa uma área de 900 m²). Isso remete ao cultivo de coivara em pequenas áreas que vem sendo ampliado, em número, em função do aumento da população indígena da TIG.

Especialmente, é possível verificar a concentração de áreas utilizadas para cultivo agrícolas na extremidade sul e na borda oeste da TIG.

Tanto para os mapas gerados pelo SAM (Figura 3) quanto pelo SVM (Figura 4) percebe-se que as regiões sul e oeste apresentam um grande

aumento da cobertura florestal nos anos de 1995, 2000 e 2005. Na sequência, em 2010, as áreas de cultivo agrícola retomam espaço nessas regiões, evidenciando seu perfil itinerante, prática frequente dos povos indígenas da América Latina (Vicente e Fantini, 2014).

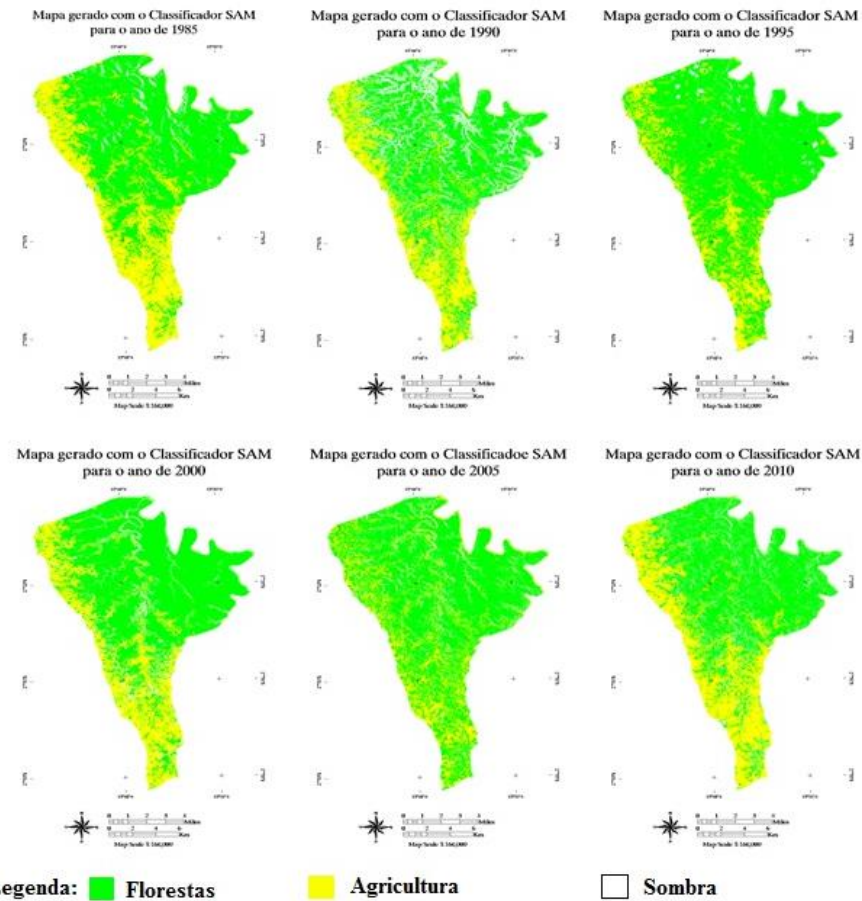


Figura 3. Resultado das classificações do uso e cobertura do solo com o Classificador SAM, para os anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010.

As pequenas variações ao longo dos anos podem ser atribuídas à agricultura itinerante, de subsistência, que é praticada pela maioria das famílias na aldeia. Dessa maneira, a estabilização dos desmatamentos ao longo das três décadas avaliadas está em acordo com o estudo de Merlin e Oliveira (2016), que mostra que as áreas de reservas indígenas apontam os menores índices de desmatamento, especialmente em áreas submetidas a maior pressão de interesses econômicos,

juntamente com as áreas protegidas, atuando, assim, como agentes da conservação da biodiversidade.

Segundo Costa (2017) as terras dos índios eram arrendadas aos colonos vizinhos à área indígena. Os índios por sua vez não tinham terra para plantar e viviam em miséria, pois se derrubassem a floresta, a terra seria arrendada na próxima safra e estes perderiam o serviço.

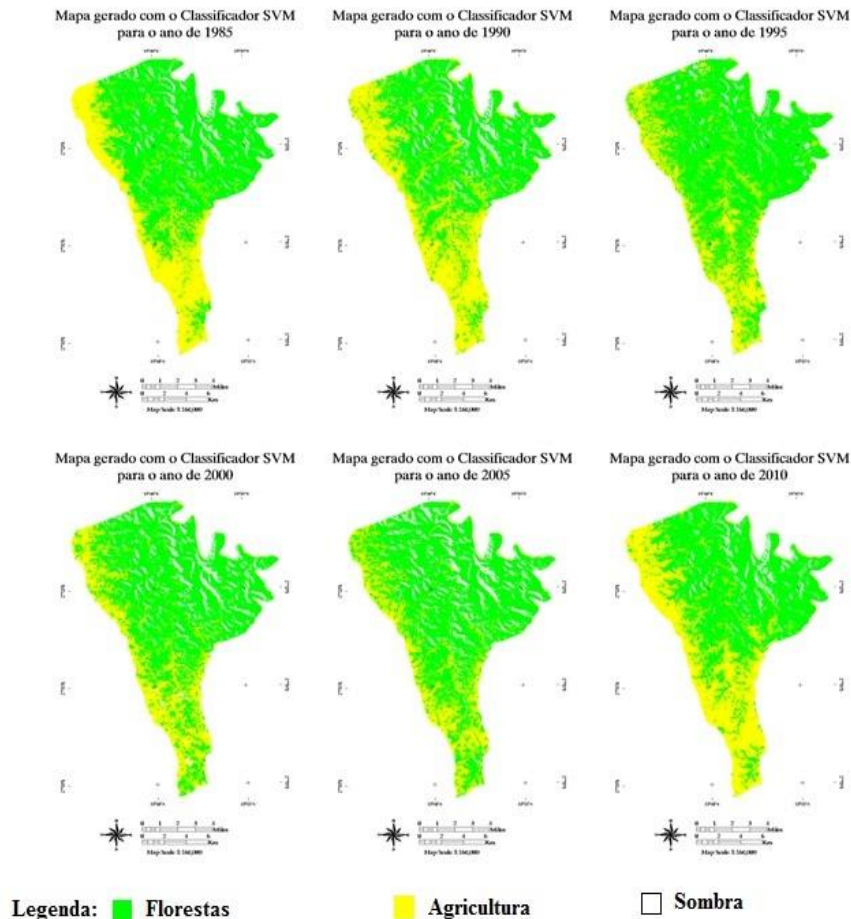


Figura 4. Resultado das classificações do uso e cobertura do solo com o Classificador SVM, para os anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010.

Segundo estudos realizados por Coelho et al (2014) e Macedo et al (2013), grande parte dos processos de mudança de uso e ocupação do solo estão associados a conversão das florestas em áreas de pecuária e atividades agrícolas. As atividades agrícolas em especial têm acompanhado diferentes processos, que compreendem distintos tipos de uso e intensificação da terra – rotação, degradação e abandono de terras. O mesmo pode vir a estar ocorrendo para a região de estudo, onde se pode ter retirada da madeira o abandono da área a regeneração da área.

A maioria das famílias indígenas vive por meio da agricultura de subsistência e da venda do excedente, sendo poucas as famílias que vivem da agricultura comercial em uma pequena escala de produção (Kujawa e Zambam, 2015). A falta da disponibilidade de recursos e o arrendamento clandestino podem ser opções encontradas para o cultivo das terras dentro da TIG.

A dinâmica restrita das variações do uso e cobertura da terra, identificadas pelos classificadores pode estar associada ao modelo socioeconômico adotado pela população. As áreas

constituídas por floresta não são de posse de nenhum grupo familiar e podem ser aproveitadas por todos os membros da comunidade para trânsito, caça, pesca ou ainda para a coleta de lenha e outros materiais para artesanato. Apesar da preservação da floresta, ocorrem infrações, como a exploração ilegal de madeira (que é vendida para fora da aldeia), muitas vezes realizada pelos próprios integrantes da comunidade, ou dos administradores federais (Kujawa e Tedesco, 2014).

A partir das fotografias aéreas, foi possível verificar a presença de pequenas áreas de clareiras (Figura 5a), desmatamentos e áreas abandonadas (Figura 5b), e da utilização do fogo para a limpeza das áreas e posterior uso agrícola/pecuária (Figura 5c e Figura 5d). Nitidamente, as fotografias mostram a dinâmica em pequena escala que ocorre dentro da TIG.

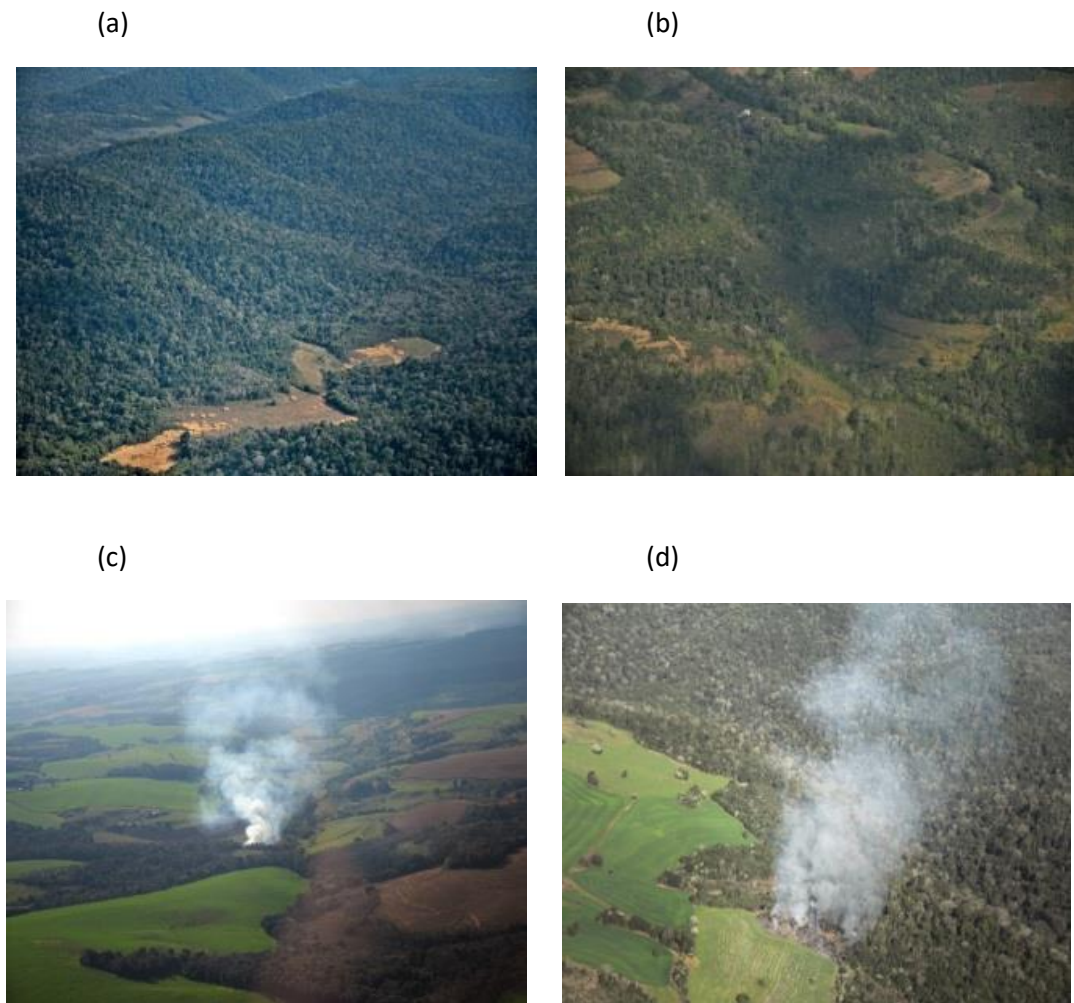


Figura 5. Fotografias áreas obtidos a partir de um voo amador para áreas identificar (a) clareiras, (b) áreas abandonadas e (c-d) amostras do uso do fogo para a limpeza da área. As fotografias foram adquiridas em 2014.

Em algumas aldeias indígenas, o uso do fogo possui inúmeras finalidades como servir de auxílio para a caça ou com a finalidade de uso agrícola itinerante. Segundo Melo et al. (2016), para esta agricultura itinerante é realizada a derrubada e a queima da vegetação natural da área, o que é praticado por pequenas famílias indígenas da comunidade.

A preservação da área de floresta nativa é fundamental para a manutenção das comunidades indígenas e a conservação de seu meio de vida. A floresta possui espécies diferentes que desempenham um papel vital no ecossistema e são utilizadas pelos indígenas como alimentos e remédios. Essas atividades de exploração dos recursos naturais que fazem uso da coleta e recolhimento de matérias primas da floresta não representam uma ameaça ao ecossistema da floresta (Omer et al., 2015).

Em todas as regiões indígenas do mundo ainda é escasso o conhecimento sobre a capacidade

de regeneração das comunidades florestais em resposta aos distúrbios antrópicos (Macfarlane et al, 2015), sendo de fundamental importância para a diversidade das populações indígenas habitantes do local que o mesmo esteja preservado.

Como o estudo temporal foi realizado com intervalos de cinco anos, a mata já está em fase de regeneração natural e crescimento, portanto, para uma melhor avaliação foi conduzido um estudo por meio de uma série temporal melhor, com resolução espacial de 250 m e temporal de 16 dias, adquiridas pelo sensor MODIS/Terra.

Análise da série MODIS

Em função das limitações do uso de imagens Landsat para representar a dinâmica intra-anual da TIG, os índices de vegetação NDVI e EVI do produto MOD13Q1 foram utilizados (Figura 6). Essa figura ilustra as variações anuais médias do verdor de toda área da TIG. Ambos os índices

mostram a presença de um ciclo anual, relacionado à dinâmica da vegetação nativa (caducifólia de algumas espécies, com a característica perda sazonal de folhas).

Além disso, é possível perceber que o EVI apresenta maior sensibilidade para as variações fenológicas da floresta (Breunig et al., 2015).

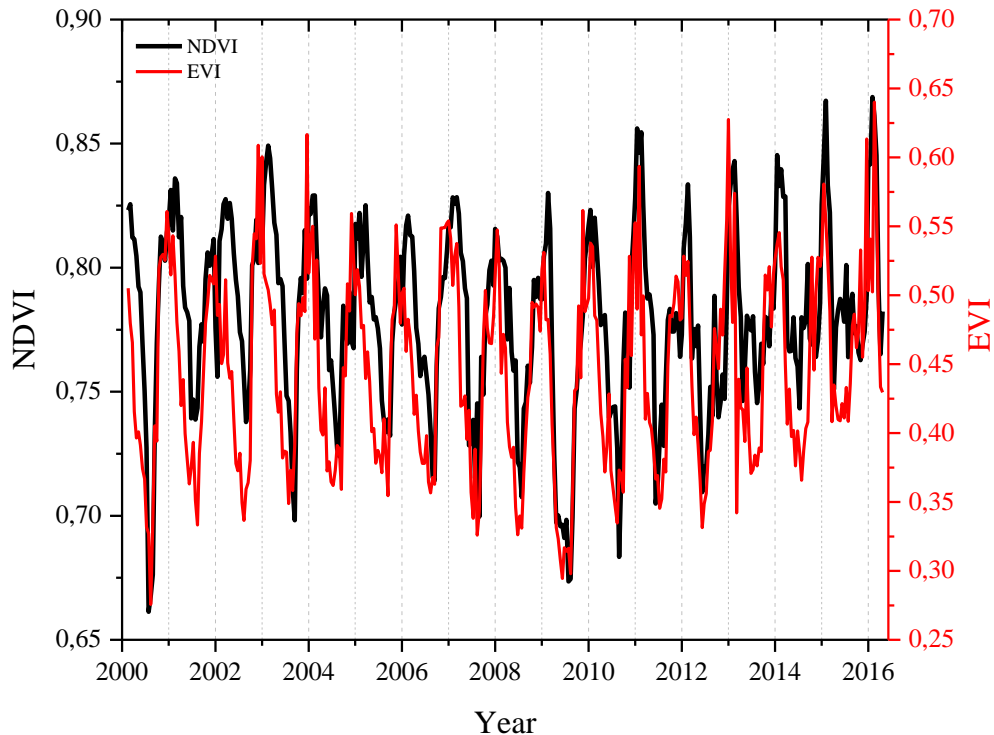


Figura 6. Variação de verdor da TIG com base nos índices de vegetação NDVI e EVI. O período considerado foi de 2000 a 2016. Foi utilizado o produto MOD13Q1. Os gráficos representam a média de toda TIG para cada índice.

Quando a área de estudo foi analisada por setores, percebe-se que o NDVI (Figura 7a) permitiu identificar mais claramente a influência do uso agrícola do que o EVI (Figura 7b). Ambos os índices apresentaram concordância com os mapeamentos do SAM e SVM. Em geral, nos setores sul e oeste as variações intra-anuais são muito mais fortes (devido à presença de solo exposto em alguns momentos do ano) do que nos setores norte, leste e central. Os resultados ainda permitem ver que tanto o setor oeste quanto o setor sul apresentam os mesmos padrões de variação.

Analisando especificamente o NDVI (Figura 7a) percebe-se a presença de um patamar

nos períodos de valores mais altos do índice para as regiões com maior presença de floresta nativa (norte, leste e central). Na Figura 7^a a barra amarela sobre o NDVI de 2001 indica a posição do patamar, sendo observada nos outros anos (não identificados por barras).

Por outro lado, nas áreas mais antropizadas não se encontra esse padrão, remetendo para a presença de campos agrícolas de ciclo curto. Quando se analisam os padrões do EVI (Figura 7b), independente do uso predominante, o índice não apresenta esses patamares.

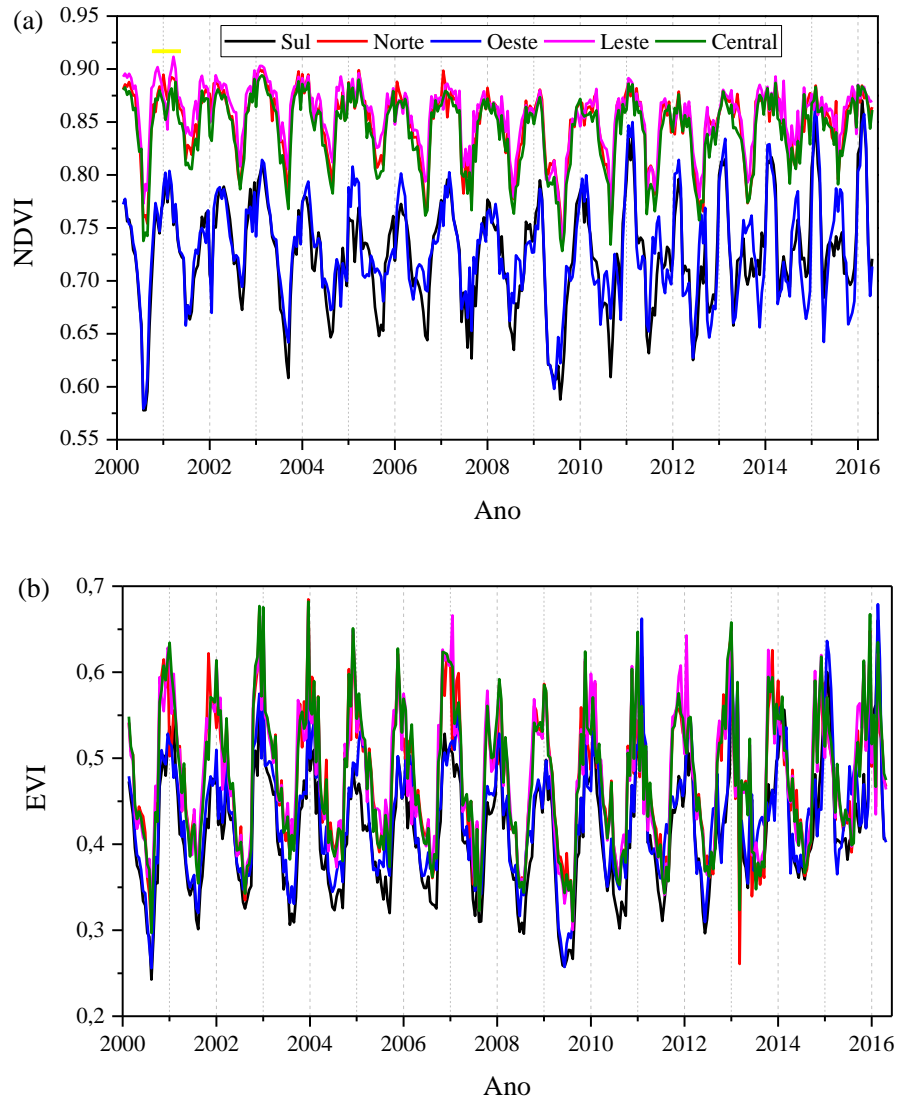


Figura 7. Variação temporal do (a) NDVI e (b) EVI para o período de 2000 a 2016 em diferentes setores da TIG. Gráficos gerados com dados do produto MOD13Q1. Foram feitas médias para cada setor, considerando no mínimo 100 pixels por setor. A barra amarela indica a posição do patamar mais alto do NDVI para o período de 2001.

Conclusão

Verificaram-se pequenas variações locais, confirmadas pelas fotografias aéreas da referida população, como apontam as recentes alterações no cenário político e econômico nacional. O presente estudo não trabalhou com tais hipóteses, mas acredita-se que estas podem ser viáveis, o que pode ser verificado com estudos posteriores, mais aprofundados em tais temas.

Em geral, o uso das imagens do produto CDR permitiu capturar e mapear as três classes de uso e cobertura da terra a que o trabalho se propôs. Os classificadores apresentaram resultados semelhantes na quantificação das classes floresta, agricultura/campo e sombra/água.

Os índices de vegetação NDVI e EVI permitiram avaliar a dinâmica intra-anual na TIG. Quando avaliado por setores, o NDVI retratou melhor a dinâmica dos setores norte, leste e central do que o EVI. Nesses setores predomina a cobertura florestal. O EVI mostrou maior sensibilidade às variações nos setores com maior uso agrícola, revelando maior sensibilidade aos cultivos de ciclo curto (soja, milho e trigo), que podem estar associadas à agricultura itinerante ou a áreas de regeneração florestal. Foi identificada uma alternância de aumento e diminuição da classe floresta a cada cinco anos. As variações na dinâmica do uso e cobertura da terra na TIG parecem estar relacionadas à abertura de novas áreas para a agricultura, ao desmatamento e ao abandono de áreas para a regeneração natural.

Os resultados do voo mostraram que o uso do fogo ainda é uma realidade na TIG. O aumento da população indígena pode levar ao aumento da pressão sobre as áreas florestais. Merece atenção que o possível aumento da utilização de fogo para limpeza do terreno para a prática da agricultura, apesar de ainda não se ter um grande nível de certeza quanto à sua ocorrência e causas, pode estar conectado tanto com o aumento da pressão demográfica quanto com o empobrecimento da população indígena, decorrente da redução das políticas sociais voltadas para a redução da vulnerabilidade.

Estudos mais aprofundados e utilizando imagens de satélites de alta resolução espacial poderiam auxiliar na avaliação dos distúrbios que ocorrem na área florestal. Por se tratar de uma terra indígena, a validação em campo é um ponto chave para um estudo de qualidade. Contudo, tal ação é pouco factível.

Agradecimentos

Ao Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC) pela disponibilização dos dados da série Landsat e MODIS/Terra. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (processos 305914/2014-6 e 309030/2017-0) pelo auxílio financeiro.

Referências

Benedetti, A. C. P.; Lippert, D. B.; Pereira, R. S.; Alemida, C. M.; Cardoso, C. D. V.; Hedges, E. R. 2013. Uso do produto MOD13Q1 do Sensor MODIS para análise temporal e mapeamento das florestas nas serras do sudeste e campanha meridional do Rio Grande do Sul Revista *Árvore* 37, 459-467.

Borges, E. F.; Sano, E. E. 2014. Séries temporais de EVI do MODIS para o mapeamento de uso e cobertura vegetal do oeste da Bahia. *Bol. Ciênc. Geod.* vol.20 no.3 Curitiba. Available at: <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702014000200030>.

Breunig, F.M. et al., 2015. Spectral anisotropy of subtropical deciduous forest using MISR and MODIS data acquired under large seasonal variation in solar zenith angle. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 35(part B), pp.294–304. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0303243414002219>.

Caragea, C.; Squicciarini, A.; Stehle, S.; Neppalli, K.; Tapia, A., 2014. Mapping Moods: Geo-Mapped Sentiment Analysis During Hurricane Sandy. *Proceedings of the 11th International ISCRAM Conference – University Park, Pennsylvania, USA, May 2014*. S.R. Hiltz, M.S. Pfaff, L. Plotnick, and A.C. Robinson, eds.

Chaves, T. A.; Carvalho, O. A. J.; Gomes, R. A. T.; Guimarães, R. F., 2013. Análise do uso e cobertura da terra e da fragmentação da paisagem no município de Missal-PR. *Bol. geogr., Maringá*, v. 31, n. 2, p. 69-83.

Coelho, V. H. R.; Montenegro, S. M. G. L.; Almeida, C. N.; Lima, E. R. V.; Neto, A. R.; Moura, G. S. S., 2014. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental* 18, 64-72, 2014.

Costa, F. C. C., 2017. O fazer missionário, o fazer política: construção de relações para a atuação missionária na terra indígena guarita nas décadas de 1960 a 1980. *Revista de História* 19, 257 - 279.

Crisostomo, A. C. et al., 2015. Terras Indígenas Na Amazônia Brasileira: Reservas De Carbono E Barreiras Ao Desmatamento. Brasília – DF.

Exelis 2015. Vis - Exelis Visual Information Solutions. ENVI Software - IDL Software - GIS Software . Boulder, CO: [s.n.] .

Fumagalli, R. C. V.; Thomé, C. M.; Porto, L. T., 2014. Narrativa oral e escrita: encontros e contrapontos sobre o mito “a origem dos povos indígenas” na perspectiva de índios e brancos. *Muitas Vozes* 3, 153-169.

Funai. Fundação Nacional do Índio. 2014. Disponível em: <<http://www.funai.gov.br/index.php/indios-no-brasil/quem-sao?limitstart=0#>> Acessada em: 23/10/2015.

Hegde, G.; Ahamed, M. J.; Hebbar, R.; Raj, U., 2014. Urban land cover classification using hyperspectral data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-8.

Instituto Socioambiental (ISA). Povos Indígenas do Brasil. Disponível em: <<http://www.socioambiental.org/>> Acessado em: 04 abr. 2016.

- Kastelic, E. S. D.; Rezner, A., 2015. Políticas Educacionais para os Povos Indígenas no Brasil: uma Questão de Direito. *Pleiade*, 09(18): 32-41.
- Kriegel, R.K.; Azevedo, E. O.; Silva, F. F., 2014. Relação do grupo indígena guarani mybiá com o meio ambiente: alicerces da agroecologia. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente* 7, 211-226.
- Koeppe, C. H. B.; Borges, R. M. R.; Lorí Viali, L.; Lahm, R. A., 2014. Sensoriamento remoto e etnias indígenas: uma aproximação pedagógica possível. *Revista Ciências & Ideias* 5, n.2.
- Kujawa, H. A. e Zambam, N. J., 2015. Etnodesenvolvimento e Sustentabilidade: uma Abordagem a partir das Políticas Territoriais Indigenistas. *PRIM@ FACIE* 14.
- Kujawa, H.; Tedesco, J. C., 2014. Demarcações de terras indígenas no norte do rio grande do sul e os atuais conflitos territoriais: uma trajetória histórica de tensões sociais. *Tempos Históricos*, Volume 18, p. 67-88.
- Lappe, E.; Laroque, L. F. S., 2018. Terra indígena Foxá “aqui no cedro”: passado e presente Kaingang na sociedade do Vale do Taquari-RS-BR. *Geosp – Espaço e Tempo (Online)* 22, 025-042.
- Macedo, R. C.; Almeida, C. M.; Santos, J. R.; Rudorff, B. F. T., 2013. Modelagem dinâmica espacial das alterações de cobertura e uso da terra relacionadas à expansão canavieira. *Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos* 19, 13-337.
- Mecfarlane, D.W.; Kinzer, A.T.; Banks, J.E., 2015. Coupled human-natural regeneration of indigenous coastal dry forest in Kenya. *Forest Ecology and Management*. p.149–159.
- Melin, L. V. C. T.; Oliveira, A. C., 2016. ICMS verde para a redução do desmatamento amazônico: estudo sobre uma experiência recente. *Veredas do Direito*, Belo Horizonte 13, 277-306.
- Oliveira, B. S., 2016. Satélites e Sensores. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: http://www.dsr.inpe.br/vcsr/files/3-Satelites_e_Sensores.pdf.
- Omer, G. et al., 2015. Performance of Support Vector Machines and Artificial Neural Network for Mapping Endangered Tree Species Using WorldView-2 Data in Dukuduku Forest, South Africa. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 8, Nº 10.
- Peng, Y., Gitelson, A.A. & Sakamoto, T., 2013. Remote estimation of gross primary productivity in crops using MODIS 250m data. *Remote Sensing of Environment*, 128, pp.186–196. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425712003872>.
- Portal Kaingang. Terra Indígena Guarita. Disponível em: http://www.portalkaingang.org/index_guarita.htm. Acesso em 18 de maio de 2016.
- Prina, B. Z., Trentin, R. Ziani, P., 2016. Ferramentas de Geoprocessamento aplicadas no mapeamento do uso da terra no município de Jaguari/RS. *Ciência e Natura* 38 1217 – 1227.
- Rosa, P.A. 2017. Dinâmica de fragmentos florestais no noroeste do Rio Grande do Sul. *Geografia, Ensino & Pesquisa* 21, 177-189.
- Rosa, P. A. da, Breunig, F. M. 2015. Variação temporal de índices de vegetação no Parque Florestal de Nonoai. In XVII SBSR Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (pp. 627–634). João Pessoa-PB: INPE. Retrieved from <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0123.pdf>
- Silva, L. F., Barbosa, E. H. B., Cunha, E. R., Bacani, V. M., 2016. Análise da eficiência de classificadores supervisionados no mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal. *Geofronter* 2, 49-62.
- Siqueira, A. B.; Lima, F. O.; Sobezak, J. R. S., 2015. O projeto político-pedagógico e o plano de ensino de ciências em uma escola kaingang. *Revista pedagógica* 17, N.34.
- Teles, T.S. et al., 2015. Relationships between MODIS phenological metrics, topographic shade, and anomalous temperature patterns in seasonal deciduous forests of south Brazil. *International Journal of Remote Sensing*, 36(18), pp.4501–4518. Available at: <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2015.1084437>.

- Tian, F. et al., 2015. Evaluating temporal consistency of long-term global NDVI datasets for trend analysis. *Remote Sensing of Environment*, 163, pp.326–340. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425715001285>.
- United States Geological Survey – USGS. Bulk Download Application - BDA, 2015. v. 1.1.4.. U.S. Geological Survey. Earth Resources Observation & Science Center (EROS). 47914 252nd Street, Sioux Falls, SD 57198-0001 [Internet]. Available from: <<http://earthexplorer.usgs.gov/bulk/>>.
- United States Geological Survey – USGS, 2016. Product guide. Provisional Landsat 8 surface reflectance product. Version 2.1. 27p.
- Vicente, N. R.; Fantini, A. C., 2014. Transformações no sistema tradicional de roça itinerante na mata atlântica do litoral sul brasileiro. *R. Inter. Interdisc. INTERthesis*, Florianópolis 11, 183-203.