



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Compártilha Igual 4.0 Internacional.

A expansão da cana-de-açúcar na bacia hidrográfica do Rio Brilhante, Mato Grosso do Sul: o uso da técnica de NDVI como instrumento para evidenciar dinâmicas territoriais

The expansion of the sugarcane in the hydrographic basin from Rio Brilhante, Mato Grosso do Sul state: the use of NDVI technique as an instrument for evidencing territorial dynamics

La expansión de la caña de azúcar en la cuenca hidrográfica del río Brilhante, Mato Grosso do Sul: el uso de la técnica de NDVI como herramienta para demostrar la dinámica territorial

RESUMO

As áreas de cana-de-açúcar vêm conquistando cada vez mais espaço para sua expansão, geralmente à custa da conversão de áreas agrícolas e de pastagem. O presente trabalho teve como objetivo apresentar um roteiro metodológico para identificar e mapear as áreas de cultivo da cana-de-açúcar adotando como unidade de análise a bacia hidrográfica do Rio Brilhante – MS. Foram utilizadas imagens de satélite TM-Landsat5 e OLI-Landsat8 para construção dos cenários de 2001 e 2015, respectivamente. Para a classificação da cobertura vegetal foram empregadas técnicas de *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Este estudo indica que o emprego de técnicas e ferramentas de sensoriamento remoto, como o NDVI, quando trabalhadas em conjunto com a pesquisa de campo, são extremamente eficientes para identificar as áreas de cultivo da cana-de-açúcar.

PALAVRAS-CHAVE: área plantada; sensoriamento remoto; mudança no uso da terra.

ABSTRACT

The areas of sugarcane cultivation have expanding, often at the expense of the agricultural and pasture areas. Under this perspective, this manuscript aims to present a methodological guide in order to identify and to map up the areas of sugarcane cultivation, whose unity of analysis was located in the surrounding area of the Rio Brilhante hydrographic basin. We aimed to identify the changes through TM-Landsat5 and OLI-Landsat8 satellite pictures by comparing the scenarios from the years of 2001 and 2015, respectively. The classification of the vegetation was made through the technique of *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Thus, this study points that the use of some techniques and remote sensing tools, like NDVI, when used together with the field research, are extremely efficient for identifying the areas of the sugarcane cultivation.

KEYWORDS: cropland; remote sensing; land use change.

RESUMEN

Las zonas de cultivo de la caña de azúcar vienen conquistando más y más espacio para su expansión, generalmente a expensas de la conversión de tierras de cultivo y pasto. El presente estudio presenta una metodología para identificar y mapear las zonas de cultivo de caña de azúcar, adoptando como unidad de análisis la cuenca del Río Brilhante en el estado de Mato Grosso do Sul. Utilizamos imágenes de satélite norteamericano TM-Landsat5 y OLI-Landsat8 para construir los escenarios de los años de 2001 y 2015, respectivamente, además, se emplearon técnicas *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) para la clasificación de la vegetación. Seguros estamos que el uso de herramientas y técnicas de detección alejada, como el NDVI, cuando trabajadas conjuntamente con la investigación de campo,

Patricia Silva Ferreira[✉]

Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

patricia_ferreira@uemds.br

Charlei Aparecido da Silva[✉]

Pós-Doutor em Geografia pelo Departamento de Geografia da Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Presidente Prudente

charleisilva@ufgd.edu.br

demonstraram ser eficazes para identificar las características del cultivo de la caña de azúcar.

PALABRAS-CLAVE: zona cultivada; detección alejada; cambio de uso de la tierra.

INTRODUÇÃO

A ação antrópica apresenta-se como um relevante agente modificador do ambiente, alterando o equilíbrio e a dinâmica dos processos naturais (GIRÃO e CORRÊA, 2004). Para TORRES-GÓMEZ et al. (2009), essas alterações têm suscitado novas funções, transformando os sistemas naturais e gerando mosaicos estreitamente relacionados com as práticas culturais e o desenvolvimento econômico de determinada região.

As intervenções humanas relacionadas aos diferentes modos de produção desenvolvidos pelos sistemas socioeconômicos, em função de sua total ou parcial capacidade de suscitar alterações na natureza, apenas interferem nos fluxos de energia e matéria modificando suas intensidades – forçando a natureza a encontrar “*novos pontos de equilíbrio funcional*” – mas não criam ou sequer mudam as leis da natureza, que regem a funcionalidade dos sistemas ambientais naturais. As interferências que resultam das relações sociedade-natureza produzem espaços territoriais, que podem ter maior ou menor grau de modificação pelas inserções tecnológicas dos grupos sociais diversos. Sendo assim, os ambientes naturais gradativamente cedem lugar a “*novos espaços produzidos*”, onde a natureza transformada se submete às diferentes atividades econômicas (ROSS, 2009, p. 56 e 57). De fato, mudam-se as dinâmicas, alteram-se os processos e novas lógicas surgem.

Nesse sentido, é crescente a busca pela construção de uma perspectiva teórica e metodológica que viabilize uma visão sistêmica dos elementos naturais, bem como a interdependência entre os componentes e sua interação dinâmica com a sociedade. É possível afirmar que a bacia hidrográfica exprime as relações existentes entre os elementos naturais e sociais em um espaço definido estendendo os limites políticos tradicionais

(municípios, estados, países), o que concede, segundo Christofolletti (1980, p. 169), a essa unidade de análise espacial características de um “*sistema aberto e em equilíbrio dinâmico*”.

A adoção da bacia hidrográfica como unidade física de gerenciamento e planejamento para implantação das políticas públicas já é preconizada na Lei n. 9.433 de 08 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. O recorte territorial da bacia hidrográfica é comumente utilizado porque, do ponto de vista do planejamento e gestão, a bacia hidrográfica se caracteriza por “abarcando parte de um conjunto de unidades ambientais homogêneas (paisagens, ecossistemas etc.) ou de unidades territoriais (municípios, estados, países etc.)” (RODRÍGUEZ et. al., 2011, p. 112), onde as interações do meio físico são integradas e, desta maneira, interpretadas com maior eficiência.

Neste sentido é que a bacia hidrográfica pode ser considerada uma totalidade sistêmica (*‘sistema aberto’*), onde os balanços de entrada provenientes da precipitação e “os produtos do sistema socioeconômico (*‘input’*) influenciam nos fluxos de matéria e energia” com a saída pela rede de drenagem (*‘output’*) e permitem que seja considerada a distribuição espacial do conjunto dos processos envolvidos em todos seus subsistemas (CHRISTOFOLLETTI, 1999, p. 43).

Com o intuito de contribuir para um entendimento da distribuição espacial das principais atividades desenvolvidas na área e seus processos dinâmicos é imprescindível à busca de técnicas e instrumentos que possibilitem fornecer essas informações de maneira sistematizada e, nesse sentido, se destaca o geoprocessamento. O avanço do sensoriamento remoto, dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e das técnicas de geoprocessamento promo-



Revista do Programa de
Pós-Graduação em Geografia e
do Departamento de Geografia
da UFES

Volume 2, n. 22
Julho-Dezembro, 2016
ISSN: 2175-3709

veram substancialmente os estudos em bacias hidrográficas.

O sensoriamento remoto é apontado como uma ferramenta que permite a obtenção de dados da superfície terrestre sem contato direto com os objetos que compõem a superfície da Terra. As atividades desenvolvidas por esse método envolvem a “detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registradas por sensores remotos” (MORAES, 2002 p. 7).

Os objetos interagem de maneira diferenciada a radiação eletromagnética incidente, portanto, conhecer o comportamento espectral dos objetos terrestres é fundamental para a escolha das bandas espectrais sobre as quais se pretende adquirir dados para determinada aplicação (MORAES, 2002). Os índices de vegetação são resultados das combinações lineares de dados de bandas do espectro eletromagnético, melhorando o sinal da vegetação enquanto minimiza a irradiância solar e os efeitos do substrato de dosséis vegetais esparsos (JACKSON e HUETE, 1991).

Moreira e Shimabukuro (2004) ressaltam que na literatura são encontrados mais de cinquenta índices de vegetação, sendo que os mais frequentemente utilizados são: o RVI (*Ratio Vegetation Index*) e o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). SINGH *et al.* (2006) destacam a ampla e frequente utilização do NDVI em dados de sensoriamento remoto para indicar a vivacidade da vegetação; em alguns estudos, este índice ainda tem sido empregado na estimativa do coeficiente de cultivo das culturas, na análise da degradação ambiental, na identificação de áreas degradadas e na classificação de cobertura das terras.

É nessa perspectiva que este estudo tem como objetivo mapear as áreas de expansão da cana-de-açúcar por meio de imagens de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento, sobretudo, a partir da aplicação do NDVI para a bacia hidrográfica do Rio Brilhante, localizada no Estado de Mato Grosso do Sul, no centro-oeste do Brasil. Objetiva-se,

assim, avaliar a evolução da área com cultivo de cana em dois cenários (2001 e 2015), períodos nos quais esta atividade se apresentou crescente e intensa na área, condição que tem levado a novas dinâmicas territoriais e estabelecendo novas relações entre a sociedade e a natureza.

A PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR E A RELAÇÃO COM A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BRILHANTE

As questões relacionadas às transformações dos espaços naturais em função das atividades econômicas mais produtivas podem induzir, direta ou indiretamente, à manutenção ou não do equilíbrio dinâmico do sistema ambiental¹. Para Santos (2007), situações deste aspecto costumam alterar a dinâmica da paisagem, transformando a capacidade do ambiente em responder aos processos naturais.

Nas últimas duas décadas, viveu-se no Brasil um novo ciclo de expansão da cana-de-açúcar. O país é o maior produtor mundial desta cultura que, atualmente, é insumo básico de uma ampla variedade de produtos de valor agregado, incluindo alimentos, rações animais, biocombustíveis e bioeletricidade. Nesse contexto, o setor sucroenergético encontra-se em um momento favorável, impulsionado, principalmente pelo aumento na demanda do etanol na matriz energética, assim, este cenário, juntamente com a consolidação da tecnologia dos biocombustíveis, contribui para balizar o avanço contínuo dessa atividade até o momento.

É perceptível que os diversos ciclos econômicos, os segmentos atuantes da sociedade e os acontecimentos históricos configuram um quadro que proporciona a compreensão do contexto atual e o significado dos desdobramentos da cultura canavieira vivenciada em cada região do Brasil.

A partir do século XX, o Estado de Mato Grosso do Sul passa a ter tradicionalmente sua economia vinculada à pecuária e, mais tarde, à agricultura, atividades essas que foram inseridas gradualmente no Estado, desde 1960,

1. Os sistemas ambientais físicos também denominados de geossistemas, por Christofolletti (1999, p. 42), representam a “organização espacial resultante da interação dos elementos componentes físicos da natureza (clima, topografia, rochas, águas, vegetação, animais, solos) possuindo expressão espacial na superfície terrestre e representando uma organização (sistema) composta por elementos, funcionando através dos fluxos de energia e matéria, dominante numa interação areal”. Neste sentido, a perspectiva geossistêmica estuda a interação sociedade natureza, examinando os sistemas de retroalimentação.

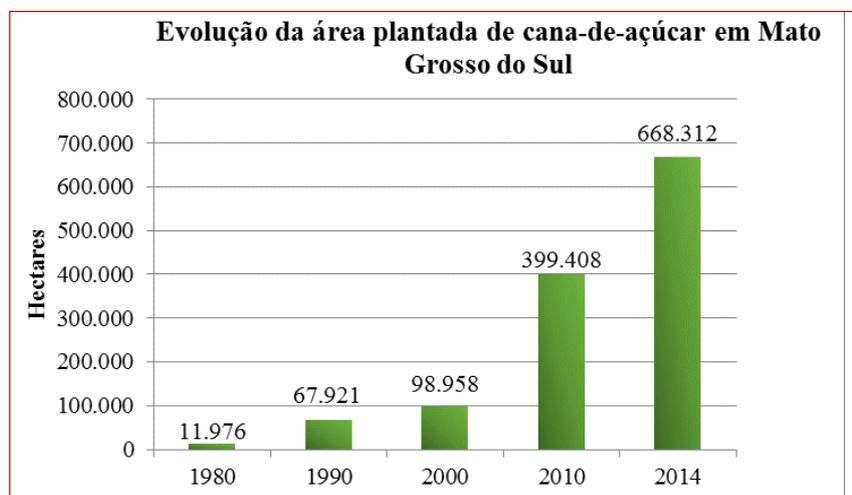
quando já era expressiva a predominância da pecuária, mas, só a partir da década de 1970 que a agricultura era visível e adquiriu maior expressão com a produção da soja (AZEVEDO, 2008).

Até a década de 1970, o Estado do Mato Grosso do Sul não se configurava como um produtor significativo de cana-de-açúcar e seus produtos derivados (açúcar e álcool) só começaram a fazer parte do atual quadro produtivo do setor sucroenergético partir da década de 1980 (Figura 1), período no qual o Proálcool passou a subsidiar a “implantação de destilarias

de álcool em todo o país, e os Estados do Centro-Oeste – Mato Grosso e Mato Grosso do Sul – tornaram-se centros de atração de capitais de São Paulo e do Nordeste” (ANDRADE, 1994, p. 139-140).

De acordo com os dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2014), a região Centro-Sul é responsável por cerca de 85% da produção de cana-de-açúcar no Brasil e o estado do Mato Grosso do Sul responde por 7,4% do total da produção nacional, que o coloca como 4º Estado no ranking nacional.

Figura 1. Área plantada com cana-de-açúcar em Mato Grosso do Sul: período de 1980 a 2014.



Fonte: Elaborado por FERREIRA e SILVA (2016).

Diante desse avanço do setor sucroenergético, surge à preocupação em relação à incorporação de novas áreas de plantio da cana-de-açúcar à custa da conversão de áreas agrícolas e de pastagens. As áreas de plantio destinadas à produção da cana-de-açúcar vêm ganhando cada vez mais espaço no Estado do Mato Grosso do Sul e esta cultura dificilmente cede espaço para outros usos, haja vista exemplos dos municípios com plantio de cana nos Estados de São Paulo e Goiás.

De acordo com Frata e Faria (2008), uma das regiões em Mato Grosso do Sul de maior expansão da cana-de-açúcar e instalação de usinas para a produção de açúcar, etanol e bioenergia são os 4,64 milhões de hectares da bacia hidrográfica do rio Ivinhema que, futuramente, deverá contar com 60 unidades produtoras. Nesse ponto, uma das bacias

hidrográficas que formam a bacia do rio Ivinhema, a bacia do Rio Brilhante, foi a escolha de referência para aproximação em maior escala.

A escolha desta bacia hidrográfica está vinculada à condição e características dos municípios que se inserem em seus limites. Até 1970, esses municípios possuíam uma economia voltada tradicionalmente à atividade pecuária e, mais tarde, à agricultura (soja e milho), entretanto recentemente o plantio da cana-de-açúcar passou a ter maior destaque. Grandes áreas de monocultura de cana-de-açúcar passaram a ser observadas e encontradas em todos os municípios surgindo, assim, uma nova paisagem. No presente, o verde monocromático surge e se confunde com os ideais de desenvolvimento cujos impactos ambientais muitas vezes não são identificados e/ou tomados como



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 2, n. 22
Julho-Dezembro, 2016
ISSN: 2175-3709

prioridade. A partir disso, constatou-se que a área desta bacia recebeu grande parte dos investimentos de grupos econômicos nacionais e internacionais da agroindústria canaveira implantada no Mato Grosso do Sul nas últimas três décadas. Grupos como Louis Dreyfus Commodities Company, Odebrecht e Tonon Bioenergia foram os grandes fomentadores dessa expansão.

De fato, a bacia do Rio Brillhante possui uma localização geográfica estratégica por estar na região centro-sul do Estado, próximo à capital Campo Grande e abranger parte do território de Dourados, que é considerado o principal polo industrial, comercial e de serviços da região, segundo Mato Grosso do Sul (2015). A logística favorável possibilita o acesso aos principais mercados nacionais e internacionais, o que contribui para o escoamento da produção agrícola que, nesse processo, se transforma em uma das maiores *commodities* de exportação do Estado.

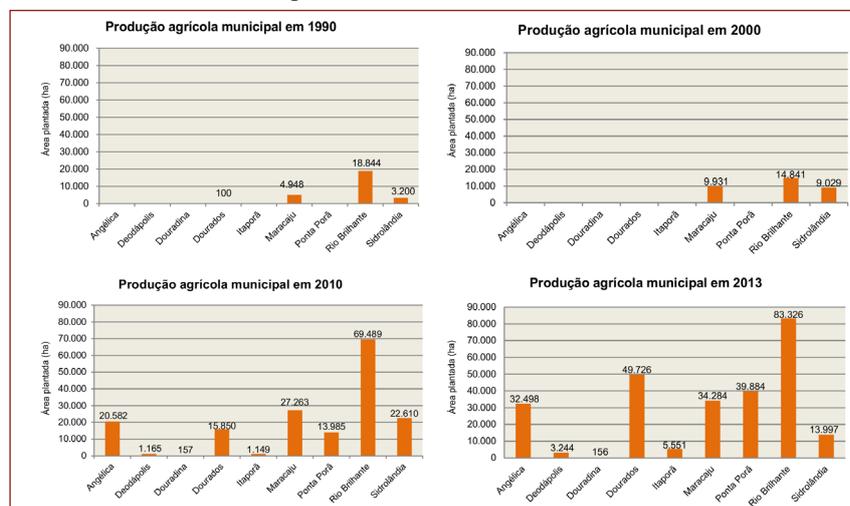
Mato Grosso do Sul atualmente conta com 25 unidades processadoras de cana-de-açúcar em seu território. Só a região centro-sul do Estado abrange 19 unidades e no cenário atual, a bacia do Rio Brillhante apresenta 4 unidades sucroenergéticas em seu interior e outras 11 unidades localizadas em uma área próxima com raio de influência de 50 km. A localização desse grande número de unidades sucroenergéticas transformou a paisagem e acaba pressionando

essa área em diversos aspectos, ocasionando impactos ambientais e sociais de vários níveis e intensidades, muitos deles ainda pouco estudados e/ou mesmo identificados devido à ausência de pesquisas de escalas de detalhe e semi-detalhe.

Os principais produtos agrícolas cultivados nos municípios que compõem a bacia do Rio Brillhante são soja, milho, trigo e feijão (EMBRAPA, 2005). Conforme consultado no banco de dados (IBGE, 2015) na década de 1990, as culturas de soja, milho e cana-de-açúcar ocupavam juntas cerca de 722 mil hectares para esses municípios, dos quais 96,2% estavam destinadas ao cultivo de soja e milho e a cana ocupava apenas 3,8% dessa área. Em 2013, estas três culturas ocupavam quase 2 milhões de hectares, sendo que a cana-de-açúcar passa a ocupar agora 13,9% dessa área, o que pode não parecer um aumento significativo, mas quando comparado a 1990, em duas décadas, houve um aumento de 869,5% da área plantada de cana-de-açúcar.

Em termos territoriais a Figura 2 apresenta o crescimento da área plantada da cana-de-açúcar na série histórica de 1990 a 2013 nos municípios que compõem a bacia do Rio Brillhante. Verifica-se que há uma ampliação acelerada da atividade canaveira e como a cana-de-açúcar vem se “*territorializando*” nos municípios onde anteriormente não havia plantio dessa cultura.

Figura 2. Produção agrícola de cana-de-açúcar nos municípios que compõem a bacia do Rio Brillhante no período de 1990 a 2013.

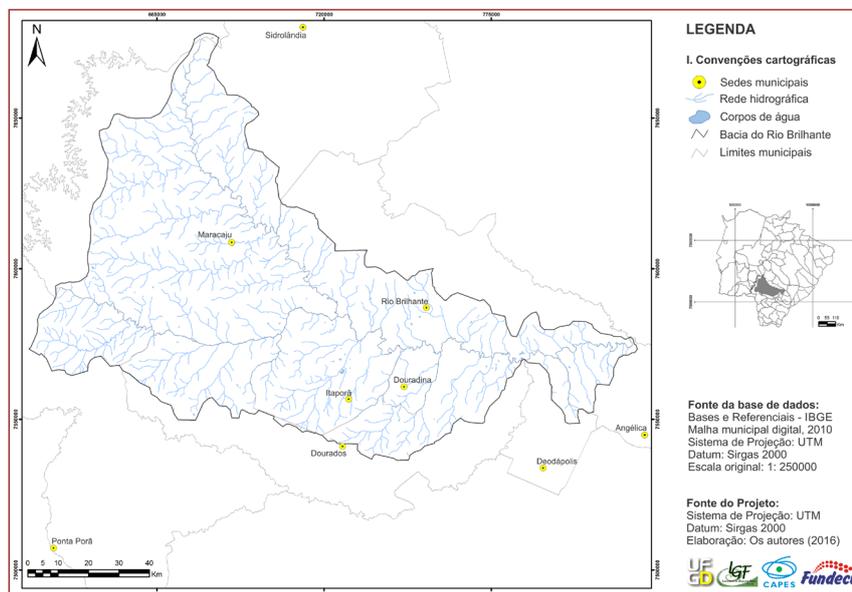


Fonte: Produção Agrícola Municipal – IBGE (2015). Elaborado por FERREIRA e SILVA (2016)

O redimensionamento territorial que está ocorrendo na região centro-sul do Estado, sobretudo na área da bacia do Rio Brilhante, principalmente no que se refere ao processo de territorialização da cana-de-açúcar é verificado também em outros estudos². A área, assim, apresenta uma tendência crescente à espacialização do território e à monoculturação da produção agrícola. Não menos importante, as dinâmicas territoriais verificadas e identificadas na bacia do Rio Brilhante assemelham-se a outras ocorridas no passado em estados como São Paulo e Goiás; nesses estados, a monocultura transformou o território e hoje os impactos ambientais e sociais são notórios. É nesse sentido que o uso da técnica de NDVI como instrumento para evidenciar dinâmicas territoriais apresenta-se como uma ferramenta importante e capaz de qualificar estudos cujo teor visem propor medidas mitigadoras e/ou demonstrar a mudança no uso do território a partir de cenários.

MATERIAIS E MÉTODOS

Figura 3. Localização da bacia hidrográfica do Rio Brilhante no estado do Mato Grosso do Sul.



Fonte: Elaborado por FERREIRA e SILVA (2016).

A área de estudo está situada na Região do Planalto-Basáltico da Formação Serra Geral que origina um relevo plano apresentando formas de dissecação tabulares e de topo aplainado. As altitudes mais elevadas variam de 500 a 600m nas proximidades da borda

A ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Rio Brilhante localiza-se na região sudoeste de Mato Grosso do Sul, ao sul da bacia do rio Paraná, ocupando uma área de 12.652 km². A jusante da bacia, os rios Brilhante, Dourados e Vacaria formam a bacia do Rio Ivinhema, onde a bacia do Rio Brilhante sozinha corresponde a 27,2% da área total da bacia do Rio Ivinhema. Compreende os paralelos -20°59'17" e -22°15'40" de latitude sul e os meridianos -53°52'24" e -55°48'37" de longitude oeste. É composta por nove municípios inseridos total ou parcialmente em seus limites (Angélica, Deodápolis, Douradina, Dourados, Itaporã, Maracaju, Ponta Porã, Rio Brilhante e Sidrolândia) (Figura 3). A temperatura média anual dessa região hidrográfica oscila em torno de 23°C. De acordo com a EMBRAPA (2005), as precipitações são superiores a 750 mm anuais, atingindo entre 1.400 e 1.700 mm. A precipitação média concentra-se no período que compreende a primavera e verão (outubro a março).

2. Cf. Pereira (2007); Azevedo (2008); Backes (2009); Domingues (2010) e Pinto Junior (2014).

GEOGRAFARES

Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 2, n. 22
Julho-Dezembro, 2016
ISSN: 2175-3709

como rasos e planos quando atingem cerca de 250m. As características geológicas expõem rochas basálticas que, por processos pedogenéticos, originaram os Latossolos Roxos, que apresentam grande potencial para agricultura (OLIVEIRA, *et al.*, 2000, p. 15). A bacia hidrográfica do Rio Brilhante apresenta dois tipos de fitofisionomias - a Floresta Estacional Semidecidual e o Cerrado - por fim, destaca-se ainda a presença da agropecuária e pastagem (IBGE, 2012).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia empregada baseia-se nos recursos geotecnológicos, envolvendo técnicas de aquisição, tratamento, armazenamento e análise espacial de dados extraídos via Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os dados foram agregados em ambiente SIG utilizando os *softwares* QGIS 2.12® (QGIS Development Team, 2015) e *Arcgis* 10.2® (ESRI, 2014), georreferenciados no Datum SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico das Américas) e sistema de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator). Todos os produtos cartográficos foram construídos sob a mesma base cartográfica na escala 1: 800.000.

O USO DAS IMAGENS DE SATÉLITE

A escolha das imagens que foram utilizadas passou por um refinamento criterioso em relação a todas as cenas disponíveis e necessárias para recobrir a área a ser trabalhada. Entende-se que para uma imagem ser passível de ser utilizada, devem-se adotar alguns critérios como a visibilidade da cena (uma atmosfera livre da presença de nuvens), a qualidade do imageamento do sensor (sem ruídos) e a homogeneidade do período da captura da cena.

Para o desenvolvimento desse estudo, foram utilizadas imagens disponibilizadas gratuitamente pelo *United States Geological Survey* (USGS) obtidas a partir do satélite Landsat-5, sensor TM (USGS, 2015a) e imagens do sensor OLI/Landsat-8 (USGS, 2015b). As imagens Landsat têm resolução espacial de 30m e resolução temporal de 16 dias, cada cena recobre uma área no

terreno com dimensão de 185 x 185 km, a localização das cenas acontece por meio da identificação do número da órbita/ponto. Para a área de estudo foram adquiridas duas cenas correspondentes à órbita/ponto 224/75 e 225/75.

As imagens do TM/Landsat-5 adquiridas para a órbita/ponto 224/75 e 225/75 correspondem às datas 02/08/2001 e 09/08/2001; já para o OLI/Landsat-8, as datas de obtenção das imagens são 09/08/2015 e 31/07/2015, respectivamente. A escolha destas cenas, além de obedecer aos critérios supracitados, considerou outros fatores como o ciclo de crescimento da cana-de-açúcar nessa região e a dinâmica de expansão das áreas ocupadas com cana-de-açúcar. Cabe aqui ressaltar que um cenário anterior ao ano de 2001 não foi avaliado, haja vista que foram levantadas informações sobre a área plantada com cana-de-açúcar tanto no site do IBGE como por interpretação visual das imagens de cada década e constatou-se que a expansão da cana nessa área ocorreu com maior expressividade a partir de 2001.

CONVERSÃO DE NÚMERO DIGITAL PARA REFLECTÂNCIA

Antes de realizar o mapeamento propriamente dito é necessário fazer o processamento digital das imagens, o que se trata de um conjunto de técnicas aplicadas às imagens digitais a fim de aferir uma precisão maior das informações dos alvos na superfície terrestre.

Ao atravessar a atmosfera, a energia eletromagnética é parcialmente absorvida, refletida ou espalhada. O espalhamento ou dispersão (*scattering*) é a (re) irradiação da energia emitida em todas as direções pela atmosfera. Nesse sentido, o sinal que é registrado pelo sensor para cada pixel pode não corresponder verdadeiramente à radiância de determinado objeto, seja porque o sinal é atenuado pela absorção, proporcionada pela presença de elementos como gases, aerossóis e vapor d'água ou desviado pela dispersão provocada pelos componentes da atmosfera (IBGE, 2000).

As condições atmosféricas variam de uma data para outra, por isso essa técnica é empregada quando se pretende analisar o comportamento espectral de

uma cultura ao longo do tempo, ou ainda, quando é necessário realizar a comparação de imagens de diferentes sensores, em diferentes datas ou períodos do ano (estudos multitemporais). Esse processo consiste em duas etapas: a conversão dos valores de Número Digital (DN) para radiância espectral e, posteriormente, para valores físicos no Topo da Atmosfera (TOA). Para converter valores DN para dados de reflectância no TOA são utilizadas as seguintes equações:

Conversão de Dados de Reflectância para Imagens TM/Landsat-5

Para as imagens Landsat-5, a radiância é obtida utilizando a Equação 1 disponibilizada pela NASA (1998) e explicada por CHANDER et al., (2009):

$$L_{\lambda} = \left(\frac{LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}}{QCALMAX - QCALMIN} \right) (QCAL - QCALMIN) + LMIN_{\lambda}$$

Em que:

L_{λ} : radiância espectral na abertura do sensor [$W / (m^2 sr \mu m)$];

$QCAL$: valor em números digitais para cada pixel;

$LMIN_{\lambda}$: radiância espectral escalonada para $QCALMIN$ [$W / (m^2 sr \mu m)$];

$LMAX_{\lambda}$: radiância espectral que é dimensionada para $QCALMAX$ [$W / (m^2 sr \mu m)$];

$QCALMIN$: valor mínimo quantizado calibrado de um pixel (correspondente à $LMIN_{\lambda}$) em nível de cinza;

$QCALMAX$: valor máximo quantizado calibrado de um pixel (correspondente à $LMAX_{\lambda}$) em nível de cinza igual a 255.

Para converter os dados de radiância em reflectância é usada a Equação 2

$$\rho_{\lambda} = \frac{\Pi * L_{\lambda} * d^2}{ESUN_{\lambda} * \cos \theta_s}$$

Em que:

ρ_{λ} : reflectância;

Π : constante matemática igual a $\sim 3,14159$ (adimensional);

L_{λ} : radiância espectral na abertura do sensor;

d : distância entre a Terra e o Sol em unidades astronômicas;

$ESUN_{\lambda}$: irradiância solar na exoatmosfera;

θ_s : ângulo zenital solar.

Conversão de Dados de Reflectância para Imagens OLI/Landsat-8

A equação demonstrada a seguir é usada para converter valores DN para reflectância no TOA para os instrumentos imageadores OLI, disponibilizada pelo USGS Earth Explorer no guia do produto Landsat-8 (USGS, 2015c):

$$\rho_{\lambda}' = M_p Q_{cal} + A_p$$

Em que:

ρ_{λ}' : reflectância planetária no TOA, sem correção para o ângulo solar. Note que ρ_{λ} 'não contém uma correção para o ângulo solar;

M_p : fator multiplicativo redimensionado da radiância para a banda específica disponibilizado nos metadados;

A_p : fator aditivo redimensionado da radiância para a banda específica disponibilizado nos metadados;

Q_{cal} : valores de pixel padrão quantizado e calibrado.

Reflectância do TOA com a correção do ângulo solar é dada pela seguinte equação:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\sin(\theta_{SE})}$$

Em que:

ρ_{λ} : reflectância planetária do TOA;

θ_{SE} : ângulo de elevação solar local;

θ_{SZ} : ângulo solar zenital local ($\theta_{SZ} = 90^{\circ} - \theta_{SE}$)

Os coeficientes de redimensionamento da reflectância para os sensores TM e OLI são fornecidos nos arquivos de metadados dos produtos (arquivo MTL). O procedimento de correção atmosférica das imagens foi realizado no *software* QGIS, utilizando a ferramenta *Calculadora Raster*. Para executar o cálculo, é necessário substituir na equação os valores fornecidos pelos metadados de cada banda e esse processo deve ser repetido para todas as bandas necessárias para calcular o índice de vegetação.

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

O NDVI ou Índice de Vegetação por Diferença Normalizada é resultado de processos de realce por operações



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 2, n. 22
Julho-Dezembro, 2016
ISSN: 2175-3709

matemáticas que tem como variáveis as bandas do vermelho e do infravermelho próximo. É um parâmetro em que seus valores para um determinado pixel sempre variam entre -1 a 1, sendo que valores mais elevados estão associados a uma maior densidade de cobertura vegetal. Dessa forma o NDVI pode ser determinado pela equação a seguir:

$$NDVI = \frac{(\rho_{ivp} - \rho_v)}{(\rho_{ivp} + \rho_v)}$$

Em que:

ρ_{ivp} = refletância no comprimento de onda referente ao infravermelho próximo;

ρ_v = refletância no comprimento de onda referente ao vermelho.

O cálculo do índice foi realizado em *software* QGIS por meio da ferramenta *Calculadora Raster*, utilizando as bandas 3 e 4 correspondentes ao vermelho e infravermelho próximo, respectivamente, para o sensor TM a bordo do satélite Landsat-5, para o OLI/Landsat-8 equivale as bandas 4 e 5.

INTERPRETAÇÃO VISUAL DAS IMAGENS

Como confirmado por Rudorff *et al.* (2010), um dos aspectos principais que possibilita o uso de imagens de satélite para mapear as áreas de cana-de-açúcar é o fato de que esta é considerada uma cultura semiperene e que atinge seu crescimento máximo em abril, seguida por uma época de colheita que se estende até dezembro na região Centro-Sul; portanto, a cana-de-açúcar possui um longo tempo de permanência no campo, o que aumenta as chances de identificar as áreas cultivadas.

O mapeamento das áreas de cana-de-açúcar foi obtido mediante a aplicação da técnica de NDVI, ratificado por FERREIRA e SILVA (2014), FERREIRA *et al.* (2015) e FERREIRA e SILVA (2015) como a melhor técnica a ser empregada para este estudo, uma vez que se pretende conhecer o comportamento espectral da cana-de-açúcar através da radiação eletromagnética refletida. A escolha

desta técnica é a mais indicada nos estudos de vegetação, posto que os comprimentos de onda do vermelho e infravermelho próximo obtêm maior resposta da cobertura vegetal.

Considerando que a obtenção das imagens livre de nuvens e no estágio de maior crescimento da cana-de-açúcar era um fator limitante, as imagens adquiridas apresentavam áreas de plantio em que a colheita já havia sido realizada, nesse sentido, percebeu-se a necessidade de uma subsequente edição para inclusão dessas áreas e correção de erros utilizando técnicas de interpretação visual das imagens.

Com o intuito de auxiliar no trabalho de interpretação visual foram utilizados recursos como: o mapeamento realizado pelo Projeto CANASAT (2013) para o ano safra 2012/2013, levantamento de campo de áreas com plantio de cana-de-açúcar, imagens disponibilizadas pelo Google Earth e nas imagens Landsat eram considerados aspectos baseados na cor, textura, tonalidade e forma. Desse modo, as áreas que estivessem com solo exposto e em fase de desenvolvimento fisiológico na data das imagens adquiridas eram editadas como “áreas ocupadas com cana-de-açúcar”. Esses recursos considerados como potenciais para o processo de interpretação visual visavam garantir que o alvo correto estava sendo mapeado e que representasse a realidade no campo.

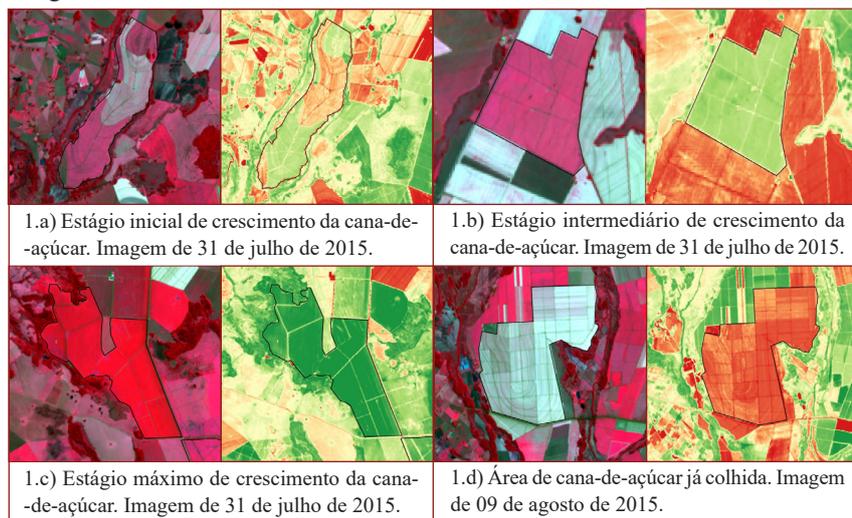
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 apresenta as chaves de interpretação utilizadas para identificação da cana-de-açúcar baseados no aspecto visual, na sequência uma imagem multiespectral [R(5)G(4)B(3)] Landsat-8 e a mesma imagem com realização do NDVI. A Figura 4.1(a) apresenta um campo com recente plantio de cana e em estágio inicial de crescimento (em laranja e verde, respectivamente na imagem de NDVI). A Figura 4.1(b) exhibe uma área de cana em seu estágio intermediário de crescimento, apresenta um tom mais escuro em rela-

ção à figura anterior. Na figura 4.1(c) é demonstrada uma área com plantio de cana onde esta cultura encontra-se em seu estágio de crescimento máximo, assim, é possível verificar que nesta fase a cana responde em uma cor mais intensa e uma textura mais uniforme. A Figura 4.1(d) ilustra uma área com

solo exposto, logo após a colheita da cana-de-açúcar, isso pode ser constatado já que as linhas de cultivo ainda estão evidentes, desta forma, destaca-se que essas áreas apresentam cor mais clara (quase branco para a imagem Landsat-8) por refletir grande parte da energia eletromagnética emitida.

Figura 4. Chave de interpretação para identificação das áreas com cana-de-açúcar. À esquerda a imagem multiespectral [R(5)G(4)B(3)] Landsat-8 e a direita imagem de NDVI.



Fonte: Imagens de satélite da série Landsat - USGS (2015b). Elaborado por FERREIRA e SILVA (2016).

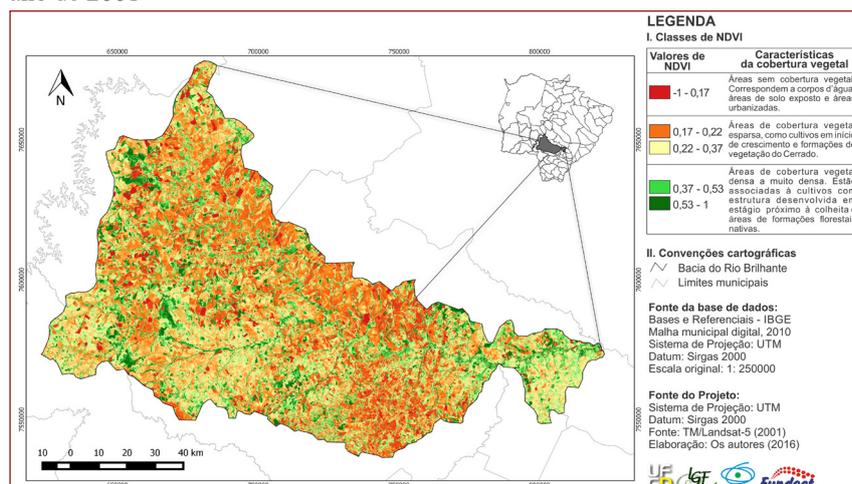
A fim de atender aos objetivos do trabalho, as imagens de NDVI geradas são apresentadas em tons de falsa-cor, que permite identificar a resposta espectral dos diferentes estágios do ciclo da cana-de-açúcar. Essa técnica possibilita verificar os diferentes tipos de cobertura da superfície terrestre, como as áreas de vegetação nativa, áreas de solo exposto, áreas de cultivo, malhas urbanas e cursos d'água.

Deste modo, as informações das figuras acima serviram de referência para identificar os padrões e delimitar as amostras de pixels de cana-de-açúcar nas cenas Landsat. Como já mencionado, os valores de NDVI variam de -1 a 1 e, deste modo, quanto mais próximo a 1, maior é a densidade de cobertura vegetal, assim, áreas com vegetação rala e esparsa apresentam valores próximos a zero e valores obtidos de 0 a -1 correspondem a áreas de solo exposto.

Os resultados indicam que os valores de NDVI podem ser classificados em três categorias. Áreas sem vegetação: valores de NDVI entre -1 a 0,20 correspondem a superfícies de corpos d'água,

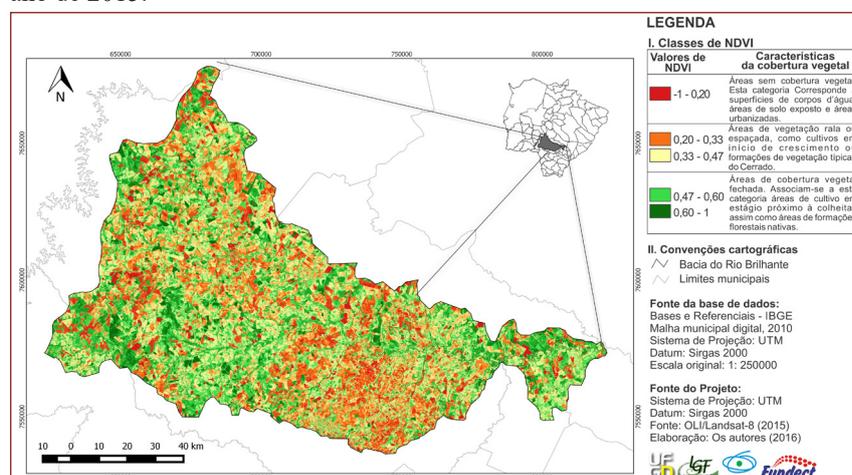
áreas ocupadas por centros urbanos e áreas de solo nu e/ou em preparação para o cultivo. Áreas de vegetação esparsa: compreendem valores intermediários entre 0,15 a 0,47 e estão associadas principalmente a áreas destinadas à agricultura com cultivo em estágio inicial de crescimento. Nesta categoria ainda se enquadram as fitofisionomias típicas do Cerrado, classificadas por Ribeiro e Walter (1988) como: Campo Cerrado, Cerrado Ralo e Cerrado Típico. Áreas de vegetação densa: os valores máximos de NDVI obtidos que variam entre 0,47 a 1 correspondem às áreas de plantio (cana-de-açúcar e milho) com a estrutura bem desenvolvida, em estágio próximo à colheita, e ainda são inclusas nessa categoria as áreas protegidas pelo Código Florestal como as Áreas de Preservação Permanente, Reserva Legal e Unidades de Conservação. Esses remanescentes florestais são compostos por resquícios da Floresta Estacional Semicaducifolia formada por espécies de médio a grande porte estrutural, predominando ao longo das nascentes, lagos e cursos d'água (Figuras 5 e 6).

Figura 5. Mapa de NDVI da bacia hidrográfica do Rio Brilhante – MS para o ano de 2001



Fonte: Imagens de satélite da série Landsat - USGS (2015a). Elaborado por FERREIRA e SILVA (2016).

Figura 6. Mapa de NDVI da bacia hidrográfica do Rio Brilhante – MS para o ano de 2015.



Fonte: Imagens de satélite da série Landsat - USGS (2015b). Elaborado por FERREIRA e SILVA (2016).

No cenário de 2015 é possível constatar mais áreas classificadas com índice entre 0,37 a 1, porém estas áreas não podem ser associadas exclusivamente à vegetação nativa, haja vista que, quando comparadas em campo, a maior parte delas corresponde a campos de cultivo em estágio máximo de crescimento. Essa é uma informação das mais importantes e deve ser considerado como prioritária em estudos que envolvam a identificação da cana-de-açúcar a partir da técnica ora proposta, o NDVI.

Uma das principais características observadas nessa bacia hidrográfica está relacionada à diversidade de usos. As múltiplas formas de ocupação são fomentadas por aspectos econômicos e de suas características físicas dominantes, sobretudo representadas pelo relevo suavemente ondulado e de baixas declividades, de maneira a não ofere-

cer nenhum impedimento para o uso econômico, tampouco à implantação de infraestruturas para expansão da agricultura, principalmente do cultivo da cana-de-açúcar, assim como o seu potencial hídrico, constituído por uma significativa densidade da rede de drenagem, o que garante disponibilidade hídrica ao longo de todo período do ano, mesmo nas estações mais secas.

As imagens de satélite da série Landsat obtidas para o ano de 2001 e 2015 indicam mudanças significativas de cobertura vegetal na área de estudo, sobretudo no que diz respeito à diminuição dos fragmentos de vegetação natural para inserção da cana-de-açúcar, atividade que se apresenta crescente e intensa nessa região (Figuras 7 e 8). É possível constatar que essa redução está associada ao histórico processo de ocupação do sul do Estado, marcado

pela introdução de práticas de manejo do solo, que promoveram radicalmente uma transformação ao longo de três décadas no uso da terra, por meio de supressão vegetal para introdução de pastagens para criação de gado e para o cultivo agrícola.

Foram observados diferentes tipos de comportamento espectral para a cana-de-açúcar, notoriamente devido aos fatores relacionados ao ciclo produtivo da planta, mas outros aspectos como forma, textura, localização e padrão foram essenciais para separar eventuais confusões da classe cana com outros alvos. Acredita-se que isso,

essa forma qualitativa de observar os “alvos”, seja essencial e nos estudos observa-se pouca atenção a isso.

Os resultados apontam que a bacia hidrográfica do Rio Brilhante tem atualmente 160.285 hectares de cana-de-açúcar, mostrando um contraste com os 14.183 hectares de área ocupada com cana em 2001. Na tabela 1 são apresentados os valores de área (em hectares) cultivada com cana-de-açúcar para cada município inserido no âmbito da bacia nos cenários de 2001 e 2015, esse quantitativo foi obtido por meio de cálculo de área pela ferramenta *Calculate Geometry* no ArcGIS.

Tabela 1. Produção agrícola municipal da cana-de-açúcar na bacia do Rio Brilhante referente aos cenários de 2001 e 2015.

Municípios	2001		2015	
	Área (hectares)	(%)	Área (hectares)	(%)
Angélica	0	0	10.537	6,94
Deodápolis	0	0	2.418	1,59
Douradina	0	0	183	0,12
Dourados	0	0	18.016	9,06
Itaporã	0	0	9.512	6,26
Maracaju	14.183	100	38.563	23,49
Ponta Porã	0	0	26.812	17,65
Rio Brilhante	0	0	54.244	29,53
Sidrolândia	0	0	8.192	5,36
Total	14.183	100,0	160.285	100,0

Fonte: *Calculate Geometry* – ESRI (2014). Elaborado por FERREIRA e SILVA (2016).

Em 2001, os municípios de Rio Brilhante e Sidrolândia também contavam com áreas de plantio de cana-de-açúcar, mas fora da área da bacia, portanto, só o município de Maracaju apresentava área cultivada com cana no interior da área de pesquisa. Para o cenário de 2015, todos os municípios inseridos no âmbito da bacia possuem áreas cultivadas com a cultura.

Constata-se que os municípios que detêm maiores valores de área plantada na bacia são Rio Brilhante (29,5%), Maracaju (23,4%), Ponta Porã (17,6%) e Dourados (9%) respectivamente e juntos correspondem a quase 80% da área plantada desta bacia hidrográfica.

A bacia hidrográfica do Rio Brilhante apresenta assim elevado potencial e possibilidade para intensificação da atividade sucroenergética, já que a mesma se encontra na rota da expansão da cultura da cana-de-açúcar, motivada principalmente pelas condições físicas favoráveis desta unidade hidrográfica constituída de um relevo plano e de

baixa declividade, associada às características físico-estruturais do Latossolo Vermelho, assim, a influência desses fatores na promoção de transformações de uso e cobertura das terras no interior dessa unidade de drenagem é premente para um período de curto a médio prazo.

Mesmo que estas características físicas da bacia apontem para uma estabilidade morfológica das vertentes, a supressão da vegetação nativa, a implantação de vias de acesso e o manejo agrícola que promove a exposição do solo pós-colheita são situações que contribuem para intensificação da erosão laminar em grandes extensões das áreas de ocupação econômica, especialmente em períodos de chuva, quando se concentram as colheitas do verão.

Os resultados obtidos demonstram que 160.285 hectares da área total desta bacia hidrográfica são cultivados com cana-de-açúcar, o que resulta um incremento de 1030% da área plantada desde



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 2, n. 22
Julho-Dezembro, 2016
ISSN: 2175-3709

2001 até 2015 nos municípios que estão inseridos em seu interior; nesse estágio a atividade canavieira pode ser apontada como a atividade econômica mais crescente nesta bacia.

A ocupação desta bacia, sobretudo a partir dos anos 2000, conduziu por meio de diferentes ciclos de práticas rurais produtivas, grandes alterações e danos permanentes. A degradação causada nesta região ao sistema ambiental, sobretudo ao solo, a vegetação e aos recursos hídricos pode ser identificada em praticamente todo seu território. A supressão da vegetação nativa e as práticas de manejo inadequado do uso da terra acarretaram na perda de biodiversidade, do solo, da qualidade das águas, entre outros problemas de cunho ambiental. Tais modificações, conseqüentemente, atingem a população local no que diz respeito à qualidade de vida e à oferta dos serviços ambientais prestados. Fica claro que a forma de exploração deste território não considerou, de nenhuma forma, a capacidade de suporte do meio físico, suas características geossistêmicas, potencialidades e fragilidades.

Neste contexto em um cenário anterior à expansão da cana-de-açúcar, esta bacia já revelava diversas formas de ocupação e uso das terras, como já constatado, sem dispor de critérios e de instrumentos que possibilitassem ordenar e assegurar a manutenção dos serviços ambientais. Esta condição apresenta-se mais alarmante visto que a bacia está situada em uma região de ligação entre a parte mais consolidada economicamente do Estado, delimitada pelo eixo Campo Grande/ Dourados/ Maracaju.

A integração e espacialização das categorias temáticas em ambiente SIG apresentaram-se como adequadas para atender aos objetivos da pesquisa, a utilização de imagens de satélite, o emprego das técnicas para obtenção do índice de vegetação e os levantamentos de campo foram fundamentais para identificar, mapear e quantificar as áreas de cultivo da cana-de-açúcar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso das terras na bacia hidrográfica do Rio Brillhante vem se intensificando ao longo das últimas três décadas, pois essa região se constitui de grande importância para o Estado devido, principalmente, à presença de solos férteis e de baixa susceptibilidade à erosão pelo escoamento superficial da água, sendo, por isso, bastante propício à agricultura e a pecuária – condição que inicialmente explica o histórico processo de ocupação econômica por essas atividades – em detrimento disso, há poucos expressivos fragmentos de vegetação nativa na área da bacia.

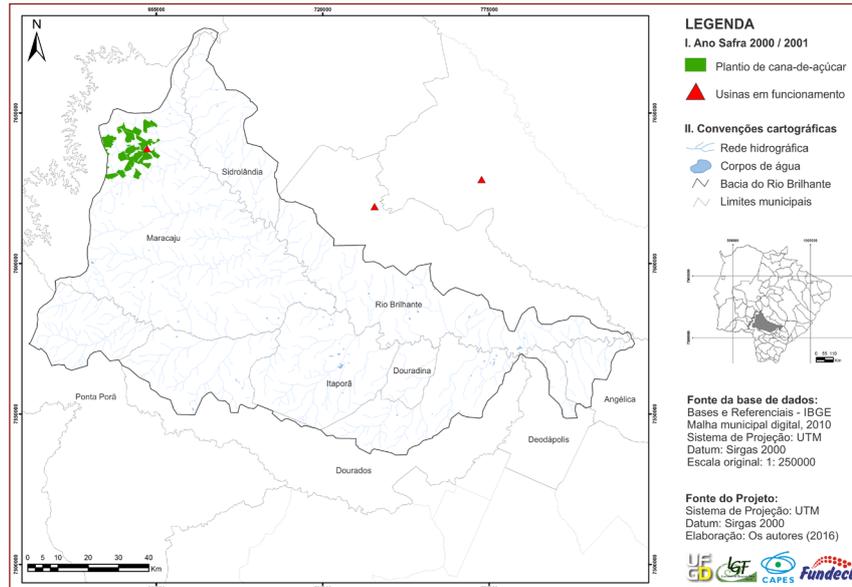
Essa região passou por um rápido crescimento econômico em um curto período de tempo, transformando-se, recentemente em um novo polo de produção de açúcar e álcool. Além dos aspectos físicos favoráveis para o cultivo da cana, há alguns fatores determinantes para a instalação de 15 usinas na área de influência (raio de 50km) da bacia do Rio Brillhante, como a infraestrutura de transporte que facilita o escoamento da produção, as redes de energia elétrica conectadas ao sistema nacional e a concessão de incentivos fiscais por parte do Estado.

Constatou-se que a expansão da cana-de-açúcar está sendo conduzida para as áreas já ocupadas por agricultura, condição que desmitifica e vai ao contrário de falas governamentais e empresariais de que a cultura está ocupando efetivamente as áreas de pecuária, locais com solos impactados.

Sabe-se que grandes áreas de monocultura canavieira geram impactos ambientais de diversos níveis e intensidades, situação já constatada nos estados de São Paulo e Goiás, grandes produtores. Tal condição expõe a necessidade da instituição e implementação de instrumentos de regulação que, partindo da premissa do planejamento ambiental, possam normatizar a ocupação exclusiva da cana-de-açúcar, prevenindo-se dos potenciais danos desta atividade sobre os serviços ambientais, especialmente na manutenção dos recursos hídricos e remanescentes florestais.

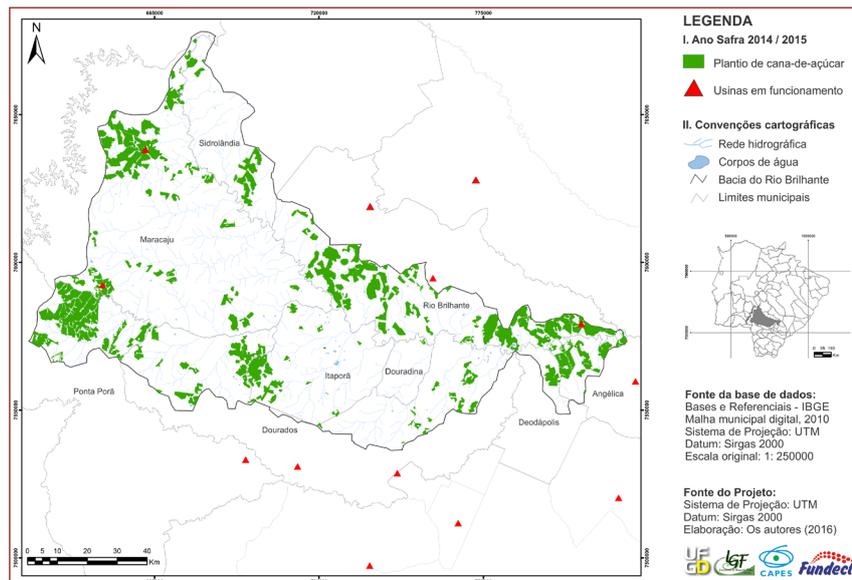
Os diversos níveis de informação que foram agregados para compreen-

Figura 7. Mapa das áreas ocupadas com a cultura da cana-de-açúcar no ano safra de 2000/2001.



Fonte: USGS (2015a). Elaborado por FERREIRA e SILVA (2016).

Figura 8. Mapa das áreas ocupadas com a cultura da cana-de-açúcar no ano safra de 2014/2015.



Fonte: USGS (2015b). Elaborado por FERREIRA e SILVA (2016).

são da problemática inserida da bacia foram fundamentados na análise espacial por meio de técnicas e ferramentas de sensoriamento remoto, aliadas ao controle de campo, o que permitiu identificar e mapear as áreas de expansão da cana-de-açúcar de maneira bastante eficiente.

As atividades de campo foram desempenhadas a fim de qualificar e obter maior exatidão dos dados referente às áreas ocupadas com cana-de-açúcar, tal verificação *in loco* destacou-se como uma etapa primordial para identificação das respostas espectrais dos diferentes alvos, sobretudo da cana-de-açúcar,

objeto foco do estudo. O levantamento em campo auxiliou ainda, na criação das chaves de interpretação para a cana, que subsidiou o processo de interpretação visual e separação da cana-de-açúcar dos demais cultivos agrícolas.

Cabe aqui salientar que o estudo em questão utilizou a bacia hidrográfica como base do estudo devido sua importância no cenário sul-mato-grossense, porém o emprego deste conjunto de técnicas é passível e apropriado para qualquer outro recorte territorial. Em suma, o uso da técnica de NDVI como instrumento para evidenciar dinâmicas territoriais advindas da cana-de-açúcar



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 2, n. 22
Julho-Dezembro, 2016
ISSN: 2175-3709

se mostra viável e de grande valia e, se atrelada a outras técnicas, se apresenta com grande eficácia e subsidia a crítica e/ou a proposição de ações mitigadoras importantes nas áreas onde ocorre o plantio dessa cultura.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. C. **Modernização e pobreza: a expansão da agroindústria canavieira e seu impacto ecológico social.** São Paulo: USP/FFLCH - GEO, 1994.
- AZEVEDO, J. R. N. **Expansão da agroindústria canavieira no Mato Grosso do Sul: relação capital x trabalho e reconfiguração espacial.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2008.
- BACKES, T. R. **O capital agroindustrial canavieiro no Mato Grosso do Sul e a internacionalização da produção.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2009
- CANASAT. Mapeamento da cana via imagens de satélite de observação da Terra. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/>. 2013. Acesso em 14 jun. 2015.
- CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L. **Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors.** Remote Sensing of Environment, v. 113, p. 893-903, 2009. Disponível em: http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat_Calibration_Summary_RSE.pdf.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** 1º Edição. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira cana-de-açúcar Safra 2014/15.** Terceiro Levantamento. Dez. Brasília: Conab, 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em 12 jun. 2015.
- DOMINGUES, A. T. **A territorialização do grupo agroindustrial canavieiro Louis Dreyfus no Mato Grosso do Sul.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2010.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). ArcGIS professional GIS for the desktop, version 10.2.2, 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Precipitação esperada na Bacia do Rio Brilhante, MS.** Dourados, MS, Embrapa/ Embrapa Agropecuária Oeste, 2005.
- FERREIRA, P. S; SILVA, C. A. **Avaliação do uso e ocupação das terras associada à vulnerabilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS.** In: Anais VIII SLAGF IV SIAGF, Santiago - Chile, p. 471-480, 2014.
- FERREIRA, P.S; SILVA, C. A; PARANHOS FILHO, A. C. **Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Caracterização da Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Brilhante MS.** Revista Equador, v. 4, p. 670-677, 2015.
- FERREIRA, P. S; SILVA, C. A. **Caracterização do Uso das Terras da Bacia Hidrográfica do Rio Brilhante - MS, a Expansão da Cana-de-Açúcar.** In: Anais XI ENANPEGE, Presidente Prudente - SP, 2015.
- FRATA, A.M, FARIA, A.B. **A cana-de-açúcar na região hidrográfica do rio Paraná e a produção de grãos, a pecuária e a cana na sub-bacia do rio Ivinhema.** Ecoa, Campo Grande - MS, 2008.
- GIRÃO, O.; CORRÊA, A. C. de B. **A contribuição da geomorfologia para o planejamento da ocupação de novas áreas.** Revista de Geografia. Recife: UFPE-DCG/ NAPA, v. 21, n. 2, p. 36-58, 2004. Disponível em: <http://www.cchla.ufrn.br/>. Acesso em: jul/2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Introdução ao processamento digital das imagens.** Primeira Divisão de Geociências do Nordeste. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.
- _____. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** Rio de Janeiro: IBGE, Manuais Técnicos em Geociências, 2012. 271 p.
- _____. **Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA): banco de dados agregados.** Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Rio de Janeiro,

2015. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1618&z=-t&o=3>. Acesso em: jul/2015.

JACKSON, R. D.; HUETE, A. R. **Interpreting vegetation indices**. Preventive Veterinary Medicine, v.11, n.3-4, p.185-200, 1991.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico. **Estudo da dimensão territorial do Estado do Mato Grosso do Sul: Regiões de Planejamento**. Campo Grande, 2015.

MORAES, E. C.; **Fundamentos de sensoriamento remoto**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2002.

MOREIRA, M. A.; SHIMABUKURO, Y. E. **Cálculo do índice de vegetação a partir do sensor AVHRR**. In: Ferreira, N. J. (Coord.). Aplicações Ambientais Brasileiras dos Satélites NOAA e TIRO-N. São Paulo: Oficina de Textos, cap. 4, p.79-101, 2004.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Landsat 7 science data users**. 1998. Disponível em: <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat7_Handbook.pdf>.

OLIVEIRA, H. de; URCHEI, M. A. FIETZ, C. R. **Aspectos físicos e socioeconômicos da bacia hidrográfica do rio Ivinhema**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2000, 52 p.

PEREIRA, M. C. **A expansão da cadeia sucroalcooleira em Mato Grosso do Sul, dinâmica e determinantes**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Multiinstitucional em Agronegócios. Campo Grande, 2007.

PINTO JUNIOR, S. C.; SILVA, C. A.; BEREZUK, A. G. **As transformações da paisagem na Unidade de Planejamento e Gerenciamento Ivinhema a partir da expansão da cana-de-açúcar**. Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas, v. 19, p. 28-55, 2014.

QGIS Development Team, 2015. QGIS versão 2.12.0 “Lyon”. Geographic Information System. *Open Source Geospatial Foundation Project*. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1998.

RODRÍGUEZ, J. M. M; SILVA, E. V. da; LEAL, A. C. **Planejamento ambiental de bacias hidrográficas desde a visão da geoecologia das paisagens**. In: FIGUEIRÓ, A. S; FOLETO, E. (orgs). Diálogos em geografia física. Santa Maria: Ed. UFSM, 2011.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

RUDORFF, B.F.; AGUIAR, D.A.; SILVA, W.F. **Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo State (Brazil) using Landsat data**. Remote Sensing, Ottawa, v. 2, n.4, p.1.057-1.076, 2010.

SANTOS, R. F. dos (org). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007

SINGH, D.; MEIRELLES, M. S. P.; COSTA, G. A.; HERLIN, I.; BERROIR, J. P.; SILVA, E. F. **Environmental degradation analysis using NOAA/AVHRR data**. Advances in Space Research, v.37, p.720-727, 2006.

TORRES-GÓMEZ, M.; DELGADO, L. E.; MARÍN, V. H.; BUSTAMANTE, R.O. **Estructura del paisaje a lo largo de gradientes urbano-rurales en La cuenca del río Aisén (Región de Aisén, Chile)**. Revista Chilena de Historia Natural: Santiago, v. 82, n. 1 p.73-82, 2009.

USGS. **United States Geological Survey**. Imagem LANDSAT 5. Sensor TM. Canais 1,2,3,4,5,6,7 e pan. Órbita 224 e 225 ponto 075. De 02 de agosto de 2001 e 09 de agosto de 2001. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. 2015. (a).

USGS. **United States Geological Survey**. Imagem LANDSAT 8. Sensor OLI. Canais 1,2,3,4,5,6 e pan. Órbita 224 e 225 ponto 075. De 09 de agosto de 2015 e 31 de julho de 2015. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. 2015. (b).

USGS. **United States Geological Survey**. Using the USGS Landsat 8 product. 2015. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php>. (c).



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 2, n. 22
Julho-Dezembro, 2016
ISSN: 2175-3709