Universidade Estadual de Goiás
Câmpus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas - Henrique Santillo
Programa de Pós-Graduação S*tricto Sensu* em Recursos Naturais do Cerrado

DANIELA DE LIMA

Análise da paisagem no entorno de propriedades com sistema de integração lavoura-pecuária-floresta no Cerrado goiano

Anápolis

2018

DANIELA DE LIMA

Análise da paisagem no entorno de propriedades com sistema de integração lavoura-pecuária-floresta no Cerrado goiano

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais do Cerrado, da Universidade Estadual de Goiás, para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais do Cerrado. Orientadora: Profª Drª. Samantha Salomão Caramori e Co-orientador: Prof. Dr. Manuel Eduardo Ferreira.

Anápolis

2018

Lima, Daniela de.

Avaliação temporal de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta em Goiás: análise da paisagem e qualidade ambiental – 2017. 82 f.: figs, tabs.

Orientadora: Profª. Drª. Samantha Salomão Caramori
Coorientador: Prof. Dr. Manuel Eduardo Ferreira

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Goiás. Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais do Cerrado, 2018.

Bibliografia.

Dedicatória

Dedico este trabalho aos mais sinceros e fiéis companheiros que tive ao longo de minha existência, todos meus cães, em especial ao Toru, que hoje está no auge de seus doze anos de idade e ao longo deste tempo me trouxe muitas alegrias, além de sua companhia e amor incondicional.

Agradecimentos

Às minhas irmãs Kenia Haberl de Lima e Mariana Haberl de Lima, que sempre me auxiliaram com conselhos e presença. À minha tia Maria José Haberl e minha avó Julia Lomazzi (*in memorian)*, que estiveram presentes em todos momentos difíceis de minha vida, dando suporte principalmente às necessidades emocionais, à minha prima Fernanda Cristina Haberl de Oliveira que sempre foi uma irmã. Ao meu tio Fernando Junior Haberl *(in memorian)* e ao meu avô Fernando Haberl *(in memorian)*, pelos exemplos de força que sempre me deram.

Ao meu ex-marido e amigo de tantos anos, Fernando Vinicius Pereira, por todo apoio que me dá desde meus quinze anos de idade; obrigada pelo incentivo a voltar aos estudos, obrigada pela ajuda no inglês, por me "empurrar" ao vestibular e sempre me mostrar que sou capaz, mesmo nos momentos de tristeza e desânimo. Obrigada por até hoje fazer parte de minha vida, sendo o irmão que não tive, o amigo de todas horas, se fazendo presente em todos momentos (bons e ruins) de minha jornada; muito do que sou e grande parte do que alcancei na vida foi graças ao seu apoio, força e incentivo.

Agradeço aos colegas de mestrado pelas experiências compartilhadas, de uma forma especial ao meu amigo querido Ronny José de Moraes e Thâmara Machado e Silva, pelas conversas, companhia e pelo compartilhamento de conhecimento que me proporcionaram, além de sua amizade sincera.

Agradeço especialmente à minha amiga de longa data, Denise Aparecida Carvalho, exemplo de superação em que me espelho, incentivadora de meu ingresso neste Programa e companheira de todas as horas ao longo de anos de amizade; sem você eu não teria chegado até aqui.

À Universidade Federal de Goiás (UFG), onde tive excelentes professores em minha graduação, que deram formação e conhecimento suficiente para que pudesse ingressar neste Programa, além da concessão de meu co-orientador Prof. Dr. Manuel Eduardo Ferreira, ao qual agradeço imensamente o auxílio. À Universidade Estadual de Goiás (UEG) e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais do Cerrado (RENAC), pelo curso de mestrado. À nossa querida Arminda Campos - Nina (secretária do Programa de Pós Graduação), por sua amizade, auxílio nos momentos difíceis, paciência e conselhos tão preciosos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Recursos Naturais do Cerrado, que de alguma forma contribuíram para meu engrandecimento intelectual e

pessoal, em especial aos professores Murilo Mendonça Oliveira de Souza e Patrick Thomaz de Aquino Martins, pelas valiosas contribuições em minha qualificação.

Agradeço ao monitor do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade Federal de Goiás (LAPIG/UFG), João Vitor Silva Costa, pela imensa contribuição na confecção dos mapas iniciais deste trabalho.

Agradeço em especial à minha orientadora Profª Drª Samantha Salomão Caramori, pela paciência, boa vontade, carisma e compreensão em adequar sua orientação à minha área de estudo, por tornar possível a concretização deste trabalho através de muitas discussões e contribuições tão significativas; tenha certeza que a Daniela que sai deste Programa não é a mesma que o adentrou e que muito do meu aprendizado se deu ao seu auxílio.

Por fim, agradeço ao restante de minha família aqui não citada, que me mostrou como eu deveria agir ao longo da vida; agradeço imensamente por desde cedo me mostrarem o que eu não deveria me tornar e qual caminho eu não deveria seguir.

Muito obrigada por todas contribuições!

SUMÁRIO

Resumo 01
Abstract 03
Lista de Figuras 04
Lista de Quadros 06
Lista de Tabelas 07
Lista de abreviaturas e siglas 08
Introdução 09
Objetivos e hipóteses 10
Fundamentação teórica 12
Materiais e métodos 19
Resultados e discussão 26
Considerações finais 59
Referências bibliográficas 62

Resumo com palavras-chave

Os sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) são atualmente uma alternativa para a melhoria da qualidade ambiental nas regiões onde são implantados os sistemas de pastagem ou agricultura tradicionais. Proprietários rurais no bioma Cerrado vêm aderindo à utilização de tais técnicas, havendo diversos estudos sobre o comportamento dos solos que sustentam essa modalidade agropecuária. A paisagem é uma das composições mais atingidas pelas modificações promovidas por esta atividade. Assim, com o uso de técnicas de sensoriamento remoto, o presente estudo realizou a avaliação de três sistemas de ILPF localizados em Cerrado goiano, em um recorte temporal de 10 anos (2006/2016), cujos resultados demonstram as implicações paisagísticas que o sistema oferece comparativamente às áreas de seu entorno. Foram determinadas três áreas de estudo e, a partir delas, foi feita a obtenção de imagens de satélite *Landsat 5* (2006) e *Landsat 8* (2016), com as quais foram gerados buffers de 10 km a partir das propriedades analisadas e, a partir destas imagens, estruturados diversos mapas: uso do solo, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), mapas clinográficos e de declividade. Com os mapas de uso do solo foram geradas as métricas das propriedades e seus entornos, assim como com os mapas de declividade foram gerados os perfis topográficos tanto das propriedades quanto seus entornos que, em conjunto, geraram os dados que determinaram a caracterização das áreas de estudo possibilitando a comparação temporal entre os décadas de 2006 e 2016, assim como das propriedades que adotam o sistema de integração em relação às propriedades com agropecuária baseada nos moldes tradicionais. Os sistemas de integração se mostraram mais adequados ambientalmente, uma vez que são sistemas planejados e que levam em conta neste planejamento alguns fatores importantes que estruturam a paisagem, como relevo e tipo de solo. Desta forma, as áreas que abrigam os sistemas de integração alcançaram os melhores valores globais de métricas, com índices de forma, tamanho e fragmentação, densidade de bordas mais apropriada, além dos valores de NDVI se mostrarem mais satisfatórios que em áreas ocupadas por pasto ou agricultura em seu entorno, indicando que os sistemas agropecuários tradicionais de ocupação do solo não são as melhores alternativas para conservação da paisagem, principalmente ao fazerem uso de técnicas como a de irrigação por pivôs centrais ou mesmo pela prática monocultora, que traz diversos prejuízos ambientais, dentre eles a esterilidade do solo e a escassez da água. Aconselha-se a conversão de áreas ocupadas por agropecuária tradicional para sistemas de integração agroflorestais ou agrossilviculturais como forma de melhorar a

produtividade, reduzindo a necessidade de expandir o território de Cerrado ocupado por esta atividade.

palavras-chave: Cerrado, ILPF, paisagem, agrossilvipastoril, geoprocessamento

Abstract with keywords

The Crop-Livestock-Forest integration systems (ILPF) are currently an alternative for improving environmental quality in regions where traditional pasture or agriculture systems are implemented. Rural owners in the Cerrado biome have been adhering to the use of such techniques, and there have been several studies on the behavior of soils that support this agricultural modality. The landscape is one of the most affected compositions by the changes promoted by this activity. Thus, with the use of remote sensing techniques, the present study evaluated three ILPF systems located in the Cerrado of Goiás, in a 10 years temporal cut (2006/2016), whose results demonstrate the landscape implications that the system offers compared to the surrounding areas. Three areas of study were determined and, from them, satellite images Landsat 5 (2006) and Landsat 8 (2016) were obtained, with which 10 km buffers were generated from the properties analyzed and, from these images, structured several maps: land use, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), clinographic and slope maps. With the land use maps, the properties and its surroundings metrics were generated, as well as with the slope maps were generated the topographic profiles, both of the properties and their surroundings, which together generated the data that determined the areas of study characterization allowing the temporal comparison between the decades of 2006 and 2016, as well as of the properties that adopt the system of integration in relation to the properties with agriculture based on the traditional molds. The integration systems were shown to be more environmentally suitable, since they are planned systems that take into account in this planning some important factors that structure the landscape, such as relief and soil type. In this way, the areas that harbor the integration systems reached the best global values of metrics, with indices of shape, size and fragmentation, more appropriate border density, and more satisfactory NDVI values than in pasture or agriculture in its surroundings, indicating that the traditional agricultural systems of land occupation are not the best alternatives for conservation of the landscape, mainly when using techniques such as irrigation by central pivots or even by the monoculture practice, which brings several environmental damages, among them the soil sterility and the shortage of water. It is advisable to convert areas occupied by traditional farming to agroforestry or agroforestry integration systems as a way of improving productivity, reducing the need to expand the Cerrado territory occupied by this activity.

Keywords: Cerrado, ILPF, landscape, agroforestry, geoprocessing

Lista de Figuras

Figura 1: Localização das áreas de estudo no estado de Goiás.
Figura 2: Localização de remanescentes de Cerrado.
Figura 3: Entorno da Fazenda J & J em 2006, com buffer de 10 km.
Figura 4: Entorno da Fazenda J & J em 2016, com buffer de 10 km
Figura 5: Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para o entorno da Fazenda J & J, com buffer de 10 km (A: ano de 2006; B: ano de 2016).
Figura 6: Dinâmica do uso do solo na Fazenda J & J (Cristalina - GO) e entorno (período 2006/2016).
Figura 7: Variação dos valores de NDVI – Fazenda J & J e pontos amostrais no entorno (Cristalina - GO) em série temporal entre 2006 e 2016.
Figura 8: Variação dos valores médios de NDVI – Entorno da Fazenda J & J (Cristalina - GO) 2006/2016.
Figura 9: Mapa clinográfico (hipsométrico) - Fazenda J & J e entorno.
Figura 10: Declividade da Fazenda J & J e entorno.
Figura 11: Perfis topográficos latitudinal e longitudinal da Fazenda J & J (A: Latitudinal; B: Longitudinal).
Figura 12: Perfis topográficos latitudinal e longitudinal do entorno da Fazenda J & J (A: Latitudinal; B: Longitudinal).
Figura 13: Área de silvicultura na Fazenda Boa Vereda. Fonte: Daniela de Lima. Data: 20/09/2017.
Figura 14: Entorno da Fazenda Boa Vereda em 2006. (A: satélite; B: Uso do solo).
Figura 15: Entorno da Fazenda Boa Vereda em 2016. (A: satélite; B: Uso do solo).
Figura 16: Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para o entorno da Fazenda Boa Vereda. (A: ano de 2006; B: ano de 2016).
Figura 17: Dinâmica do uso do solo na Fazenda Boa Vereda (Cachoeira Dourada - GO) e entorno (período 2006/2016).
Figura 18: Variação dos valores de NDVI – Fazenda Boa Vereda e pontos amostrais no entorno (Cachoeira Dourada - GO) em série temporal entre 2006 e 2016.
Figura 19: Variação dos valores médios de NDVI – Entorno da Fazenda Boa Vereda (Cachoeira Alta, Goiás) 2006/2016.
Figura 20: Área de pastagem com relevo plano na Fazenda Boa Vereda. Fonte: Daniela de Lima. Data: 20/09/2017.

Figura 21: Mapa clinográfico (hipsométrico) - Fazenda Boa Vereda e entorno - 2006/2016.
Figura 22: Declividade da Fazenda Boa Vereda e entorno - 2006/2016.
Figura 23: Perfis topográficos latitudinal e longitudinal da Fazenda Boa Vereda (A: Latitudinal; B: Longitudinal).
Figura 24: Perfis topográficos latitudinal e longitudinal do *buffer* da Fazenda Boa Vereda (A: Latitudinal; B: Longitudinal).
Figura 25: Fazenda Santa Brígida. Fonte: Leciana Menezes Zago, data: 22/04/2017.
Figura 26: Entorno da Fazenda Santa Brígida em 2006. (A: satélite; B: Uso do solo).
Figura 27: Entorno da Fazenda Santa Brígida em 2016. (A: satélite; B: Uso do solo).
Figura 28: Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para o entorno da Fazenda Santa Brígida. (A: ano de 2006; B: ano de 2016).
Figura 29: Dinâmica do uso do solo na Fazenda Santa Brígida (Ipameri, Goiás) e entorno (período 2006/2016).
Figura 30: Variação dos valores de NDVI – Fazenda Santa Brígida e pontos amostrais no entorno (Ipameri, Goiás) em série temporal entre 2006 e 2016.
Figura 31: Variação dos valores médios de NDVI – Entorno da Fazenda Santa Brígida (Ipameri, Goiás) 2006/2016.
Figura 32: Fazenda Santa Brígida (Ipameri, Goiás). Fonte: Leciana Menezes Zago, data: 22/04/2017).
Mapa clinográfico (hipsométrico) - Fazenda Santa Brígida e entorno – 2006/2016.
Figura 33: Declividade da Fazenda Santa Brígida e entorno - 2006/2016.
Figura 34: Perfis topográficos latitudinal e longitudinal da Fazenda Santa Brígida (A: Latitudinal; B: Longitudinal).
Figura 35: Perfis topográficos latitudinal e longitudinal *Buffer* da Fazenda Santa Brígida (A: Latitudinal; B: Longitudinal).

Lista de Quadros

Quadro 1: Dados das propriedades rurais dos satélites/sensores utilizados para análise neste trabalho.

Quadro 2: Classe de declividade do relevo (%), segundo a Embrapa (1999).

Quadro 3: Classes e categorias de declividade, com respectiva fragilidade à dissecação.

Lista de Tabelas

Tabela 1: Métricas da paisagem - Entorno da Fazenda J & J (Cristalina, Goiás) 2006.
Tabela 2: Métricas da paisagem - Entorno da Fazenda J & J (Cristalina, Goiás) 2016.
Tabela 3: Métricas da paisagem - Entorno da Fazenda Boa Vereda (Cachoeira Dourada - GO) em 2006
Tabela 4: Métricas da paisagem - Entorno da Fazenda Boa Vereda (Cachoeira Dourada - GO) em 2016
Tabela 5: Métricas da paisagem - Entorno da Fazenda Santa Brígida (Ipameri - GO) em 2006.
Tabela 6: Métricas da paisagem - Entorno da Fazenda Santa Brígida (Ipameri - GO) em 2016.

Lista de Abreviaturas e Siglas

BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
CAR	Cadastro Ambiental Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ILP	Integração Lavoura-Pecuária
ILPF	Integração Lavoura-Pecuária-Floresta
ILP	Integração Lavoura-Pecuária
LANDSAT	*Land Remote Sensing Satellite*
LAPIG	Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento
LAT	Latitude
LONG	Longitude
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MAXVER	Máxima Verossimilhança
MDE	Modelo Digital de Elevação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MNE	Modelo Numérico de Elevação
NASA	*National Aeronautics and Space Administration*
NDVI	*Normalized Difference Vegetation Index*
OLI	*Operational Land Imager*
PROBIO	Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira
PROFIR	Programa de Financiamento de Equipamentos para a Irrigação
PRONI	Programa Nacional de Irrigação
REM	Radiação Eletromagnética
ROI	*Region of interest*
SNPA	Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária
SRTM	*Shuttle Radar Topography Mission*
TIRS	*Thermal Infrared Sensor*
TM	*Thematic Mapper*
USGS	*United States Geological Survey*

1. Introdução

O Ecossistema de savana mais rico do mundo encontra-se na América do Sul, mais precisamente no Brasil, na região conhecida como Cerrado. Tal fato se deve, em geral, ao elevado grau de endemismo das espécies de flora e fauna que habitam este ambiente (cerca de 40%), potencializadas por um sistema de solos, clima, hidrografia e relevo bastante peculiares dentre os biomas brasileiros (Klink e Machado, 2005; Ministério do Meio Ambiente, 2015), inclusive pela larga extensão territorial (pouco mais de 2 milhões de km^2, ao longo de 10 unidades da federação).

Por outro lado, este complexo vegetacional encontra-se bastante ameaçado há várias décadas. Segundo dados do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira - PROBIO (PROBIO/MMA - Sano et al., 2008), referentes ao ano de 2002, cerca de 40% do Cerrado já estavam convertidos em áreas de pastagens e agricultura.

Levantamentos do projeto TerraClass Cerrado, referentes ao ano de 2013 (Ministério do Meio Ambiente, 2015) confirmaram este processo de incorporação do uso do solo pelas atividades agropecuárias, indicando em 50% a perda de áreas nativas (destes, 35% apenas em áreas de pastagens). Provavelmente, ao término desta leitura, mais 100 hectares de Cerrado terão sido desmatados[1], endossando o risco de extinção e/ou intensa fragilidade ambiental pelas próximas 4 décadas (Ferreira et al., 2013; Strassburg et al., 2017).

Na perspectiva do agronegócio, as porções de Cerrado no Centro-Oeste brasileiro, juntamente com aquelas na região Nordeste, são reconhecidas como uma das principais fronteiras agrícolas do país (processo iniciado na década de 1970), possivelmente uma das últimas fronteiras em todo o globo terrestre (Lambin et al., 2014; Strassburg et al., 2017).

Estudo realizado pela Embrapa Cerrados (1999) demonstra que o Cerrado possuía potencial de expansão da área total cultivada em 37 milhões de hectares no final da década de 1990. Esta projeção, embora já ultrapassada, traz uma ideia do potencial agrícola da região, uma vez que inúmeras inovações tecnológicas no campo agrícola se tornaram acessíveis nos últimos anos, sobretudo na área da genética e da agricultura de precisão (correções locais de nutrientes para o sistema solo-planta, água e relevo).

Como alternativa à expansão de áreas de Cerrado para o agronegócio é o sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), que apesar de recente no bioma Cerrado (Balbino, Barcellos e Stone, 2011), a sua utilização vem se mostrando interessante para a recuperação de pastagens degradadas ou com baixa produtividade bovina, em geral associadas

[1] Estimativa baseada nos dados do Sistema Integrado de Alerta de Desmatamentos, o qual indica uma média de 4 mil km^2 de desmatamentos anuais (base 2002 – 2015), o equivalente a 50 hectares por hora.

ao cultivo de eucalipto. Além de ser uma estratégia para recuperação de pastagens e consequente aumento na produtividade pecuária, há também a possibilidade de compensação das emissões de gases de efeito estufa emitidos pelos animais (Almeida, 2010 apud Balbino et al., 2012).

O *Eucalyptus* é um gênero nativo da Austrália que foi introduzido no Brasil em 1868 no Rio Grande do Sul, para suprir as necessidades de lenha, postes e dormentes das estradas de ferro na Região Sudeste (Lima, 1993). O *Eucalyptus* é um dos gêneros mais utilizados na silvicultura goiana, tendo como foco principal a produção de lenha. As cidades de Ipameri e Cristalina estão dentre as oito cidades goianas que produzem esta madeira para a fabricação de carvão vegetal (Embrapa, 2012). Tal produção pode ser considerada ambientalmente adequada, pois quando plantada em áreas degradadas ou de savana, é possível observar a substancial elevação da quantidade de húmus na terra (Bouvet, 1999).

Além da produção voltada para a lenha, as folhas do *Eucalipto C. Citriodora* também possuem potencial comercial, por produzirem o óleo essencial citronelal, que é extraído de suas folhas e utilizado para aromatização de ambientes e produção de desinfetantes, detergentes, sabões, mascarantes industriais, ceras, saponáceos, pedras sanitárias, além de matéria-prima para a indústria de perfumaria e fármacos (Vitti e Brito, 2003). O Brasil possui potencial para esse tipo de cultivo, sendo a produção de folhas de eucalipto para extração de óleo essencial uma alternativa interessante a ser considerada para o estado de Goiás (Reis, 2015).

Apesar de apresentar aspectos ambientais positivos em determinadas situações e ser economicamente rentável, é importante salientar que se trata de uma planta exótica e que extensas monoculturas de eucalipto tornam os ecossistemas vulneráveis podendo levá-los à desertificação, devido à sua alta demanda por água que esgota a umidade do solo, diminui a recarga do lençol freático, desestabilizando o ciclo hidrológico (Jayal, 1985; Reynolds & Wood, 1977).

No Vale do Jequitinhonha, foi feita a comparação dos balanços hídricos em plantações de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) e pinus (*Pinus caribea*) em três municípios, em relação a uma parcela da vegetação nativa de Cerrado ao longo de dois anos. Nas áreas analisadas foi medida a evapotranspiração anual através do método balanço hídrico do solo, tendo como resultado conseqüências danosas ao meio ambiente, provocados pelas florestas de eucalipto e pinus, ocasionando uma perda importante na parcela da recarga, devido à maior demanda evapotranspirativa daquelas espécies em relação às nativas de Cerrado (Lima et al., 1990).

Em contrapartida, estudos recentes na Embrapa Gado de Corte - MS, comprovam que

o sistema traz resultados satisfatórios não somente na recuperação do pasto degradado, mas também na compensação das emissões de gases de efeito estufa emitidos pelos animais, o que é corroborado pelas pesquisas realizadas por instituições ligadas ao Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), que estudam os sistemas agrossilvipastoris há muitos anos, desenvolvendo e aprimorando tecnologias para recuperação de pastagens degradadas através da utilização de tal sistema. (Baggio e Schreiner, 1988; Kluthcouski et al., 1991; Baggio e Porfirio-da-silva, 1998; Lustosa, 1998; Almeida, 2010; Balbino, Barcellos e Stone, 2011; Balbino et al., 2012).

Sendo assim, há a necessidade de adequação do manejo de solos do Cerrado para a promoção do aumento da sustentabilidade, mitigando perdas de matéria orgânica, perdas de solo pela erosão e perdas de água (Lopes e Daher, 2008). A própria Embrapa (Embrapa, 2012) já alertava para o fato de que a exploração de madeira nativa e a expansão da fronteira agrícola promovidas nos últimos trinta anos resultaram em significativa alteração na configuração da paisagem do Cerrado, em especial em Goiás (único estado totalmente inserido neste bioma), ressaltando ainda mais a necessidade de cultivo florestal como forma de preservação das florestas nativas remanescentes.

Seja pela expansão da agricultura, seja pela pecuária, ambas atividades agrícolas representam fontes de risco para o Cerrado, ao exceder a utilização de pesticidas e fertilizantes (Verdesio, 1990), sobretudo com uma pecuária prioritariamente extensiva e extrativista. Neste caso, em contraponto às práticas monocultoras tradicionais, alguns benefícios dos sistemas de integração, como maior lucratividade, baixos custos de produção, geração de empregos e preservação ambiental, são elementos altamente importantes para a sustentabilidade no setor agropecuário (Kluthcouski e Aidar, 2004).

O sistema ILPF, também chamado agrossilvipastoril, integra componentes como rotação, consórcio ou sucessão em uma mesma área, sendo que o elemento lavoura pode ser utilizado na fase inicial de implantação do elemento florestal, ou em ciclos ao longo do desenvolvimento do sistema. Os sistemas devem ser planejados levando-se em consideração os diferentes aspectos socioeconômicos e ambientais das unidades de produção (Balbino, Barcellos e Stone, 2011).

Apesar de os sistemas mistos de produção agrícola serem mais sustentáveis do que as monoculturas especializadas em produção de grãos e fibra, a adoção do sistema de integração lavoura-pecuária ainda é pequena no Brasil, possivelmente devido ao maior custo de implantação e maior complexidade para manutenção (Wilkins, 2008; Vilela, 2012).

No ponto de vista da dinâmica da paisagem, sabemos que sua qualidade deve ser

medida pelo nível das interações ecológicas e pelos aspectos visuais, podendo ser estudada nas escalas espaciais e temporais. O fator temporalidade refere-se às mudanças dos elementos formadores da paisagem ao longo do tempo, pela eliminação e/ou inserção de novos elementos (naturais e antrópicos). Inserindo o desequilíbrio ambiental neste processo observamos que a evolução da paisagem pode ser percebida pelas mudanças em seu processo natural de transformação, bem como por um episódio de desequilíbrio ecológico (Turner, 1990).

A perspectiva em relação a este trabalho é alcançar um parecer sobre a paisagem de áreas que abrigam sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, distinguindo se estes locais são ambientalmente mais adequados que seu entorno.

Espera-se encontrar um comportamento paisagístico mais apropriado dentro do sistema de integração, com melhor interação entre os seus elementos que em seu *buffer*, demonstrando que este ambiente possui uma paisagem ambientalmente mais adequada que no seu entorno, onde a intervenção humana utiliza tipos diversos de uso do solo. Os resultados obtidos com as amostras estudadas poderão auxiliar na comprovação de que as áreas que comportam sistemas de integração possuem melhor padrão de qualidade da paisagem ou vice-versa.

Neste contexto, a presente pesquisa tem como foco a análise da paisagem de três áreas de Cerrado ocupadas pelo sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e seu entorno imediato, com base no recorte temporal de uma década (2006/2016). Técnicas de sensoriamento remoto foram empregadas na construção de mapas que irão orientar esta pesquisa, uma vez que a análise de mapas temáticos é uma das formas para estudar as alterações que ocorrem na estrutura da paisagem em determinado período de tempo, sendo, portanto, o suporte para a caracterização das alterações na área de estudo (Gustafson, 1998).

2. Objetivos e hipóteses

Como objetivo geral, busca-se avaliar, de forma comparativa, a qualidade da paisagem em áreas ocupadas pelo sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, com as áreas em seu entorno (sistemas tradicionais ou paisagens nativas), promovendo a caracterização de áreas com remanescentes de Cerrado, silvicultura, pastagem e agricultura.

Dentre os objetivos específicos, busca-se:

- Avaliar o comportamento espaço-temporal (período de dez anos) das paisagens com ILP e ILPF;
- Verificar a integridade física da paisagem estudada a partir do uso de algumas métricas da paisagem;
- Verificar a influência do sistema de integração na distribuição de vegetação nativa no entorno;

A hipótese desta pesquisa é a de que nas áreas com sistemas de integração há um melhor manejo do solo, com paisagens mais equilibradas sob o ponto de vista ecológico (aspectos bióticos e físicos) do que nas áreas ocupadas por métodos tradicionais em seu entorno.

Capítulo 1. Fundamentação Teórica

As unidades de paisagem natural, definidas a partir de critérios de fotointerpretação, devem ser analisadas à luz de suas características genéticas e daquelas relacionadas à sua interação com o meio ambiente, para que se possa conhecer e classificar sua capacidade de sustentação à ação humana, assim como a sua cobertura vegetal, que está diretamente ligada à sua capacidade de proteção (Crepani, 2001).

O Geoprocessamento pode ser entendido como um conjunto de conceitos, métodos e técnicas dirigido à transformação de dados ambientais georreferenciados em informação relevante para a compreensão e o manejo de ambientes (Xavier-Da-Silva, 2016).

O principal objetivo do sensoriamento remoto é expandir a percepção sensorial do ser humano, tanto através da visão panorâmica proporcionada pela aquisição de informações aéreas ou espaciais, tanto pela possibilidade de se obter informações inacessíveis à visão, sendo uma metodologia de trabalho que se refere à obtenção de imagens à distância da superfície terrestre, através de sensores remotos acoplados a satélites de observação da Terra. Assim, a interpretação de imagens de satélite permite a elaboração rápida de mapas temáticos atualizados e precisos de diferentes paisagens resultantes do processo de uso e ocupação do solo, (Novo, 1992; Florenzanno, 2007).

As informações obtidas pelas técnicas de sensoriamento remoto são utilizadas para o estudo de grandes e pequenas áreas, pois permitem a obtenção de uma visão precisa do espaço - permitindo analisar o conjunto da radiação eletromagnética transformada em imagens (Pinheiro, 2007).

Desde os anos 1970 o governo norte-americano colocou em órbita a série de satélites Landsat *(Land Remote Sensing Satellite)*, tendo sua tecnologia constantemente aprimorada, inclusive com diversos níveis de resolução, sendo que em 2013 foi lançada sua 8ª plataforma orbital que possui resolução espacial de 30 m e resolução temporal de 16 dias (Steffen, 2000; Carminato et al., 2015).

Nos sensores acoplados ao satélite Landsat tem-se a variação das bandas espectrais, visando destacar os alvos na superfície, como a vegetação e o solo; ressalta-se, neste caso, a absorção da luz solar na faixa do vermelho (Red) pelos pigmentos fotossintéticos presentes nas plantas, e a faixa com maior reflectância da luz, no infravermelho próximo (Meneses et al., 2012).

O mesmo ocorre no sensor mais novo da série Landsat (sensor OLI), com uma banda que registra a absorção da radiação pelas plantas fotossinteticamente ativas (verde) - banda 4, enquanto a banda 5 destaca a reflectância no infravermelho próximo, sendo a variedade de

bandas e suas faixas espectrais dependerão do tipo de sensor/propósitos (Carminato et al., 2015). Como exemplo, uma imagem de satélite colorida (padrão RGB) é o resultado da combinação das cores azul, verde e vermelho com as diferentes faixas espectrais registradas, de acordo com a associação dada a cada uma das bandas.

O emprego de índices de vegetação como o NDVI facilita a aquisição de parâmetros biofísicos das plantas, como a área foliar, biomassa e porcentagem de cobertura do solo, com destaque para a região do espectro eletromagnético do infravermelho, que pode fornecer importantes informações fitopatológicas (Jensen, 2009). Por esta razão, o NDVI é um dos índices de vegetação mais utilizados para avaliação de culturas agrícolas devido à sua correlação com a produtividade e evapotranspiração da planta (Huete et al., 2002).

Normalmente, a supressão de áreas florestais nunca é absoluta, ou seja, em quase todas paisagens desmatadas, alguma área florestada é mantida, sendo estas chamadas de fragmentos de florestas, como forma de salientar que elas se comportam de forma diferente de florestas intactas (Rodrigues, 1998). As áreas de fragmentos florestais passam a ser estudadas através das métricas da paisagem, trazendo informações relevantes sobre as mesmas. O processo de fragmentação leva à formação de uma paisagem em mosaico com a estrutura constituída por manchas ou fragmentos, corredores e matriz (Metzger, 2001).

Esse retalhamento da paisagem é o efeito divisor de estruturas antrópicas lineares sobre as relações ecológicas existentes em setores de paisagens até então conectados (Jaeger, Grau e Haber, 2005). Desta forma, o processo de fragmentação da paisagem constitui na quebra da paisagem em áreas menores, o que é um fator ecologicamente negativo, uma vez que áreas inicialmente interligadas passam a ser divididas em pedaços muitas vezes pela ação antrópica.

A fragmentação florestal pode ser entendida como a separação artificial do hábitat em fragmentos espacialmente isolados e envolvidos por uma matriz altamente modificada ou degradada, que pode ser constituída por culturas agrícolas ou outro tipo de uso do solo (Pirovani, 2010)

Os fragmentos florestais sofrem com ações bióticas e ações abióticas. Como resultado das ações bióticas, há a possibilidade de haver a modificação ou eliminação das relações ecológicas originalmente entre as espécies vegetais, os polinizadores e os dispersores. Alguns produtos das ações abióticas são: o aumento dos riscos de erosão, assoreamento dos cursos d'água e redução gradativa dos recursos hídricos, pela menor capacidade de retenção de água das chuvas nos solos, maior velocidade de escoamento destas e também maior evapotranspiração (Murcia, 1995; Borges et al. 2004).

As métricas são índices de estrutura da paisagem que permitem quantificar com exatidão os padrões espaciais das áreas vegetadas, tal metodologia auxilia na quantificação do modelo de uso e ocupação do solo, ajudando na compreensão da heterogeneidade espacial e da estrutura da paisagem, gerando conhecimento ecológico sobre os fragmentos florestais; essa abordagem permite destinar às áreas adequado manejo florestal, sendo uma ferramenta importante na conservação e manutenção do equilíbrio natural (Metzger, 2001; Bezerra et al., 2011).

Por outro lado, um dos interesses em estudos ecológicos da paisagem, principalmente no que diz respeito à fragmentação florestal, está na quantidade e distribuição de determinado tipo de mancha ou classe (Pereira et al., 2001). Desta maneira, a utilização de algumas métricas faz-se necessária para compreender a interação dos fragmentos encontrados nas paisagens em estudo, assim como a quantificação dos remanescentes de vegetação nativa e das outras classes de uso do solo.

Um *patch* é definido como uma forma de superfície que possui demarcação não linear, tendo sua aparência diferenciada se comparada ao seu entorno. Os *patches* geralmente são resultados da associação de diferentes espécies vivas ou predominantemente fisionômicos, quando se referem a mecanismos de origem externa (Forman e Godron, 1986; Lang e Blaschke, 2009).

A matriz da paisagem é definida como um elemento estendido da paisagem relativamente homogêneo, que abriga manchas ou corredores de diferentes tipos. A matriz da paisagem equivale ao tipo de superfície dominante, portanto, para a sua definição é necessário observar a forma mais significativa da composição dos elementos da paisagem. A matriz desempenha um papel relevante para o fluxo de energia, o ciclo das substâncias e o regime das espécies na paisagem (Forman e Godron, 1986; Lang e Blaschke, 2009).

Corredores são definidos como todos elementos que não são manchas e nem matrizes e apresentam-se como estruturas lineares, possuindo elevada relação entre comprimento e largura. Estas estruturas lineares funcionam como conexões entre os elementos da paisagem, desempenhando um importante papel ecológico (Noss, 1993; Forman, 1995).

As métricas da paisagem, quando analisadas em função do seu significado ecológico, podem fornecer informações importantes ao planejamento, à conservação e à preservação dos recursos naturais, e a capacidade de quantificar a estrutura da paisagem é um pré-requisito para o estudo da função e modificação da paisagem e de seus fragmentos (Lang e Blaschke, 2009; Li et al., 2011).

As métricas da paisagem estão agrupadas nas seguintes categorias: métricas de área;

de densidade, tamanho e variabilidade das manchas; bordas; formas; área nuclear; de vizinho mais próximo; diversidade; e de contágio e espalhamento, demonstrando a grande importância desta metodologia de análise (McGarigal e Marks, 1995). Desta forma, as métricas empregadas neste trabalho serão discutidas abaixo.

A classe de uso do solo é definida por CA ou *Class Area*, que é uma métrica de análise de área, que traz o tamanho de fragmentos da classe correspondente (em hectares), onde um valor maior representa uma maior cobertura da paisagem pela classe.

A quantidade de cada tipo de classe de uso do solo é indicada por NumP ou *Number of Patches*, que é uma métrica de heterogeneidade e expressa a totalidade de áreas ocupada pelas classes.

A forma das manchas é dada por MSI ou *Mean* Shape *Index*, que é um indicador médio de forma, calculado através da soma do perímetro das manchas da classe dividido pelo quadrado da área da mesma classe. Esta métrica se refere ao valor médio do índice de forma dos fragmentos da classe. Esta métrica faz analogias a formas geométricas, sendo os valores próximos de 1 semelhantes a um círculo, indicando um fragmento com geometria simples, situação considerada mais favorável e benéfica à conservação.

Valores superiores a 1 indicam geometrias recortadas, marcadas por reentrâncias e saliências, distanciando-se da forma ideal do círculo, logo, implicando em situações marcadas pelas ações antrópicas ou naturais, mais expostas às forças externas (ex., força do vento/chuva, erosões, queimadas e, por fim, desmatamentos).

A densidade das bordas e dada por ED ou *Edge Density*, que demonstra a densidade das bordas de cada classe através da relação entre o perímetro de cada classe de uso pela área total da paisagem. Tal métrica indica o valor médio da densidade de borda dos fragmentos da classe (dado em %).

Através da métrica de densidade de bordas é possível nivelar a riqueza da estrutura da paisagem, onde valores altos podem significar riqueza na composição de elementos naturais ou pressão em casos de elementos de origem antrópica. A fragmentação florestal implica em alta densidade de bordas numa paisagem, e influencia fortemente a diversidade de espécies e composição de comunidades de árvores (Lang e Blaschke, 2009; Metzger, 2000)

A formação de fragmentos cria uma borda florestal, que pode ser definida como uma região de contato entre a matriz antrópica e a fração de vegetação nativa. Esse processo promove um conjunto de mudanças no equilíbrio do ambiente, que se estendem por muitos metros para o interior do fragmento, alterando as relações ecológicas entre populações (Primack e Rodrigues, 2001).

O efeito de borda seria então uma área de transição entre o centro do fragmento e seu exterior, suscetível a alterações em parâmetros físicos, químicos e biológicos do sistema, através de diferentes fenômenos ecológicos, como quantidade de luminosidade, umidade, densidade de plantas, composição de espécies vegetais, entre outros. Embora exista conhecimento relativamente vasto sobre os efeitos de borda, ainda é muito difícil prever a trajetória dos processos ecológicos em bordas, assim como as transformações nos padrões naturais (Wiens et al., 1993; Rodrigues, 1998; Rodrigues e Nascimento, 2006).

O tamanho das manchas, obtido por MPS ou *Mean Patch Size*, é uma medida de área que traz o valor relativo ao tamanho médio da mancha, ou seja, é a média entre as áreas (em hectares) de todos os fragmentos da classe

Finalizando, a variação do tamanho da mancha é indicada por PSCoV ou *Patch Size Coefficient of Variance*, que expressa o coeficiente de variação do tamanho da mancha, demonstrando o desvio padrão (em porcentagem) de quanto foi a variação para cada tipo de classe de uso do solo analisada.

O estudo desses elementos de uma paisagem, bem como suas interações, constitui-se de grande relevância para proposições de técnicas de manejo e conservação dos remanescentes florestais. Aliadas às técnicas de geoprocessamento, as métricas da paisagem são ferramentas importantes na análise das transformações ocorridas na paisagem em distintas escalas temporais e espaciais, sendo utilizadas na análise do funcionamento e quantificação das mudanças espaciais ocorridas na paisagem. Elas descrevem e mensuram informações referentes à estrutura da paisagem, permitem a sua comparação, auxiliam na identificação de mudanças ocorridas ao longo do tempo, dentre outras aplicações.

Existem muitas formas de se interpretar o termo “paisagem”, as diversas ciências (Arte, História, Arquitetura etc.) entendem este conceito de forma diferente, pois têm uma visão particular sobre o tema. A despeito da diversidade de interpretações que se pode dar à palavra “paisagem”, a noção de espaço aberto, vivenciado ou de inter-relação do homem com o ambiente está presente na grande parte destas definições. Desta forma, Metzger (2001) explica que Alexander Von Humoldt foi o responsável por introduzir o termo paisagem na ciência (século XIX), definindo-a como a “característica total de uma região terrestre”.

Desta forma, tem-se uma definição integradora de paisagem, onde esta é interpretada como um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo que esta heterogeneidade existe para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação. Para efeitos de significância, o conceito de paisagem adotado neste trabalho é análogo ao proposto pelo autor

Na paisagem do bioma Cerrado, as primeiras pesquisas para compreender os sistemas de consórcio entre culturas anuais e forrageiras tiveram início no final dos anos 1970. As instituições ligadas ao Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA) pesquisam e recomendam sistemas agrossilvipastoris há muitos anos, pois nas décadas de 1980 e 1990 desenvolveram e aperfeiçoaram tecnologias para recuperação de pastagens degradadas (Kluthcouski et al., 1991).

Apesar das pesquisas voltadas aos sistemas de integração no Cerrado serem relativamente recentes, os sistemas agrossilvipastoris são conhecidos na Europa desde a antiguidade, com vários tipos de plantios associados entre culturas anuais e perenes ou entre frutíferas e árvores madeireiras. Escritores romanos do século I d.C., entre eles Caio Plínio e Lucius Junius Moderatus, fazem referência a sistemas de integração entre árvores, como Nogueiras e Oliveiras, e pastagens em suas obras (Dupraz e Liagre, 2008).

A ILP proporciona benefícios recíprocos à lavoura e à pecuária, reduzindo as causas da degradação física, química e biológica do solo, resultantes de cada uma das explorações. A introdução do componente florestal em sistemas de integração agropecuária gerou o conceito mais amplo de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), com inúmeras possibilidades de combinação espaço-temporal entre os componentes agrícola, pecuária e florestal, resultando em diferentes sistemas (silvipastoril, silviagrícola, agropastoril e agrossilvipastoril) (Kluthcouski e Stone, 2003).

Nos sistemas de integração ocorre a complementaridade e a sinergia entre os componentes bióticos e abióticos, de forma que os meios de produção disponíveis possam ser utilizados de maneira mais eficiente. É uma forma de uso da terra ambientalmente adequado e competitivo, que também apresenta vantagens sobre a paisagem.

O interesse nesse modelo de exploração apoia-se nos benefícios que podem ser auferidos pelo sinergismo entre pastagens e culturas anuais, como melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, quebra de ciclo de doenças e redução de insetos pragas e de plantas daninhas, redução de riscos econômicos pela diversificação de atividades e redução de custo na recuperação e na renovação de pastagens em processo de degradação (Balbino, Barcellos e Stone, 2011; Vilela (2012).

Capítulo 2. Desenho Experimental

Este trabalho foi dividido nas seguintes etapas:

1. levantamento de áreas onde foram implantados os sistemas de ILP e ILPF;

2. obtenção de imagens de satélite referentes ao recorte temporal de interesse para o estudo (2006/2016);

3. determinação do raio no entorno das áreas de interesse (ILP e ILPF), para análise comparativa com métodos convencionais de produção e influência sobre o ambiente em geral;

4. elaboração dos mapas de uso do solo através de métodos de classificação temática (com o emprego de processamento digital de imagens) e visual;

5. quantificação das classes de uso do solo;

6. confecção de mapas de índice de vegetação (NDVI), a partir de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto;

7. determinação de métricas das paisagens analisadas com ferramentas de geoprocessamento;

8. criação do Modelo Digital de Elevação (MDE), Mapas de Declividade e perfis topográficos dos *buffers*;

9. detecção das mudanças ocorridas na paisagem durante o recorte temporal, com respectiva análise dos resultados.

Os processos executados durante cada fase são descritos a seguir:

As áreas de estudo estão localizadas no estado de Goiás, nos municípios de Ipameri, Cristalina e Cachoeira Dourada (Figura 1). As áreas com remanescentes de Cerrado no país são indicadas na figura 2.

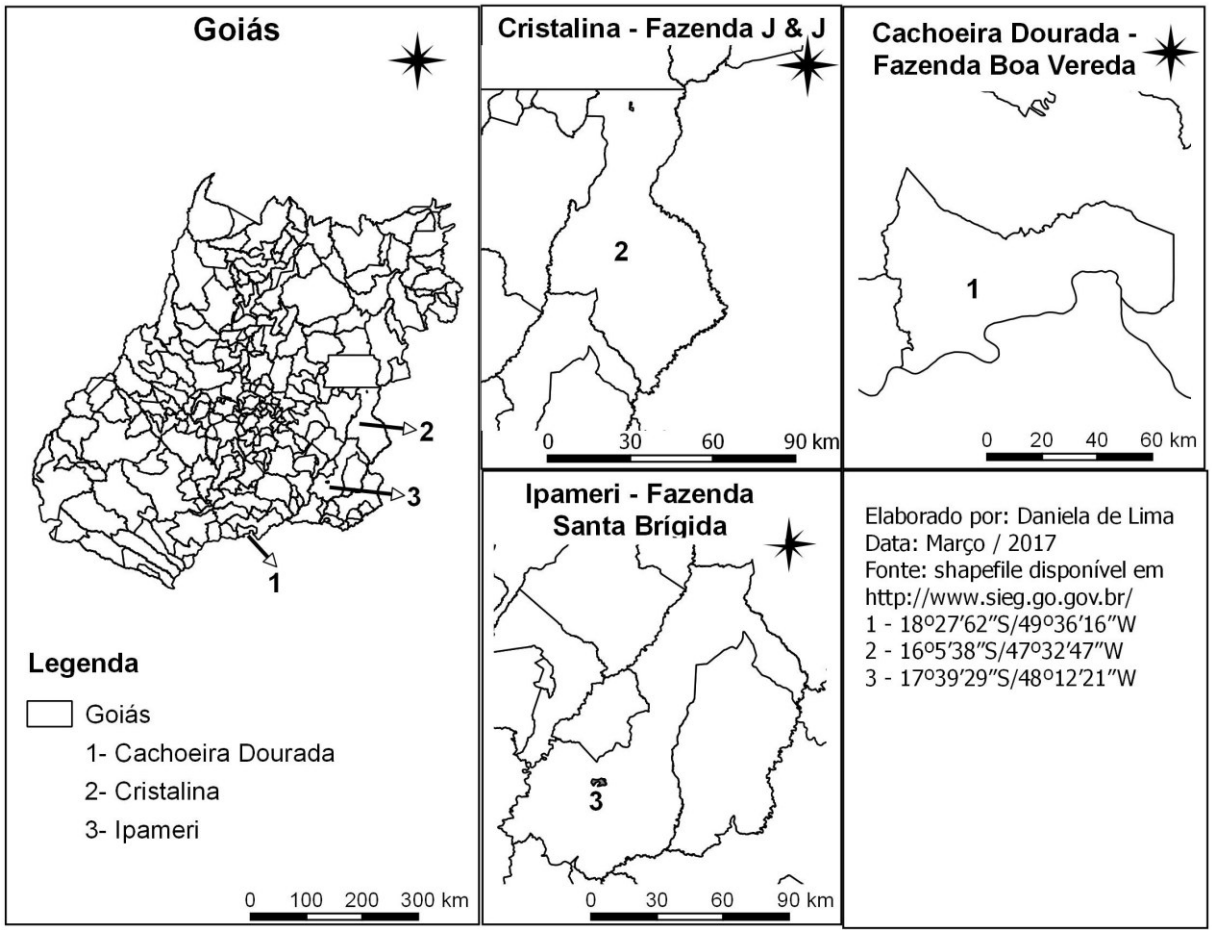


Figura 1: Localização das áreas de estudo no estado de Goiás.

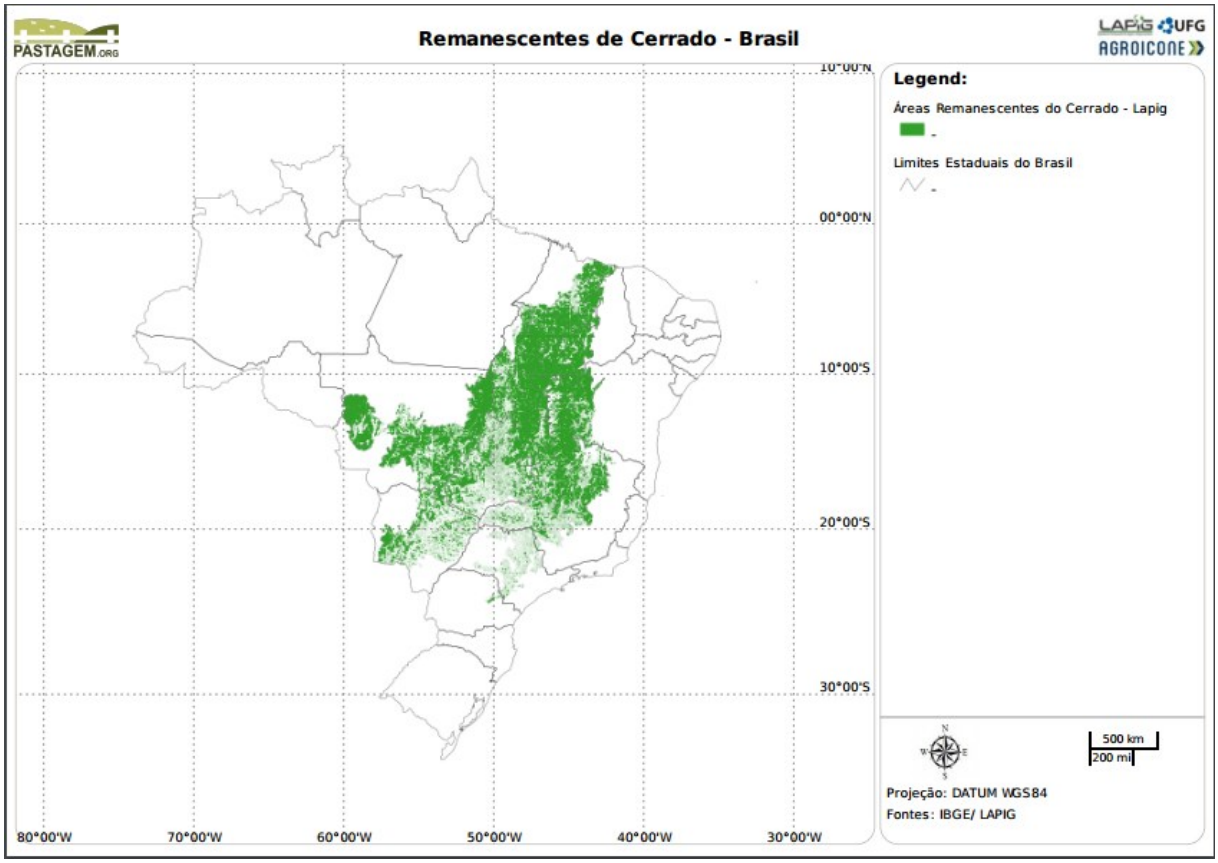


Figura 2: Localização de remanescentes de Cerrado. Fonte: https://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/index.php/produtos/dados-geograficos. Acesso em: 03/01/2018).

O município de Ipameri está localizado à latitude de 17° 43’ 19” S, longitude 48° 09’ 35” W e altitude de 800 m, na mesorregião do Sul Goiano. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw (tropical semiúmido), com temperatura média de 21,9 ºC; a média da umidade relativa do ar varia de 58% a 81%, e precipitação pluviométrica anual de 1,447 mm, sendo que cerca de 80% das chuvas ocorrem nos meses de dezembro, janeiro e março, com o restante distribuído, principalmente, nos meses de outubro, novembro e fevereiro (MORAIS, 2012). O solo de Ipameri é classificado como Latossolo Vermelho amarelo, segundo a atual nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006), apresentando textura argilosa.

O município de Cristalina está localizado à latitude 16º 46' 07" S, longitude 47º 36' 49" W e altitude de 1189 m, na mesorregião do Leste Goiano, considerado entorno de Brasília, sendo que a propriedade analisada se encontra no distrito de Campos Lindos. Segundo a classificação climática proposta por Köppen, o clima dominante na área da cidade de Cristalina é representativo da região do Cerrado, também do tipo Aw. Caracteriza-se por duas estações bem definidas, uma seca que corresponde ao período outono-inverno, e a outra

úmida de verão, com chuvas em geral intensas. A temperatura média é de 23 ºC, variando menos de 5 ºC entre os meses mais frios e mais quentes. As principais classes de solos reconhecidas na área são Cambissolos, Latossolos Vermelho, Latossolos Vermelho-Amarelos e os Petroplintossolos (UFV/SEPLAN, 2004).

Por fim, Cachoeira Dourada está localizada à latitude de 18º 29' 30" S, longitude 49º 28' 30" W e altitude de 459 m, na mesorregião do Sul Goiano. O clima dominante, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa (quente e úmido), com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com temperatura média anual entre 22 ºC e 24 ºC, e máxima podendo ultrapassar 35 ºC.

A precipitação anual de Cachoeira Dourada oscila entre 1200 e 1600 mm, sendo que o período chuvoso se concentra entre outubro e abril, com médias mensais variando nesse período de 100 a 350 mm, enquanto que na estação seca (abril a setembro), o índice pluviométrico varia de 0 a 100 mm, caracterizando um período de deficiência hídrica e de temperaturas mais baixas. O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho acriférrico típico argiloso (SECTEC, 2000; Cabral et al., 2005).

As imagens de satélite empregadas nesta pesquisa foram adquiridas por meio da plataforma de dados *Earth Explorer*, mantida pela USGS (*United States Geological Survey*), registradas pelos satélites Landsat 8, a partir da obtenção das cenas do sensor multiespectral *Operational Land Imager* (OLI), e Landsat 5 com cenas obtidas por intermédio do sensor *Thematic Mapper* (TM) (para o ano de 2006). Através do ícone *Add Coordinate*, foram adicionadas as coordenadas de cada um dos sistemas de integração que serão analisados neste trabalho, conforme indicado no quadro 1.

Quadro 2: Dados das propriedades rurais dos satélites/sensores utilizados para análise neste trabalho.

Propriedade	Município	Localização	Satélite/Sensor	Órbita/Ponto	Data da imagem
Faz.Santa Brígida	Ipameri-GO	17º'29"S/48º12'21"W (fl. 22)	*Landsat 8 OLI*	221/72	19/06/2016
			Landsat 5 TM		24/06/2006
Fazenda J & J	Cristalina-GO	16º5'38"S/47º32'47"W (fl. 23)	*Landsat 8 OLI*	221/71	19/06/2016
			Landsat 5 TM		24/06/2006
Faz.Boa Vereda	Cachoeira Dourada-GO	18º27'62"S/49º36'16"W (fl. 22)	*Landsat 8 OLI*	222/73	26/06/2016
			Landsat 5 TM		22/07/2006*

*As imagens *Landsat 5 TM* desta propriedade foram adquiridas em mês diferente das demais, pelo fato de não haver disponibilidade de imagens neste mesmo mês e sem comprometimento de nuvens.

No Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade Federal de Goiás (LAPIG/UFG), as imagens foram levadas ao programa *ArcGis 10.4.1*, sendo todas projetadas para as coordenadas cartográficas LAT/LONG e DATUM SIRGAS 2000. Em seguida, foram sobrepostos às imagens os arquivos vetoriais (*shapefile*) adquiridos no Cadastro Ambiental Rural (CAR - disponível em http://www.car.gov.br/publico/imoveis/index, acesso em março de 2017), desta forma, o presente trabalho utiliza os formatos matricial e vetorial de armazenamento de dados, dada a natureza do projeto que demanda a necessidade dos dois formatos de armazenamento.

Para fins de análise, foi determinado um *buffer* de 10 km no entorno de cada uma das propriedades, tal raio foi utilizado devido às reduzidas proporções das propriedades analisadas, visando estabelecer uma área de análise satisfatória, onde não se pecasse pela desproporcionalidade, desta forma, as imagens Landsat foram recortadas a partir de tal parâmetro.

Após o recorte da área de interesse, foi gerado o mapa de uso do solo para cada propriedade, empregando-se o algoritmo de classificação supervisionada MAXVER (obtido no programa *Envi 5.2*). A classificação por Máxima Verossimilhança foi utilizada por considerar a ponderação das distâncias das médias utilizando parâmetros estatísticos, também pelo fato de ser baseada no princípio de que a classificação incorreta de um pixel não terá maior significado que a classificação errada de qualquer outro pixel na imagem (Crósta, 1992). Foram indicadas 30 amostras de regiões de interesse (ROI) para cada classe temática com as classes temáticas agricultura, área urbana, recursos hídricos, pastagem, vegetação e silvicultura.

A avaliação da classificação foi feita também no *software Envi 5.2*, calculada através do índice de *Kappa*. Desta forma, os valores dados pelo índice de *Kappa* foram de 0,98 para 2006 e 0,99 para 2016, com precisão global aproximada de 99% para ambos. Este índice incorpora pixels bem classificados, assim como os pixels mal classificados, por esta razão é importante ressaltar que o grau de concordância dado pelo índice de *Kappa* pode ser superestimado, podendo a magnitude de Kappa não refletir a concordância presente na classificação, apenas descontada a casualidade (Foody, 1992).

Tendo em vista os altos valores obtidos com o índice de *Kappa* e a possibilidade dos valores estarem superestimados, após a classificação supervisionada, algumas confusões espectrais entre classes de vegetação nativa/corpos hídricos, lavoura/pastagem, lavoura/silvicultura foram corrigidas manualmente no *software QGis 2.18.2*, com o apoio do programa *Google Earth Pro,* originando os mapas utilizados neste trabalho.

Para obter os resultados referentes às áreas de cada uma das classificações, a tabela de atributos gerada pelo software *QGis 2.18.2* foi conduzida ao software *Excel* pelo complemento *XYtools*. No *Excel*, os dados foram formatados em colunas de acordo com sua classificação, com os percentuais formatados em gráficos, referentes aos entornos das propriedades, no período analisado (2006-2016).

Proposto por Rouse et al. (1973), o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (ou *Normalize Difference Vegetation Index* - NDVI) envolve a razão da diferença e da soma entre duas bandas, o infravermelho próximo e o vermelho (Meneses et al., 2012). Os valores de NDVI computados variam de -1 a +1, sendo um índice apropriado para as comparações ao longo do tempo de uma mesma área, pois a normalização dos dados reduz a influência pelas variações climáticas, além de ser um indicativo para quantificar o valor da abundância da vegetação, que se aproxima de 1 em áreas de densa vegetação. Valores negativos indicam áreas com total ausência de vegetação (corpos aquáticos, áreas com sombra e/ou recentemente queimadas), ficando com valores que se aproximam de zero em áreas com solos expostos.

No software *QGis 2.18.2* foi elaborada a composição colorida das imagens *Landsat 5 TM* com as bandas 3, 2 e 1 associadas aos canais RGB. Para as imagens *Landsat 8 OLI* a composição colorida associou as bandas 4, 3 e 2 aos canais RGB, utilizando apenas as bandas da porção visível do espectro eletromagnético. O cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada foi realizado através do ícone *"calculadora raster"* por meio da equação (Equação 1) descrita por Jensen (1996):

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

Equação 1: Cálculo do NDVI.

Onde: **NDVI** é o índice de vegetação por diferença normalizada; **NIR** é a reflectância no comprimento de onda que corresponde ao infravermelho próximo; **RED** é a reflectância no comprimento de onda que corresponde ao vermelho.

Os dados obtidos com o NDVI relativos a 2006 e 2016 foram comparados através da criação de gráficos no *software Excel 2013*.

Posteriormente, os mapas de uso de solo foram utilizados como base para a quantificação dos fragmentos, visando gerar as métricas da paisagem. Através do programa *ArcGis 10.4.1*, por meio da ferramenta *Patch Analyst 5.1*, foi gerado um banco de dados com diversas informações sobre a paisagem, sendo utilizadas neste trabalho as seguintes métricas

relativas ao tamanho, borda e forma dos fragmentos das classes: **CA** (*Class Area*), **NumP** (*Number of Patches*), **MSI** (*Mean* Shape *Index*), **ED** (*Edge Density*), **MPS:** (*Mean Patch Size*), **PSCoV** (*Patch Size Coefficient of Variance*).

As métricas indicadas acima foram selecionadas para compor este trabalho por evidenciar algumas das categorias essenciais à análise de estrutura do espaço: tamanho da área, análise da área, indicação e variação de forma (McGarigal, 2002).

Os Modelos Digitais de Elevação (MDE) foram produtos adquiridos por meio de mosaicos de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), em formato GEOTIFF (16 bits), com resolução espacial de 90 metros e Sistema de Coordenadas Geográficas Datum WGS-84 (o mesmo sistema empregado nas demais imagens obtidas para este trabalho) e disponibilizadas no portal Brasil em Relevo, da Embrapa (disponível em http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br, acesso em junho de 2017), posteriormente trabalhados no software *ArcGis 10.4.1*, resultando nos mapas de hipsometria (em metros) e declividade utilizados neste trabalho.

Os mapas de hipsometria e declividade irão representar, respectivamente, a dissecação do relevo e a inclinação das vertentes, sendo fatores que tornam viável a análise de uso e ocupação, uma vez que a declividade indica a inclinação do relevo em relação ao plano horizontal, o grau de restrição natural à produtividade do solo, nível de radiação solar recebido pela encosta e consequente desenvolvimento das espécies, além da limitação do uso de mecanização agrícola. A declividade influencia no aumento da perda de sedimentos do solo, independente da sua condição superficial. Assim, a declividade pode ser considerada um fator determinante na erodibilidade dos solos. (Florenzanno, 2008; Römkens, Helming e Prasad, 2001).

Capítulo 3. Fazenda J & J - Cristalina – GO

De acordo com dados do IBGE, o município de Cristalina teve sua economia baseada na extração e comercialização de cristais até a década de 1970. A partir desse momento, a chegada de produtores rurais e as condições naturais favoráveis ao cultivo fez com que a agricultura se desenvolvesse na região, tendo sua metodologia baseada principalmente na irrigação. Atualmente a cidade abriga algumas indústrias voltadas para o beneficiamento da produção agrícola.

A economia da região está baseada na produção agrícola, sendo este setor o maior responsável pelo Produto Interno Bruto (PIB) gerado na cidade, além de gerar o maior número de empregos no município.

Os produtos obtidos com o processamento das imagens de satélite indicam que a composição da paisagem nas áreas da Fazenda J & J e seu entorno sofreu algumas alterações no período 2006 - 2016.

Observando-se as imagens de satélite e os mapas de uso do solo (Figuras 3 e 4), detecta-se pequenas mudanças na paisagem ocorridas nessa área, como por exemplo o crescimento da área urbana (edificada), ligeira redução da vegetação nativa, diminuição das áreas agrícolas e aumento das áreas destinadas à pastagem.

Na análise do NDVI (Figura 5) as mudanças na paisagem também são confirmadas, com valores ligeiramente mais altos em 2006, uma vez que a área de estudo estava mais ocupada por plantios temporários/irrigados (vide mapas de uso nas figuras 3 e 4), sem descartar possíveis variações na sazonalidade entre os dois momentos.

Na figura 6 são descritos os percentuais de classificação do uso do solo, de acordo com os dados obtidos com as imagens *Landsat 5* e *Landsat 8*. Através desta tabela, pode-se observar que houve ligeiro aumento das áreas de pastagem e redução das áreas de agricultura e de vegetação nativa, de forma geral, o aumento da taxa de conversão das áreas de Cerrado em áreas agrícolas e pastagem.

É possível melhorar as condições físicas e biológicas do solo com a integração da pastagem em áreas de lavoura, por meio da palha e das raízes que o pasto e o cultivo temporário deixam nos primeiros centímetros do solo. Isso tende a aumentar a concentração de matéria orgânica, fundamental na melhoria da estrutura física, sendo também uma fonte de carbono para a mesofauna e os microrganismos. Além disso, a decomposição das raízes cria uma rede de canalículos no solo, de suma importância nas trocas gasosas e na movimentação descendente de íons e de água. Desta forma, tal ambiente, marcado pelo sistema de

integração, tem um impacto positivo na sustentabilidade e produtividade agropecuária (Alvarenga et al., 2007).

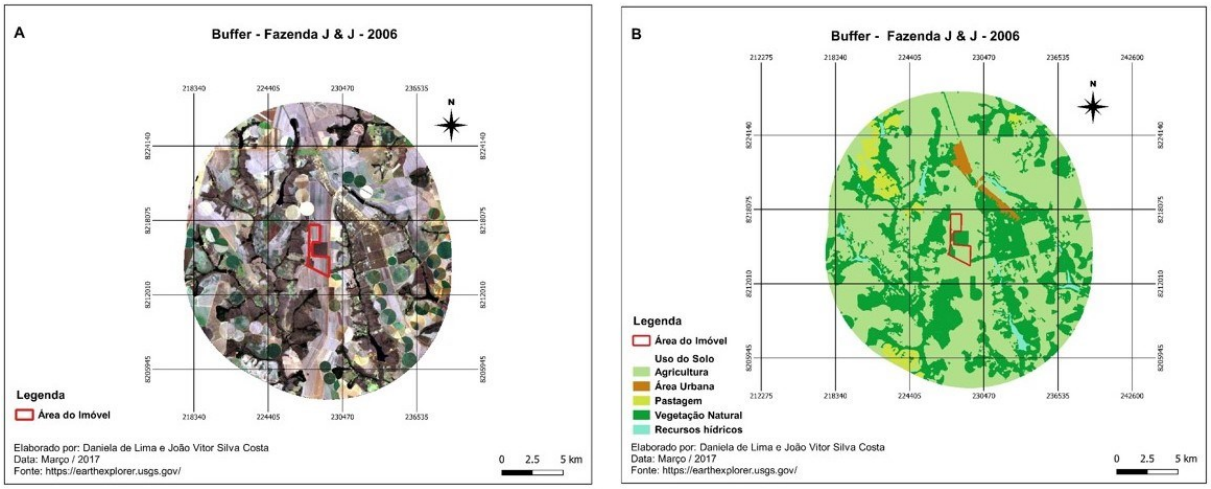


Figura 3: Entorno da Fazenda J & J em 2006, com buffer de 10 km. (A: satélite; B: Uso do solo).

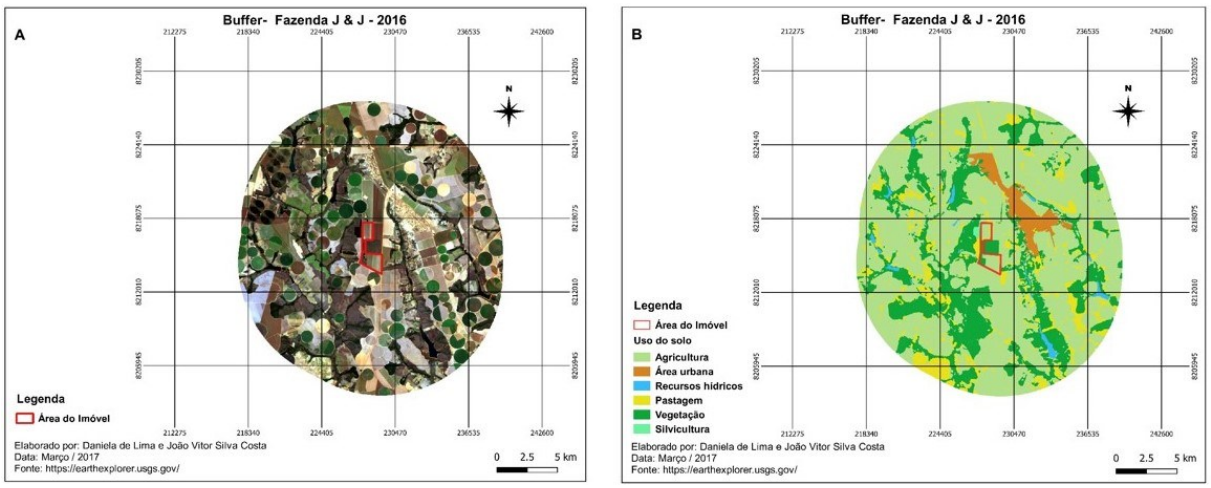


Figura 4: Entorno da Fazenda J & J em 2016, com buffer de 10 km (A: satélite; B: Uso do solo).

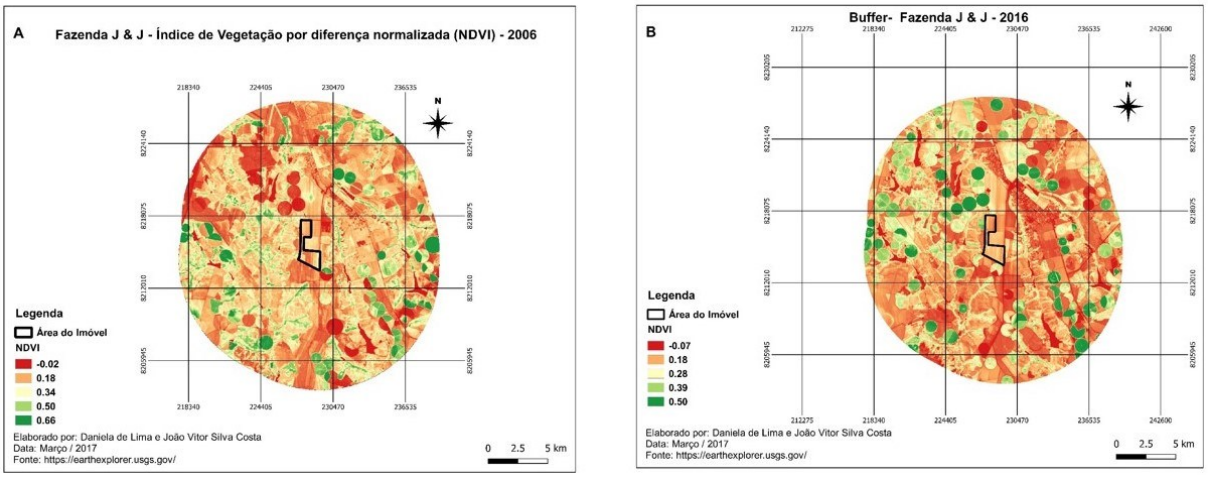


Figura 5: Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para o entorno da Fazenda J & J, com buffer de 10 km (A: ano de 2006; B: ano de 2016).

A análise temporal na propriedade J & J e seu entorno (a primeira desta série com sistemas de integração) demonstra que houve um aumento da utilização de irrigação por pivô central (Figuras 3 A e B), entendido como um aprimoramento tecnológico no entorno dessa propriedade na década atual, o que é indicado pelas formas geométricas circulares constantes nas imagens de satélite (Figuras 4 A e B).

O uso dos pivôs centrais, ou sistema autopropelido de irrigação por aspersão, é aplicado a uma gama extensa de culturas, incluindo graníferas, hortaliças, café, forrageiras e gramíneas, estas últimas, inclusive, em associação ao pastejo natural de animais criados extensivamente; portanto, tal tecnologia pode ser aplicada tanto na agricultura quanto na pecuária (Jacinto, 2001).

As tubulações dos pivôs são posicionadas preferencialmente junto aos canais de drenagem e junto às nascentes ou cursos superiores dos canais presentes na propriedade, onde a água é em geral de boa qualidade, e cuja vazão depende em grande parte do nível freático (Barbalho et al., 2006). Desta forma, fica o alerta de que, em certas regiões agrícolas, o emprego desta tecnologia está gerando alta demanda dos mananciais, devido ao grande número de equipamentos instalados e suas dimensões (Oliveira, 2004).

A utilização dos sistemas de irrigação no Estado de Goiás teve início na década de 1980, quando o Governo Federal lançou algumas iniciativas que incentivaram a irrigação nas áreas do bioma Cerrado, destacando-se o Programa de Financiamento de Equipamentos para a Irrigação (PROFIR) e o Programa Nacional de Irrigação (PRONI). A intenção desses programas era aumentar a produtividade e introduzir culturas irrigadas por diferentes métodos, entre estes o de pivô central de irrigação (Barbalho et al., 2006).

O pivô central consiste de uma longa tubulação apoiada sobre torres acima do solo,

diferenciando-se dos demais sistemas de irrigação por aspersão, principalmente porque a cultura é irrigada, enquanto uma tubulação com emissores conectados gira em torno de um ponto fixo ou pivô (Heermann & Kohl, 1983). De tal modo, as imagens de satélite são ferramentas apropriadas à identificação de tais sistemas, devido ao formato específico que estes conferem à paisagem, representados de maneira bem definida, o que pode ser observado nas figuras 3, 4 e 5.

Em função de suas características específicas, o dimensionamento, instalação e operação de um pivô central demandam atenção especial para que haja a garantia da uniformidade na aplicação de água, fertilizantes e outros produtos químicos nela dissolvidos.

Desta forma, a utilização de irrigação por pivô central pode tornar-se um fator de desequilíbrio ambiental, caso não receba a manutenção adequada, além da problemática que envolve o aumento de reservatórios para a alimentação destes sistemas de irrigação; por exemplo, tais sistemas podem comprometer as nascentes e suas proximidades, devido ao volume de água já ser insuficiente para atender a demanda crescente desses sistemas em áreas rurais em Goiás (o município de Cristalina - GO é um dos expoentes no Brasil em cultivos irrigados) (Merrian et al., 1983; Barbalho et al., 2006).

A silvicultura deve ser entendida como a parte da ciência florestal que trata do estabelecimento, condução e colheita de árvores, sendo elas advindas de florestas plantadas ou naturais (Silva, 2001). Através da análise da figura 6, no ano de 2006 observa-se que não havia a utilização da silvicultura como prática econômica de manejo florestal na Fazenda J & J, tão pouco em seu entorno, o que pode ser explicado pelo fato dos sistemas de integração agrossilvipastoris serem ainda uma prática recente em Goiás (Embrapa, 2012).

O censo agropecuário de 2006, apontava a existência de 481.772 ha de áreas efetivamente ocupadas por silvicultura no Brasil, enquanto que a porção que cabe ao estado de Goiás era de 5.397 ha. Já em 2015, levantamento feito pela Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2015) mostra que as florestas plantadas no país atingiram 7,74 milhões de hectares, sendo que Goiás traz um número de 124.297 ha com área de cultivo de eucalipto, demonstrando que nos últimos anos o quadro vem se modificando (Fonte: IBGE/SIDRA, 2017). O estado tem potencial de atração de investimentos e consequente crescimento para a área florestal, desde que haja a melhoria da infraestrutura do setor (BID, 2010; Reis et al., 2015).

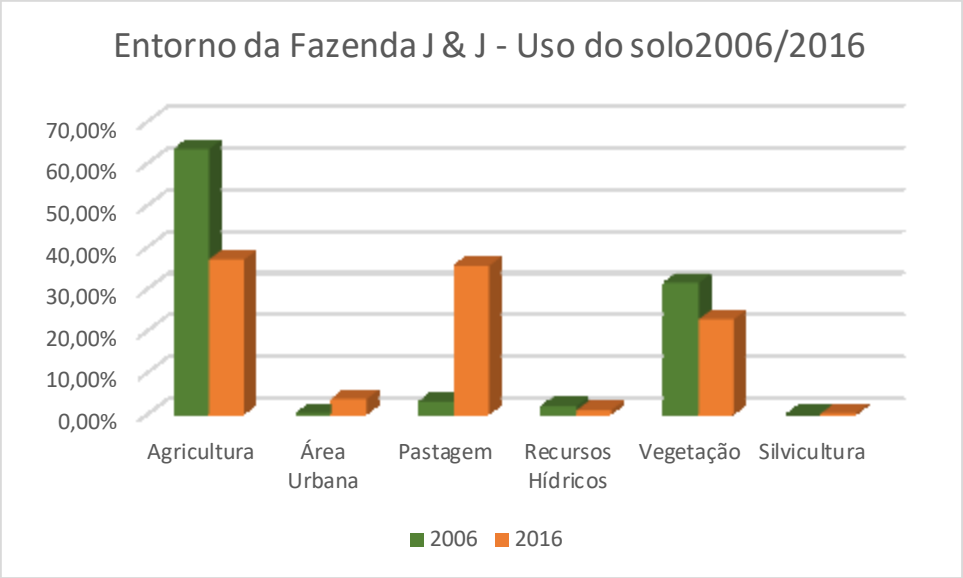


Figura 6: Dinâmica do uso do solo na Fazenda J & J (Cristalina - GO) e entorno (período 2006/2016).

Já no ano de 2016, observa-se certo desenvolvimento da silvicultura dentro dos limites da Fazenda J & J e também em suas proximidades, demonstrando a implantação das práticas dos sistemas de integração nesta propriedade e entorno imediato. Nos sistemas agrossilvipastoris, a intensificação do uso da terra em áreas agrícolas e o aumento da eficiência dos sistemas de produção podem contribuir para harmonizar interesses voltados para o desenvolvimento socioeconômico, sem comprometer a sustentabilidade dos recursos naturais (Balbino et al., 2011).

A integração de árvores em meio a lavouras ou pastagens é uma alternativa à produção intensiva realizada nas monoculturas, assim como a associação do componente arbóreo às pastagens e às lavouras se mostra importante, vindo a ser maior quando utilizada em regiões agropastoris com grande fragmentação e isolamento de remanescentes florestais naturais ou com pastagens degradadas (Macedo, 2000; Porfírio-da-Silva, 2006).

O sistema cabruca é parcialmente análogo ao sistema de ILPF, sendo o primeiro um sistema agrossilvicultural que envolve culturas realizadas em meio à mata nativa. Um exemplo desta atividade é o sistema cacau-cabruca implantado na região nordeste do país em meio à Mata Atlântica, sendo o cacau plantado em locais onde são cortados arbustos e algumas árvores sob a sombra de árvores maiores já existentes na floresta. Desta forma, o sistema cabruca se fundamenta na substituição dos elementos do sub-bosque por uma cultura de interesse econômico, implantada sob a proteção das árvores remanescentes de forma descontínua e circundada por vegetação natural, de grande acerto ambiental, estabelecendo relações estáveis com os recursos naturais associados (Lobão et al., 1997).

O modelo de plantio cacau-cabruca evoluiu ao ponto de se tornar um sistema agrossilvicultural de produção que apresenta vantagens agroambientais sustentáveis quando comparado a outros sistemas agrícolas de produção, gerando benefícios silviculturais, agroecológicos e ambientais muito valorizados no desenvolvimento sustentável (Lobão et al., 2007).

Em se tratando de agronegócio, há a necessidade do aumento da produtividade, em dissonância com fatores que compõem não somente a sustentabilidade, mas também a qualidade ambiental. Um dos maiores empecilhos para a efetivação de sistemas agrossilviculturais (como o cabruca) no bioma Cerrado é o fato dos produtos obtidos por este bioma ainda não serem economicamente tão rentáveis quanto a madeira, a carne ou os grãos.

Dentre os impactos negativos da integração com floresta e pasto, destaca-se a compactação do solo devido ao pisoteio dos animais, agravado pela desfolha da vegetação, podendo diminuir a taxa de penetração de água no solo, aumentando a erosão superficial do e reduzindo o nível de crescimento das plantas (Greenwood & McKenzie, 2001). Entretanto, esses impactos negativos restringem-se às camadas superficiais e podem ser temporários e reversíveis (Cassol, 2003; Lanzanova et al., 2007). Torna-se, assim, pontos de atenção em sistemas de integração o quantitativo de animais e a distribuição das folhas dispostas sobre o solo, sob o risco de compactação e restrição de infiltração da água, comprometendo a umidade do solo através da percolação.

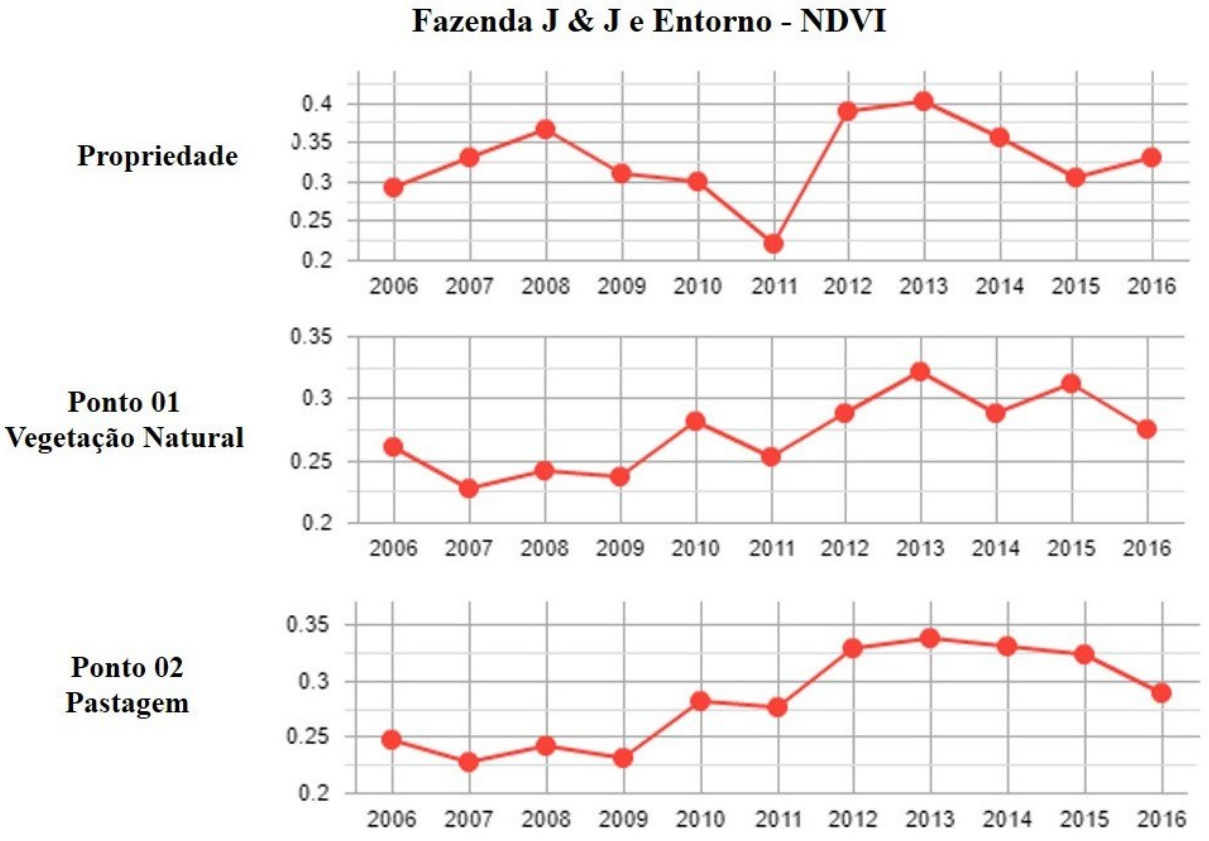
Recentes ações governamentais no Brasil vêm encorajando o desenvolvimento econômico com foco na sustentabilidade ambiental. Uma dessas ações é o Programa de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC), proposto pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (Brasil, 2012). Tal programa busca a recuperação da capacidade produtiva dos solos, aumentando sua produtividade, reduzindo a emissão de carbono e de outros gases de efeito estufa. Dentre as ações previstas por esse plano, está a ampliação das terras que adotam os sistemas agroflorestais.

Para uma acurada análise ambiental, são gerados mapas de NDVI (Figura 5), que devem ser interpretados de acordo com a sua tonalidade de cor, sendo que, nos mapas gerados neste trabalho, as áreas com menor índice fotossintético ou desnudas encontram-se em vermelho (próximo a zero), com tom mais escuro, enquanto que as áreas que apresentam vegetação mais vigorosa se apresentam em tom verde escuro (próximo a 1). Assim, por meio do produto final do NDVI e pelo exame qualitativo realizado nas imagens, verificou-se que a área de estudo teve alterações ao longo do período de estudo.

De acordo com o mapa gerado por NDVI relativo ao ano de 2006 (Figura 5A),

observa-se à noroeste da área pesquisada extensa região em vermelho, com índice de -0.02, demonstrando se tratar de áreas com vegetação estressada/seca ou ralas, provenientes de solo exposto/preparado para o cultivo, inclusive nos locais com utilização de pivô central.

Nas áreas de vegetação nativa, principalmente relativas à vegetação ripária, observa-se uma tonalidade de verde, demonstrando a pequena expressividade da cobertura nativa (Figura 5), além da sua distribuição esparsa, não havendo grandes concentrações desta classe no recorte estudado. Nas áreas referentes aos sistemas de integração observou-se um NDVI com valor de 0,18, evidenciando o baixo índice de área plantada durante o ano de 2006, tratando-se possivelmente de um período de preparo da terra para plantio (Figura 3A).



Fonte: Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG) – Universidade Federal de Goiás (UFG), 2018.

Figura 7: Variação dos valores de NDVI – Fazenda J & J e pontos amostrais no entorno (Cristalina - GO), em série temporal entre 2006 e 2016.

Já nos mapas relativos ao NDVI de 2016 (Figura 5B), a porção leste da área estudada aparece com maior ocorrência de baixos índices de vegetação, enquanto a região noroeste, outrora com menores índices, neste recorte temporal demonstra melhoria principalmente pelas áreas que receberam culturas irrigadas. As áreas com pivô central em toda porção do recorte estudado apresentaram cobertura mais vigorosa (NDVI de 0,5), dada a resposta da vegetação

à irrigação. Neste período, os dados relativos à vegetação nativa (Figura 6) são evidenciados principalmente na porção nordeste da área estudada, onde observa-se a perda de índice desta classe.

De maneira geral, observou-se um decréscimo nos índices de vegetação para o período estudado, sendo que o valor relativo à maior cobertura vegetal em 2006 sofreu decréscimo em 0.16, enquanto as áreas que já apresentavam maior fragilidade vegetacional diminuíram mais 0.05 pontos em seu NDVI (Figura 8).

Os gráficos relativos às médias anuais de NDVI entre 2006 e 2016 (Figura 7) indicam que, de forma geral os índices da propriedade, se comparados a pontos de vegetação natural e pastagem em seu entorno, são melhores demonstrando cobertura vegetacional mais efetiva.

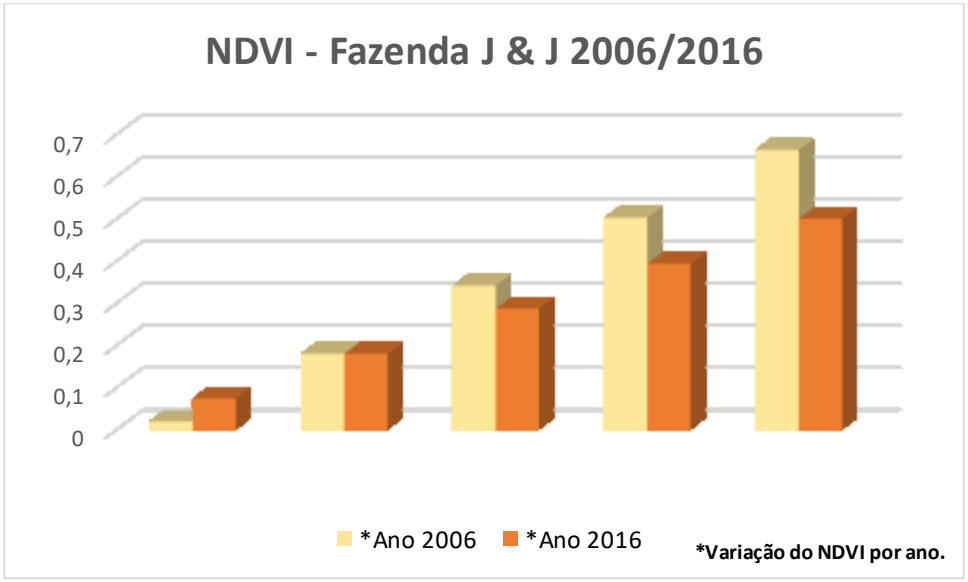


Figura 8: Variação dos valores médios de NDVI – Entorno da Fazenda J & J (Cristalina - GO) 2006/2016.

O campo **NumP (Number of Patches)** demonstra um aumento expressivo da fragmentação da paisagem de 2006 para 2016, principalmente nas áreas de pastagem; isto é, em 2006 o mapa trazia apenas 22 fragmentos, enquanto que em 2016 houve um avanço deste número para 420 fragmentos. Houve também o aumento dos fragmentos relativos à agricultura, que passou de 781 para 1472 manchas. Observa-se também a diminuição das áreas de fragmentos de vegetação natural, que no período analisado perdeu 93 fragmentos (Tabelas 1 e 2). O número de fragmentos de determinada classe é de fundamental importância para as feições dos padrões da paisagem, uma vez que constitui uma medida do seu grau de segmentação (McGarigal, 2002).

Neste caso, observa-se o aumento da segmentação nas áreas relativas à pecuária, agricultura e vegetação natural. Se compararmos tais índices com os mapas de uso de solo dos períodos analisados (Figuras 3B e 4B), percebe-se uma diminuição das áreas destinadas à agricultura e à vegetação nativa, com o aumento de áreas destinadas ao pasto; desta forma, pode-se afirmar que as áreas relativas à ocupação agrícola visivelmente perderam homogeneidade e foram fragmentadas pela formação de segmentos convertidos em pasto.

A área da classe, representada por **CA (Class Area)**, demonstra que no período em questão, a vegetação nativa do entorno da Fazenda J & J sofreu perda de 96 fragmentos de área, expressos por uma área de classe de 4741,74 ha no período analisado (Tabelas 1 e 2), enquanto houve avanço das pastagens, com aumento de área de 1155,96 ha em 2016 e da agricultura com aumento de 2732,92 ha no mesmo período.

A coluna **ED (Edge Density)** refere-se a uma métrica de borda, que indica que no recorte temporal estudado para o *buffer* da Fazenda J & J, o elemento que possui maior extensão e melhor forma é a agricultura, assim, exercendo maior influência nos processos ecológicos da paisagem. Observa-se maior significância da densidade de bordas no ano de 2006, principalmente da vegetação nativa (Tabela 1). No ano de 2016, nota-se leve aumento da densidade de bordas nas áreas de vegetação nativa, sendo que a área que mais sofreu aumento foi a pastagem com ED passando de 10,63% para 22,95%.

Já a coluna **MSI (Mean Shape Index)** demonstrou que as áreas com formato mais favorável à conservação, estão nas áreas que abrigam silvicultura (Tabelas 1 e 2). As métricas da paisagem que compõe a Fazenda J & J e seu *buffer* indicam que em 2006 a agricultura era a classe com maior área (CA = 25.638,88), e também a mais fragmentada (781 manchas), apresentando densidade de bordas de 10,56%, com fragmentos de tamanho médio de 328,28 metros e com a mais alta variação em tamanhos do *buffer* neste ano (PSCoV = 400,79), indicando que existem diversos fragmentos com tamanho acima desta média de 328,28 metros.

De acordo com os resultados obtidos com esta pesquisa, neste tópico relativo ao entorno da Fazenda J & J (Tabelas 1 e 2), o índice de forma dos fragmentos sofreu diminuição no recorte temporal analisado, o que poderia ser justificado pelo aumento da implantação de pivôs, que promovem a marca circular na paisagem, o que pode influenciar na diminuição desta variável.

Em 2006 houve o predomínio de fragmentos da ocupação agrícola (NumP = 781), mantendo-se com o maior número de fragmentos em 2016 (NumP = 1472). O índice de tamanho médio dos fragmentos (**MPS**) indica que, em 2006, as classes de agricultura e vegetação nativa tiveram valores mais baixos que os da pastagem, mas o coeficiente de

variação das duas classes (**PSCoV**) indica uma grande variabilidade do tamanho médio das manchas destas classes, mostrando que existem vários fragmentos acima desta média, fator que se repete nos dados obtidos para o ano de 2016.

Tabela 1: Métricas da paisagem - Entorno da Fazenda J & J (Cristalina, Goiás) 2006.

Métricas da paisagem - *Buffer* Fazenda J & J - 2006						
Classe	NumP	CA (ha)	ED (%)	MSI	MPS (m)	PSCoV (%)
Agricultura	781	25638,88	10,56	1,94	328,28	400,79
Pastagem	22	1403,46	10,63	2,34	637,93	172,89
Vegetação	499	14571,00	12,66	2,02	292,00	384,27

Tabela 2: Métricas da paisagem - Entorno da Fazenda J & J (Cristalina, Goiás) 2016.

Métricas da paisagem - *Buffer* Fazenda J & J - 2016						
Classe	NumP	CA (ha)	ED (%)	MSI	MPS (m)	PSCoV (%)
Agricultura	1472	28371,80	12,94	1,90	19,27	330,18
Pastagem	420	2559,42	22,95	1,78	6,09	336,42
Vegetação	406	9829,26	12,82	1,92	24,21	464,40
Silvicultura	7	85,61	12,66	1,58	12,22	168,08

A vegetação mostrou-se mais vulnerável em relação ao índice de circunferência, tanto em 2006 (2,02) quanto em 2016 (1,92). A associação das métricas que indicam tamanho e forma são indicadores da intensidade dos efeitos de bordas, no caso da vegetação do entorno da Fazenda J & J, observamos que em 2016 houve diminuição dos fragmentos de vegetação nativa, com coeficiente de variação alto, aliados a um índice de circunferência de 1,92%.

Os indicadores obtidos demonstram que os fragmentos de vegetação nativa diminuíram, possuem formato alongado, alcançando portanto, efeitos de bordas mais intensos. Os efeitos de fragmentação do hábitat são controlados por dois processos principais: os efeitos internos nos fragmentos ligados à formação de borda de floresta e a influência externa do hábitat matriz na dinâmica do fragmento (Gascon et al., 2001).

A zona de bordas está altamente exposta a ventos, diferenças micrometeorológicas acentuadas em pequenos espaços, facilidade de acesso para o gado, animais domésticos e caçadores, além da perda de animais e vegetais neste local, ou seja, o aumento da densidade de bordas está associado ao aumento da degradação ambiental (Skole e Tuker, 1993).

Em relação ao relevo da área de estudo, avaliada com os dados SRTM, a figura 9 indica as áreas com pouca rugosidade (e cor mais homogênea), com menor dissecação, sendo essas mais planas (menos suscetíveis à erosão). A menor altitude da área do *buffer* da Fazenda J & J, com base na cota clinográfica, foi de 890 m, e a maior de 1047 m, apresentando

amplitude altimétrica de 157 metros, subdivididas em 9 classes hipsométricas, com relevo mais plano e elevado na região norte (Figura 9).

A média da altitude no *buffer* é de 983,69 metros, enquanto que na propriedade esta fica entre 977 e 1012 metros, com relevo médio classificado entre plano, suave ondulado e ondulado (0 a 20% de declividade) (Figura 10). A maior parte das vertentes estão voltadas para o oeste, sendo este relevo marcado por maiores elevações, porém planificado, característico de áreas de planalto.

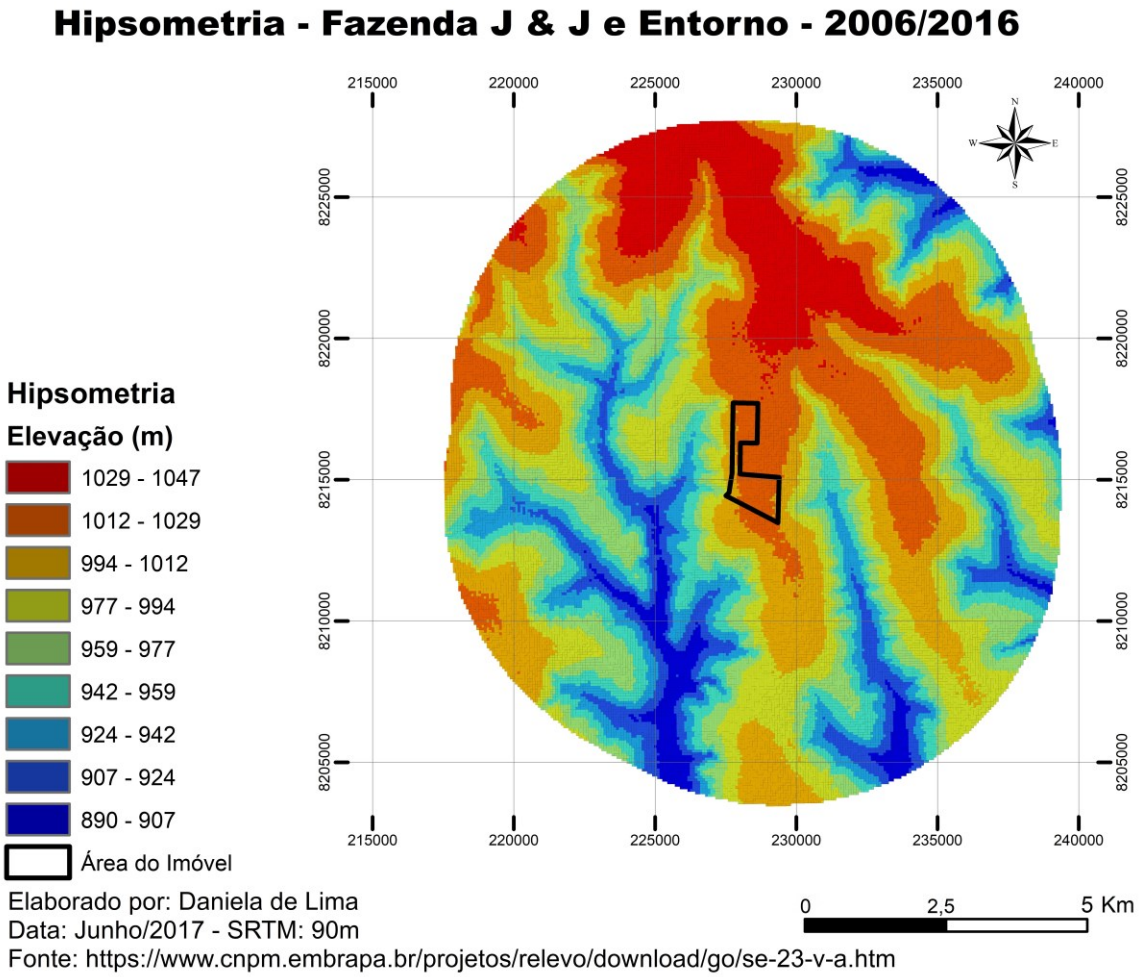


Figura 9: Mapa clinográfico (hipsométrico) - Fazenda J & J e entorno.

No entorno da propriedade, na área do *buffer*, observa-se, de forma geral, a predominância de relevo ondulado e forte-ondulado (8 a 45%) (Figura 10), representada pelas áreas com menores declividades, características de depressões intermontanas, que correspondem à superfícies rebaixadas e suavemente dissecadas, com altitudes médias que chegam a 700 metros (Casseti, 2005) (Figura 9).

As classes de declividade dos terrenos foram distribuídas de acordo com a

classificação de relevo da Embrapa (Embrapa, 1999) (Quadro 2).

Quadro 2: Classe de declividade do relevo (%), segundo a Embrapa (1999).

Declividade (%)	Relevo
0 - 3	Plano
3 - 8	Suave-ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Forte-ondulado
45 - 75	Montanhoso
> 75	Forte-montanhoso

Fonte: Disponível em < http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br >. Acesso em junho de 2017.

Nas figuras 8 e 9 têm-se as características do relevo, onde as imagens trazem a dissecação do terreno, observada pela rugosidade da imagem, uma vez que quanto mais rugosa e maior o sombreamento, mais montanhosa será a região. A área do *buffer* se encontra sobre Sistemas Agradacionais e Sistemas Denudacionais, que, de acordo com o Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás (2005), são as formações geomorfológicas predominantes no estado de Goiás. De acordo com a figura 10, os maiores graus de declividade das encostas estão em áreas com menores altitudes.

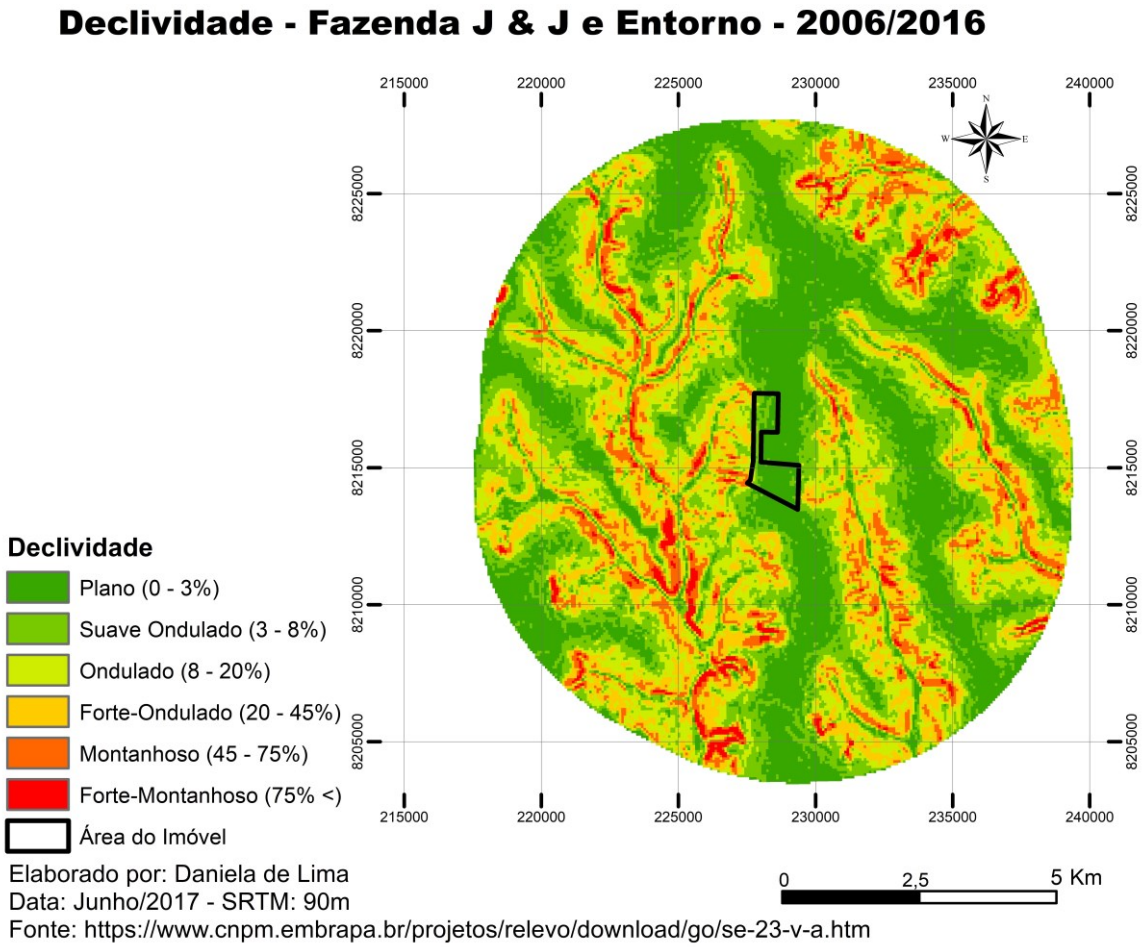


Figura 10: Declividade da Fazenda J & J e entorno.

A fragilidade física da área de estudo (dissecação) é baseada em metodologia de Ross (2000), através da comparação das classes de declividade do relevo, que estabelece parâmetros comparativos entre declividade e vulnerabilidade da área, através de cinco classes, variando de muito fraca a muito forte (Quadro 3). Assim, as categorias clinográficas foram reclassificadas de acordo com as classes de declividade dadas pela Embrapa e servirão de base comparativa para a análise das categorias de fragilidade das áreas de estudo (Quadro 2).

De acordo com tais categorias de declividade/fragilidade, a área onde está localizada o sistema agropastoril analisado possui muito baixa fragilidade com relação à ocupação; já a grande parte do *buffer*, que compete ao entorno da propriedade, demonstra alto grau de fragilidade para ocupação, principalmente quando se observa a ocupação agrícola (2006) (Figuras 3A e 3B) de áreas com relevo forte-ondulado, onde o grau de fragilidade é forte ou muito forte (Quadro 3).

Desta forma, pode-se inferir que, a substituição da agricultura pelos pastos ao longo da década analisada seja uma alternativa viável ao uso do solo, devido à fragilidade agrícola demonstrada em áreas de encostas. Por outro lado, tais áreas estariam mais estáveis se

mantidas com a cobertura do solo original.

A declividade da área, associada aos resultados obtidos com as métricas da paisagem indicam que a migração de espécies de mamíferos é viável devido à incidência de corredores de vegetação natural (Figuras 3B e 4B), que são responsáveis pela circulação de espécies. A interposição de barreiras promovem mudança na dinâmica da população remanescente, impedindo sua circulação territorial e consequentemente, o movimento colonizatório.

As métricas geradas para o *buffer* da fazenda J & J indicam que o tamanho dos fragmentos de vegetação natural, tanto em 2006, quanto em 2016, suportam uma fauna de mamíferos de médio porte, além de possuírem extensões de corredores de vegetação natural suficientes para promover a dispersão destas espécies, sendo possível a troca de fauna.

Quadro 3: Classes e categorias de declividade, com respectiva fragilidade à dissecação.

Categoria da Declividade	Declividade (%)	Categoria de fragilidade
Muito fraca	até 6%	Muito baixa
Fraca	de 6 a 12%	Baixa
Média	de 12 a 20%	Média
Forte	de 20 a 30%	Forte
Muito forte	acima de 30%	Muito forte

Fonte: Adaptado de Ross (2000).

Nesta pesquisa, os perfis topográficos foram gerados para a propriedade e seu entorno (Figuras 11A e B, e 12A e B). De acordo com o perfil topográfico latitudinal gerado para a propriedade (Figura 11A), foi observado um perfil com altitudes aproximadas entre 990 e 1015 m, com relevo se mostrando ligeiramente curvo, com aproximadamente 1,5 km de extensão. Já a seção longitudinal (Figura 11B) gerada para a propriedade, apresenta aproximadamente 4 km de extensão, com altitudes variando entre 1010 e 1020 m, mostrando um relevo mais acidentado que no perfil latitudinal.

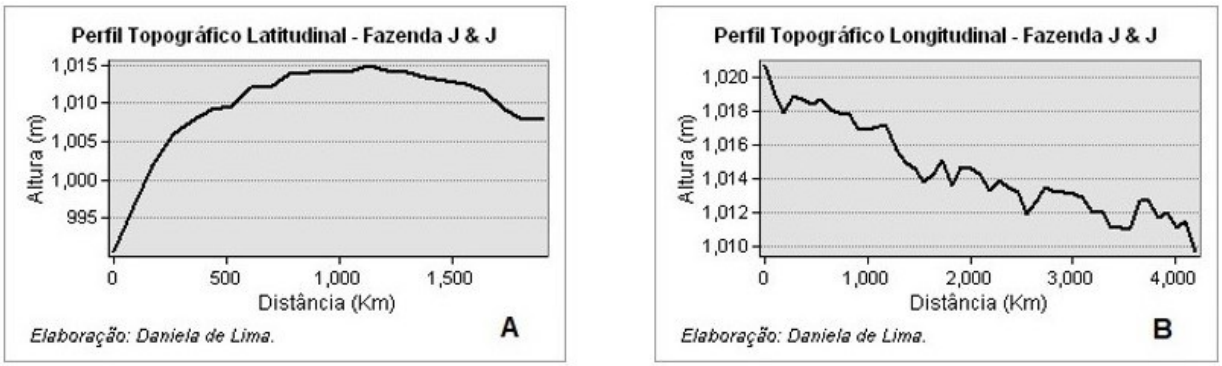


Figura 11: Perfis topográficos latitudinal e longitudinal da Fazenda J & J (A: Latitudinal; B: Longitudinal).

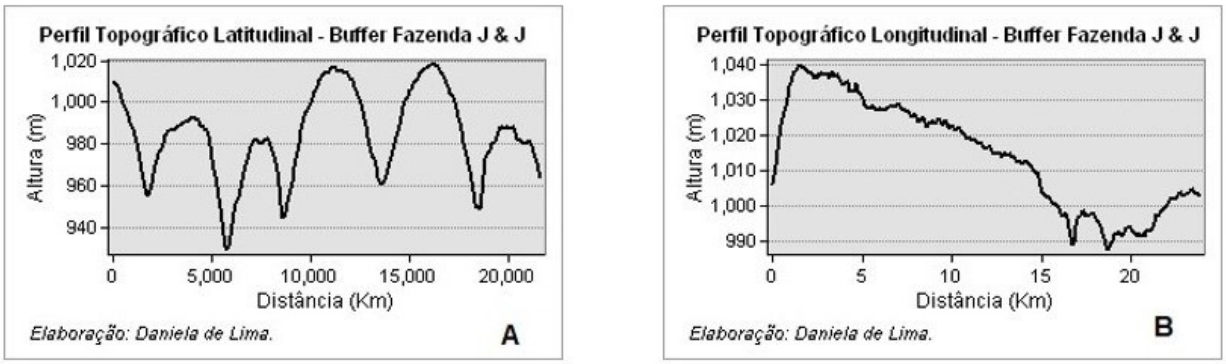


Figura 12: Perfis topográficos latitudinal e longitudinal do entorno da Fazenda J & J (A: Latitudinal; B: Longitudinal).

O *buffer* da propriedade apresenta perfil topográfico latitudinal (Figura 12A) com altitudes variando entre 930 e 1020 m, com aproximadamente 22 km de extensão, com relevo sinuoso, apresentando ondulações acentuadas. Já o perfil longitudinal da área do entorno (Figura 12B) da Fazenda J & J apresenta variação altimétrica entre 1006 e 1040 m, com extensão de aproximadamente 24 km e progressão decrescente, demonstrando uma possível depressão.

Comparando as métricas obtidas entre 2006 e 2016, observa-se que houve intensa fragmentação da paisagem na área do *buffer* de entorno da Fazenda J & J, com práticas de uso e ocupação do solo inadequadas para a composição do relevo, como, por exemplo, a produção agrícola em áreas de fragilidade muito forte e também a conversão destas áreas agrícolas em pasto, observando-se, pelo menos, a manutenção de vegetação nativa principalmente em áreas onde o relevo apresenta declividade acima de 75%. Isso se deve ao fato de tais áreas exigirem um manejo mais oneroso para ocupação agrícola, tanto pela declividade, quanto pelo tipo de solo, uma vez que são predominantemente ocupadas por Petroplintossolos (característico de relevos mais movimentados) e Cambissolos, limitados para o uso agrícola, e mais suscetíveis à erosão

Capítulo 3. Fazenda Boa Vereda – Cachoeira Dourada - GO

Na Fazenda Boa Vereda, o sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta foi implantado em 2009, tendo sido implantado em um pasto extremamente degradado, plantando eucalipto, soja, milho e capim, além da atividade de pecuária (Figura 13).

Através do processamento e da análise visual e quantitativa das imagens de satélite referentes à propriedade e seu entorno (Figuras 14, 15 e 16), foi observado que a paisagem sofreu expressiva modificação antrópica. Em 2016 vê-se o crescimento razoável da área urbana, além da manifestação de áreas de silvicultura.

As áreas de Cerrado, que em 2006 já estavam convertidas em pasto, em 2016 se mostram, em grande parte, transformadas em áreas agrícolas voltadas ao cultivo da cana-de-açúcar, fator que pode ser explicado pela instalação de várias usinas sucroalcooleiras em Cachoeira Dourada (GO), principalmente pela constituição da Usina Rio Dourado (formada pela união entre o Grupo Usina São João – Grupo USJ – e pela Cargill S/A), em 2013, dando origem à SJC Bioenergia Ltda.

Figura 13: Área de silvicultura na Fazenda Boa Vereda. Fonte: Daniela de Lima. Data: 20/09/2017.

Castro et al. (2010) afirma que, apesar do estado de Goiás possuir extensa área territorial, a produção canavieira está concentrada em duas regiões, Sul e Centro Goiano, sendo a primeira mais significativa por concentrar a maior parte das usinas, tanto em operação

como nas demais fases, e onde se destacam as microrregiões do rio Meia Ponte (onde estão localizados os municípios de Cachoeira Dourada e de Quirinópolis).

A ocupação do Cerrado goiano pela agroindústria canavieira se deve ao fato dessas áreas serem compostas por latossolos, com melhor infraestrutura, com grande disponibilidade hídrica, associados a relevos suaves ondulados, das superfícies regionais de aplainamento, com declividade menor que 12%, em grandes áreas contínuas, o que resulta em áreas aptas e favoráveis, com alta capacidade agrícola para o plantio da cana (Borges, 2011).

No Cerrado Goiano, as regiões que deram abertura a chegada das plantações de cana-de-açúcar já abrigavam cultivos como soja, sorgo e milho, além da pecuária (Alves e Wander, 2009). Assim, a intenção na produção da cana-de-açúcar surge com intuito de desenvolver combustível renovável, e tornar a produção sucroalcooleira significativamente importante para o Produto Interno Bruto (PIB) do estado de Goiás.

O discurso ideológico ambiental em substituir combustíveis fósseis, altamente poluentes, por etanol, não esteve presente na produção de sua matéria prima. Houve grande preocupação com o aumento da produção, deixando à parte questões ambientais indispensáveis para o desenvolvimento sustentável da agroindústria canavieira. Se por um lado, a utilização do etanol como biocombustível trouxe benefícios ambientais indiscutíveis aos grandes centros urbanos, também são indiscutíveis os impactos negativos causados por sua inadequada produção ao meio rural.

É importante salientar que as ocupações de áreas de Cerrado por pastagens podem ter consequências muito diversas (por vezes opostas) para fatores como a qualidade do solo, erosão e outros (Alves e Wander, 2009).

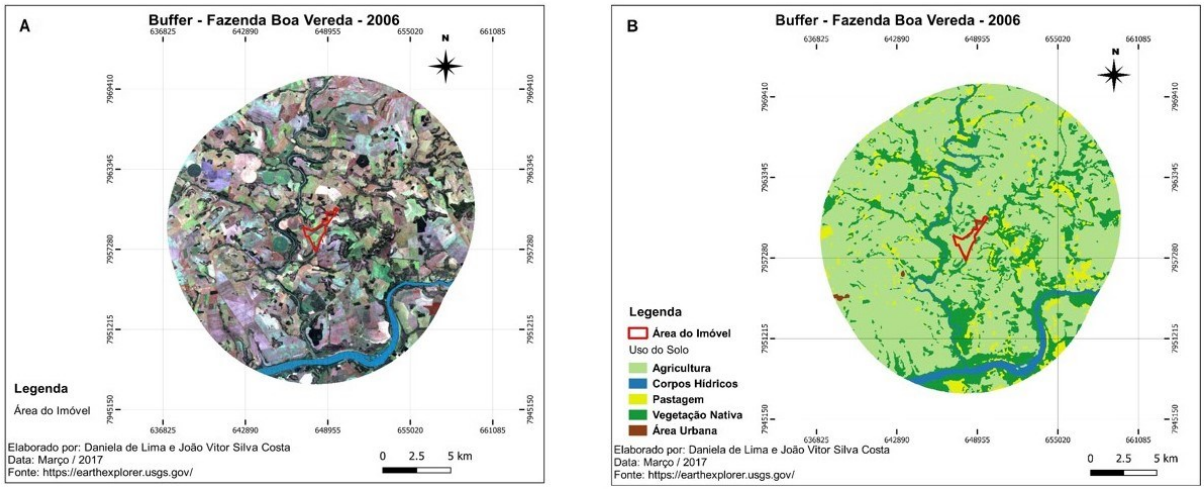


Figura 14: Entorno da Fazenda Boa Vereda em 2006. (A: satélite; B: Uso do solo).

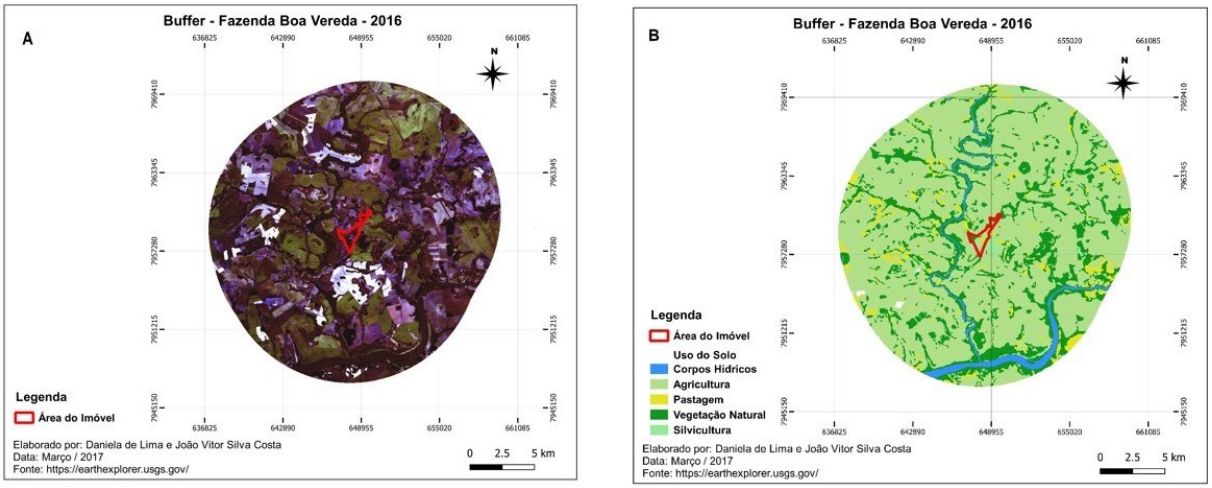


Figura 15: Entorno da Fazenda Boa Vereda em 2016. (A: satélite; B: Uso do solo).

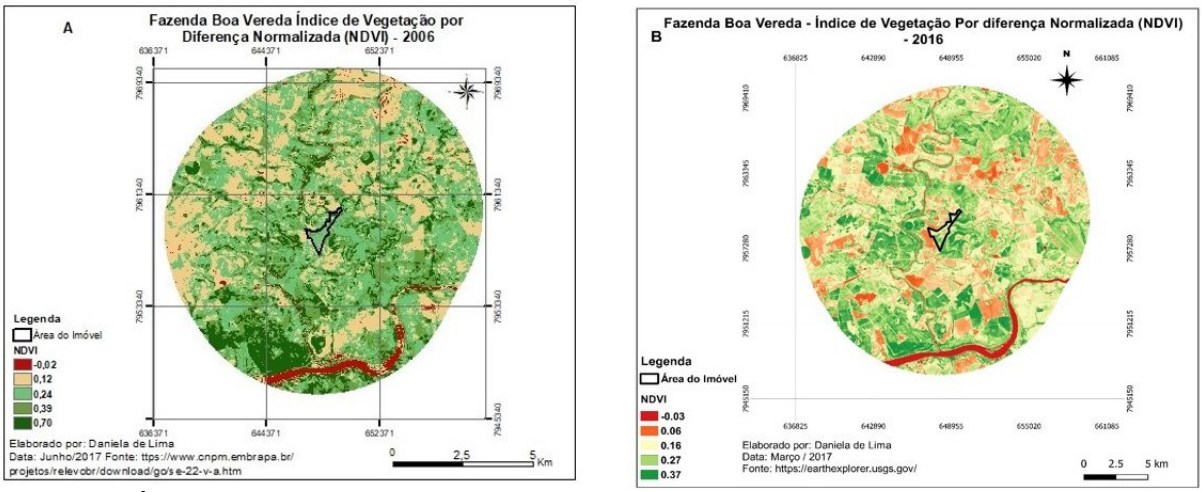


Figura 16: Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para o entorno da Fazenda Boa Vereda. (A: ano de 2006; B: ano de 2016).

Com relação aos recursos hídricos, foi observada a diminuição de 0,56% na área do *buffer* (Figura 15), atualmente as usinas de cana-de-açúcar vêm tendo o interesse em trocar o fornecimento pelo arrendamento, pois assim a usina garante o controle da produção agrícola (sem precisar adquirir a terra), favorecendo, infelizmente, ao esgotamento dos nutrientes do solo e outros recursos ambientais, como a água, áreas de reservas e de proteção permanente, fator este que pode explicar a redução dos recursos hídricos do *buffer* dentro do espaço temporal analisado (Paula, 2016).

Um fato a ser destacado sobre os dados obtidos sobre o *buffer* da Fazenda Boa Vereda é o aumento das áreas que comportam vegetação nativa, demonstrando que, no buffer analisado, as áreas que outrora se destinavam à ocupação por pasto foram convertidas em agricultura, enquanto as áreas de Cerrado nativo foram ampliadas em 1,06% (Figura 14, Tabelas 9 e 10). Nesse recente processo de expansão do cultivo da cana-de-açúcar, a maioria

das terras eram ocupadas por agricultura de grãos e pecuária, o que vem promovendo disputas por terras nesta região entre a cana, grãos e pastagens, e demonstrando a maior preferência por áreas já convertidas, e menor por áreas com vegetação nativa (Castro et al., 2007 e 2010).

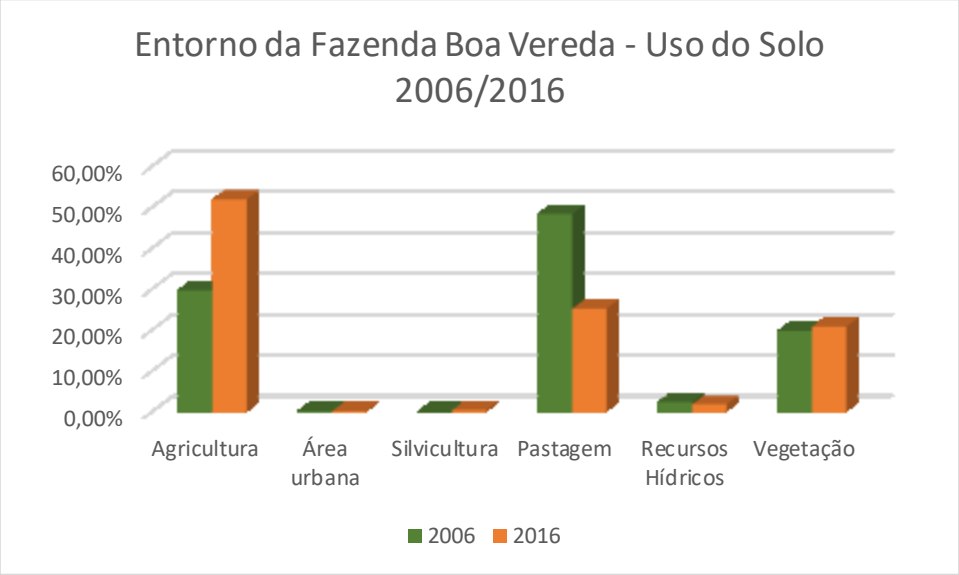
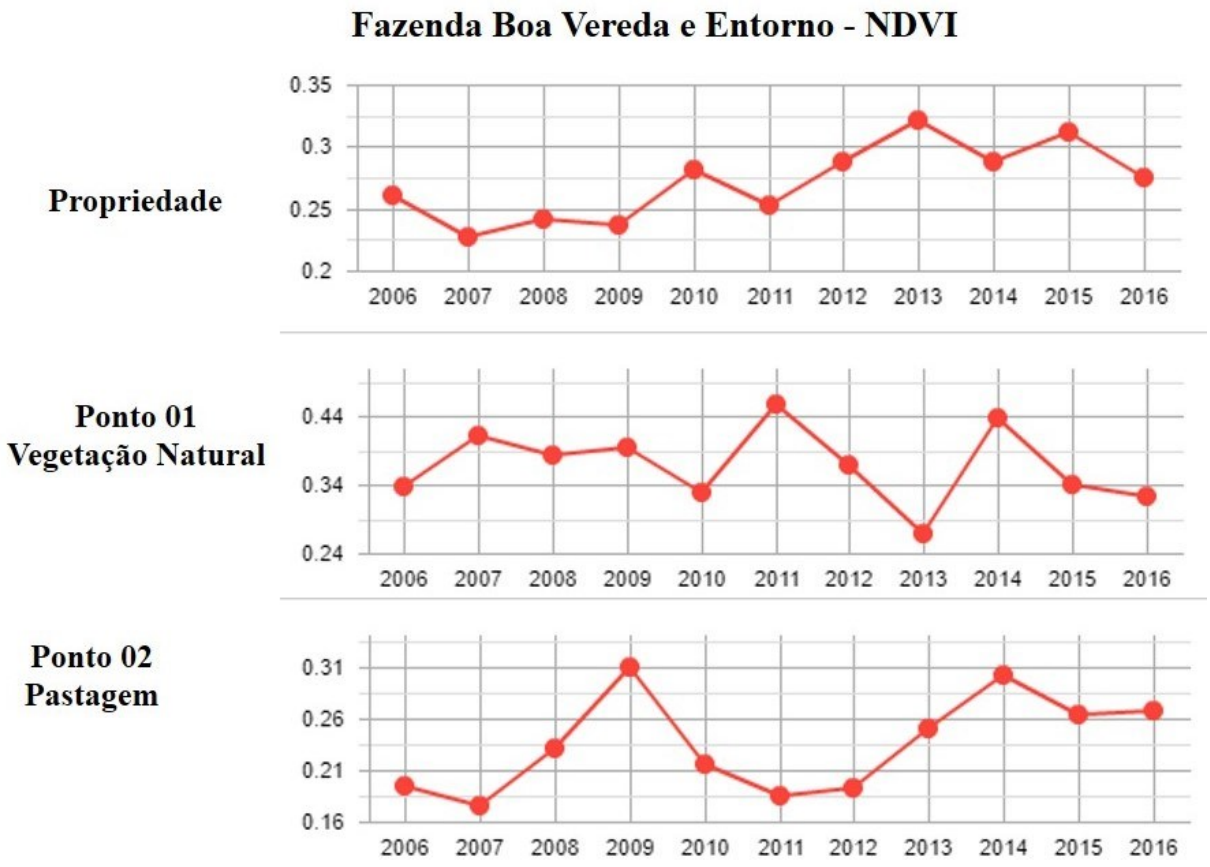


Figura 17: Dinâmica do uso do solo na Fazenda Boa Vereda (Cachoeira Dourada - GO) e entorno (período 2006/2016).

A análise visual dos mapas de NDVI para a fazenda Boa Vereda e seu entorno (Figura 16 A e B) indicam decréscimo desse índice no período analisado. O mapa gerado para 2006 (Figura 16A) indica a maior pontuação do NDVI em 0,70, enquanto que em 2016 (Figura 16B) tem-se o maior índice em 0,37, apontando uma diferença de 0,33 pontos em apenas uma década. De forma geral, a área do buffer sofreu queda em seus índices de vegetação em toda sua extensão (Tabela 08, figura 18).

Através da imagem de satélite referente ao ano de 2006 (Figura 15A), nota-se que nesta data, na área da Fazenda Boa Vereda ainda não era realizada a silvicultura; o NDVI deste período traz um índice geral de 0,24 pontos (Figura 16A), sofrendo queda em 2016, onde o NDVI passa a variar entre 0,37 (nas áreas com silvicultura, agricultura e vegetação nativa) e 0,16 nas áreas de pasto (Figura 16B), demonstrando melhores índices de vegetação.



Fonte: Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG) – Universidade Federal de Goiás (UFG), 2018.

Figura 18: Variação dos valores de NDVI – Fazenda Boa Vereda e pontos amostrais no entorno (Cachoeira Dourada - GO) em série temporal entre 2006 e 2016.

Em 2006, as áreas de pasto a norte do *buffer*, observa-se baixos índices de vegetação, chegando a haver locais onde a vegetação é inexistente, com exposição do solo (NDVI negativo) (Figura 16A). No recorte temporal analisado, a área apresenta poucas áreas ocupadas por vegetação natural, além disso é observada uma perda significativa em seus índices de vegetação por diferença normalizada entre os anos de 2006 e 2016, assim como houve redução nas demais áreas do *buffer* (Figura 17), principalmente na porção sul em áreas agrícolas, que mesmo assim ainda conservam os melhores índices de vegetação de 2016.

Os gráficos relativos às médias anuais de NDVI entre 2006 e 2016 (Figura 18) indicam que após a implantação do sistema de integração (2009), houve melhora nos índices de NDVI se comparados a pontos de vegetação natural e pastagem em seu entorno (Figura 19).

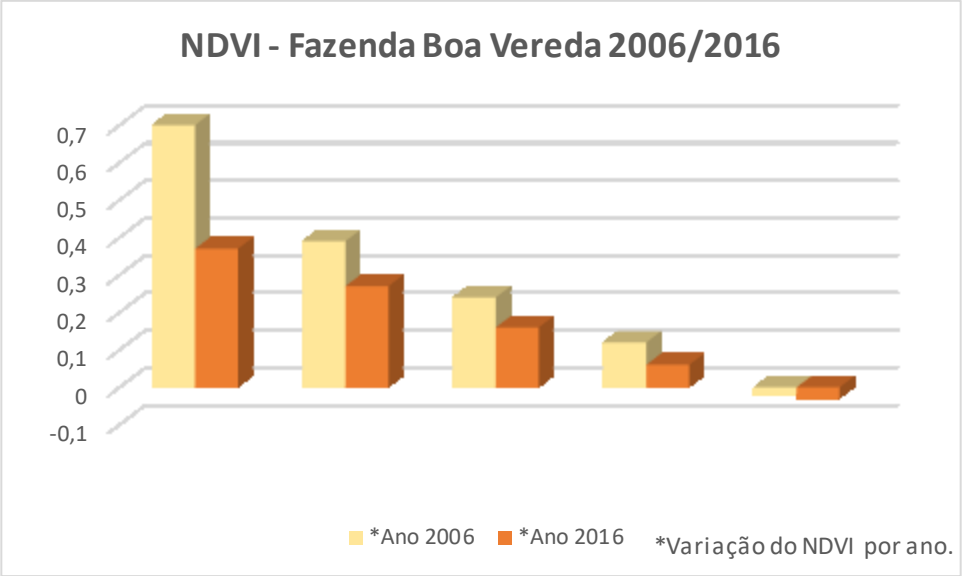


Figura 19: Variação dos valores médios de NDVI – Entorno da Fazenda Boa Vereda (Cachoeira Alta, Goiás) 2006/2016.

As métricas geradas para o *buffer* da Fazenda Boa Vereda (Tabela 3) indicam que em 2016 o número de manchas de vegetação nativa diminuiu, assim como a densidade de suas bordas (ED); em contrapartida, estas passaram a ocupar um maior percentual de área que em 2006. Em 2016, o índice de circunferência dos fragmentos de vegetação (MSI) sofreu leve aumento, assim como o tamanho médio das manchas (MPS) e o coeficiente de variação da classe (PSCoV), que foi a maior de todas as classes em 2016 (620,58%), mostrando que há muitos fragmentos com tamanho acima da média do valor encontrado através do MSI.

Corroborando com o que já havia sido indicado pelos mapas de uso de solo, as áreas destinadas à agricultura foram ampliadas, substituindo os espaços ocupados até então por pastagens. Acompanhando esta tendência, o número de manchas (NumP) da classe agrícola sofreu vertiginoso aumento, enquanto que as manchas da classe pastagem diminuíram. Em 2006, os pastos apresentavam grande variação no tamanho médio dos fragmentos (758,29%), variação esta que também sofreu redução em 2016.

A silvicultura era inexistente em 2006 na área da propriedade e de seu *buffer,* enquanto que em 2016 houve o surgimento desta classe em ambas localidades, registrando 3 fragmentos desta classe de uso do solo (Tabela 4). A área ocupada por esta classe está em torno de 186,20 ha, apresentando os menores valores de densidade de borda (ED) em todo período analisado, enquanto que seu índice de forma é o maior de todo o período, indicando maior retalhamento e, consequentemente, maior fragilidade em relação à interação com a matriz. O tamanho médio de seus fragmentos (MPS) é também o maior das classes dentro do período, com variação desta média (PSCoV) sendo a mais baixa encontrada, indicando que

não há grande variabilidade entre o tamanho das três manchas de silvicultura encontradas.

Apesar do aumento das áreas que comportam a vegetação nativa, é importante observar a queda nos Índices de Vegetação por Diferença Normalizada, uma vez que em 2016 o NDVI desta classe era de 0,70, caindo para 0,37 em 2016, apontando perda de densidade da vegetação nativa.

Tabela 3: Métricas da paisagem - Entorno da Fazenda Boa Vereda (Cachoeira Dourada - GO) em 2006.

Métricas da paisagem - *Buffer* Fazenda Boa Vereda - 2006						
Classe	NumP	CA (ha)	ED (%)	MSI	MPS (m)	PSCoV (%)
Agricultura	283	11021,20	32,52	2,15	38,94	308,57
Pastagem	697	20365,90	61,39	1,89	29,21	758,29
Vegetação	463	8308,26	32,98	1,90	17,94	439,05

Tabela 4: Métricas da paisagem - Entorno da Fazenda Boa Vereda (Cachoeira Dourada - GO) em 2016.

Métricas da paisagem - *Buffer* Fazenda Boa Vereda - 2016						
Classe	NumP	CA (ha)	ED (%)	MSI	MPS (m)	PSCoV (%)
Agricultura	907	21432,15	54,03	1,81	23,62	584,19
Pastagem	434	9922,14	30,21	1,88	22,86	379,28
Vegetação	398	8532,09	31,00	1,92	21,43	620,58
Silvicultura	3	186,20	1,72	2,92	62,06	50,45

Representando os níveis de dissecação do relevo, o mapa hipsométrico da fazenda Boa Vereda e seu entorno aponta que a área está entre 377 e 630 metros de altitude, com amplitude altimétrica de 253 metros, subdivididas em 9 classes hipsométricas, com observação de relevos mais planos e rebaixados nos espaços por onde correm os rios que drenam o *buffer* (Figura 21).

Figura 20: Área de pastagem com relevo plano na Fazenda Boa Vereda. Fonte: Daniela de Lima. Data: 20/09/2017.

A Fazenda Boa Vereda (Figura 20) está entre 390 e 480 metros de altitude, tendo a média da altitude no *buffer* em torno de 443,33 (Figura 21). A propriedade apresenta relevo classificado entre plano e suave-ondulado (0 a 8% de declividade) (Figura 22), enquanto que seu *buffer* apresenta, além do relevo classificado como plano e suave-ondulado, também relevo ondulado, alcançando o máximo de 20% de declividade, o que lhes confere muito baixa, baixa e média categoria de fragilidade de dissecação/erosão (Quadro 3); consequentemente, tal forma de relevo denota aptidão do solo para boa parte do *buffer*, uma vez que o risco de erosões na área é menor. Tais números corroboram a afirmação de Borges (2011), quando este explica que essas áreas possuem alta aptidão agrícola para o plantio da cana, construída a partir das demandas da planta e também do mercado, e mais uma vez indicando a motivação na mudança de uso do solo em grandes áreas do *buffer* dentro deste recorte temporal.

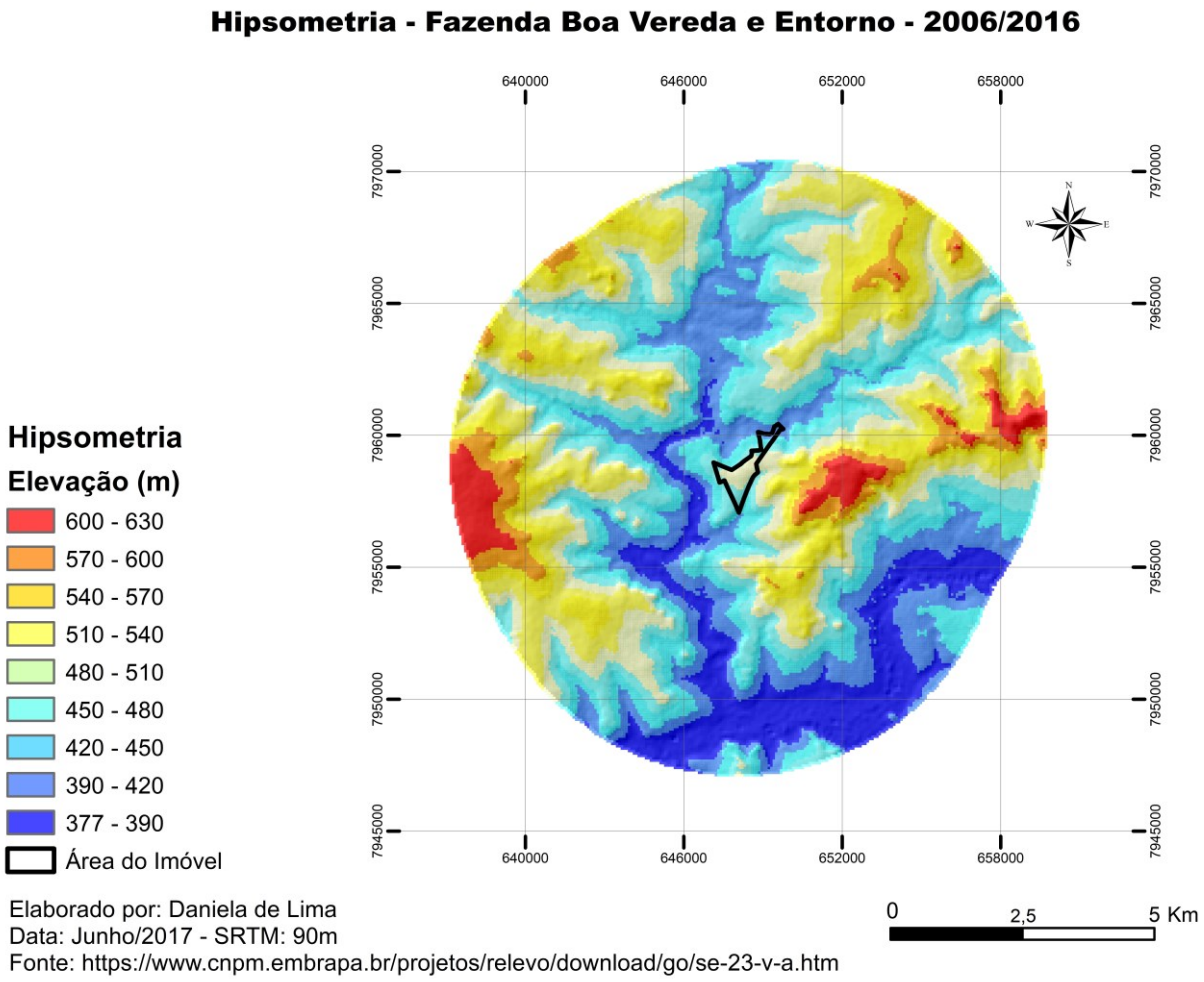


Figura 21: Mapa clinográfico (hipsométrico) - Fazenda Boa Vereda e entorno - 2006/2016.

O relevo desta área é formado por dissecações tabulares e elevações de topo plano, com baixa declividade (Figura 22), geralmente interrompidas por relevos residuais de topos tabulares e níveis topográficos, embutidos na superfície geral dos planaltos. As áreas com relevos residuais correspondem aos morros "testemunhos" areníticos da Formação Marília, que são arenitos agregados por cimento de carbonato de cálcio e/ou argilas, o que lhes conferem maior resistência em relação ao intemperismo e à erosão (Latrubesse et al., 2004).

De forma geral, os tamanhos médios dos fragmentos das classes de uso do solo do *buffer* da Fazenda Boa Vereda é pequeno com intensa variação de sua média. Pequenos fragmentos com elevados índices de forma, que é o caso da propriedade, indicam que no local existe acentuado efeito de borda. A área possui pequenos e esparsos fragmentos de vegetação nativa, havendo a incidência de alguns corredores de vegetação natural, principalmente de mata ciliar. Dentre os efeitos de bordas, observa-se como consequência restrições a manutenção de populações de determinadas espécies, uma vez que o tamanho do fragmento é um indicativo do porte de animais que a área suportará. No caso do *buffer* da Fazenda Boa

Vereda, observa-se que não suporte para mamíferos de médio porte, uma vez que, apesar de possuir um valor significativo para área de classe, a vegetação natural é bastante fragmentada.

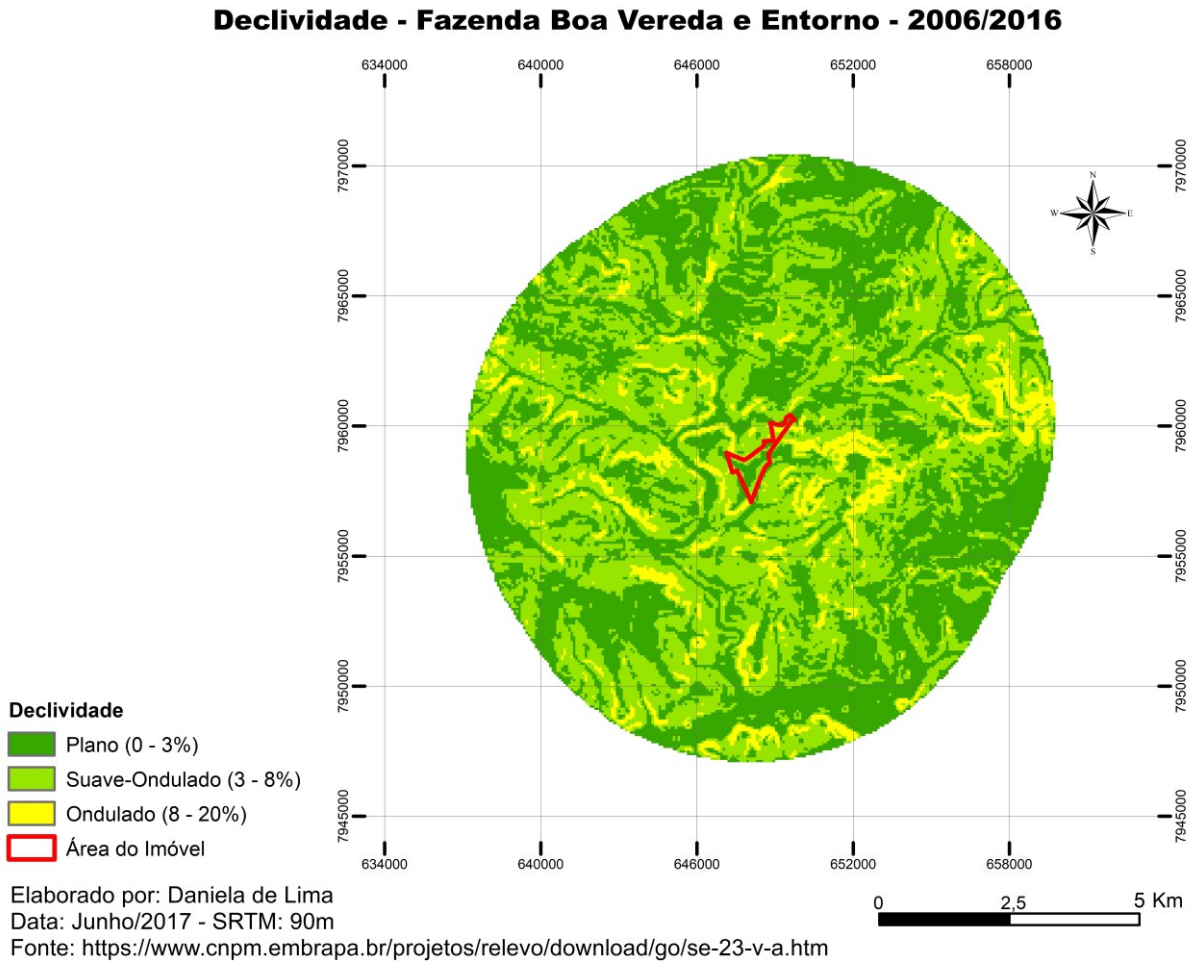


Figura 22: Declividade da Fazenda Boa Vereda e entorno - 2006/2016.

Os perfis topográficos da propriedade e seu entorno (Figuras 23 A e B, e 24 A e B) demonstram que, latitudinalmente, a propriedade (Figura 23 A) possui altitudes aproximadas entre 478 e 492 m, perfil anticlinal mais acentuado e ligeira curvatura sinclinal, entre 480 e 482 metros de altitude, tendo aproximadamente 1,5 km de extensão. Já a seção longitudinal (Figura 23 B) apresenta 3 km de extensão, com declividades variando entre 430 e 490 m de altitude, mostrando um relevo com convexidade menos acentuada que no perfil latitudinal.

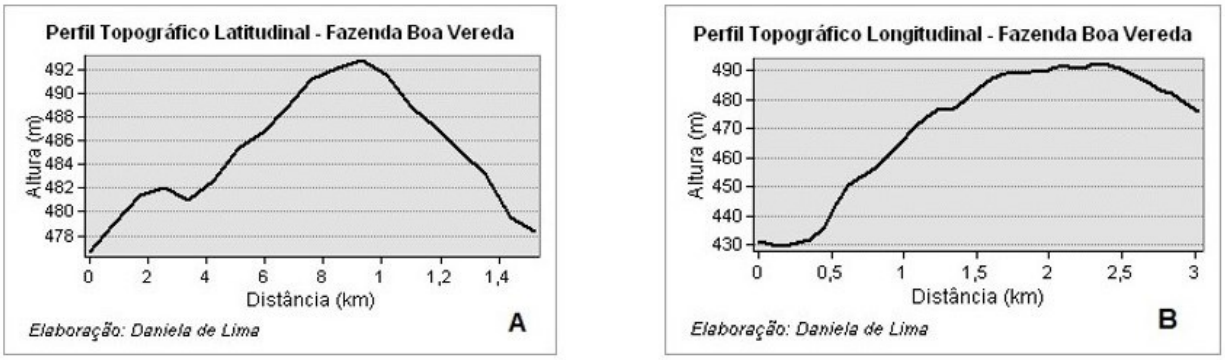


Figura 23: Perfis topográficos latitudinal e longitudinal da Fazenda Boa Vereda (A: Latitudinal; B: Longitudinal).

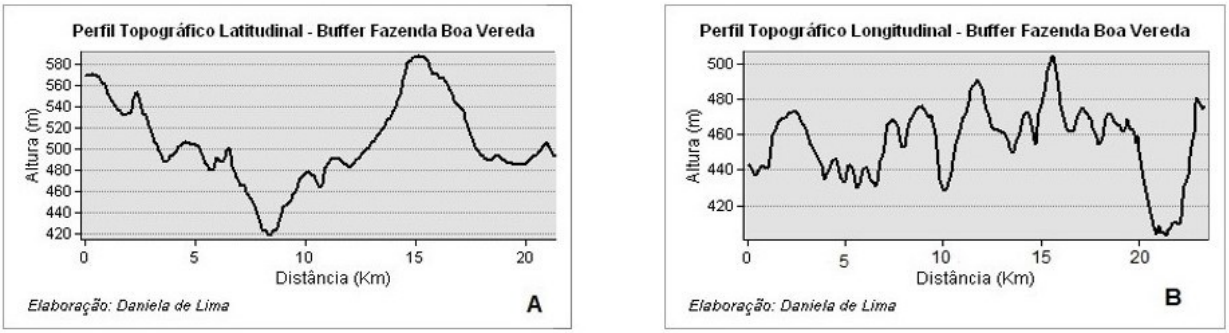


Figura 24: Perfis topográficos latitudinal e longitudinal do *buffer* da Fazenda Boa Vereda (A: Latitudinal; B: Longitudinal).

O *buffer* da propriedade apresenta perfil topográfico latitudinal (Figura 24 A), com altitudes variando entre 420 e 580 m e aproximadamente 20 km de extensão, exibindo relevo sinuoso, apresentando ondulações (sinclinais e anticlinais) acentuadas, principalmente entre 5 e 15 Km da extensão do *buffer*. Já o perfil longitudinal da área do entorno (Figura 24 B) da Fazenda Boa Vereda traz variação altimétrica entre 420 e 500 m, com extensão de aproximadamente 20 km e progressão sinuosa, demonstrando relevo irregular.

Capítulo 4. Fazenda Santa Brígida – Ipameri – GO

Figura 25: Fazenda Santa Brígida. Fonte: Leciana Menezes Zago, data: 22/04/2017.

Na 3ª e última propriedade analisada nesta pesquisa, a Fazenda Santa Brígida e seu entorno (em Ipameri - GO) (Figura 25), há a indicação de significativas modificações na paisagem, detectadas pelo processamento e análise das imagens de satélite (Figuras 26 e 27), evidenciando uma conversão das áreas agrícolas e de Cerrado em pastagens, semelhante ao observado no entorno da Fazenda J & J (Cristalina - GO, figuras 3, 4 e 6).

A Fazenda Santa Brígida adota o sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta desde o ano de 2006, sendo implantado em um pasto degradado, através do plantio inicial de soja e milho. Após três anos foi incorporado o componente florestal ao sistema através do plantio de eucalipto.

Em 2016, houve crescimento da área urbana e o surgimento de áreas de silvicultura, através do plantio de *Eucalyptus*, tanto na propriedade quanto fora dela, principalmente nas porções leste e noroeste do *buffer* (Figuras 26 A e B).

Estudo realizado pela EMBRAPA (Oliveira, P. et al., 2015), que tem como tema o caso da Fazenda Santa Brígida, lembra que o Bioma Cerrado possui um total de 204,7 milhões de hectares com 60,5% da sua área composta por vegetação nativa. O documento lembra que a área de conservação exigida pela legislação brasileira é de 20%, o que permitiria a exploração de 90 milhões de hectares somente no Bioma Cerrado. O estudo completa que caso sejam

convertidas as áreas de pastagens degradadas em sistemas de integração como o implantado na Fazenda Santa Brígida, não seria necessário abrir novas áreas agrícolas, aumentando a produtividade e a sustentabilidade ambiental.

Dentro do recorte temporal desta pesquisa, a mudança que se mostrou mais expressiva no *buffer* foi a modificação no uso do solo, onde em 2006 abrigava Cerrado e culturas agrícolas, e com áreas mais expressivas com pastagem em 2016 (Figuras 26 B, 27 B e figura 28 A e B). Apesar da redução do uso do solo em áreas de cultivo agrícola, em 2016 (Figura 27 A) foram detectadas duas propriedades a sudoeste do *buffer*, que fazem uso de irrigação por pivô central, o que não foi identificado nas imagens que competem ao ano de 2006 (Figura 26 A).

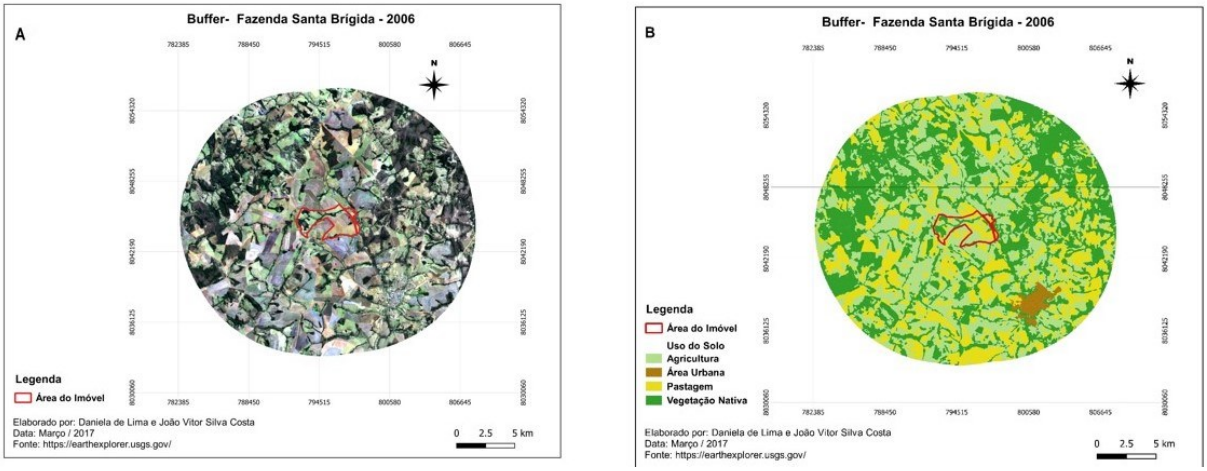


Figura 26: Entorno da Fazenda Santa Brígida em 2006. (A: satélite; B: Uso do solo).

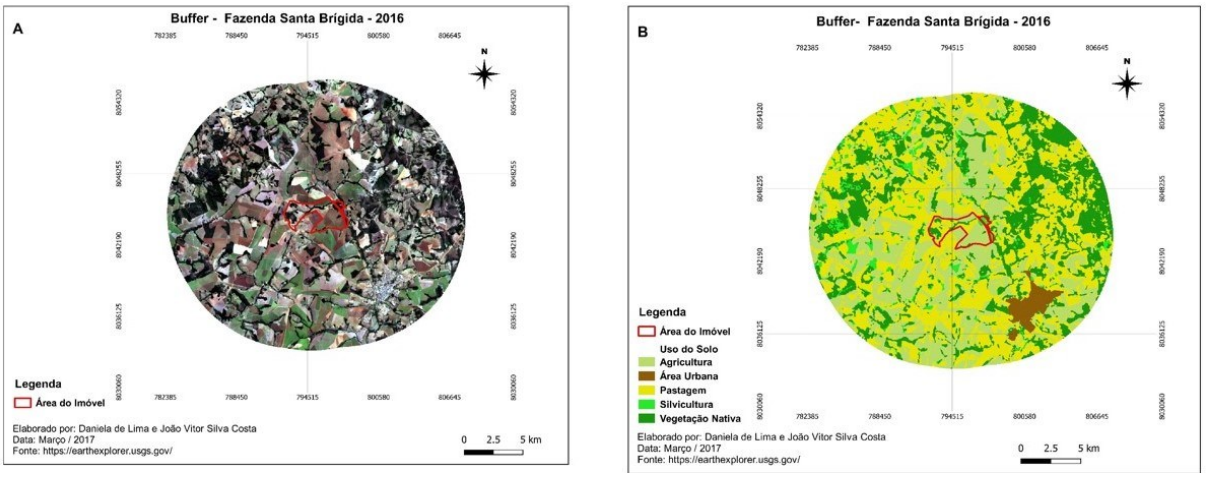


Figura 27: Entorno da Fazenda Santa Brígida em 2016. (A: satélite; B: Uso do solo).

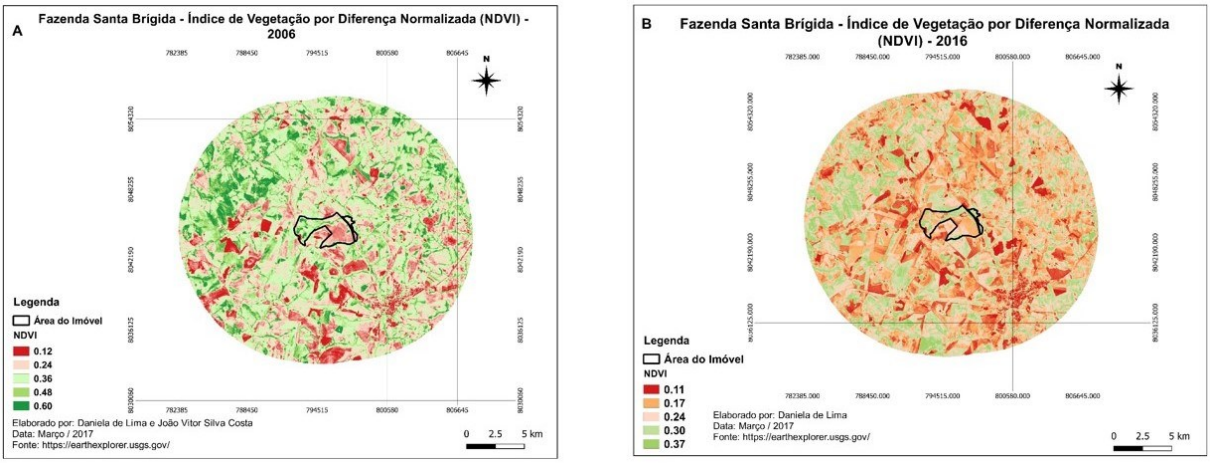


Figura 28: Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para o entorno da Fazenda Santa Brígida. (A: ano de 2006; B: ano de 2016).

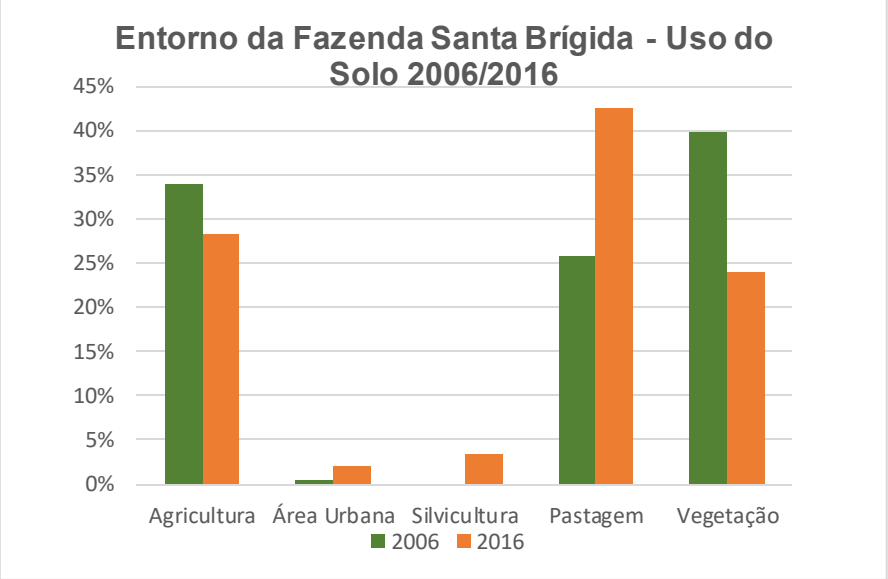
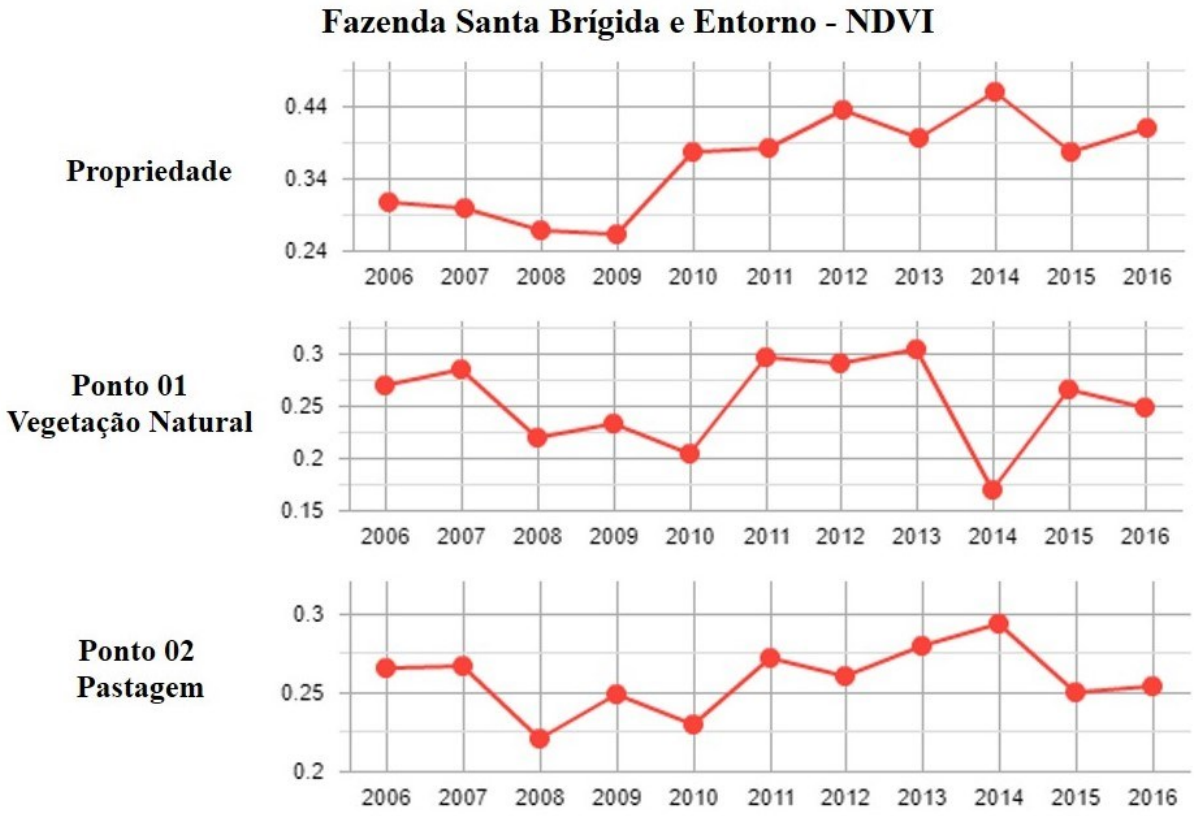


Figura 29: Dinâmica do uso do solo na Fazenda Santa Brígida (Ipameri, Goiás) e entorno (período 2006/2016).

Praticamente em toda a extensão do *buffer*, houve perda de vegetação nativa, sendo que os maiores fragmentos de Cerrado (2016) estão localizados a nordeste da área de estudo, com perdas voltadas para a substituição de áreas de Cerrado por pasto, sendo que as porções que foram convertidas em silvicultura, são áreas que outrora (2006) abrigavam culturas agrícolas (Figura 29).



Fonte: Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG) – Universidade Federal de Goiás (UFG), 2018.

Figura 30: Variação dos valores de NDVI – Fazenda Santa Brígida e pontos amostrais no entorno (Ipameri, Goiás) em série temporal entre 2006 e 2016.

As análises relativas ao NDVI para esta propriedade e seu entorno demonstram que, com exceção das áreas de pastagem, houve perda nos índices de vegetação no recorte temporal estudado (Figuras 28 e 30); observa-se também que, na área total do *buffer* no ano de 2006 havia maior número de fragmentos com valores maiores de NDVI, que em 2016 (Figuras 28 A e B).

Com relação à área dedicada à pastagem na Fazenda Santa Brígida, foi observado que em 2006 havia apenas um fragmento de pasto localizado ao norte da propriedade; em 2016, este foi convertido em área agrícola, onde os valores de NDVI saltaram de 0,24 (2006) para 0,30 (2016), havendo provável melhora na cobertura do solo/biomassa (Figuras 26 B e 27 B). Com exceção desta área de pasto convertida em agricultura, de forma geral observa-se no restante da propriedade uma relativa perda de vegetação nativa (Figuras 26 B e 27 B), o que é comprovado também pelos índices de NDVI, caindo de 0,6 em áreas com maior índice vegetacional (2006) para 0,37 (2016), acompanhando a dinâmica do entorno (*buffer*) (Figuras 28 A e B).

Tanto dentro da propriedade quanto fora dela, áreas destinadas à silvicultura foram as que apresentaram os melhores índices de vegetação (0,30) no ano de 2016, abaixo apenas das áreas com vegetação nativa (0,37) (Figura 28 B e Figura 31).

Quanto aos gráficos relativos às médias anuais de NDVI entre 2006 e 2016 (Figura 30) verifica-se que nos três primeiros anos (2006/2009) de implantação do sistema o índice de vegetação era baixo, já a partir de 2009, quando houve a inserção do componente florestal, observa-se significativo aumento no índice de vegetação, indicando a melhoria após a implantação das árvores ao sistema.

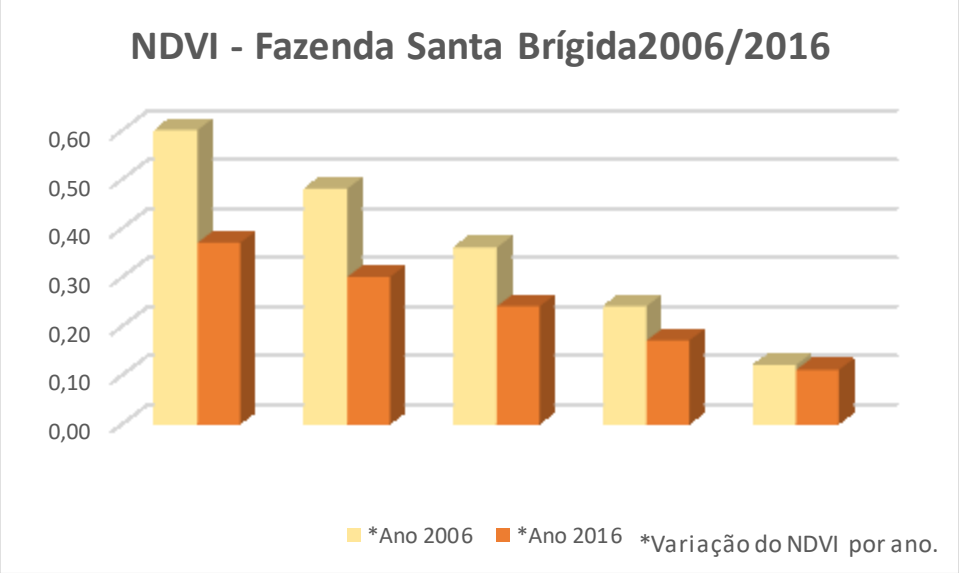


Figura 31: Variação dos valores médios de NDVI – Entorno da Fazenda Santa Brígida (Ipameri, Goiás) 2006/2016.

Apesar de ser a classe mais fragmentada neste período, a vegetação natural se mostra como a matriz da paisagem deste *buffer*, fator até então inédito neste estudo (Tabela 5).

Embora a pastagem ter se destacado como a maior área de classe (CA), em 2016 a vegetação nativa ainda se mostra como elemento predominante desta paisagem, com melhor riqueza de estrutura, uma vez que sua densidade de bordas (ED) se mantém como a maior dentro do período (44,71%), com índice de circunferência (MSI) de 1,82 (Tabela 6), enquanto que a pastagem apresenta densidade de bordas de 42,47% e índice de forma de 2,04.

Um ponto a ser destacado é que em 2006 (Tabela 5) a pastagem aparecia com maior número de manchas/fragmentos (NumP), tendo menor área de ocupação (CA), com manchas de menor tamanho médio (MPS) e variação de tamanho (PSCoV) também menor que em 2016 (quando esta classe diminuiu no número de manchas, aumento da área de ocupação e do tamanho médio de seus fragmentos), além da maior variação destes tamanhos médios,

aumentando também seu índice de forma (Tabela 6). Isto significa dizer que, em 2006 a pastagem se mostrava bastante fragmentada, com pequenas manchas distribuídas pela área de estudo, enquanto que em 2016 a área desta classe se tornou mais homogênea, com a ocupação de um espaço maior por manchas maiores, apesar do índice de forma dos fragmentos ter se mostrado mais distante do ideal, subindo de 1,82 (2006) para 2,04 (2016) (Tabelas 5 e 6).

A silvicultura, que era inexistente em 2006, aparece em 2016 com número de fragmentos (NumP) maior que o da pastagem, mas com área (CA) bastante inferior, com tamanho médio das manchas pequeno (MPS), e com a variação deste tamanho médio menor do que todas as classes (PSCoV = 172,41%); isso indica que a classe é bastante fragmentada, com pequenos fragmentos espalhados pelo *buffer* (Tabelas 5 e 6).

De forma geral, de 2006 para 2016, a agricultura sofreu redução de área (Figuras 21 e 22 B), com fragmentos menores em seu tamanho médio (MPS) e em sua variação (PSCoV), além de ter seu índice de forma também reduzido de 2,05 para 1,77, medidas que indicam uma classe com manchas menores e mais fragmentada.

Tabela 5: Métricas da paisagem - Entorno da Fazenda Santa Brígida (Ipameri - GO) em 2006.

Métricas da paisagem - *Buffer* Fazenda Santa Brígida - 2006						
Classe	NumP	CA (ha)	ED (%)	MSI	MPS (m)	PSCoV (%)
Agricultura	734	16530,70	52,73	2,05	22,52	495,68
Pastagem	473	11720,20	29,46	1,82	24,77	252,55
Vegetação	1494	18095,80	73,42	1,98	12,11	394,94

Tabela 6: Métricas da paisagem - Entorno da Fazenda Santa Brígida (Ipameri - GO) em 2016.

Métricas da paisagem - *Buffer* Fazenda Santa Brígida - 2016						
Classe	NumP	CA (ha)	ED (%)	MSI	MPS (m)	PSCoV (%)
Agricultura	1022	13239,20	39,82	1,77	12,95	437,24
Pastagem	351	19913,00	42,47	2,04	56,73	506,45
Vegetação	1078	11234,50	44,71	1,82	10,42	316,42
Silvicultura	363	1624,59	8,86	1,64	4,47	172,41

O mapa clinográfico do *buffer* da Fazenda Santa Brígida (Figura 33) indica diferença clinográfica, variando de 696 m a 942 m, com amplitude altimétrica de 246 metros, subdivididos em 9 classes hipsométricas, estando a propriedade na faixa de 808 – 942 m de elevação, com as faixas com maiores altitudes distribuídas entre a região norte e central do *buffer*, alcançando a porção oeste já no limite da propriedade. O relevo mais ondulado se concentra nas regiões leste, nordeste e noroeste (Figura 34).

Figura 32: Fazenda Santa Brígida (Ipameri, Goiás). Fonte: Leciana Menezes Zago, data: 22/04/2017)

As formas de relevo da área estão localizadas em uma transição entre duas bacias sedimentares (Bacia Sedimentar do Paraná e Bacia Sedimentar do Araguaia-Tocantins), pertencentes ao Planalto Rebaixado de Goiânia e ao Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba, predominando as formas de morros intercalados com planícies fluviais, colinas e topos planos.

Na figura 33 nota-se as características do relevo, com a dissecação do terreno, observada pela rugosidade da imagem, uma vez que quanto mais rugosa e maior o sombreamento, mais montanhosa será a região; assim, para caracterizar o grau de dissecação ou preservação de unidades mapeadas, determina-se os padrões semiquantitativos de dissecação, considerando densidade de drenagem, grau de incisão e amplitude dos vales. Estes padrões foram avaliados em áreas definidas como "tipo" e sua aplicação é realizada por comparação visual, como tradicionalmente é utilizado em estudos semelhantes (Latrubesse et al., 2004). De acordo com os padrões de texturas estabelecidos pelos autores, a análise visual comparativa determinou que o padrão de dissecação do *buffer* da Fazenda Santa Brígida (Figura 32) é considerado forte.

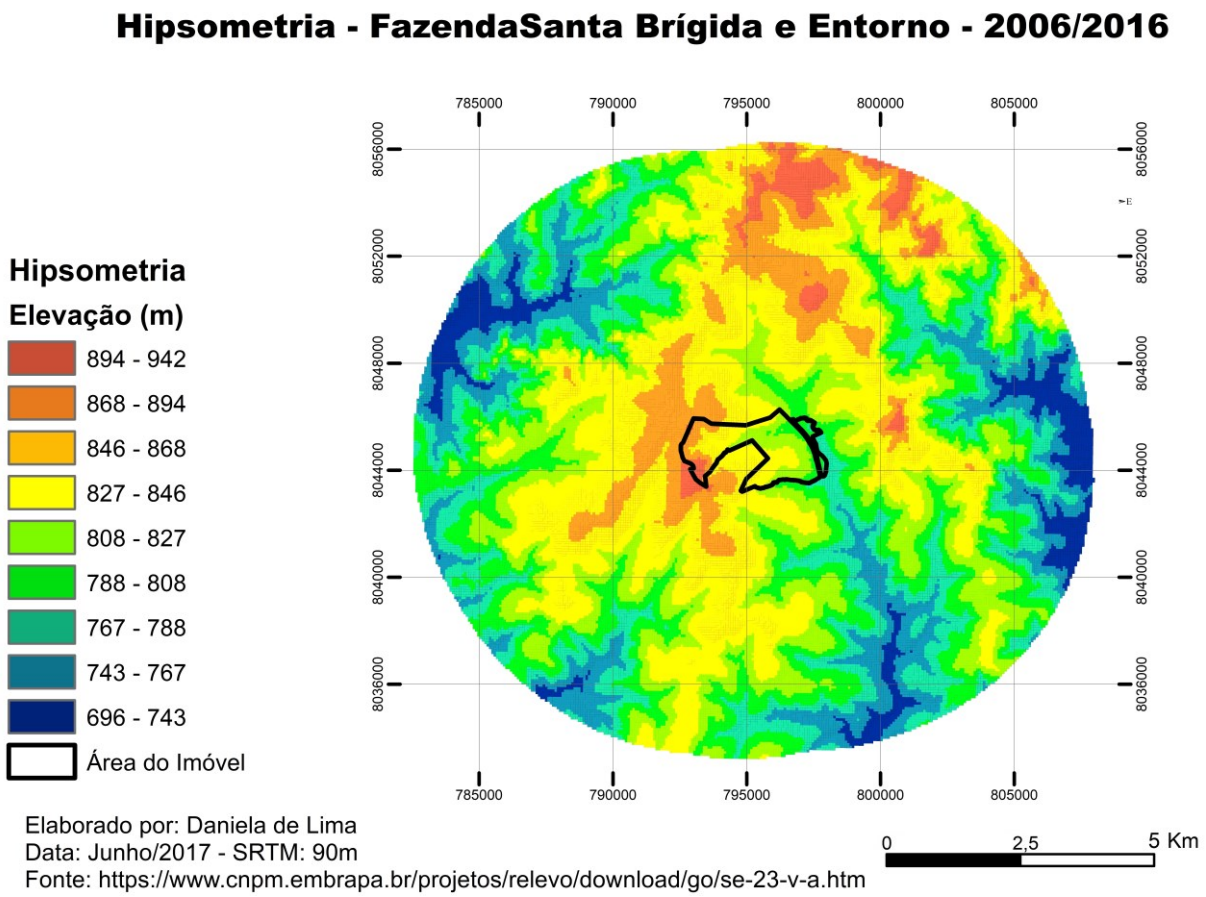


Figura 33: Mapa clinográfico (hipsométrico) - Fazenda Santa Brígida e entorno – 2006/2016.

As áreas mais planas, com pouca rugosidade e menor dissecação, são menos suscetíveis à erosão, estando uma parte generosa da propriedade compreendida dentro destas especificações, o que pode ser observado na porção leste da propriedade. Já o relevo médio do *buffer* está classificado entre plano, suave-ondulado e ondulado (0 a 20% de declividade) (Figura 34).

A análise de fragilidade do terreno foi baseada em Ross (2000), através da comparação das classes de declividade do relevo, o qual estabelece parâmetros comparativos entre declividade e vulnerabilidade da área, através de cinco classes que variam de muito fraca a muito forte (Quadro 3). Assim, as categorias clinográficas foram reclassificadas de acordo com as classes de declividade da Embrapa, e servirão de base comparativa para a análise das categorias de fragilidade das áreas de estudo (Quadro 2).

Conforme as categorias de declividade/fragilidade propostas (Quadro 3) e com a reclassificação das classes de declividade dadas pela Embrapa (Quadro 2), a área onde está localizada a Fazenda Santa Brígida possui três níveis de fragilidade com relação à ocupação, sendo que a maior porção da propriedade vai de *muito baixa* ou *baixa fragilidade* à ocupação, sendo sua porção leste, mais próximo de seu limite, que apresenta médio grau de fragilidade

em relação à ocupação. Assim como a propriedade, sua área de entorno (*buffer*) também apresenta três graus de fragilidade para ocupação: muito baixo, baixo e médio, sendo as maiores porções relativas à média fragilidade localizadas nas porções leste, nordeste e noroeste da área de estudo.

A análise visual dos mapas de uso do solo do *buffer* da Fazenda Santa Brígida em 2016 (Figura 27 B), evidencia a ausência de corredores dentre os fragmentos florestais, com ilhas de vegetação natural esparsas ao longo do *buffer*, comprometendo a mobilidade e migração de espécies. São poucos os estudos sobre corredores, mas estes determinam que paisagens com a existência de corredores possuem significativo movimento de espécies entre manchas (Haas, 1995).

Desta forma, os corredores podem reduzir a probabilidade de extinção de populações locais, já que o aparecimento de barreiras na paisagem modificada pode alterar de modo significativo a dinâmica populacional das espécies sobreviventes. A presença de novos hábitats matriz (por ex. pastagens) pode limitar a dispersão, movimentos e colonização.

No ano de 2006 (Figura 26 B) observava-se a possibilidade de haver uma fauna com mamíferos de médio porte na área, uma vez que os fragmentos florestais eram de maior porte, o que não ocorre em 2016 (Figura 27 B). Nos dois períodos a densidade de bordas é alta, assim como o índice de forma, fatores que são negativos à conservação por evidenciarem a provável existência de intenso efeito de borda, gerando novos habitats nestes locais devido às modificações acentuadas provocadas por este efeito (Andren, 1994).

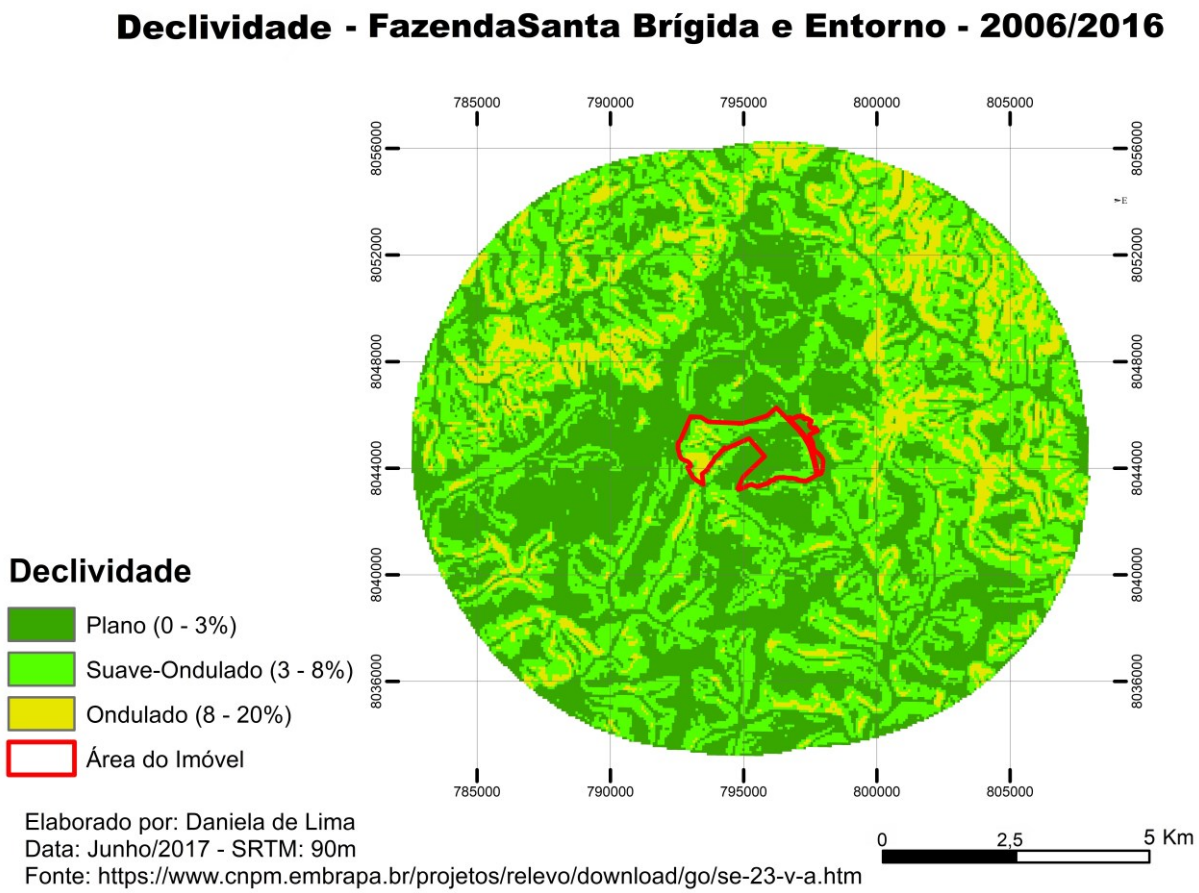
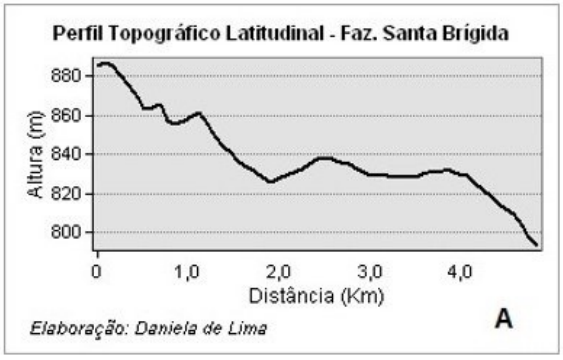


Figura 34: Declividade da Fazenda Santa Brígida e entorno - 2006/2016.

Os perfis topográficos gerados para a propriedade e seu entorno (Figuras 35 A e B, e 36 A e B) demonstram que, latitudinalmente, a propriedade (Figura 35 A) possui altitudes aproximadas entre 800 e 880 m e aproximadamente 4,5 km de extensão, levemente dissecado, com curvaturas anticlinais e sinclinais leves com a maior curvatura sinclinal entre os pontos de 823, 840 e 860 metros de altitude, apresentando cerca amplitude de 37 metros. Já o recorte longitudinal (Figura 35 B), gerada na área da propriedade, apresenta aproximadamente 2,5 km de extensão, com declividades variando entre 805 e 835 metros de altitude, mostrando um relevo com duas porções em curvatura anticlinal e uma porção com curvatura sinclinal, entre os pontos com 805, 827 e 835 metros, com cerca de 30 metros de amplitude.

Quanto ao *buffer* da propriedade, este apresenta perfil topográfico latitudinal (Figura 36 A) com altitudes variando entre 790 e 880 metros, com aproximadamente 25 km de extensão, exibindo relevo mais dissecado, apresentando várias ondulações (sinclinais e anticlinais). Já o perfil longitudinal da área do entorno (Figura 36 B) da Fazenda Santa Brígida traz variação altimétrica entre 770 e 900 metros, com extensão de aproximadamente 20 km e progressão também sinuosa, demonstrando um relevo dissecado.



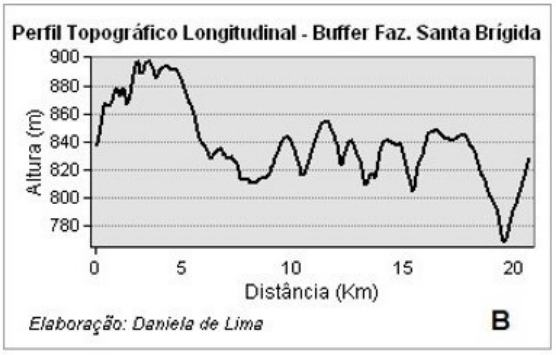
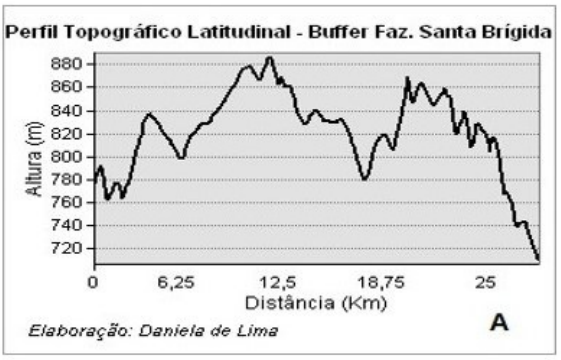


Figura 35: Perfis topográficos latitudinal e longitudinal da Fazenda Santa Brígida (A: Latitudinal; B: Longitudinal).



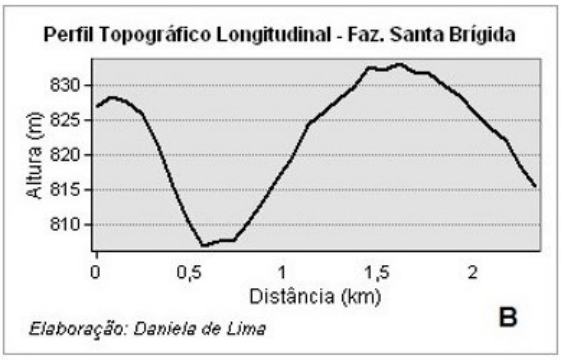


Figura 36: Perfis topográficos latitudinal e longitudinal *Buffer* da Fazenda Santa Brígida (A: Latitudinal; B: Longitudinal).

Capítulo 5. Considerações finais

As técnicas de sensoriamento remoto, empregadas na interpretação e análise de imagens de satélite, e integradas aos sistemas de informação geográfica, auxiliaram na aquisição de dados e obtenção de produtos cartográficos, facilitando a compreensão dos elementos que interagem na formação da paisagem.

Os dados obtidos no período 2006 – 2016, nas três áreas de estudo, demonstram que as áreas que abrigam sistemas de ILPF apresentam melhor eficiência ambiental pelos seguintes fatores:

- Ao sofrerem menor fragmentação de classes, também sofrem menor fragmentação de hábitats, fator considerado ambientalmente positivo, pois fragmentos maiores apresentam maior diversidade, sendo este tamanho um condicionante de maior riqueza de espécies.
- Mantiveram, de forma geral, menores densidades de bordas em relação aos apresentados pelas áreas do entorno (*buffers*) às propriedades, uma vez que altos valores demonstram maiores efeitos de bordas, o que neste caso não é positivo (maior desequilíbrio e suscetibilidade à queimadas e desmatamentos, por exemplo).
- Apresentaram melhores índices de forma, demonstrando formatos mais regulares, com menos reentrâncias que as áreas do entorno (*buffers*) às propriedades.
- Proporcionalmente, os tamanhos médios dos fragmentos das propriedades apresentaram melhor valor que os das áreas dos *buffers*, com menor variação nesta medida.
- Para o ano de 2016, os índices de vegetação por diferença normalizada (NDVI) adquiridos dentro das propriedades que adotam os sistemas de integração se mostraram mais satisfatórios que em áreas com agricultura ou pastagem em seu entorno, exceto algumas áreas que utilizam irrigação por pivô central (cujo NDVI é normalmente mais alto).
- De maneira geral, os dados obtidos com as métricas da paisagem dos *buffers* das propriedades demonstram que houve diminuição no tamanho médio dos fragmentos das classes, com aumento da densidade de bordas e do coeficiente de variação indicando que há uma quantidade significativa de manchas com tamanhos diferentes da média geral, tais dados se mostram negativos para a conservação ambiental por demonstrar que a paisagem antrópica exerce maior influência sobre a paisagem natural, além de dificultar a circulação de animais e manutenção da fauna em manchas com tamanhos reduzidos.

Desta forma, pode-se afirmar que a configuração de uso do solo para os elementos que compõem as paisagens que comportam os sistemas de integração é adequada, sendo que esta contribui positivamente para a melhoria deste cenário, com índices que refletem esta

afirmação, demonstrando que, apesar dos pontos de atenção já citados, o sistema promove boa interação quando estabelecido em condições adequadas à estrutura da paisagem.

Apesar dos modelos de sistemas de integração existentes no Brasil serem moldados a partir do plantio de árvores vindas de outros países, sendo o caso do eucalipto (*Eucalyptus urograndis*), os sistemas de integração são mais sustentáveis que os sistemas voltados à agricultura e pecuária tradicionais; mas é importante pontuar que existem outras alternativas, ainda mais qualificadas com relação à sustentabilidade, que podem melhorar e manter o bioma Cerrado ambientalmente mais equilibrado, como é o caso do sistema cabruca.

O cultivo de espécies arbóreas exóticas, como o eucalipto, é uma prática que visa lucro e está fundamentada na facilidade de adaptação desta espécie a variados tipos de clima e de solo, adaptação esta que não se mantém positivamente no que diz respeito ao equilíbrio ambiental, uma vez que este vem sendo rompido ordenadamente, pelas atividades antrópicas, que afetam o meio ambiente e se refletem na qualidade e na quantidade das águas.

Sendo os sistemas de integração, atividades econômicas que visam a redução nos custos da produção, com o aumento da necessidade de madeira procedente de floresta plantada ao longo dos anos, diversos setores da economia estão investindo nas plantações florestais, para atender a demanda de matéria prima para as indústrias de papel, siderúrgicas, abastecimento de lenha, madeiras para embalagens, entre outros, visto que as legislações ambientais em todo o mundo estão bastante restritivas em relação ao desmatamento.

Embora as restrições impostas pela legislação ambiental terem se tornado mais efetivas quanto à derrubada de florestas, são assustadores os números que competem à ocupação do Cerrado, tanto no panorama de ocupação atual, quanto nas projeções do que ainda pode sofrer uso e ocupação pela ação antrópica.

Desta forma, compete aos gestores públicos implementar, também, práticas e leis que subsidiem efetivas mudanças que atendam às demandas ambientais de biomas como o Cerrado, como no caso da implementação de maior número de sistemas agrossilviculturais, além do incentivo à promoção de sistemas ILPF que abarquem espécies endêmicas destes biomas, como forma de contemplar uma sustentabilidade ambiental mais efetiva, pensando inclusive na questão que envolve os recursos hídricos, uma vez que foram observadas perdas significativas em seus níveis, possivelmente pela destinação inadequada destes recursos, como o uso de irrigação na cultura da cana-de-açúcar e dos pivôs centrais nas lavouras de Cristalina - GO, assim como no cultivo da cana em Cachoeira Dourada - GO.

Em Goiás há diversos tipos de frutos nativos do Cerrado que são muito apreciados na culinária, oriundos de espécies de porte arbóreo-arbustivo e que poderiam ser utilizadas em

um sistema de integração diferenciado, onde a floresta fosse composta por árvores do próprio bioma Cerrado.

Como exemplo, o cajuzinho-do-cerrado é considerada uma espécie de elevado potencial para a exploração sustentada no bioma Cerrado, o que torna importante a sua inclusão em cultivos para produção em larga escala, para que não ocorra o uso predatório ou até mesmo a extinção da espécie. Sendo assim, um sistema agrossilvicultural compatível com o sistema cabruca poderia ser inserido em Cerrado, com esta espécie que é referência nutricional de grande importância para a população local.

Integrar árvores nativas do bioma Cerrado é uma proposta que pode melhorar não apenas os índices relativos à paisagem, mas também sua qualidade ambiental, melhorando aspectos como os inerentes aos recursos hídricos, que se mostram como pontos de atenção nas amostras estudadas.

Uma outra alternativa é a agricultura sintrópica, que visa recuperar áreas degradadas através do uso, associando agricultura e floresta, incorporando ecologia aos agrossistemas, trabalhando a recuperação do solo através de seu uso, promovendo a produtividade sem a inserção de insumos como fertilizantes ou agrotóxicos, agenciando os serviços ecossistêmicos, principalmente no que tange à formação de solos, microclima e favorecimento do ciclo da água.

A agricultura sintrópica é uma proposta recente (década de 1990), criada pelo suíço Ernst Götsch, a agricultura sintrópica parte do princípio do simples ao complexo, a produção se dá em pequenos blocos que combinam espécies diferentes, com árvores, frutas, hortaliças. Toda matéria orgânica resultante da produção é utilizada dentro do sistema, que busca reordenar e resgatar o natural, criando áreas de produção permanente através dessa variabilidade da produção, assim a área não fica descoberta durante a colheita e a variação das espécies não causa estresse ao solo, utilizando a lógica da conservação, manutenção e ampliação dos nutrientes presentes no solo.

Se comparada às demais formas de apropriação no seu entorno, os sistemas de integração demonstram ser uma forma mais adequada de ocupação, sendo aconselhável para as diversas formas de uso do Cerrado, em observação dos produtores para uma possível conversão para estes sistemas, ou mesmo os sistemas agrossilviculturais; estes, por unirem vegetação nativa às culturas, certamente apresentarão índices ainda melhores que os obtidos nos sistemas de integração agroflorestal dentro do Bioma Cerrado, sendo positivo inclusive para a questões que envolvem a perda de recursos hídricos, uma vez que as espécies nativas de Cerrado são adaptadas às suas condições climáticas, com raízes extensas que buscam água

em grandes profundidades, mantendo-se sem necessidade de irrigação mesmo durante os períodos de seca.

Assim como os sistemas agrossilviculturais, a agricultura sintrópica se mostra outra alternativa eficaz à manutenção ambiental através do ajustamento e adaptação da variabilidade de espécies que combina, intensificando os serviços ecossistêmicos de forma sustentável e ambientalmente não agressiva.

Referências bibliográficas

AIDAR, H.; Kluthcouski, J. Evolução das atividades lavoureira e pecuária nos cerrados. In: Kluthcouski, J.; Stone, L. F.; AIDAR, H. (ed.). Integração Lavoura-Pecuária. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, p. 25–58.2003.

ALMEIDA, R. G. de. Sistemas agrossilvipastoris: benefícios técnicos, econômicos, ambientais e sociais. Encontro sobre zootecnia de Mato Grosso do Sul. **Embrapa Gado de Corte,** v. 7, p. 1-10, 2010.

ALVARENGA, R. C. et al. Sistema de Integração Lavoura-Pecuária: o modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo. **Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica**, 2007.

ALVES, Nádia Christine Gomides Ferreira; WANDER, Alcido Elenor. Competitividade da produção de cana-de-açúcar no cerrado goiano. **Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2009.

ANDREN, Henrik. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. **Oikos**, p. 355-366, 1994.

AVIDOS, Maria Fernanda Diniz; FERREIRA, Lucas Tadeu. Frutos dos Cerrados. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v. 3, n. 15, p. 36-41, 2000.

BAGGIO, A. J.; SCHREINER, H. G. Análise de um sistema silvipastoril com Pinus Elliottii e gado de corte. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 16, p. 19–29, 1988.

BAGGIO, A. J.; Carpanezzi, O. B. Resultados preliminares de um estudo sobre arborização de pastagens com mudas de espera. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 18-19, 1989.

BAGGIO, A. J.; PORFIRIO-DA-SILVA. V. Métodos de implantação de sistemas silvipastoris na região do arenito caiuá, Paraná. In: Congresso Brasileiro sobre sistemas agroflorestais: no contexto da qualidade ambiental e competitividade, 2. 1998, Belém, PA. Belém: Embrapa CPATU, 1998. **Resumos**... p. 189-191. 1998.

BALBINO, L.C.; BARCELLOS, A.O.; STONE, L.F. (Ed.). Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta. Brasília: **Embrapa**, p. 130. 2011.

BALBINO, L. C. et al. Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF). **Informações Agronômicas**, v. 138, p. 1-18, 2012.

BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO. Managing for Development Results: Progress and Challenges in Latin America and Caribbean. Disponível em: <https://publications.iadb.org/handle/11319/435. 2010>. Acesso em: 10 março 2016, 20:28:45.

BARBALHO, MGDAS et al. Uso do solo e a irrigação por pivô central na superfície tabular no município de Cristalina-GO. **SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA**, v. 6, p. 220-233, 2006.

BEZERRA, C.G. et al. Estudo da fragmentação florestal e ecologia da paisagem na sub-bacia

hidrográfica do Córrego Horizonte, Alegre, ES. **Espaço & Geografia**. 14(2), p. 257-277, 2011.

BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento. **Melhorando a atração do investimento florestal a nível subnacional**. Curitiba: STPC, p. 190. 2010.

BORGES, L. F. R. et al. Inventário de fragmentos florestais nativos e propostas para seu manejo e o da paisagem. **Cerne**, v. 10, n. 1, p. 22-38, 2004.

BORGES, Vonedirce M. S. **Formação de uma nova centralidade do setor sucroenergético no Cerrado:** o caso de Quirinópolis, estado de Goiás. 237 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

BOUVET, J. M. Les plantations d'Eucalyptus: évolutions récents et perpectives. **Le Flamboyant**, n. 49, p. 4-14, Paris, 1999.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. O Bioma Cerrado. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/publicacoes/biomas/category/62-cerrado>. Acesso em: 10 março 2016, 16:30:25.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. p. 173, Brasília, DF, 2012.

CABRAL, J. B. P.; et al. Uso de técnicas de geoprocessamento para maear o potencial natural de erosão da chuva na bacia hidrográfica do reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 10, 2005.

CARMINATO, L. P.; et al. Utilização de Imagens de Sensoriamento Remoto em Projetos de Geoprocessamento. In: **CONGRESSO ALICE BRASIL**. 2015.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.I.], [2005]. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/cap1/index.php#titulo1.4.1>. Acesso em: 18 jun. 2017, 14:32:15. v. 15, 2010.

CASSOL, L.C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuaria em semeadura direta com calcário na superfície**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. p. 143, 2003.

CASTRO, Selma S. et al. Estudo da expansão da cana-de-açúcar no estado de Goiás: subsídios para uma avaliação do potencial de impactos ambientais. In: **SBPC**, II Fórum de C&T no Cerrado. Goiânia: SBPC, 2007.

CASTRO, Selma S. et al. A expansão da cana-de-açúcar no Cerrado e no estado de Goiás: elementos para uma análise espacial do processo. **Boletim Goiano de Geografia,** Goiânia, v. 30, p. 171-191, 2010.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. Assessoria de coordenação ambiental. **Guia ilustrativo de plantas do Cerrado de Minas Gerais**. São Paulo: Nobel, 2001. 96 p.

CREPANI, Edison et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: Inpe, 2001.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.** Campinas-SP: IG/UNICAMP, 1992.

DUPRAZ, C.; LIAGRE, F. **Agroforesterie**: des arbres et des cultures. Paris: France Agricole, p. 413, 2008.

EMBRAPA CERRADOS. Embrapa Cerrados: conhecimento, tecnologia e compromisso ambiental. Planaltina, **DF: Embrapa Cerrados**, Documentos, 4. p. 34, 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa; P. 412, 1999.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPSo, p. 306, 2006.

EMBRAPA. Florestas. **Caracterização do setor florestal goiano**. 2012.

ESTADO DE GOIÁS. Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás: **Relatório Final**. Goiânia, 2005.

FERREIRA, M. E. et al. Modeling landscape dynamics in the central Brazilian savanna biome: future scenarios and perspectives for conservation. **Journal of Land Use Science**, v. 8, n. 4, p. 403-421, 2013.

FOODY, G. M. On the compensation for chance agreement in image classification accuracy assessment. **Photogrametric Engineering and Remote Sensing**, v. 58, n. 10, p. 1459-1460, 1992.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. Landscape ecology. Cambridge University Press, Cambridge. 1986.

FORMAN, R. T. T. Land Mosaics. The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge University Press, Cambridge. 1995.

FLORENZANNO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. Oficina de Textos, 2007.

FLORENZANNO, T. G. Introdução à geomorfologia. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. **São Paulo: Oficina de textos**, p. 11-30, 2008.

GARCIA, A.S. et al. Mudanças de paisagem em uma zona ecotônica neotropical de savana florestal no Brasil central: o papel das áreas protegidas na manutenção da vegetação nativa. Journal of **Environmental Management**, v. 187, p. 16-23, n. 2017.

Gascon, C.; Laurence, W. F. & Lovejoy, T.E. 2001. Fragmentação florestal e biodiversidade na Amazônia Central. In: **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais**.

Garay, I & Dias, B. (eds.), Editora Vozes, p: 174-189.

GREENWOOD, K. L.; MCKENZIE, B.M. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.1231-1250, 2001.

GUSTAFSON, J. E. Quantifying Landscape Spatial Pattern: What Is the State of the Art? **Ecosystems** 1, p. 143-156, 1998.

Haas, C.A. Dispersal and use of corridors by birds in wooded patches on na agricultural landscape. **Conservation Biology**, 9: 845-854, 1995.

HEERMANN, D.F.; KOHL, R.A. Fluid dynamics of sprinkler systems. In: JENSEN, M.E. Design and operation of farm irrigation systems. St. Joseph: **American Society of Agricultural Engineers**, p. 583-618, 1983.

HUETE, A. et al. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation index. **Remote Sensing of Environt**, vol. 83, p.195-213. 2002.

IBÁ. **Indústria Brasileira de Árvores 2015**. Brasília, p. 100. 2015.

IBGE/SIDRA. Censo agropecuário, 2006. Disponível em:<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/814 #resultado> Acesso em: 18 Jun. 2017, 17:28:45.

JACINTO, L.U. A pecuária do futuro com a ajuda da irrigação. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, n. 51, p.50-54, 2001.

JAEGER, J.; GRAU, S.; HABER, W. Einführung: Landschaftszerschneidung und die Folgen. **GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society**, v. 14, n. 2, p. 98-100, 2005.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. 2. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1996.

JENSEN, J. R. (1949) **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução José Carlos Neves Epiphanio et al. São José dos Campos. SP. 2009.

KLINK, C. A.; MACHADO, R.B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n 3, p. 707-713, jun. 2005.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; STONE, L.F.; COBUCCI, T. Integração lavoura-pecuária e o manejo de plantas daninhas. Piracicaba: **POTAFOS**. Encarte Técnico, Informações Agronômicas, 106. p. 20, 2004.

KLUTHCOUSKI, J. et al. Renovação de pastagem do cerrado com arroz. I. Sistema Barreirão. Goiânia: **Embrapa-CNPAF**, p. 20, 1991.

LAMBIN, E. F. et al. Effectiveness and synergies of policy instruments for land use governance in tropical regions. **Global Environmental Change**, v. 28, p. 129-140, 2014.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. Tradução Kux, H. São Paulo:

Oficina de Textos, p. 424, 2009.

LANZANOVA, M. E. et al. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1131-1140, 2007.

LATRUBESSE. E. M. et al. **Mapa geomorfológico do estado de Goiás** – Relatório, p. 85, 2004.

LI, Xiaofeng et al. Multi-vector composition and its application in landscape patch shape deformation and dynamic analysis. **Ecological Informatics**, v. 6, n. 3, p. 248-255, 2011.

LIMA, W. P. **Impactos ambientais do eucalipto**. 2. ed. São Paulo: Edusp, p. 302, 1993.

LIMA, W.P. et al. Comparative evapotranspiration od Eucalypus, Pine and Cerrado vegetation measured by the soil water balance method. IPEF International, Piracicaba, p. 1:5-11, 1990

LOBÃO, D. E. et al. Cacau-Cabruca: um modelo sustentável de agricultura tropical. **Indícios Veementes**, São Paulo, v. 3, p.10- 24, 1997.

LOBÃO, D. E. et al. Cacau Cabruca – sistema agrossilvicultural tropical. In: VALLE, R. R. (Ed.). **Ciência, tecnologia e manejo do cacaueiro**. p. 290-323. Itabuna: Gráfica e Editora Vital, 2007.

LOPES, A. S.; DAHER, E. Agronegócio e Recursos Naturais no Cerrado: desafios para uma coexistência harmônica. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados**, cap. 5, p. 173-209, 2008.

LUSTOSA, S. B. C. **Efeito do pastejo nas propriedades químicas do solo e no rendimento de soja e milho em rotação com pastagem consorciada de inverno no sistema de plantio direto.** 84 f. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

MACEDO, R. L. G. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA/FAEPE, p. 157, 2000.

MCGARIGAL, K; MARKS, B .J. Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. **Reference manual**, version 2.0. Corvallis, Oregon: For. Sci. Dep. Oregon State University, 1995.

MCGARIGAL, K. et al. Fragstats: spatial pattern analysis program for categorical maps. 2002.

MENESES, P. R. et al. Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. **Brasília: UNB/CNPq**, 2012.

MERRIAN, J.L. et al. Evaluating irrigation systems and practices. In: JENSEN, M.E. Design and operation of farm irrigation systems. St. Joseph: **American Society of Agricultural Engineers**, p.721-760, 1983.

METZGER, J. P. Tree functional group richness and landscape structure in Brazilian tropical fragmented landscape. **Ecological Applications**, v.10, n.4, p.1147-1161, 2000.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? In: **Biota Neotrópica.** 01(½), Campinas, SP. 2001

MORAIS P. J.; ODILON et al. Desempenho de cultivares de couve-flor de verão em Ipameri. **Ciência Rural**, p. 1923-1928, 2012.

MURCIA, C. **Edge effects in fragmented Forest: implications for conservation**. Tree, v.10, n.2, p.58-62, 1995.

NOSS, R. F. Wildlife corridors. **Ecology of greenways. University of Minnesota Press, Minneapolis**, p. 43-68, 1993.

NOVO, E. M. L. **Sensoriamento remoto. Princípios e aplicações**. Editora Edgard Blucher: São José dos Campos, 308p. 1992. p. 1-10. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, A. S. et al. Avaliação do desempenho de sistemas pivô central na região oeste da Bahia. **Irriga**, v. 9, n. 2, 2004.

OLIVEIRA, M.E.B. et al. Aspectos Agronômicos e de Qualidade do Pequi. **Embrapa Agroindústria Tropical**, Fortaleza, 2008.

PAULA, Vitor Mendes de et al. **A territorialização da agroindústria canavieira em Cachoeira Dourada (GO) e as transformações socioespaciais.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Goiás. Unidade Acadêmica Especial de Geografia, 2016.

PEREIRA, J. L. G. et al. Métricas da paisagem na caracterização da evolução da Amazônia. **Geografia**, v. 26, n. 1, p. 59-90, 2001.

PINHEIRO, L. A. F. V. **Sensoriamento Remoto**. Disponível em: <http://pt.shvoong.com/exactsciences/earthsciences/1100035-sensoriamento-remoto/. Shvoong >. 2007. Acesso em: 02 fev. 2017, 10:22:45.

PIROVANI, Daiani Bernado. **Fragmentação, florestal, dinâmica e ecologia da paisagem na bacia hidrográfica do rio Itapemirim, ES.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias, 2010.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Arborização de pastagens: I. Procedimentos para introdução de árvores em pastagens convencionais. Colombo: **Embrapa Florestas**. Comunicado técnico, 2006.

PRIMACK, R.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação.** Londrina, p. 327, 2001.

REIS, C. F. et al. **Diagnóstico do Setor de Florestas Plantadas no Estado de Goiás**, 2015.

REYNOLDS, E. R.C. & WOOD P.J. **Natural versus man-made forests as buffer against**

environment deterioration. Forest Ecology and Management 1:83-96, 1977

RODRIGUES, E. "Efeito de bordas em fragmentos de floresta." **Cadernos da Biodiversidade** 1.2, 1998.

RODRIGUES, P.J.F.P. & NASCIMENTO, M.T. Fragmentação Florestal: Breves Considerações Teóricas sobre Efeitos de Borda. **Rodriguésia 57**: p. 63-74, 2006.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia Aplicada aos EIA`s-RIMA`s. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (orgs.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 3ª ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 2000.

ROUSE, J.W.; Haas, R.H.; Schell, J.A.; Deering, D.W. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In Earth Resources Tecnology Satellite**- 1 Symposium,3, 1973. Proceedings. Washington, v.1, Sec. A, p. 309-317, 1973.

RÖMKENS, M. J. M.; HELMING, K.; PRASAD, S. N. Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness, and soil water regimes. **Catena, Cremlingen**, v. 46, n. 2/3, p. 103-123, 2001.

SANO, E. E.; et al. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

SECTEC - **Superintendência de Ciências e Tecnologia de Goiás**. Bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. Disponível: <http://www.sectec.go.gov.br>. Acesso em: 11 março 2016, 11:14:38.

SILVA, J. N. M. **Manejo florestal**. Embrapa Amazônia Oriental, 2001.

SKOLE, David; TUCKER, Compton. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. **Science**, v. 260, n. 5116, p. 1905-1910, 1993.

STEFFEN, C. A. "Introdução ao Sensoriamento Remoto". Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Divisão de Sensoriamento Remoto. **Projeto Educa SeRe III**, 2000. Disponível em: < http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>. Acesso em 15 mar. 2017, 13:15:18.

STRASSBURG, B. B. N. et al. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, p. 0099, 2017.

TURNER, M. G. Spatial and temporal analysis of landscape patterns. **Landscape Ecology,** Amsterdam, v. 4., p. 21-30, 1990.

UFV/SEPLAN. **Superintendência de Geologia e Mineração**, Goiânia, 2004.

VERDESIO, J. J. **Perspectivas Ambientais**. In: PINTO, Organização Maria Novaes. Caracterização, Ocupação e Perspectivas. Brasília: p. 561-582, 1990.

VILELA, L. et al. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.46, n.10, p. 1127-1138, 2012.

VITTI, A. M. S.; BRITO, J. O. **Óleo essencial de eucalipto**. Piracicaba: USP, Esalq, p. 30, 2003.

WIENS, J.A.; et al. Ecological mechanisms and landscape ecology. **Oikos 66**: p. 369-380, 1993.

WILKINS, R. J. **Eco-efficient approaches to land management: a case for increased integration of crop and animal production systems**. Philosophical Transactions Royal Society B, v.363, p.517-525, 2008.

XAVIER-DA-SILVA, Jorge. **Geoprocessamento no Apoio à Decisão**. Revista Continentes, [S.l.], n. 9, p. 105-115, jul. 2016. ISSN 2317-8825. Disponível em: <http://www.revistacontinentes.com.br/continentes/index.php/continentes/article/view/106>. Acesso em: 12 jan. 2017, 19:51:12.