



DINÂMICA DO USO E COBERTURA DAS TERRAS EM BROTAS (SP) EM 1988 E 2018

Hugo Guilherme Cantanhede de **Abreu**¹; Cristina Aparecida Gonçalves **Rodrigues**²;
Carlos César **Ronquim**³

Nº 20505

RESUMO – O município de Brotas (SP) tornou-se recentemente referência nacional na prática de ecoturismo, mas sua história econômica foi construída sobre bases agropecuárias: no fim do século XIX, alcançou seu ponto alto com a produção de café, que, no início do século XX, perdeu protagonismo na produção local, cedendo espaço para diversos cultivos, como cana-de-açúcar, laranja, entre outros. A partir do meio da década de 1980, um novo entendimento de gerenciamento dos recursos naturais é colocado em funcionamento, objetivando fortalecer a preservação da natureza como atrativo para atividades de ecoturismo, com projetos executados por órgãos públicos e participação direta da sociedade. O objetivo deste trabalho foi fazer o mapeamento de classificação de uso e cobertura das terras para os anos de 1988 e 2018, buscando compreender sua dinâmica e a distribuição de suas classes de uso. Foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 5 (TM), de 19/09/1988, Landsat 8 (OLI), de 22/08/2018, e Sentinel 2A, de 12/09/2018, tendo como auxiliares imagens históricas do Google Earth Pro. Importantes alterações foram verificadas, como o decréscimo de áreas destinadas a agropecuária (redução de 10,5%) entre 1988 e 2018 (30 anos), em razão do aumento de áreas ocupadas por vegetação natural que, em 2018, passa a ocupar 19,9% da área total do município. Essas alterações relacionam-se com avanços em geotecnologias e, também, com esforços empenhados na preservação dos recursos naturais voltados ao turismo rural e turismo de aventura.

Palavras-chave: café, geoprocessamento, turismo rural, vegetação nativa.

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Geografia, UNICAMP, Campinas-SP; gui.hgca@gmail.com.

2 Orientadora: Pesquisadora da Embrapa Territorial, Campinas-SP; cristina.rodrigues@embrapa.br.

3 Colaborador: Pesquisador da Embrapa Territorial, Campinas-SP.



ABSTRACT – *The city of Brotas (SP) recently became a national reference for ecotourism, but its economic history is built onto agricultural structures: coffee production led it to its peak at the end of the 19th century, but then, in the beginning of the 20th century, became less relevant, making way for different crops, such as sugarcane, orange, among others. From mid-1980s on, a new understanding of natural resources management is put in place, with the aim of strengthening nature preservation as an attraction for ecotourism activities, and set forth by projects carried out by public organisms with a direct participation of the society. Thus, in this work we aimed to map the region's land use and land cover classification in the years 1988 and 2018, in order to understand the dynamics and distribution of the land-use classes. We used images made by the satellites Landsat 5 (TM) on September 19, 1988, Landsat 8 (OLI) on August 22, 2018, and Sentinel 2A on September 12, 2018, with the aid of historic Google Earth Pro images. Important changes were detected, such as a decrease in areas used for agriculture (reduction of 10.5%) between 1988 and 2018 (a 30-year period), which is due to the increase in the number of areas covered by natural vegetation, which came to occupy 19.9% of the city's total area in 2018. These changes reflect advances in geotechnologies, but are also related to efforts made to preserve natural resources for rural and adventure tourism.*

Keywords: *coffee, geoprocessing, rural tourism, natural vegetation.*

1 INTRODUÇÃO

A Estância Turística de Brotas localiza-se em uma região de forte desenvolvimento econômico, no centro do estado de São Paulo. Brotas é reconhecidamente uma referência para a prática de ecoturismo (ou turismo de aventura), haja vista sua configuração natural dotada de cachoeiras, muitas nascentes, além do destaque para o Rio Jacaré-Pepira, pertencente à Bacia do Rio Tietê, com seus desníveis, quedas d'água e afluentes, aproveitados para a prática de *rafting* (esporte radical praticado em cachoeiras e corredeiras). Assim, a cidade é conhecida como a "capital paulista dos esportes de aventura" (Barrocas, 2017)

No que diz respeito às atividades agropecuárias, Brotas teve destaque histórico na produção de café. Atingiu sua fase de maior desenvolvimento entre as décadas de 1920 e 1930, quando entrou em declínio com a crise da economia cafeeira, em "decorrência da queda da bolsa



de Nova Iorque, de fatores climáticos, como geadas, além de pragas e de superprodução", conforme Barrocas (2017).

Brotas fazia parte da zona cafeeira Araraquarense que, juntamente com as zonas Paulista e Mogiana, formavam as três zonas especializadas em café, e que destinavam mais de 50% de áreas cultiváveis a esse produto. A economia local vivenciou um importante crescimento decorrente do sucesso da produção cafeeira no interior paulista no fim do século XIX e sobretudo no início do século XX, quando o estado de São Paulo já alcançava a "posição de maior produtor de café no Brasil e no mundo, resultado da expansão da fronteira agrícola que ganhou novo impulso em meados do século anterior" (Colistete, 2015). Na década de 1930, com a crise e queda da economia cafeeira, outras culturas passaram a ganhar destaque, dinamizando sua estrutura produtiva agropecuária.

Quanto a valores de produção, o cultivo de cana de açúcar destaca-se. No ano de 2018, foram produzidas 2.640.000 toneladas de cana, o que representa 57,8% do total da produção. O cultivo de laranja, por sua vez, produziu 237.735 toneladas, o que compreende 39,2% do total da produção em 2018 (IBGE, 2018).

Além desses produtos, a silvicultura é uma prática marcante na economia de Brotas, sendo responsável por um total de 23.031 m³ de lenha e 299.551 m³ de madeira em tora produzidos em 2018 (IBGE, 2018).

Assim, a economia brotense mantém uma estrutura produtiva agrícola consolidada. Paralelamente, no momento atual, após a economia regional ter vivenciado transformações estruturais no que se refere a quantidade de riqueza produzida e capital movimentado pelos diferentes setores, são expressivos o crescimento e a consolidação dos serviços ligados às atividades de ecoturismo, engendrando uma considerável transformação em sua economia. Quanto ao número de estabelecimentos e pessoas ocupadas em atividades de Alojamento e Alimentação, somado a Artes, Cultura, Esporte e Recreação, no município de Brotas, no ano de 2017, foram contabilizadas 20 unidades comerciais com 122 pessoas ocupadas (IBGE, 2017).

A base teórica e a utilização dos dados estatísticos levantados permitem traçar um panorama bastante definido das transmutações que a economia brotense atravessou no período.

Apesar da importância da renda gerada pelas atividades agropecuárias, a transformação citada na estrutura econômica foi pautada na preservação do meio ambiente. No ano de 1984, foi criado o Consórcio Intermunicipal para a Preservação da Bacia do Rio Jacaré-Pepira, no qual 13 municípios da região firmaram compromisso em recompor matas ciliares e promover o tratamento de efluentes até o ano de 1991 (Abrahão, 2000).



Essas mudanças no gerenciamento dos recursos naturais foram promovidas visando criar alternativas para a economia local, fortalecendo uma economia turística e objetivando um desenvolvimento sustentável. A instalação da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), em funcionamento desde 1988, permite que até 96% da água seja recuperada (Saaeb, 2020) e representa um melhoramento técnico importante para o plano de gestão sustentável para o ecoturismo. Associada a esses projetos, verificou-se a participação comunitária na gestão ambiental, com destaque para a criação da ONG "Movimento Rio Vivo", no ano de 1992, que se posicionou contrária à instalação de indústrias no município.

Assim, contando com articulação entre órgãos do poder público e a comunidade, foi ampliado o incentivo ao ecoturismo, principalmente desde 1993, quando houve o despertar da atividade em Brotas, com um salto de número de agências de ecoturismo de uma para oito (Abrahão, 2000).

O objetivo deste trabalho foi analisar a dinâmica do uso e cobertura das terras no município de Brotas em relação à produção agrícola nos anos de 1988 e 2018, associado a um estudo da economia regional, buscando identificar, descrever e interpretar as transformações no espaço em decorrência do desenvolvimento das atividades econômicas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A Estância Turística de Brotas faz parte da Região Administrativa de Campinas e tem como municípios limítrofes Ribeirão Bonito, Torrinha, São Pedro, São Carlos, Itirapina, Dourado e Dois Córregos. O acesso a Brotas, pelo sistema rodoviário, é feito pelas rodovias SP-197 (Rodovia Dr. Américo Piva) e SP-225 (Rodovia Engenheiro Paulo Nilo Romano). A Figura 1 apresenta a localização de Brotas no estado de São Paulo.

Localização de Brotas no Estado de São Paulo

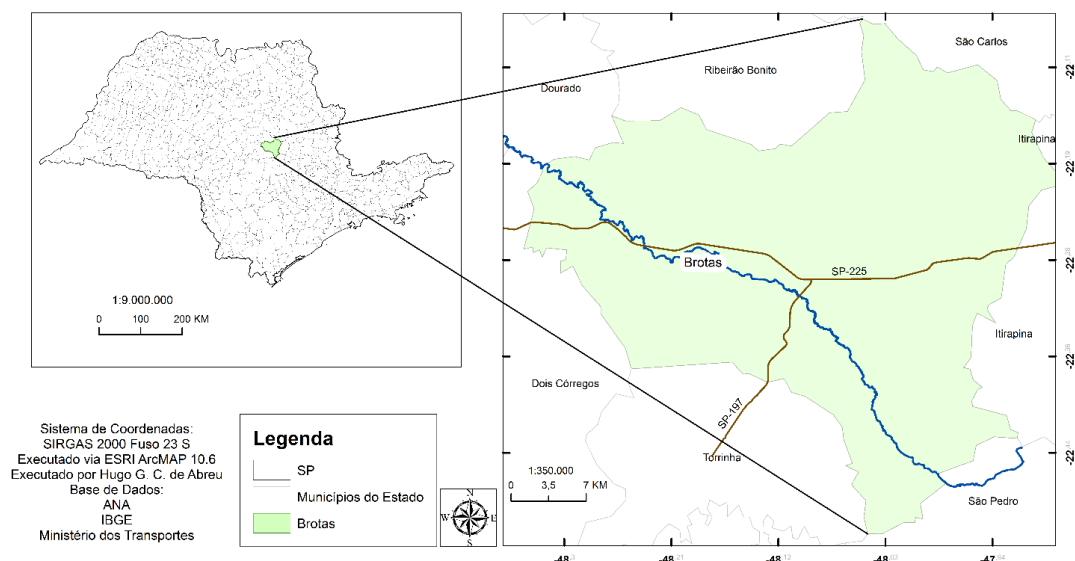


Figura 1. Localização do município de Brotas no Estado de São Paulo.

O Censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) contabilizou uma população brotense composta por 21.580 habitantes (86,2% de população urbana e 13,8% de população rural), distribuídos numa área de 1.102,89 km² e com densidade demográfica de 19,6 hab/km². O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de Brotas é de 0,740 (Alto). No censo de 1991, era de 0,491 e, no de 2000, era de 0,664 (Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2013).

Para mapear o uso e a cobertura das terras, foram utilizadas imagens geradas pelos satélites: Landsat 5 (TM), de 19/09/1988 (com resolução espacial de 30 m e formada por 7 bandas espectrais) e Landsat 8 (OLI), datada de 22/08/2018 (com resolução espacial de 15 m e formada por 9 bandas espectrais), oriundas da NASA (National Aeronautics and Space Administration); e imagem Sentinel 2 (A) datada de 12/09/2018 (com resolução espacial de 10 m e formada por 13 bandas espectrais), oriundas da ESA (European Space Agency). Os processos de armazenamento e análise de dados foram executados em SIG (sistema de informação geográfica), uma vez que o volume de dados processado foi grande.

O software utilizado foi o ArcMap 10.6, pertencente ao pacote ArcGIS produzido pela empresa ESRI (Environmental Systems Research Institute), tendo como auxiliares o sistema Earth Explorer/USGS, de onde as imagens foram baixadas, e Google Earth Pro imagens históricas.



Para estabelecer uma análise comparativa de uso e cobertura das terras de Brotas em 1988 e 2018, foi elaborada uma metodologia de aquisição e tratamento de dados visando as duas datas de maneira independente, e foi construído/alimentado um banco de dados geográficos. Os dados foram processados para que fornecessem informações para a produção dos mapas finais de classificação do uso do solo (Formaggio; Sanches, 2017).

Todo o conjunto de imagens baixadas foi submetido ao processo de “adequação à cena”, que compreende a composição das bandas em *raster* RGB “cor verdadeira” – composição 321 para o Landsat 5 (TM) e composição 432 tanto para o Landsat 8 (OLI) como para o Sentinel 2A –, a partir da ferramenta *Composite Bands* no ArcMAP 10.6, e o recorte desse *raster* no *shapefile* do limite municipal de Brotas foi feito usando a ferramenta *Extract by Mask*. Com as cenas devidamente adequadas, foram aplicadas as ferramentas para a classificação do uso do solo (Walter, 2004; Schultz et al., 2016; Santos et al., 2017).

Para o ano de 1988, a classificação supervisionada foi produzida por meio do método de máxima verossimilhança (Loebmann; Maçorano, 2012). O processo gerou um “mapa primário” ao qual foi aplicada uma correção manual na escala 1:10.000, com o auxílio do Google Earth Pro Imagens Históricas, gerando um mapeamento com cinco classes de uso do solo: vegetação natural, área urbana, corpos d’água, agropecuária e silvicultura.

Para o ano de 2018, foi feita a classificação supervisionada usando a metodologia de máxima verossimilhança, que, associada à interpretação visual das imagens de satélite e à correção manual na escala 1:10.000, possibilitou gerar um mapeamento com sete classes de uso do solo: vegetação natural, área urbana, corpos d’água, cana-de-açúcar, laranja, silvicultura e pastagem.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os mapas de classificação produzidos permitiram fazer uma análise comparativa acerca da dinâmica de uso e ocupação das terras, das alterações nas áreas ocupadas por cada classe e da porcentagem que cada uma delas representa na área total do município.

A Figura 2 apresenta o mapa de classificação de uso e coberturas das terras de Brotas (SP) em 1988. Computando os dados relativos à dimensão de cada classe, a que apresenta maior área é a agropecuária, totalizando 83.219,8 ha, seguida por vegetação natural, com 16.098,6 ha, representando, respectivamente, 75,5% e 14,6% da área total. Na sequência, aparecem

silvicultura, com 9.979,6 ha (9,0% do total), e as classes de menor extensão, corpos d'água (509,0 ha) e área urbana (482,0 ha), respectivamente 0,4% e 0,5% do total.

Classificação de uso e coberturas das terras de Brotas (SP) - 1988

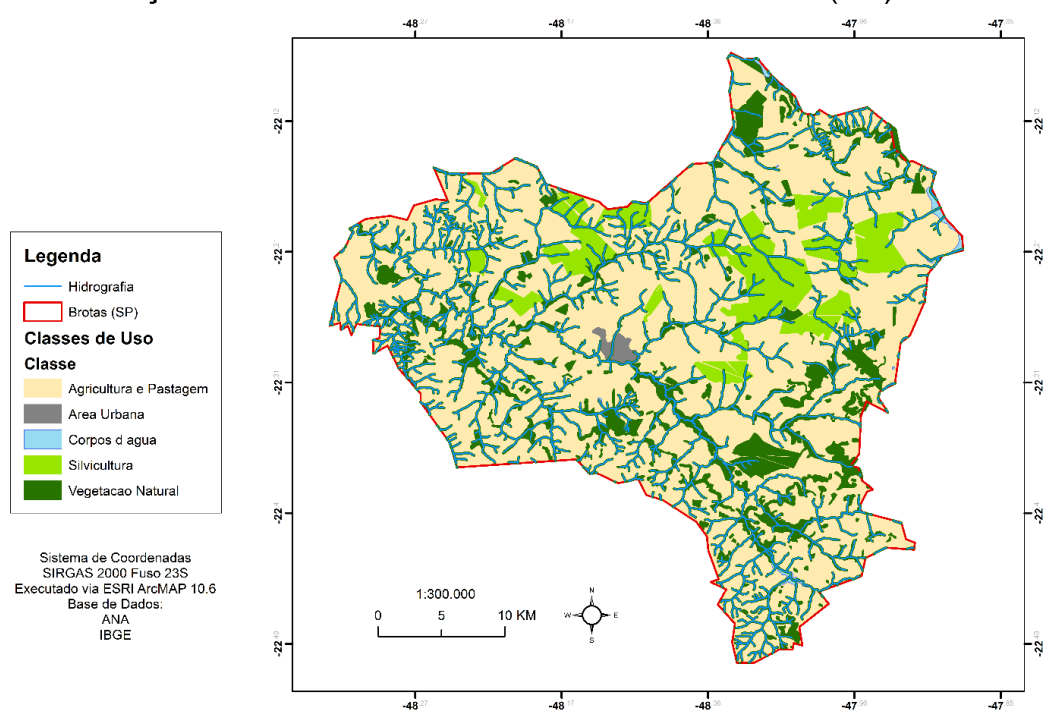


Figura 2. Classificação de uso e cobertura das terras no município de Brotas (SP) em 1988.

Na Figura 3 é apresentado o mapa de classificação de uso e coberturas das terras no município de Brotas (SP) em 2018. Este mapa foi gerado a partir de uma análise mais versátil e assertiva, visto que foram utilizadas imagens com melhor resolução espacial, facilitando a identificação dos objetos na superfície do terreno, por meio de suas texturas e padrões de resposta espectral em diferentes combinações de bandas, para além da RGB "cor verdadeira". Os dados estão organizados na Tabela 1, que compara as grandezas medidas nos anos 1988 e 2018.

Classificação de uso e coberturas das terras de Brotas (SP) - 2018

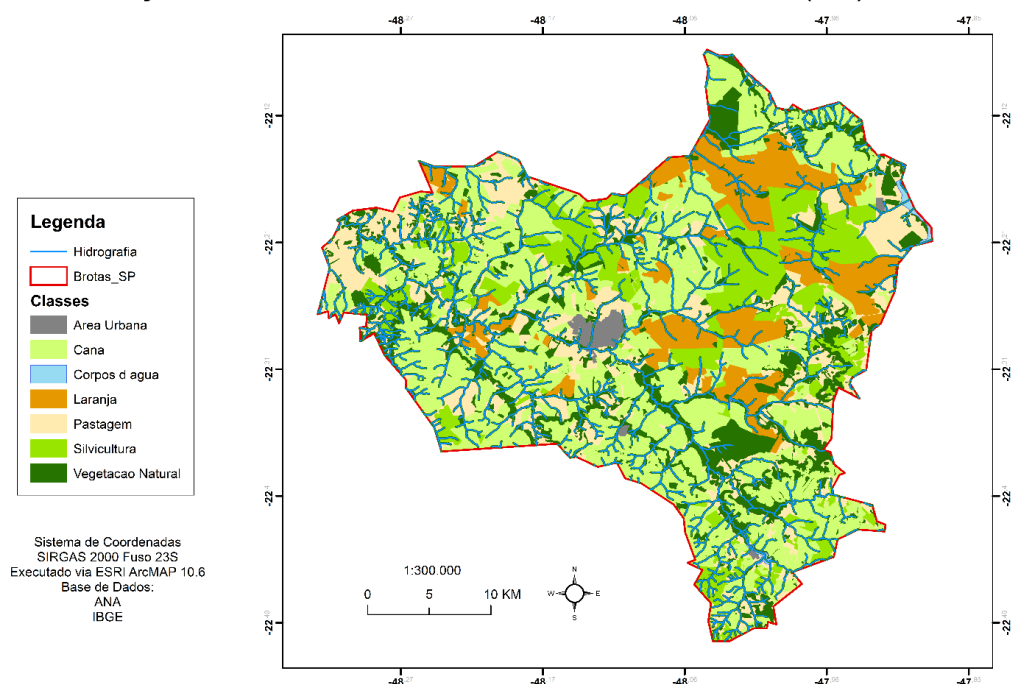


Figura 3. Classificação de uso e cobertura das terras no município de Brotas (SP) em 2018.

Tabela 1. Área (ha) e porcentagem do total ocupado pelas classes de uso e cobertura das terras em Brotas em 1988 e 2018.

	1988		2018		
Classe	Área (ha)	% do total	Classe	Área (ha)	% do total
Agropecuária	83.219,8	75,5	Cana	36.754,4	33,4
			Laranja	12.390,3	11,2
			Pastagem	22.522,5	20,4
Silvicultura	9.979,6	9,0	Silvicultura	15.066,1	13,7
Vegetação natural	16.098,6	14,6	Vegetação natural	21.978,4	19,9
Área urbana	482,0	0,4	Área urbana	1.036,0	0,9
Corpos d'água	509,0	0,5	Corpos d'água	541,3	0,5
TOTAL	110.289	100	TOTAL	110.289	100

Os dados de área e porcentagem do total das classes computados em 2018 trazem a classe cana-de-açúcar como a mais extensa, totalizando 36.754,4 ha (ocupando 33,4% da área total), seguida por pastagem, que ocupa 22.522,5 ha (20,4% do total), silvicultura, com 15.066,1 ha (13,7% do total) e vegetação natural, com 21.978,4 ha (19,9% da área total).



As classes de uso e cobertura das terras que apresentaram alterações mais significativas foram agropecuária, silvicultura e vegetação natural. A agropecuária ocupava, em 1988, 75,5% da área total, e sofreu redução de 10,5% em área comparada à somatória das classes cana, laranja e pastagem em 2018, que juntas ocupam 65,0%. A silvicultura e a vegetação natural tiveram suas áreas de ocupação ampliadas em 4,7% (5,086,5 ha) e 5,3% (5.879,8 ha), respectivamente, no período de 30 anos.

O município de Brotas tem 74,7% de seu território inserido no bioma Cerrado. Portanto, esse aumento de área da vegetação natural (5,3%) é um processo de recuperação de paisagens de Cerrado (maior área) e Floresta Estacional Semidecidual anteriormente existentes. Esse processo de recuperação da vegetação natural ocorreu por recuperação natural (retorno de vegetação secundária por vedação da área) ou por plantação de mudas de arbóreas (principalmente frutíferas) sobre áreas de agropecuária tomadas por plantações de cana-de-açúcar ou áreas depreciadas. Esse resultado é corroborado pelo 4º Inventário Florestal do Estado de São Paulo, divulgado em agosto de 2020, que traz o mapeamento temático da cobertura vegetal nativa do estado de São Paulo (Instituto Florestal do Estado de São Paulo, 2020). O documento aponta que o município de Brotas apresenta 21.315 ha de cobertura vegetal nativa, que corresponde a 19,3% de seu território, em vários estágios de recomposição.

Tanto a silvicultura (voltada para produção de madeira e lenha) quanto o retorno da vegetação arbórea natural têm o turismo rural como principal motivador, posto que uma paisagem bonita, com muita vegetação arbórea, é um forte atrativo para pessoas que buscam a natureza e seus prazeres. Conforme D'Auria (2012), pretende-se fortalecer as tradições nas relações com a natureza por meio do turismo rural, somando forças no sentido de avigorar a preservação da natureza, com reflexos na melhoria da qualidade da água e conservação da fauna, com vistas a construir um desenvolvimento sustentável condizente com uma cidade de economia turística.

A ação dos pequenos proprietários teve importância fundamental na recuperação da vegetação natural. Práticas como plantio de mudas de frutas nativas, uso mínimo de agrotóxico, ensacamento de frutas no pé, uso de irrigação e poda em época adequada foram fundamentais (D'Auria, 2012).

4 CONCLUSÃO

A economia de Brotas desenvolveu-se embasada na produção agropecuária. Entretanto, com o impulso e crescimento gerados pelas atividades de setor terciário relacionadas ao



ecoturismo, a preservação das áreas naturais tornou-se um fator central para uma economia em transformação.

Iniciativas do poder público conjugadas com a participação da sociedade estabeleceram em Brotas uma nova visão para o gerenciamento de seus recursos naturais, mais eficiente e que mostra resultados de longo prazo, contando com cooperação entre municípios para preservação dos recursos hídricos, melhorias técnicas no sistema de tratamento de água e esgoto e a presença da comunidade por meio de organização não-governamental.

As transformações verificadas no uso e cobertura das terras em Brotas são resultado desse gerenciamento (a partir do meio da década de 1980), por esforços empenhados na preservação dos recursos naturais voltada ao turismo rural, com iniciativas de revegetação e preservação de áreas que estavam abandonadas ou degradadas, ampliando e diversificando a vegetação natural para a prática de turismo rural e esportivo, visando uma economia sustentável capaz de gerar renda e qualidade de vida no município. Os avanços na tecnologia de sensoriamento remoto e geoprocessamento no período de 30 anos também foram muito importantes para melhor classificação das classes de uso e cobertura das terras.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa PIBIC. Aos orientadores Cristina Rodrigues e Carlos Ronquim, a todas e todos pesquisadores, funcionários, bolsistas e estagiários que proporcionaram um período de crescimento e aprendizagem na Embrapa Territorial.

À minha família, por eu ser quem sou: minha mãe, avó, irmã e tios, que me construíram e me dão vida diariamente.

6 REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, T. Ecoturismo dá mais frutos a Brotas do que a agricultura. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 14 ago. 2000. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/turismo/fx1408200013.htm>. Acesso em: 16 ago. 2020.

ATLAS DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. 2013. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>. Acesso em: 14 de jun. de 2020.

BARROCAS, R. Aspectos históricos e geográficos do município de Brotas, SP. **Humanitas**, v. 7, p. 2-8, 2017.



COLISTETE, R. P. Regiões e especialização na agricultura cafeeira: São Paulo no início do século XX. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 69, n. 3, p. 331-354, set. 2015. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbe/article/view/9003>. Acesso em: 13 jul. 2020.

D'AURIA, G. Brotas: turismo rural em área de aventura. **Revista Casa da Agricultura: turismo rural**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 24, abr./maio/jun. 2012.

FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. **Sensoriamento remoto em agricultura**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 285 p.

IBGE. Cadastro Central de Empresas - CEMPRE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – Sidra**. 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 22 maio 2020

IBGE. Pesquisa Agrícola Municipal – PAM, **Sistema IBGE de Recuperação Automática – Sidra**. 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 22 maio 2020.

INSTITUTO FLORESTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria de infraestrutura e meio ambiente. **Projeto inventário florestal do estado de São Paulo mapeamento da cobertura vegetal nativa instituto florestal, 2020**. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/2020/08/novo-inventario-florestal-do-esp-aponta-crescimento-de-214-mil-hectares-de-vegetacao-nativa-no-territorio-paulista/>. Acesso em: 12 ago. 2020.

LOEBMANN, D. G. S. W.; MAÇORANO, R. P. **Interpretação de alvos a partir de imagens de satélite de média resolução espacial**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2012. 24 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Circular Técnica, 21).

SAAEB. Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Brotas. **Tratamento de esgoto**. Disponível em: <http://saaebrotas.com.br/servicos/tratamento-de-esgoto/>. Acesso em: 20 ago. 2020.

SANTOS, M. M.; MACHADO, I. E. S.; CARVALHO, E. V.; VIOLA, M. R.; GIONGO, M. Estimativa de parâmetros florestais em área de Cerrado a partir de imagens do sensor Landsat 8. **Floresta**, v. 47, n. 1, p. 75, mar. 2017.

SCHULTZ, B.; FORMAGGIO, A. R.; EBERHARDT, I. D. R.; SANCHES, I. D.; OLIVEIRA, J. C. de; LUIZ, A. J. B. Classificação orientada a objeto em imagens multitemporais Landsat aplicada na identificação de cana-de-açúcar e soja. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 1, p.131-143, 2016.

WALTER, V. Object-based classification of remote sensing data for change detection. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 58, n. 3-4, p. 225-238, 2004.