

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Indicadores ecossistêmicos na análise do planejamento do território rural:
um caminho para paisagens sustentáveis**

Alexa Giovanna Olinda de Oliveira

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte
dos requisitos para obtenção do título de Bacharela em
Gestão Ambiental

**Piracicaba
2024**

Alexa Giovanna Olinda de Oliveira

**Indicadores ecossistêmicos na análise do planejamento do território rural: um caminho
para paisagens sustentáveis**

Orientadora:
Prof.^a Dr.^a **MARIA VICTORIA RAMOS BALLESTER**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte
dos requisitos para obtenção do título de Bacharela em
Gestão Ambiental

**Piracicaba
2024**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me permitir estudar em uma das melhores universidades do país e me ajudar a enfrentar os desafios dessa jornada.

À minha família e especialmente, minha mãe, Márcia, que sempre me incentivou a correr atrás dos meus sonhos, acreditar no meu potencial e me apoiou incondicionalmente durante toda a minha graduação. Vocês são minha base e minha maior motivação.

À minha orientadora Vicky, pelos ensinamentos, dedicação, incentivo e orientação durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus colegas e amigos do Laboratório de Geoprocessamento (LabGeo) e do Grupo de Pesquisa e Extensão em Topografia e Geoprocessamento (TopoGeo) pelas conversas e ensinamentos na área de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

Aos meus amigos Willians e Livia que compartilharam comigo tantos momentos, experiências e palavras de incentivo ao longo dos anos, contribuindo para o meu crescimento. E todas as pessoas que me ajudaram e incentivaram ao longo da minha graduação.

À professora Odalécia Queiroz e ao Rodnei Rizzo por participarem da minha banca examinadora e pelas suas contribuições.

Finalmente, agradeço à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP) e ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) pelos recursos, conhecimentos e experiências que foram essenciais para a minha formação acadêmica e profissional.

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
1. INTRODUÇÃO	7
1.1. Objetivos gerais	8
1.2. Objetivos específicos	8
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 Planejamento territorial e ambiental	9
2.2 Instrumentos de planejamento territorial e ambiental no Brasil	10
2.3 Planejamento rural	11
2.4 Planejamento no município de Brotas/SP	12
2.5 Serviços Ecosistêmicos no planejamento	13
2.6 Diagnóstico e indicadores ambientais	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1 Caracterização da área de estudo	17
3.2 Métodos	19
3.2.1 Definição dos indicadores	19
3.2.2 Banco de dados	20
3.2.3 Levantamento da oferta e demanda	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Diagnóstico dos serviços ecossistêmicos	23
4.2 Estrutura fundiária	25
4.3 Serviços de suporte	27
4.4 Serviço de regulação	31
4.5 Serviços de abastecimento	35
4.6 Serviços culturais	37
4.7 Demandas	39
5. CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	45

RESUMO

Indicadores ecossistêmicos na análise do planejamento do território rural: um caminho para paisagens sustentáveis

A composição do planejamento ambiental e da ocupação de um município influencia diretamente a saúde e a conservação dos seus recursos naturais, os quais servem de base para diversas atividades sociais e econômicas dentro da sociedade. O presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) tem como objetivo fazer um diagnóstico do território de Brotas-SP utilizando indicadores de serviços ecossistêmicos, a análise do uso e ocupação do solo para mapear as atividades relacionadas à preservação, turismo, agropecuária, silvicultura e citricultura e suas respectivas demandas para os próximos anos. Os resultados obtidos indicam que a área de estudo possui altas demandas para os próximos anos, em relação a seus recursos hídrico e, principalmente, a produtividade de suas culturas, com o solo sendo um fator limitante. Conclui-se que o território apresenta um grande potencial para fornecer serviços de regulação, suporte e, sobretudo, culturais que podem ser utilizados como ferramenta para um planejamento do ambiente rural mais sustentável e multifuncional.

Palavras-chave: Planejamento ambiental, Uso do solo, Serviços ecossistêmicos, Sustentabilidade

ABSTRACT

Ecosystem indicators in the analysis of rural territorial planning: a path towards sustainable landscapes

The composition of environmental planning and land use in a city directly influences the health and conservation of its natural resources, which serve as the basis for many social and economic activities within society. This study aims to make a diagnosis of the territory of Brotas-SP, using indicators of ecosystem services, analysis of land use and occupation, in order to map the activities related to conservation, tourism, agriculture, forestry and citrus production and their respective demands for the coming years. The results indicate that the study area has high demands for the next years in terms of water resources and, mainly, the crop productivity, with soil being a limiting factor. The conclusion is that the territory has great potential for providing regulatory, support and, above all, cultural services which can be used as a tool for planning a more sustainable and multifunctional rural environment.

Keywords: Environmental planning, Land use, Ecosystem services, Sustainability

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as consequências da rápida industrialização, do uso de fontes não renováveis de energia, do desmatamento e das mudanças da cobertura e uso do solo, da perda da biodiversidade, dos conflitos decorrentes da utilização da terra, juntamente com as mudanças climáticas têm se mostrado temas desafiadores para a humanidade, pois seus impactos refletem no funcionamento dos ecossistemas, e, conseqüentemente, nos serviços ecossistêmicos e nas economias globais.

O relatório da Avaliação dos Ecossistemas do Milênio (2005) define serviços ecossistêmicos como os benefícios que o homem obtém dos mesmos. Por sua vez, os esses serviços são classificados em: a) abastecimento, como alimentos, água, fibras e madeira; b) reguladores que afetam o clima, a qualidade da água e controlam doenças; c) culturais, relacionados ao bem-estar cultural, espiritual e estético; e d) suporte, como o solo e a ciclagem de nutrientes. Esses serviços são fundamentais para o bem estar humano e o desenvolvimento social e econômico da sociedade. Entretanto, a ausência de políticas públicas e de planejamento na utilização da terra, especialmente nas zonas rurais, associadas às mudanças no uso e cobertura da terra para a expansão e intensificação da agricultura, têm sido um dos principais fatores da degradação e a perda desses serviços ambientais (Defries et al., 2004; Hu et al., 2021).

Diante deste cenário, planejar e ordenar o território se tornou fundamental para minimizar os impactos das ações humanas e garantir a saúde dos ecossistemas para a atual e as futuras gerações. Logo, a utilização e o monitoramento de indicadores ambientais como a quantidade e qualidade de água, degradação da terra, o potencial de erosão, produção primária, entre outros, apresentam-se como uma importante ferramenta para obter informações quantitativas significativas do estado do meio ambiente e das suas mudanças, sendo possível observar e quantificar a qualidade e a oferta de serviços ecossistêmicos (FAO, 2016).

Ao analisar o contexto brasileiro, as terras agricultáveis ocupam 36% do seu território, o que corresponde a cerca de 3,5 milhões de km² (FAO, 2019; IBGE, 2017), tornando os conflitos decorrentes do uso da terra ainda um desafio. Portanto, instrumentos legais e de políticas públicas vêm sendo instituídos para o planejamento ambiental do território, destacando-se entre elas o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), o Plano de Bacia Hidrográfica, a Agenda 21 Local, o Plano Ambiental Municipal, o Plano Diretor Municipal, que conforme o Estatuto da Cidade deve abranger as zonas rurais em seu planejamento e os Planos de Desenvolvimento Rural (Deponti et al., 2021). Tais instrumentos buscam garantir a sustentabilidade do uso do solo do território urbano e rural brasileiro podendo, dessa forma,

suprir as necessidades de produção e garantir a disponibilidade dos serviços ambientais.

No entanto, para construir um ambiente rural resiliente e sustentável é necessário trilhar um caminho estratégico, diversificando as atividades econômicas, incentivando por meio de políticas públicas a criação de sistemas multifuncionais, juntamente com a fiscalização adequada a conscientização, a participação e capacitação dos agricultores. Para tal, é preciso identificar e mapear as áreas corretas para os tipos de solos e as condições biofísicas e antrópicas das áreas rurais, bem como quantificar a saúde dos serviços ecossistêmicos buscando um uso e proteção ambiental que garanta a sua manutenção e a disponibilidade.

1.1. Objetivos gerais

Esse trabalho teve como objetivo fazer o diagnóstico do território utilizando indicadores de serviços ecossistêmicos do município de Brotas, São Paulo. Para tal, foi realizada uma análise espacial do uso e ocupação do solo, bem como foram mapeadas as atividades relacionadas à preservação, turismo, agropecuária, silvicultura e citricultura.

1.2. Objetivos específicos

- Fazer um diagnóstico do território rural do município de Brotas-SP;
- Espacializar e quantificar as mudanças do uso e cobertura da terra;
- Mapear e quantificar os serviços ecossistêmicos;
- Desenvolver indicadores quantitativos e espacialmente distribuídos dos serviços ecossistêmicos;
- Levantar as demandas para os próximos anos com base nas políticas públicas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Planejamento territorial e ambiental

O ordenamento do território está presente desde a Antiguidade, quando buscava-se planejar o ambiente em relação à topografia, microclima, atividades agrícolas e de pesca, visando atender as preferências estéticas, religiosas e de conforto das comunidades existentes. Com o passar dos anos, a organização e o planejamento do território voltaram-se para as cidades e a setorização das áreas em busca do desenvolvimento político, social e econômico (Santos, 2004).

Ao longo do século XX, a discussão sobre a crescente industrialização, a urbanização e a disputa por terras, bem como a exploração excessiva dos recursos naturais e a decorrente alteração da sua quantidade e qualidade, deram início a diversas denúncias de organizações acadêmicas e sociais, contribuindo para a realização das conferências internacionais que trataram da pauta ambiental e das medidas de proteção e conservação. Sucedendo a elaboração e consolidação de instrumentos e práticas de regulamentos, planejamento e mitigação relacionados ao meio ambiente (Santos, 2004; Gama et al., 2012; Castro; Lemos, 2016).

Dentre as conferências ambientais globais que ocorreram neste período, cabe citar a Conferência de Estocolmo (1972), o relatório “Nosso Futuro Comum” ou Relatório de Brundtland (1987) que oficializou o termo desenvolvimento sustentável como “o desenvolvimento que é capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades” (FGV, 1991, p.46). A Conferência de Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO 92), o Protocolo de Kioto (1997) e Rio + 20, em 2012 (Castro; Lemos, 2016).

A Agenda 21, firmada na Eco 92, teve grande importância, pois faz uma referência em seu capítulo 7 ao planejamento rural e urbano, instruindo a avaliação das atividades humanas, o uso da terra e a ordenação dos espaços conforme os ideais do desenvolvimento sustentável, visando as esferas econômicas, ambientais, sociais, política e culturais (Santos, 2004, p. 22; Castro; Lemos, 2016). Dessa forma, diversos conceitos e metodologias de planejamento do território foram elaborados com o objetivo de englobar os recursos naturais e garantir sua disponibilidade e conservação.

No continente europeu dois grandes conceitos se desenvolveram, primeiro o de manejar o uso do solo olhando para a ecologia da paisagem, no qual Steiner (1991) discute o planejamento ecológico como o uso de informações biofísicas e socioculturais que orientam oportunidades e restrições na tomada de decisões sobre o uso da paisagem. Já Schmid (1997),

entende o planejamento ecológico como o conjunto de métodos e tentativas que possam avaliar os efeitos do uso da terra nos ecossistemas, conectando o planejamento espacial com a proteção ambiental.

Por outro lado, Van Lier (1994, p. 10) conceitua, nos Países Baixos, o Planejamento Sustentável do Uso do Solo como instrumento de políticas públicas que estabelece a localização espacial adequada para os diversos usos do solo, levando em consideração suas condições físicas, para a proteção dos recursos naturais a longo prazo com o objetivo de satisfazer as necessidades das gerações de forma sustentável.

Por fim, Silva e Santos (2004, p. 223), definem planejamento ambiental como:

..."um processo contínuo que envolve coleta, organização e análise sistematizada das informações, por meio de procedimentos e métodos, para se chegar a decisões ou escolhas acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis em função de suas potencialidades, e com a finalidade de atingir metas específicas no futuro, tanto em relação a recursos naturais quanto à sociedade".

2.2 Instrumentos de planejamento territorial e ambiental no Brasil

No Brasil o planejamento territorial ocorre pela delimitação entre a zona urbana e rural, direcionando os instrumentos de planejamento ambiental e os usos do solo (Oliveira, 2019).

A instituição da lei nº 6938/1981, Política Nacional do Meio Ambiente, foi um marco muito importante para o país em relação aos instrumentos de gestão ambiental, tendo como intuito a *“preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana”* (Brasil, 1981).

A lei estabeleceu o Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA e Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, como também princípios e diretrizes de avaliação de impactos, planejamento, gerenciamento dos recursos naturais e zoneamentos ambientais.

Outra lei importante para o planejamento territorial e ambiental no país é o Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/01) que tem como objetivo estabelecer diretrizes e instrumentos para a gestão democrática das cidades brasileiras, buscando o desenvolvimento sustentável através dos planos diretores, o parcelamento do uso e ocupação do solo, zoneamento ambiental, estudos ambientais, plano plurianual e orçamentários, entre outros (Brasil, 2001).

Portanto, de modo geral, os principais instrumentos de planejamento ambiental no Brasil, abrangem o Plano Diretor, o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), os Planos de Bacia Hidrográfica (PBH) e o Planejamento Ambiental Municipal (Oliveira, 2019).

O Plano Diretor é um instrumento que norteia a política de desenvolvimento municipal,

orientando a atuação do poder público na oferta de serviços essenciais e privada na construção das áreas urbanas e rurais, sendo revisado a cada dez anos, conforme regra do artigo 50, combinado com o artigo 40, parágrafo 3º da Lei Federal nº 10.257/01, visando a justiça social e o desenvolvimento das funções econômica, cultural e ambiental da sociedade (Decarli; Ferrareze, 2008; Santos; Ferreira, 2011).

O Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), estabelecido pelo Decreto Federal 4.297 de 2002, é um instrumento técnico, econômico, político e jurídico que busca conhecer as potencialidades e limitações do território e de seus recursos naturais, visando reorientar as áreas de atividades econômicas e uso do solo por meio da delimitação de zonas e setores que indicam locais de estímulo das atividades e restrição ou proibição.

Os Planos de Bacia Hidrográfica, é um instrumento de planejamento determinado pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997) que define a gestão dos recursos hídricos, garantindo a disponibilidade e qualidade da água para atender seus usos múltiplos, metas, programas, o enquadramento dos corpos hídricos, e os relatórios de avaliação da situação das bacias com o enfoque na recuperação, proteção e conservação.

Os Planos Ambientais Municipais são uma ferramenta de planejamento, fiscalização e gestão que contempla a conservação dos ecossistemas e regula as formas de poluição local através de leis e normas administrativas locais. Sendo elaborados de forma multidisciplinar por meio de políticas públicas e, segundo Godecke e Maurício (2015), podem ter influência direta de outras políticas das áreas da saúde, educação, turismo e desenvolvimento econômico.

2.3 Planejamento rural

O ambiente rural, durante as décadas de 1950 a 1990, tinha como principal função produzir e satisfazer as necessidades da demanda crescente por alimentos e matérias primas para as atividades industriais. Desse modo, o planejamento desse território era relacionado aos investimentos tanto público quanto privado para o aumento da produção, expansão e intensificação dos cultivos, resultando na mecanização e o uso de fertilizantes e componentes químicos para atender a demanda do mercado (Faverto; Empinotti, 2021).

Contudo, na virada do século, além desse processo ocasionar o êxodo do ambiente rural para as cidades, ele resultou em algumas mudanças nesses espaços que deram origem à chamada “*nova ruralidade*” (Wanderley, 2000 apud Deponti et al., 2021). Nesta a área rural passa não ter apenas a função de produzir alimentos, mas há novas atividades não agrícolas e formas de uso desse ambiente como os serviços de hotéis fazenda, turismo rural, áreas de lazer, recreação, geração de energia e conservação da natureza, desenvolvendo, portanto, uma

multifuncionalidade e uma pluriatividade desse ambiente (Campagnolla et al., 2004; Deponti et al., 2021).

No tocante ao planejamento rural no Brasil, a Constituição Federal de 1988 no seu artigo 22, determina que é competência da União legislar, elaborar e executar planos nacionais, regionais e a política agrícola (Brasil, 1988). No entanto, o Estatuto da Cidade (lei nº 10.257/01) dispõe que o município deve englobar em seu plano diretor o território como todo, incluindo o planejamento do desenvolvimento rural.

Ademais, a Lei 11.326 de 2006, Política Nacional da Agricultura Familiar, tem como intuito orientar o desenvolvimento rural e dos empreendimentos rurais familiares de forma descentralizada e promovendo a sustentabilidade local (Brasil, 2006).

2.4 Planejamento no município de Brotas/SP

O planejamento territorial e ambiental do município de Brotas, São Paulo, abrange os presentes instrumentos: a Lei Orgânica, Plano Diretor, o Plano Municipal de Desenvolvimento Rural e o Código Municipal de Meio Ambiente que abrange a Política Municipal de Meio Ambiente.

A Lei Orgânica dispõe sobre as normas que regem o funcionamento do município, estabelecendo as diretrizes de gestão, política e administrativa. Desse modo, fica estabelecida a competência comum no artigo 8º da seção II sobre a proteção ao ambiente, a preservação da fauna e flora, fomentação da produção agropecuária com o uso racional da terra e a ocupação estável do campo, entre outros.

O Plano Diretor de Brotas, regulamentado pela Lei Complementar 93/2016, direciona o ordenamento e a ocupação do território orientando os agentes públicos e privados, bem como o desenvolvimento econômico e social. Assim, o Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo foi formulado dividindo o território em quatro zonas que consideram apenas as condições e métricas habitacionais, sendo elas: Zona de Uso Predominantemente Residencial (ZPR), Zona de Preservação Histórica (ZPH), Zona Especial de Interesse Social (ZEIS), Zona de Baixa Densidade (ZBD), Zona de Uso Diversificado (ZUD) e Corredores Especiais.

Desconsiderando a parte do patrimônio natural na elaboração do zoneamento e do plano diretor em sua última revisão, embora no capítulo XI, a lei no artigo 43 institui que “O Zoneamento Ambiental do Município de Brotas será adotado como parâmetro para as intervenções relacionadas com o meio ambiente e sua preservação”.

O Código Municipal de Meio Ambiente, lei 001/2019, que abrange a Política Municipal de Meio Ambiente, tem como principal objetivo garantir um meio ambiente

ecologicamente equilibrado para a atual e futura geração (Brotas, 2019). Sendo responsável pelo planejamento do uso e ocupação do solo, respeitando as fragilidades e especificidades ambientais. E define-se no Título III, Da Aplicação da Política Municipal do Meio Ambiente, no Capítulo I intitulado como “Planejamento Ambiental” que:

Art. 34 O Planejamento Ambiental deverá:

I - produzir subsídios para formulação e reformulação da política ambiental do Município;

II - definir as metas plurianuais a serem atingidas para a qualidade ambiental;

III - fixar as diretrizes ambientais para o uso e a ocupação do solo, para a conservação e a ampliação da cobertura vegetal e para a manutenção e a melhoria da qualidade das águas superficiais e subterrâneas;

IV - elaborar planos, programas e projetos de interesse ambiental;

V - recomendar ações, visando ao aproveitamento sustentável do patrimônio ambiental;

VI - recomendar ações destinadas a articular e integrar os aspectos ambientais e o desenvolvimento social dos planos, programas, projetos e ações desenvolvidos pelos diferentes órgãos municipais, estaduais e federais

Art. 36 O Planejamento Ambiental indicará os problemas ambientais, os agentes envolvidos e identificará, sempre que possível, as soluções a serem adotadas, os prazos de sua implementação e os recursos a serem mobilizados.

O Plano Municipal de Desenvolvimento Rural foi um documento estruturado para ser cumprido no período de 2022 a 2024. Nele, foi realizado um diagnóstico preliminar da área rural do município e das atividades econômicas, elaborando um planejamento de ações voltadas para a infraestrutura rural, produção e consumo sustentável, defesa agropecuária, abastecimento e segurança alimentar, fortalecimento social, solo, água e biodiversidade; resiliência e adaptação climática e integração campo-cidade (Brotas, 2022).

2.5 Serviços ecossistêmicos no planejamento

A crescente degradação do ambiente e, conseqüentemente, das funções ecossistêmicas, estão diminuindo a capacidade dos mesmos de fornecer bens e serviços aos seres humanos, afetando diversas economias e comunidades, além de contribuir com a desigualdade e os conflitos sociais (Kosmus et al., 2012, p. 12).

De acordo com Kosmus et al. (2012), o valor dos serviços ecossistêmicos geralmente é ignorado pelos tomadores de decisões, sendo seus custos e benefícios desconsiderados das políticas públicas e econômicas. Por isso, é imprescindível incorporá-los na agenda e no planejamento dos países, estados e municípios, principalmente, quando os maiores desafios que os tomadores de decisão enfrentam são as consequências das mudanças climáticas, a demanda por alimentos, a garantia de água potável e condições dignas de vida.

Diversas pesquisas na Europa (Schulte et al., 2014, 2015; O’Sullivan et al., 2017) têm sido desenvolvidas sobre a gestão funcional e sustentável das terras e solos, utilizando os

serviços ecossistêmicos relacionados diretamente com a saúde dos solos descritos por Haygarth e Ritz (2009) e associados, posteriormente, com o planejamento das áreas rurais conforme a quantificação da oferta e demanda por Schulte et al. (2014), sendo esses serviços/funções do solo: produtividade primária (agricultura e silvicultura); purificação e regulação da água; sequestro, ciclagem e regulação de carbono; provisão de biodiversidade e fornecimento e ciclagem de nutrientes. Com o objetivo de orientar as políticas públicas destinadas ao uso das terras produtivas.

No Brasil, de acordo com Parron et al. (2015, p. 30), a pauta serviços ambientais passou a ser considerado nas discussões de uso e ocupação do solo bem como nas formulações de políticas públicas de desenvolvimento rural, especialmente através dos Programas de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), estabelecido anteriormente pelas leis municipais e, atualmente, incentivado pela Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA), Lei 14.119/2021, com o intuito de conservar os recursos naturais, valorar os serviços ecossistêmicos, garantir a segurança hídrica e regulação climática (Brasil, 2021).

2.6 Diagnóstico e indicadores ambientais

Todo planejamento precisa de conhecimentos representativos e interpretáveis do espaço, seja ele obtido por levantamento ou dados secundários para fundamentar políticas públicas (Santos, 2004; Heink; Kowarik, 2009). Essa fase de transformar um dado representativo de medida, quantidade ou fato em informação e, posteriormente, em um indicador pode ser denominada de diagnóstico.

O diagnóstico é uma etapa fundamental do planejamento, pois tem como objetivo a coleta e análise de dados para descrever e interpretar o ambiente por meio da sua composição, estrutura, processo e função. Devendo ser realizado nesse processo, a definição da área de estudo, a composição do banco de dados, seleção dos indicadores e das escalas a serem utilizadas no trabalho (Santos, 2004).

De acordo com Queiroz (1992 apud Fidalgo, 2003) o intuito do processo de diagnóstico é conhecer a situação ambiental atual da área estabelecida a partir das condições do meio físico, biológico e social e econômico. Por sua vez, os indicadores estabelecem uma conexão entre os conhecimentos científicos e as políticas públicas, sendo utilizados para descrever as condições e mudanças ambientais, avaliá-las e definir metas, comunicando-as de formas simples e objetiva (Heink; Kowarik, 2009). A OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) (2003 apud Heink; Kowarik, 2009) define um indicador na

ecologia e no planejamento ambiental, como um componente ou medida de um fenômeno ambientalmente relevante respondendo sobre suas pressões, estados e respostas. Sendo considerados bons indicadores quando possuem uma interpretação multidisciplinar englobando as áreas técnica, política e social.

Para a sua elaboração, os conjuntos de dados, observações e conhecimentos devem ser sintetizados e agregados para a formação de um sistema que guie a avaliação do objeto em análise (Walz, 2000). E a sua qualidade, segundo Santos (2004), depende de certos fatores como: a confiabilidade da fonte de informação, forma de coleta e elaboração do dado, validade científica, temporalidade, escala, sensibilidade a mudanças, relevância política, atualização, representatividade, disponibilidade e conectividade.

Winograd (1995 apud Fidalgo, 2003) ressalta que a escala influencia diretamente no nível de informação necessária para incorporar na formação de indicadores e no seu uso. Em nível global, os indicadores são mais complexos para monitorar temas prioritários e apoiar negociações, além de definir políticas amplas. Já em esfera nacional, os indicadores mapeiam e monitoram áreas com problemas, definem estratégias e ações e analisam as causas, efeitos e respostas dos fenômenos. Por fim, no âmbito local, identifica-se os temas prioritários, bem como a análise e o acompanhamento das ações e respostas por indicadores mais simples e alguns complexos.

O modelo de indicador mais utilizado é o de Pressão-Estado-Resposta elaborado pela OECD em 1994, que consiste em analisar a causalidade das atividades humanas que impactam (pressão) o meio ambiente alterando a quantidade e qualidade dos recursos naturais, transformando seu estado. O qual busca ser resolvido (resposta) pela sociedade por meio de leis e políticas públicas para remediar, mitigar e prevenir seus efeitos (OECD, 2003; Fidalgo, 2003; Santos, 2004).

Estudos recentes (Schulte et al., 2014; Parron et al., 2015; Nowak; Grunewald, 2018; Guerrero, 2020; Staiano et al., 2021) utilizam de indicadores baseados nos serviços ecossistêmicos para diagnosticar e elaborar políticas públicas visando o equilíbrio entre a saúde do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável seja no uso e ocupação do solo, na parte do turismo ou no ordenamento do território rural.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

A Estância Turística de Brotas, 22° 17' 4" S, 48° 7' 39", localizado na região sudeste do estado de São Paulo (Figura 1) e abrange uma área de 110.137,3 ha e 23.898 habitantes (IBGE, 2023). O clima, segundo a classificação de Köppen, é subtropical de verão úmido e inverno seco (Cwa), apresentando uma temperatura média entre 18 a 22°C e precipitação anual de 1.350 e 1550 mm.

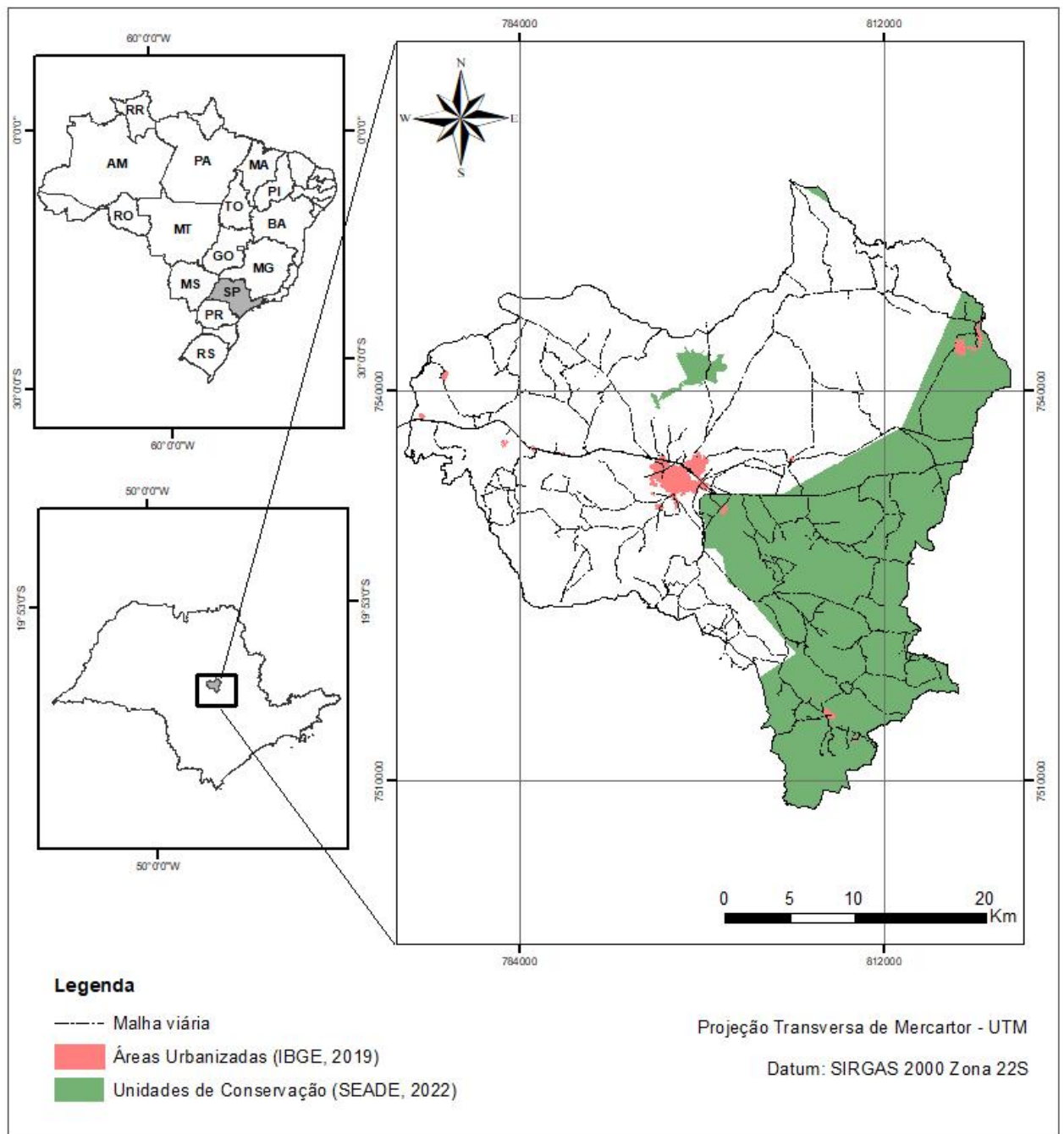


Figura 1 - a) Localização do estado de São Paulo no Brasil; b) Localização do município de Brotas no estado de São Paulo; c) limites municipais, áreas urbanas, unidades de conservação, ferrovias e estradas
Fonte: IBGE e Fundação SEADE

O território de Brotas está inserido na Região Turística da Serra do Itaqueri, conhecida pelas Cuestas Basálticas e possui como um importante patrimônio natural, o rio Jacaré Pepira, afluente do rio Tietê, com uma extensão de 174 km e, aproximadamente, 2.612 km² de área da sua bacia hidrográfica (Brotas, 2022).

As principais atividades econômicas do município são: a agroindústria da cana de açúcar, a produção de laranja, eucalipto, agropecuária (boi de corte) e o turismo direcionado para os segmentos de aventura, ecoturismo e histórico-cultural (IBGE, 2017).

3.2 Métodos

Este trabalho faz parte da pesquisa realizada no Laboratório de Geoprocessamento (LabGeo) do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) junto com a Secretaria de Agricultura de Brotas, a qual teve como intuito diagnosticar a área rural do município e desenvolver um conjunto de indicadores capazes de mapear e quantificar os serviços ecossistêmicos através de parâmetros climáticos, uso e cobertura, solos, relevo e hidrografia, buscando compreender as dinâmicas ecológicas socioeconômicas do uso e cobertura do território e avaliar a saúde dos serviços ecossistêmicos.

A metodologia foi composta por três etapas:

- I. Definição um conjunto de indicadores mensuráveis, espacialmente distribuídos que permitam mapear, em escala adequada, os principais serviços ecossistêmicos presentes no Município de Brotas-SP e contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas;
- II. Criação um banco de dados contendo os dados geográficos necessários para atingir um mapeamento adequado;
- III. Levantamento da oferta e demanda dos serviços ecossistêmicos visando contribuir para um planejamento mais funcional do espaço rural e de suas atividades econômicas.

Todos os dados foram processados e compilados no ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), utilizando o programa ArcGis, versão 10.8.1 (ESRI) licenciado junto ao Laboratório de Geoprocessamento do CENA/USP.

3.2.1 Definição dos indicadores

Os serviços ecossistêmicos avaliados foram definidos pelos grupos de suporte, abastecimento, regulação e cultura conforme classificados pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio (2005) e definidos indicadores para analisá-los.

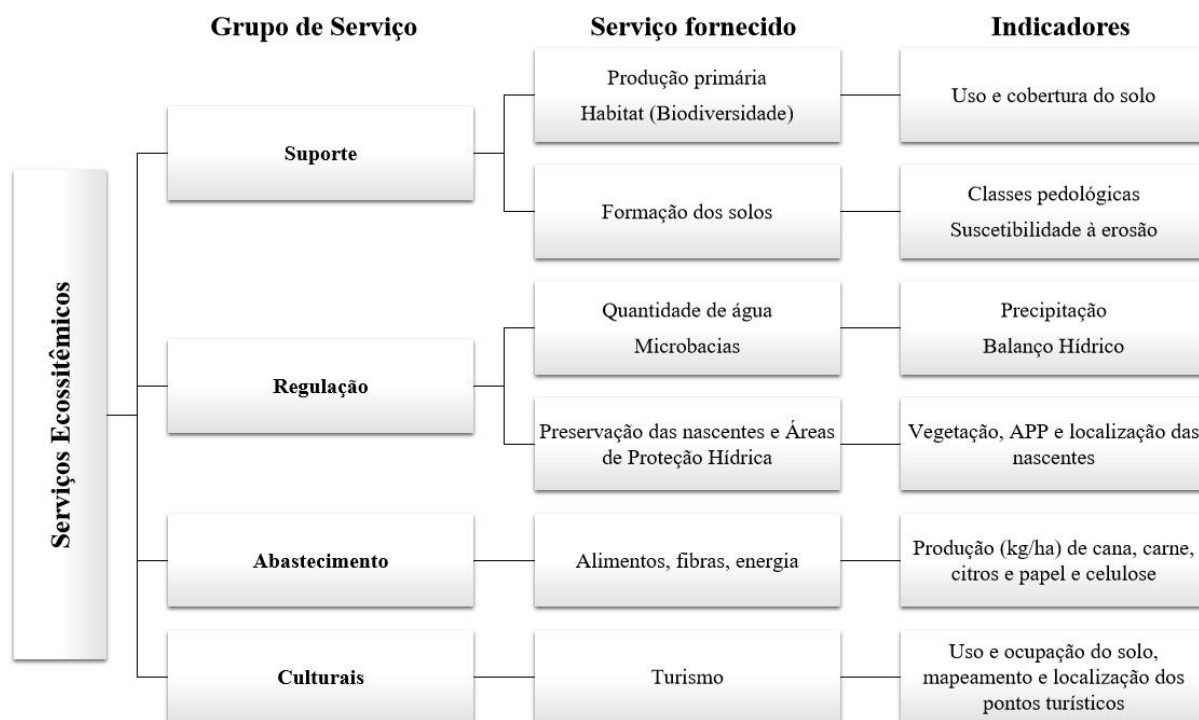


Figura 2 - Indicadores e respectivos conjuntos de dados utilizados neste trabalho com base nos serviços ecossistêmicos

3.2.2 Banco de Dados

Os dados utilizados para a elaboração dos dados geográficos processados como bibliotecas digitais cujos atributos, escala e fonte estão descritos na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Banco de dados utilizados no estudo

Atributos	Descrição	Escala	Fonte e Ano
Imagem de Brotas	Imagem Planet com o sensor PSB.SD (SuperDove) com a 4 bandas espectrais.	3 metros	PLANET, 2024
Precipitação	Série histórica de Brotas de 1977-2019		ANA,2020
Temperatura	Série histórica da estação meteorológica de São Carlos de 1997-2024		IMET,2024
Evapotranspiração	Balanco Hídrico Quantitativo	1:1.000.000	ANA,2020
Topografia	Mapeamento da variação da declividade do município	30 metros	ASTER-GDEM, 2023
Solos	Identificação das classes de solos	1:100 000	ROSSI, 2017
Cobertura e uso do solo	Mapeamento da divisão dos usos do solo	1: 250 000	Autor, 2024
Estrutura Fundiária	Mapa do Cadastro Ambiental Rural (CAR)	1:100 000	SICAR,2024
Hidrografia e mapeamento de nascentes	Mapeamento dos "rios simples", "rios duplos" e das nascentes	1:25 000	FBDS, 2023
Sistema de Aquíferos	Mapeamento dos Sistemas dos Aquíferos	1:1.000.000	ANA, 2013
Potencial de Suscetibilidade à Erosão	Mapeamento do potencial de erosão com base no Atlas de Suscetibilidades dos Solos do Estado de São Paulo	1:250.000	IPA, 2022
Inventário Florestal e Unidades de Conservação	Mapeamento da cobertura vegetal nativa e identificação das unidades de conservação.	0,5 metros	IPA, 2020
Áreas de Preservação Permanente	Delimitação das áreas de preservação permanente (APP) de acordo com largura da margem dos corpos hídricos .	1:25 000	FBDS, 2023
Área Urbanizada	Identificação das áreas urbanizadas.	1:25 000	IBGE, 2022
Geolocalização dos pontos turísticos	Localização dos pontos turísticos do município dividido em 3 classes: atrativo ecoturismo, histórico-cultural e turismo rural	1: 250 000	Autor, 2024

3.2.3 Levantamento da oferta e demanda

Para quantificar a oferta e a demanda dos serviços ecossistêmicos relacionados a sistemas agrícolas foi utilizada a abordagem Manejo Funcional da Terra (Schulte *et al.*,2014). Desse modo, as principais funções do solo relacionadas ao uso da terra para a produção agrícola são: produtividade , purificação e regulação da água, sequestro de carbono, regulação climática, habitat para biodiversidade e ciclagem e provisão de nutrientes. Para mapear esses suprimentos foi utilizado as leis e políticas públicas regionais, e na ausência dessas informações foram consultados os planos e políticas nacionais (Tabela 2).

Tabela 2. Dados e fontes utilizados para mapear suprimento e demanda de funções do solo

Função do solo	Dados de suprimento	Fontes consultadas
Produtividade	Mapas de uso do solo e valores médios de produtividade.	Legislação vigente, políticas públicas e Relatório de Projeções do Agronegócio Brasil 2022/2023 a 2032/2033.
Regulação da água	Balanço hídrico.	Plano da Bacia do Rio Tietê/Jacaré Pepira, Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997).
Sequestro de C e regulação do clima	Mapas de solos e perfis do Radam Brasil.	Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 14.904/2024), demais legislações e políticas públicas.
Ciclagem de nutrientes	Mapas de solos e perfis do Radam Brasil.	Legislação vigente e políticas públicas.
Biodiversidade	Área de Proteção.	Lei da Biodiversidade (13.123/2015), Sistema Nacional de Unidades de Conservação (9.985/2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Diagnóstico dos Serviços Ecossistêmicos

Os Serviços Ecossistêmicos são fortemente influenciados pela dinâmica de uso e ocupação do território, pois as transições de uso do solo e o uso intensivo dos recursos naturais juntamente com o planejamento inadequado causam impactos significativos aos serviços ecossistêmicos ocasionando na degradação dos solos, a poluição das águas e do ar e a diminuição da biodiversidade (Van Lier, 1994; Schulte et al., 2014).

O município de Brotas possui 96 % do seu território ocupado por propriedades rurais e quase 4 % por áreas urbanas, nas quais cerca de 86,2 % da população reside. Essa dinâmica ocorre, principalmente, devido à dependência do município do setor agrícola e do processo de uso deste território baseado na produção agropecuária desde 1988 (Trevisan et al., 2017).

Neste cenário, o mapa de uso e cobertura do solo (Figura 3), indica que a cana de açúcar é a principal cultura agrícola do município em área plantada, 45.241,3 hectares, cerca de 40,2 %, encontrando-se distribuída homogeneamente no território. Em seguida, tem-se a cultura de eucalipto com 18 %, localizada majoritariamente na sub-bacia do rio Jacaré-Guaçu com fragmentos de vegetação nativa significativos que poderiam ser utilizados como corredor ecológico, especialmente devido a proximidade com as unidades de conservação Área de Proteção Ambiental Corumbataí, Botucatu e Tejuará e a Estação Ecológica de Itirapina.

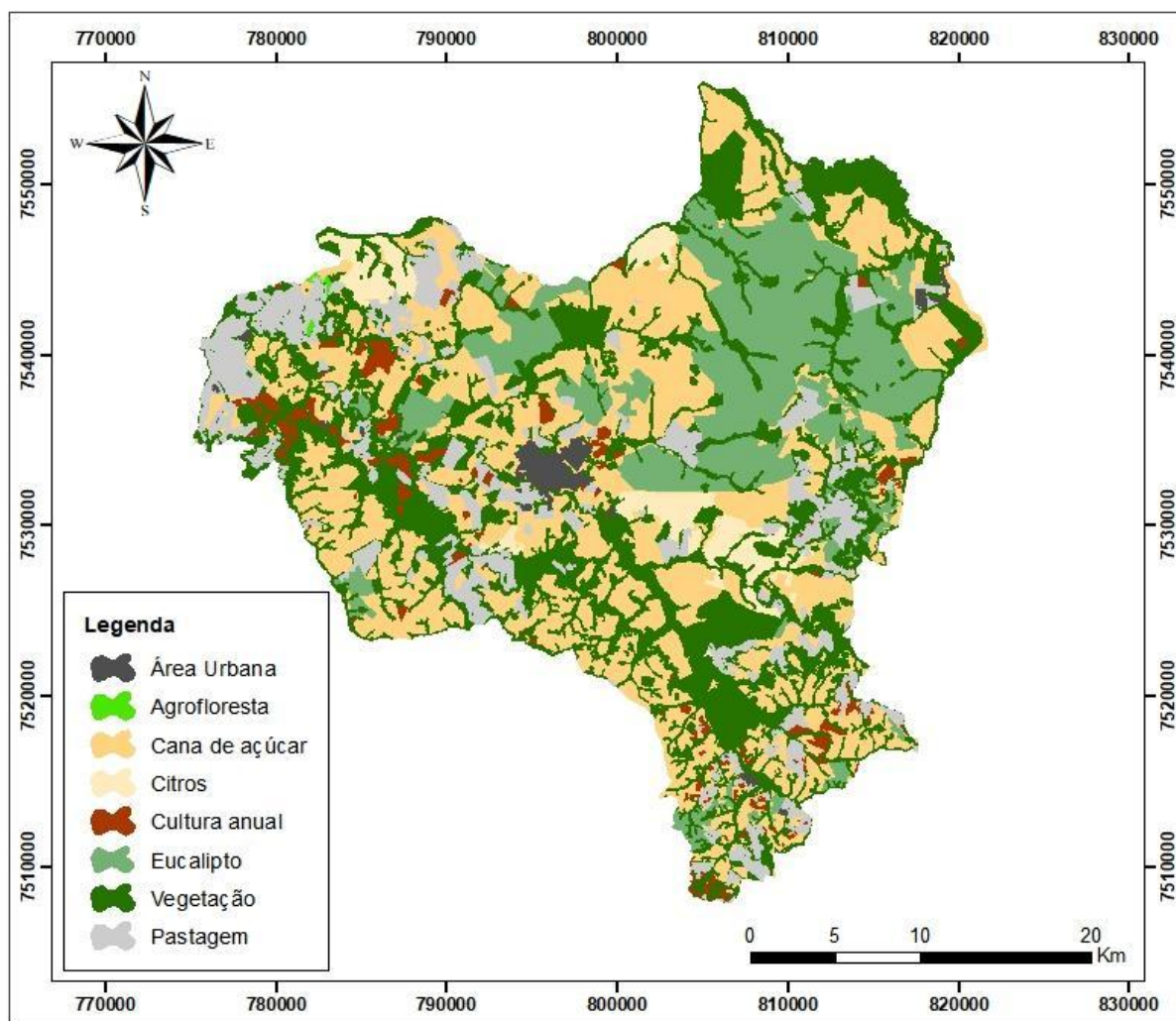


Figura 3 - Mapa de cobertura e uso do solo do município de Brotas, São Paulo

Tabela 3. Distribuição da área de cada classe de cobertura e uso do solo do município de Brotas

Classe de uso do solo	Área (%)	Área (ha)
Agrofloresta	0,1	69,68
Cana de açúcar	40,2	45.241,35
Citros	3,8	4.258,99
Cultura anual	2,8	3.152,06
Eucalipto	17,9	20.141,26
Vegetação	25,5	28.631,81
Pastagem	8,8	9.843,50
Urbanização	1,0	1.126,41

As demais culturas são citros (3,8%), cultura anual (2,8%), pastagem (8,8%), agrofloresta (0,1%) distribuídas espacialmente em todo o território e a vegetação remanescente (25,5%) presente, principalmente na região sul, ao redor dos corpos hídricos em fragmentos e em áreas de preservação permanente, favorecendo o fornecimento de habitat para a biodiversidade bem como a proteção contra a erosão e assoreamento.

4.2 Estrutura fundiária

A estrutura fundiária representa a forma que o acesso à terra e sua posse, bem como a destinação do seu tipo de uso e a sua área estão distribuídos e organizados em um país (IBGE, 2020). Dessa forma, os módulos fiscais são uma medida estabelecida pela Lei 8629/1993 para classificar os imóveis rurais conforme a quantidade de módulos presentes.

Portanto, a medida em hectares é fixada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA para cada município, considerando as atividades econômicas e o tipo de exploração dominante, definido a área mínima para ser economicamente viável. Desse modo, na área de estudo, os módulos fiscais são divididos conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Classificação dos imóveis rurais em Brotas segundo a definição de módulo fiscal do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA

Tipo de imóvel	Número de módulos fiscais (MF)	Tamanho do hectare
Minifúndio	área inferior a 1	menor que 18
Pequena Propriedade	de 1 a 4	18 a 72
Média Propriedade	4 a 15	72 a 270
Grande Propriedade	maior que 15	maior que 270

Fonte: INCRA (2024)

Segundo os dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Cadastro Rural Ambiental (SICAR), em 2024, em Brotas há 1004 propriedades, sendo 698 pequenas propriedades equivalente a 160.248,3 hectares, 206 médias com 271.476,3 ha, 79 grandes com uma área de 637.088,8 ha e 21 minifúndio que somam 245 hectares. Em termos percentuais, as grandes propriedades representam 59,6% da área da cidade, contrapondo as pequenas propriedades e minifúndios que totalizam juntos apenas 15,01% da área abrangida.

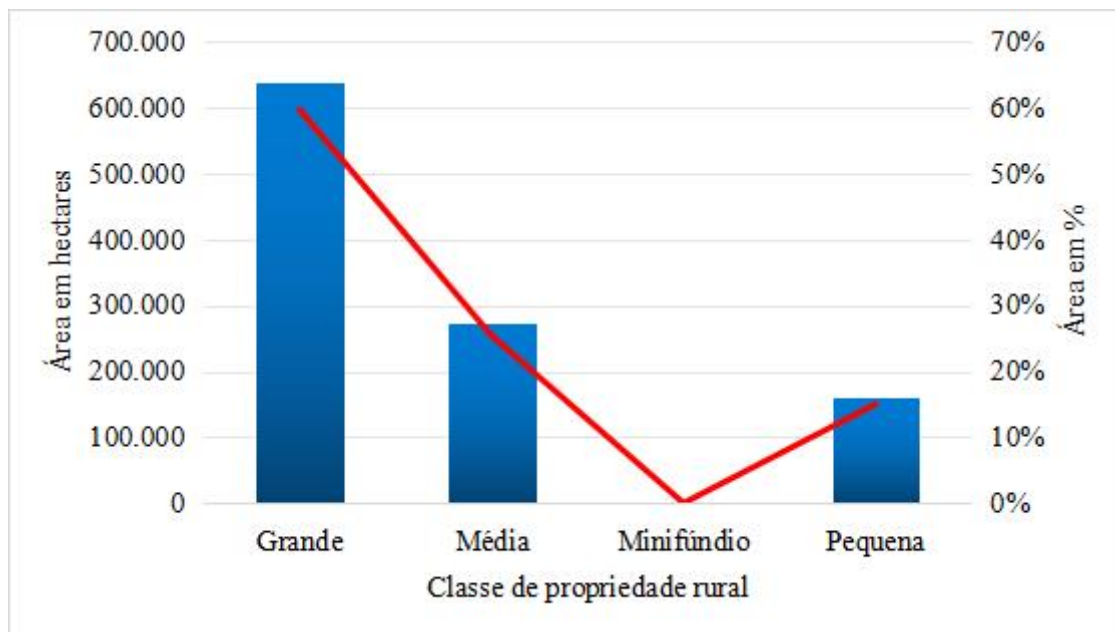


Figura 4 - Relação entre a área das propriedades rurais e o percentual da área ocupada
Fonte: Sicar (2024)

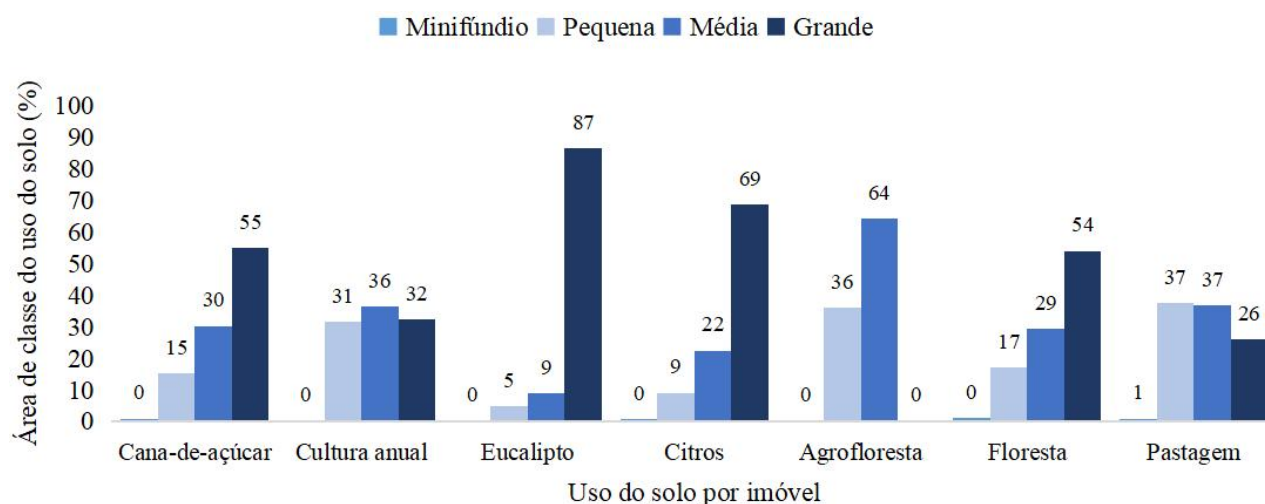


Figura 5 - Área percentual do uso do solo de acordo com a classe de imóvel rural
Fonte: Sicar (2024)

Comparando com o uso do solo, percebe-se que a cana de açúcar, o eucalipto e citros são produzidos nas grandes propriedades e correspondem a 55, 87 e 69 por cento, respectivamente. Enquanto a pastagem e cultura anual concentram-se nos pequenos e médios estabelecimentos.

Essa estrutura fundiária assemelha-se com o cenário brasileiro, no qual, existe um menor número de propriedades rurais classificados como grandes, porém, elas ocupam as maiores áreas em relação a extensão de terras, sendo que apenas 0,3% dos estabelecimentos agrícolas possuem mais de 2.500 hectares, todavia, ocupam mais de 32,8% do total de áreas (IBGE, 2020).

4.3 Serviços de suporte

O território de Brotas apresenta altitudes que variam de 450 a 956 metros, com 48,1 % de área com declividade de ondulação suave (3 a 8 %) na qual seus solos possuem um escoamento lento ou médio, seguido de áreas onduladas (8 a 20 %) com escoamento superficial médio ou rápido, favorecendo ambos a mecanização das áreas para o uso agrícola (Lepsch, 2015).

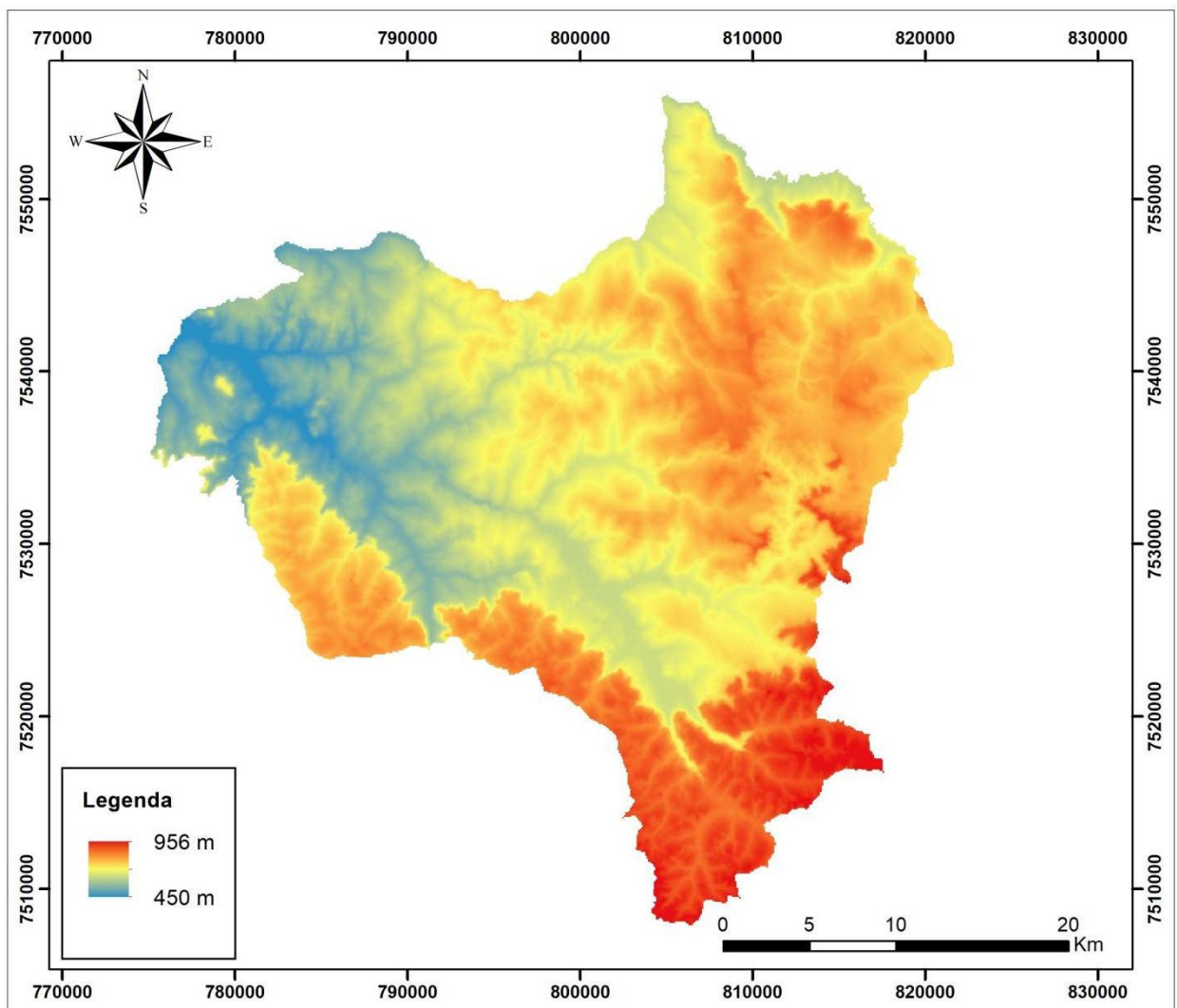


Figura 6 - Modelo digital de elevação do terreno do município de Brotas.

Fonte: ASTER-SARTM

Geologicamente, está situado na unidade morfoestrutural da bacia sedimentar do Paraná, com a presença de formações geológicas de Pirambóia, Irati, rochas vulcânicas e sedimentos basálticos da Serra Geral e Quaternário (Peixoto, 2010 apud Tresivan et al., 2017).

Conforme o “Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado” (Rossi, 2017), há nove tipos de solos presentes em Brotas (Figura 7), sendo a classe Latossolo

Vermelho-Amarelo predominante (46,8 %) com textura média seguido do Neossolo Quartzarênico (27%) com textura arenosa, conforme a Tabela 3.

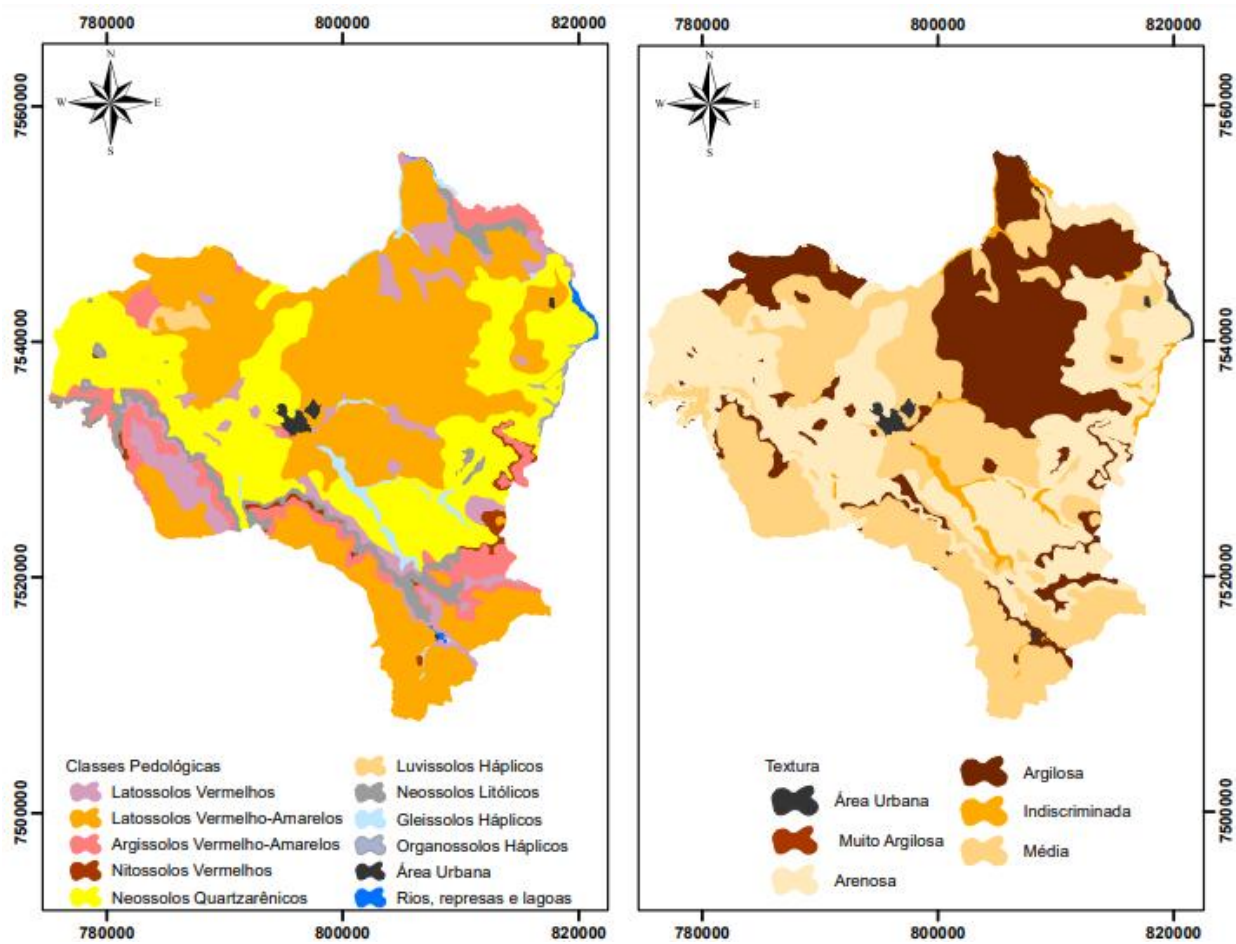


Figura 7 - a) Mapa das classes pedológicas. b) Mapa das texturas dos solos presentes em Brotas, São Paulo
Fonte: Rossi (2017)

Tabela 5 . Classes pedológicas presentes no município de Botas, São Paulo

Classes Pedológicas	Área (ha)	Porcentagem (%)
Área Urbana	799,87	0,72
Argissolos Vermelho-Amarelos	7.680,05	6,90
Gleissolos Hápicos	2.558,31	2,30
Latossolos Vermelho-Amarelos	52.066,80	46,80
Latossolos Vermelhos	10.650,49	9,57
Luvissolos Hápicos	650,17	0,58
Neossolos Litólicos	4.239,23	3,81
Neossolos Quartzarênicos	30.186,95	27,13
Nitossolos Vermelhos	1.614,91	1,45
Organossolos Hápicos	425,24	0,38
Rios, represas e lagoas	377,14	0,34
Total	111.249,17	100

Fonte: Rossi (2017)

Os Latossolos Vermelho-Amarelo possuem como característica serem profundos, bastante intemperizados, pobres em nutrientes essenciais e altos em acidez devido a presença de óxidos de ferro e alumínio, baixa retenção de água, apresentando a necessidade de adubação, calagem e sendo mais suscetíveis à erosão nos períodos chuvosos. Enquanto os Neossolos Quartzarênicos são solos novos em formação com predominância de minerais de areia e baixa fertilidade com alta suscetibilidade à erosão. Apresentando ambos os solos baixos teores de carbono orgânico e nitrogênio variando de 0,61 a 0,99 % (Resende et al., 2014; Steinfeld et al., 2024; IBGE, 2018).

O Atlas de Suscetibilidades dos Solos do Estado de São Paulo produzido pelo Instituto de Pesquisas Ambientais (2022) ressalta que embora a erosão seja um processo natural do solo, ela se relaciona fortemente com o uso do solo e seu manejo e a suscetibilidade à erodibilidade, reflete os atributos físicos, químicos, mineralógicos, biológicos e extrínsecos. Já a erosão hídrica, é o transporte das partículas do solo pela ação da água mais influenciada pelos fatores intrínsecos.

Na área de estudo, 70,3 %, cerca de 67.548,25 hectares dos solos se enquadram nas classes de média a muito alta, enquanto 39 %, 42.417,8 hectares, apresentam baixa suscetibilidade à erosão hídrica (Figuras 8 e 9). Ao relacionar com o uso e ocupação, grande parte das áreas que pertencem às classes alta e muito alta, seu uso está destinado à pastagem e

o plantio de cana de açúcar, principalmente a parte noroeste. Já as áreas de eucalipto estão localizadas nas áreas de média suscetibilidade. Logo, mais de 70% do território são terras cultiváveis, mas possuem problemas complexos de conservação, de nutrientes para cultivo e estão suscetíveis à erosão.

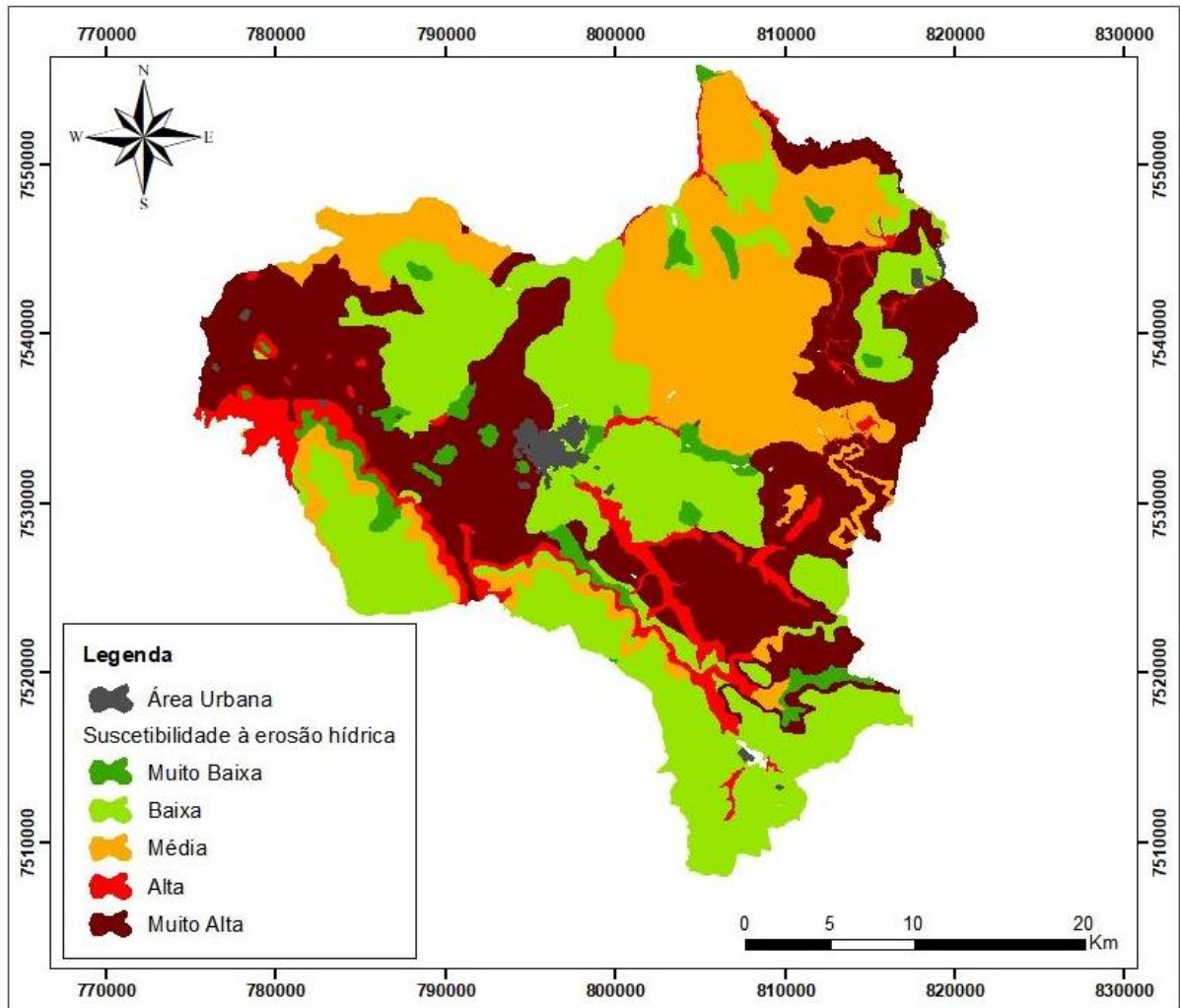


Figura 8 - Mapa de suscetibilidade à erosão hídrica no município de Brotas, São Paulo
Fonte: IPA (2022)

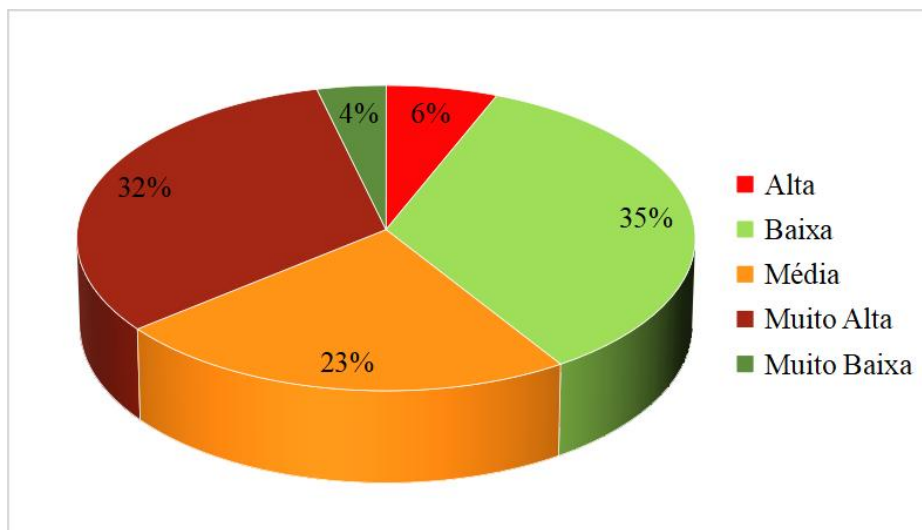


Figura 9 - Gráfico percentual da distribuição das classes de suscetibilidade à erosão no município
Fonte: IPA (2022)

4.4 Serviço de regulação

Brotas está inserido, juntamente com mais 34 municípios da região central do Estado de São Paulo, na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos dos Rios Tietê/Jacaré (UGRHI 13). Esta unidade possui como principais rios, o Rio Tietê, Rio Jacaré-Guaçú, Rio Jacaré-Pepira que junto com seus afluentes dividem a bacia em seis sub-bacias. Abrangendo três sistemas de aquíferos, sendo eles Bauru, Guarani e Serra Geral, que apresentam grande importância para o abastecimento público da região (CBH-TJ, 2023).

As principais bacias hidrográficas que drenam o município de estudo são as sub-bacias do Rio Jacaré-Pepira e o Rio Jacaré-Guaçú (Figura 10), somando em extensão 1.073 km com 662 nascentes mapeadas, concentradas, principalmente, na região sul do território. Sendo importante ressaltar, que cerca de 15 % das áreas de proteção hídrica das nascentes encontram-se ameaçadas devido aos conflitos de uso do solo, especialmente dada a expansão das culturas de cana de açúcar e pastagem, que aumentam o risco de assoreamento e comprometem a função ecossistêmica de regulação hídrica e da qualidade da água.

A sub-bacia do Rio Jacaré-Pepira ocupa uma área de 82.887 ha, representando 74,5 % da área total, com 100 microbacias e 588 nascentes. Já Jacaré-Guaçú, situada na região nordeste, cobre cerca de 28.309 ha, equivalente a 25,5 % do território, com 59 microbacias e 74 nascentes. Ademais, tem-se que 85% do território atua como áreas de recarga do aquífero Guarani (FBDS,2023; SICAR, 2024).

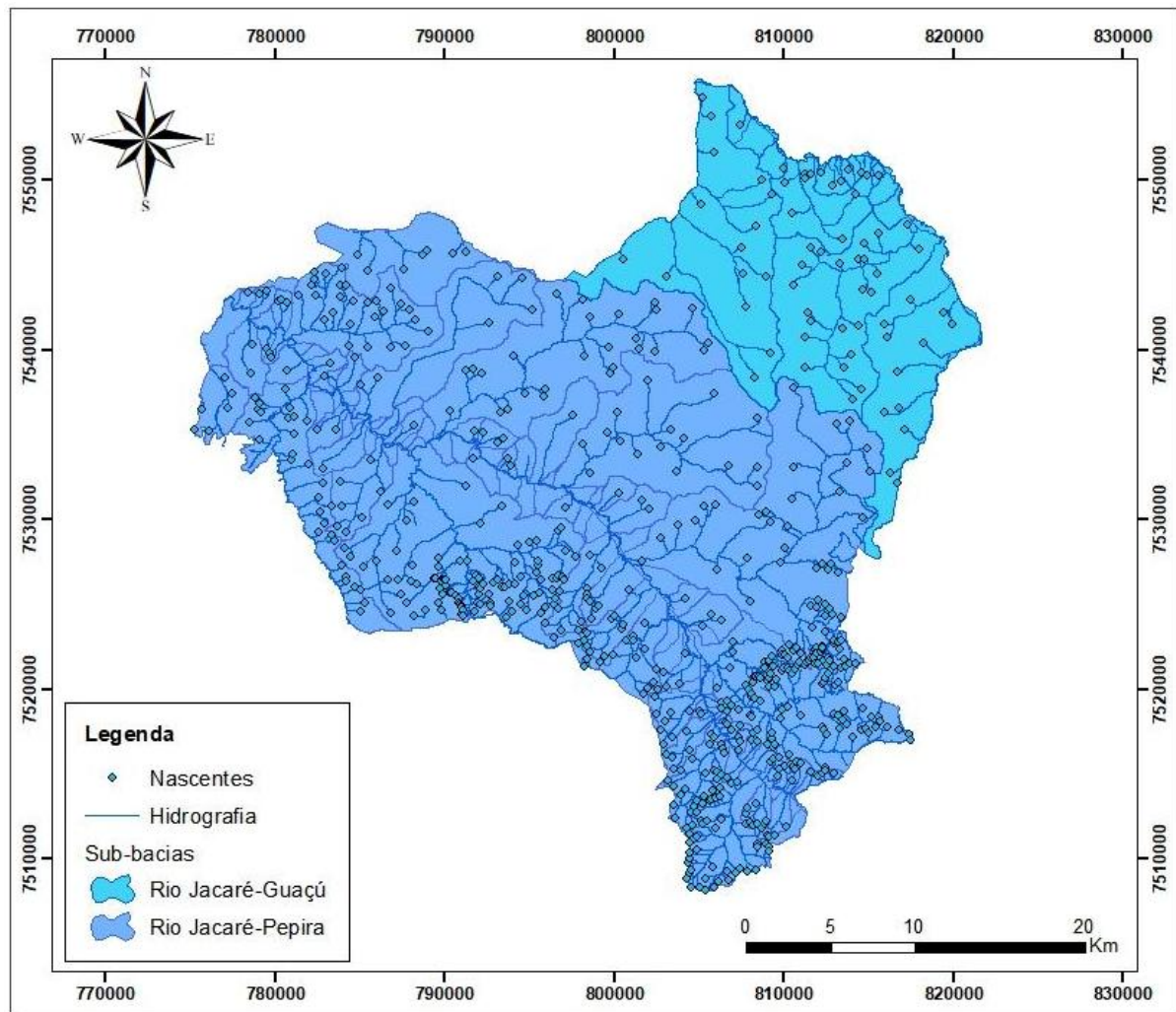


Figura 10 - Mapa das sub-bacias e nascentes presentes em Brotas/SP
 Fonte: FBDS (2023)

Segundo o mapeamento do Balanço Hídrico Quantitativo realizado por Microbacias (ANA, 2020), foi considerada a demanda atual de uso da água e classificado em seis classes o comprometimento dos recursos hídricos em relação aos seus usos e vazão outorgada conforme apresentado na Tabela 6 e Figura 11.

Tabela 6. Classificação do balanço hídrico quantitativo

Classe	Descrição
Baixo	Menos de 5 % da oferta de água é utilizada.
Mediano	5 a 30 % da oferta da água está comprometida.
Alto	30 a 70 %
Muito alto	70 a 100 %
Crítico	Acima de 100 %
Intermitente	O trecho não tem capacidade de ofertar água.

Fonte: ANA (2020)

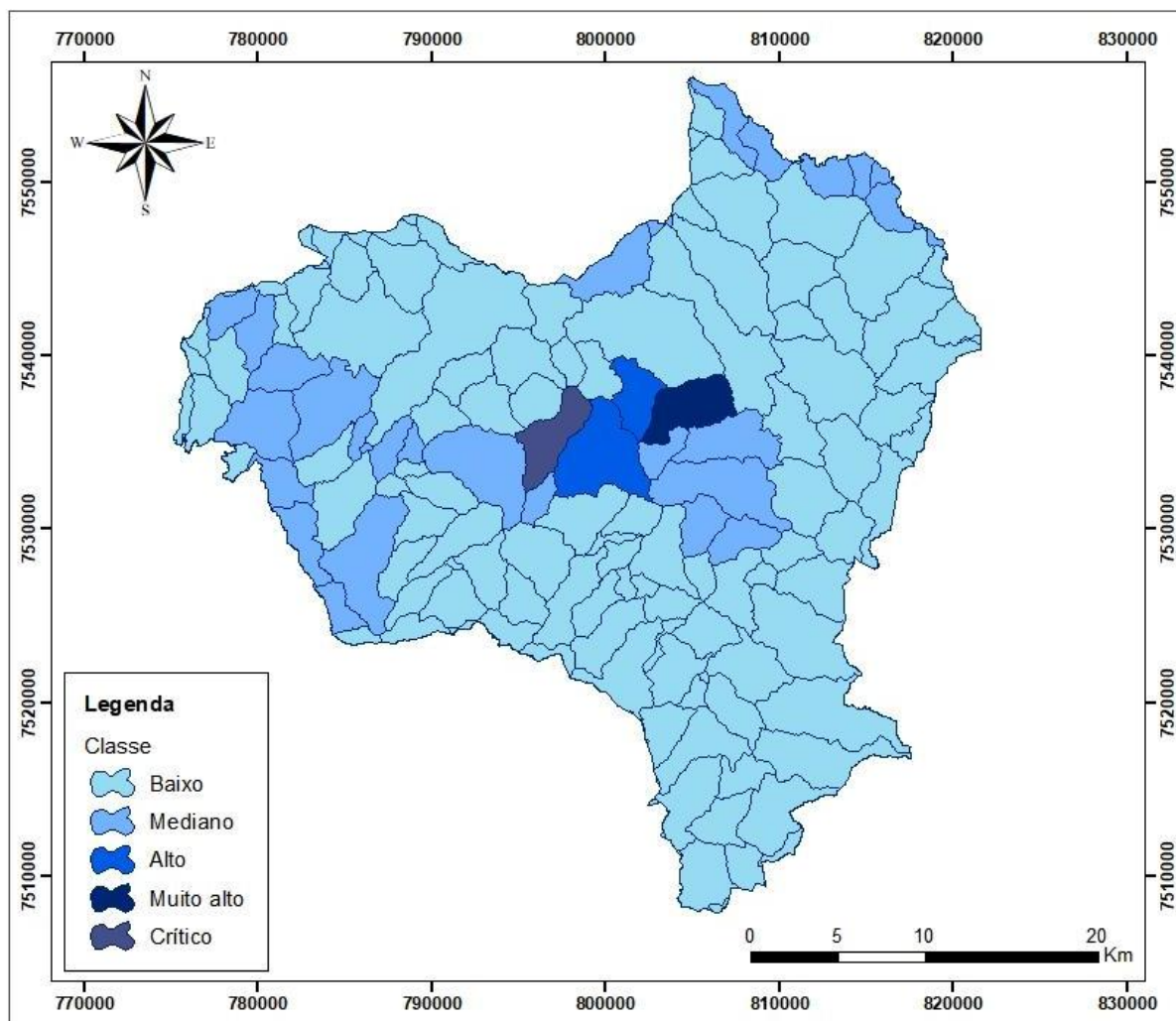


Figura 11 - Balanço hídrico quantitativo das microbacias de Brota/SP

Fonte: ANA (2020)

Das 159 microbacias, 123 estão classificadas como baixo uso, 32 em mediano, 2 em alto, 1 em muito alto e 1 em crítico, ou seja, de modo geral, a vazão outorgada para os usos da água não está comprometendo a quantidade dos recursos hídricos. Entretanto, a análise da

série histórica de 1997 a 2019 (Figura 12) indica que há um declínio gradual do volume precipitado ao longo dos anos (ANA, 2020).

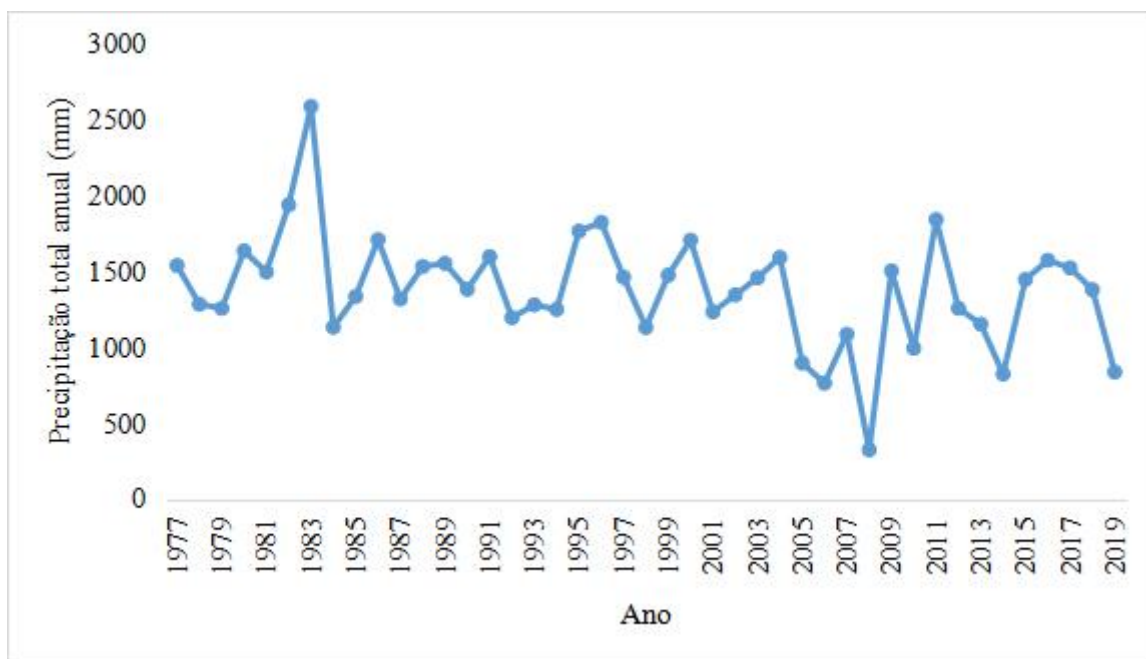


Figura 12 - Série histórica de precipitação anual de 1977 – 2019

Fonte: ANA (2020)

Complementarmente, os dados disponibilizados pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tietê/Jacaré (2022), demonstra que em relação a quantidade outorgada (1,24 m³/s), 81 % captam água superficial e 23 % água subterrânea, aumentando a quantidade de captações dessa fonte ao longo dos anos em 19 %. Do total outorgado, apenas 11 % é destinada para abastecimento humano, enquanto mais de 47 % é utilizada atividades rurais e 23 % para uso industrial conforme demonstrado na Figura 13, condição a qual impacta significativamente na qualidade dos recursos hídricos .

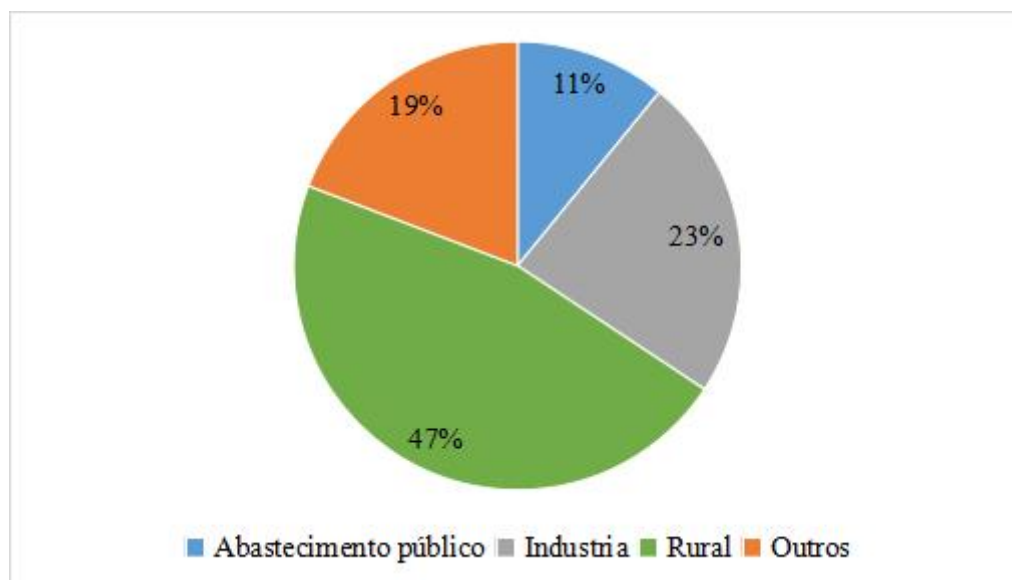


Figura 13 - Distribuição percentual dos usos da água no município de Brotas/SP
Fonte: CBH-TJ (2022)

4.5 Serviços de abastecimento

As funções do solo (produção primária, regulação da água, estoque de carbono, produção de habitat e ciclagem de nutrientes) representam uma conexão direta com a agricultura e o meio ambiente, dependendo de suas características físicas, químicas e biológicas para fornecer os nutrientes necessários (Schulte et al., 2014).

Utilizando o Censo Agropecuário (IBGE, 2017) foi possível estimar os valores de produtividade para cada cultura no município. Observa-se que a cultura com maior produtividade é a cultura de cana-de-açúcar, $55,3 \text{ t/ha}^{-1}$, seguido por eucalipto com 31 t/ha^{-1} (Tabela 7 e Figura 14). No entanto, ao comparar com a produtividade média do Estado de São Paulo, nota-se que a produtividade em Brotas é 31% inferior, para eucalipto a diferença é de 21 % e citros, 22 % menor. Apenas a produtividade de pastagem se destaca, sendo 60 % maior.

Tabela 7. Valores de produtividade determinadas para Brotas e o Estado de São Paulo

Classe de uso do solo	Produtividade em Brotas (t/ha ⁻¹)	Produtividade no Estado de São Paulo (t/ha ⁻¹)
Cana de açúcar	55,3	79,7
Cultura anual	Não estimado	Não estimado
Eucalipto	31	39
Citros	29,3	37,4
Agrofloresta	15	15
Floresta	51,5	51,5
Pastagem	1,125	0,45

Fonte: IBGE (2017)

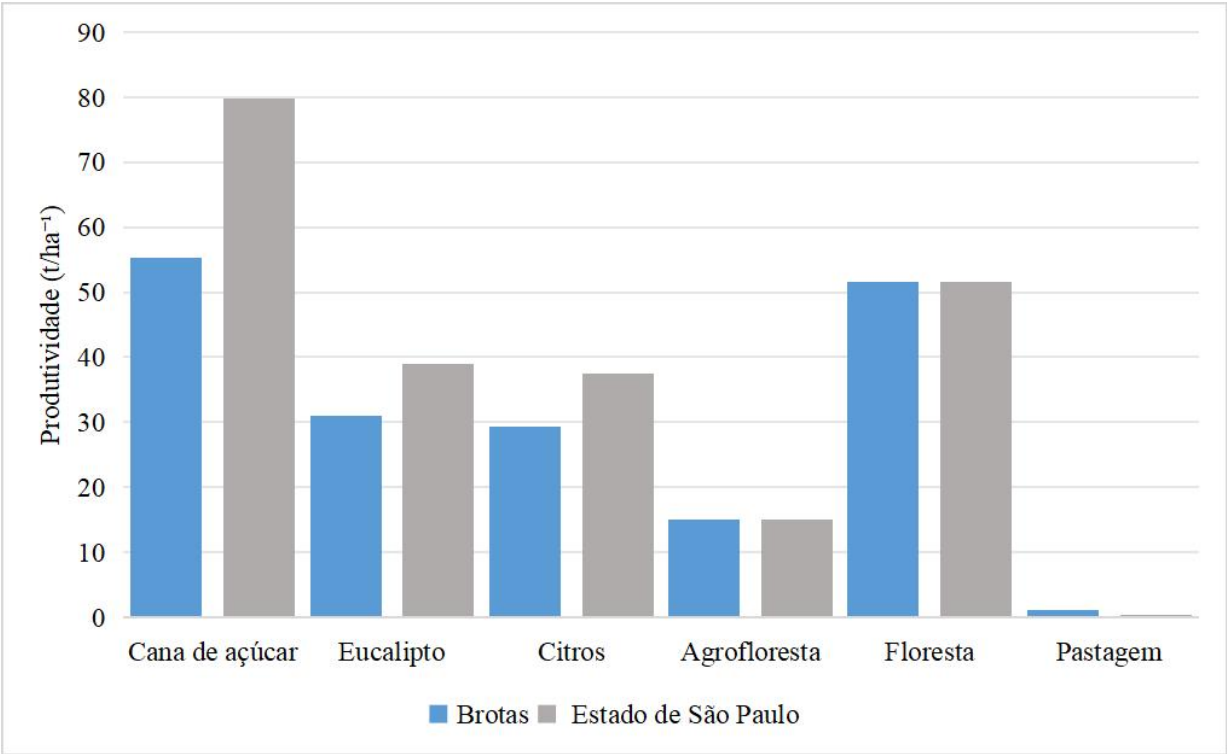


Figura 14 - Comparação dos valores de produtividade média do Estado de São Paulo com Brotas
Fonte: IBGE (2017)

Essa diferença de produtividade se dá principalmente pelos atributos dos solos de Brotas, que apesar de agricultáveis necessitam de um manejo estratégico e grande aporte de nutrientes, visto que os principais compostos incorporados nas culturas no país são potássio (38%), fósforo (33%) e nitrogênio (29%). Estima-se que cerca de 27.769,53 toneladas por ano desses nutrientes são adicionadas nas principais culturas agrícolas da área de estudo para aumento da produtividade (ANDÁ, 2023; Embrapa Territorial, 2024).

Todavia, manter a produtividade a longo prazo é muito desafiador, especialmente, em um cenário no qual os solos brasileiros são pobres em nutrientes, com uma fertilização e extração excessiva desses elementos por não saber as quantidades extraídas nas colheitas e/ou geradas na ciclagem de nutrientes, ocasionando um grande desequilíbrio nutricional (Pennock; Mckenzie, 2016). Perante a esses desafios, a utilização de tecnologias de precisão e, sobretudo, a adesão às práticas conservacionistas como a construção de terraços, plantio direto, plantio em curvas de nível, rotação de cultura, adubação verde, cultivos em faixa, áreas de pousio, integração de sistemas agroflorestais, que demonstram potencial significativo para a manutenção dos níveis de produtividade e na preservação dos solos, da biodiversidade e dos recursos hídricos, bem como na redução de processos erosivos (Fortini et al., 2020).

4.6 Serviços culturais

Os serviços culturais estão relacionados aos benefícios não materiais que os ecossistemas fornecem, cabendo citar a estética, contemplação da paisagem, atividades espirituais e turismo, sendo difícil de mensurar. Porém, possuem grande importância para o bem estar e a qualidade de vida humana (MEA, 2005).

Brotas é instituído como um município de Estância Turística, por dispor de atrativos históricos, culturais, recursos naturais e paisagísticos, integrando a região turística da Serra do Itaqueri (Fino; Queiroz, 2012). Possui como principais instrumentos de planejamento e legislativos voltados a essa temática, a Lei nº 1846/2002, conhecida como Lei do Turismo Sustentável de Brotas, que teve como objetivo regulamentar as atividades em ambientes naturais buscando a conservação dos mesmos e o Plano Diretor de Turismo, Lei Complementar nº 80/2015 (Brotas, 2022).

Ao todo há 42 atrativos turísticos mapeados (Figura 15), sendo divididos em: histórico-cultural (17) localizados majoritariamente na área urbana, turismo rural (11) distribuídos pelo território nas propriedades rurais e ecoturismo e turismo de aventura (14) situados, principalmente na região sul (57%) as margens do rio Jacaré-Pepira e seus afluentes.

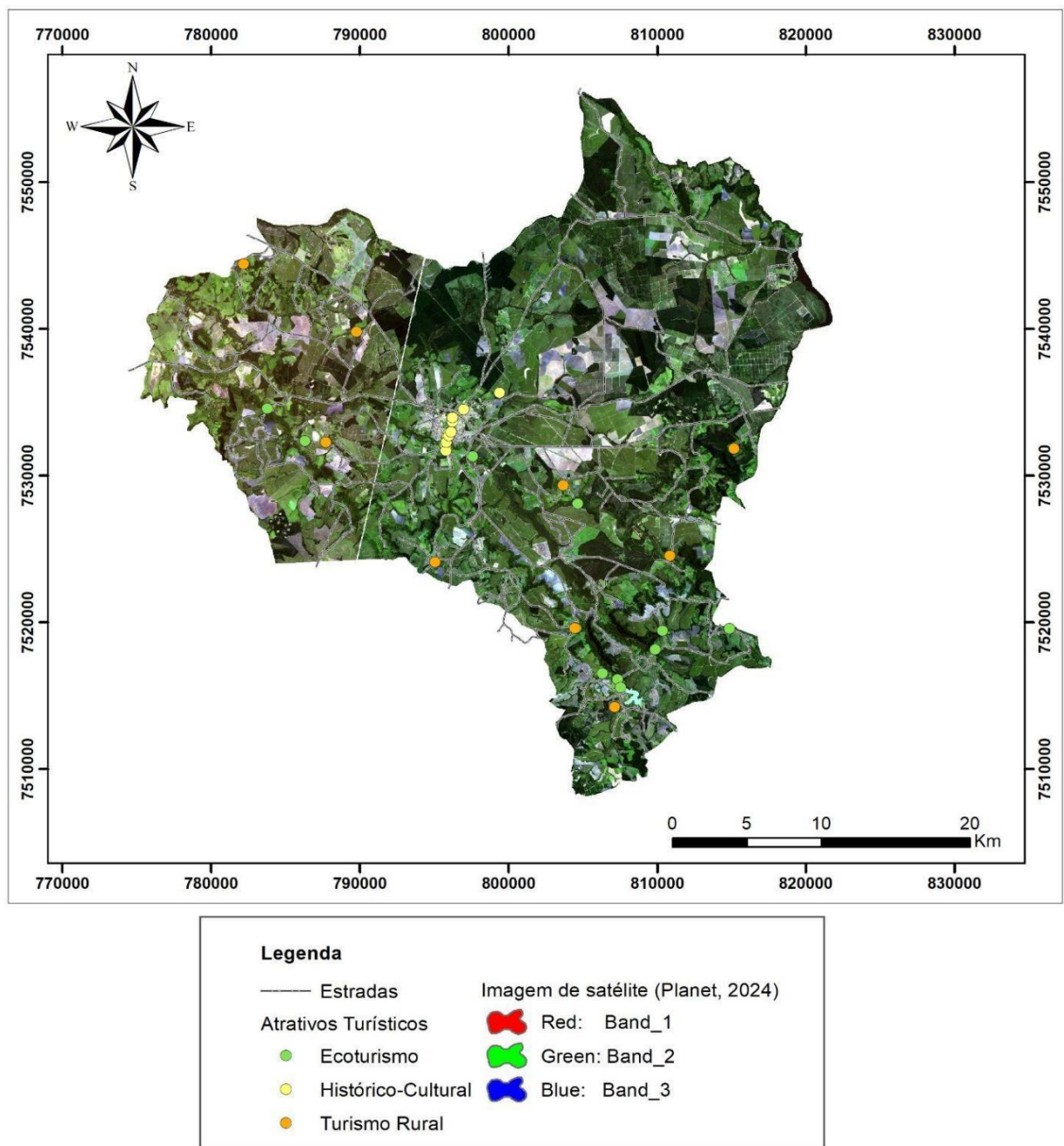


Figura 15 - Espacialização dos atrativos turísticos do município de Brotas/SP
 Fonte: Brotas (2022)

De acordo com Guerrero (2020) mais de 81 % do território possui alto a muito alto potencial para promover os serviços ecossistêmicos associados ao ecoturismo, devido às condições geomorfológicas e climáticas que proporcionam quedas d'água, belezas cênicas, locais de pesca, piscinas naturais e escaladas. Em termos monetários, o setor de ecoturismo movimentou cerca de R\$ 140 milhões, representando quase 50 % do Produto Interno Bruto (PIB) do município, sendo indiscutível a importância socioeconômica desse setor (Brotas, 2022).

Logo, com a mudança de comportamento dos consumidores de turismo e a riqueza de recursos naturais do território, o ecoturismo, atividades que promovam uma relação sustentável com a natureza; e o turismo rural, relacionar o modo de vida, a conservação e o resgate do ambiente junto com a cultura rural, visto que 96% da área é ocupada por estabelecimentos rurais, apresentam-se como grandes ferramentas para o desenvolvimento e planejamento territorial (Guerrero, 2020; Furtado; Pereira, 2023).

4.7 Demandas

Com base no diagnóstico dos serviços ecossistêmicos pelos indicadores apresentados e utilizando os planos, políticas públicas e legislações, foi possível estimar a demanda do município em relação aos seus serviços ambientais.

As projeções do agronegócio para os próximos dez anos, consiste em um aumento da produção agrícola para atender as demandas de alimentos tanto do mercado interno quanto para o mercado de commodities internacional (MAPA, 2023). Para tal, entende-se que as propriedades agrícolas terão um incremento na quantidade por hectare produzido em 5,1 % na citricultura, 9,7 % em cana de açúcar, 43,6% para papel e celulose e 12,4 % para carne (Tabela 8).

Tabela 8. Demanda projetada da produtividade por cultivo/uso do solo no período de 2023- 2033

Uso do solo	Produtividade atual (t/ha⁻¹)	Produtividade Projetada (t/ha⁻¹)	Aumento (%)
Cana de açúcar	55,3	60,7	9,7
Eucalipto (papel e celulose)	31	44,5	43,6
Citros	29,3	30,79	5,1
Pastagem (carne)	1,125	1,2645	12,4

Fonte: MAPA (2023)

Ao comparar a oferta natural dos solos de Brotas com a demanda projetada, nota-se que os solos têm problemas de nutrientes essenciais e para atender tal cenário será necessário aumentar a quantidade de fertilizantes e agroquímicos utilizados, especialmente dado a produtividade do município ser abaixo da média estadual. Ou expandir sua área de cultivo juntamente com a quantidade de água para irrigação, ocasionando, consequentemente, em uma maior pressão e risco de contaminação nos recursos hídricos devido o aporte de

nutrientes para seus leitos e risco de assoreamento dado o mal manejo desses usos do solo.

Uma estratégia a ser utilizada para aumentar a produtividade sem degradar o meio ambiente, seria a adoção de práticas conservacionistas como a adubação verde, plantio direto e/ou a adoção da agricultura regenerativa para uma maior eficiência e sustentabilidade ambiental dos recursos naturais, como também a diminuição dos custos e o alinhamento à Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 14.904/2024) na realização de uma agricultura de baixa emissão de carbono.

Em relação a oferta e demanda de água, tem-se que comparado com os outros municípios da bacia hidrográfica (UGRHI 13), a disponibilidade e o uso de comprometimento dos recursos hídricos estão em bom estado com possibilidades de aumento das captações (CBH-TJ, 2023). Portanto, a projeção do plano da bacia é um incremento nos volumes outorgados, principalmente, nos usos de recreação e lazer em 123 % devido às atividades turísticas de aventura às margens do rio Jacaré-Pepira, seguida pela indústria (84 %) e uso rural (39,6 %) com uma possível redução para o abastecimento humano, dado ao baixo volume outorgado (CBH-TJ, 2016).

Tabela 9. Demanda do volume de água projetado para os usos no período de 2015- 2027

Uso da água	Aumento(%)
Indústria	84
Abastecimento Urbano	-32,04
Rural	39,6
Outros (lazer, recreação)	123

Fonte: CBH-TJ (2016)

Esse cenário, porém, pode gerar impactos na qualidade da água e conflitos entre os agentes utilizadores do recurso, em decorrência da competição entre as agências de turismo e esporte e os agricultores localizados na região sul do território.

Por fim, no tocante a biodiversidade, as áreas com a presença de fragmentos proporcionam habitat para a fauna local, todavia, muitas microbacias estão com déficit de vegetação nativa (Brotas, 2022). Como demanda, o comitê da bacia visa a restauração das matas ciliares ao redor do Rio Jacaré Pepira. Corroborando com essa demanda, Brotas está na lista de municípios com “Prioridade para Restauração da Vegetação Nativa de São Paulo”, sendo classificado com uma área de prioridade muito alta de restauração.

O diagnóstico dos serviços ecossistêmicos de Brotas indicaram que o município é um

território sensível por causa da dinâmica de uso e ocupação do território, tendo em vista que 96% do território é rural e seu desenvolvimento desde 1988 continua sendo baseado na agropecuária, gerando grande pressão aos seus serviços fornecidos. Sua principal limitação ambiental são os atributos dos solos, devido a sua baixa fertilidade e a grande suscetibilidade a processos erosivos, mais de 70% das áreas. Que atualmente estão gerando grandes problemas de perda de produtividade, lixiviação e assoreamento (Brotas, 2022), questão a qual, ressalta Van Lier (1994) que é uma consequência da combinação de um mal planejamento dos cultivos e má gestão das terras.

Dessa forma, a importância de políticas públicas de manejo sustentável do solo visando recuperar as áreas degradadas e que incentivem as áreas de cultivo a implementação de práticas conservacionistas e que promovam a multifuncionalidade dessas terras, principalmente, nas regiões noroeste e sudeste que predominam a cultura de cana de açúcar e pastagem.

A fiscalização dos grandes estabelecimentos em relação as suas ações perante seus recursos naturais e o reflorestamento das áreas desmatadas é essencial, tanto quanto a participação dos pequenos e médios agricultores para a preservação e conservação. Portanto, o desenvolvimento de políticas e programas de incentivo rural como o Programa de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), em que pode ser tratado a parte do saneamento rural, a implementação da agricultura regenerativa e de sistemas agroflorestais; a restauração e a criação de corredores ecológicos entre as propriedades para maior resiliência dos serviços ecossistêmicos e o turismo rural, mostra-se como uma ferramenta de grande relevância.

Em relação aos recursos hídricos, há uma grande oferta tanto de água superficial quanto água subterrânea, contudo, esse recurso sofre grande ameaça em decorrência do grande aporte de nutrientes por meio de fertilizantes, o uso de agroquímicos e os processos erosivos resultante da má gestão das terras. Outro fator é o uso do turismo, que se não gerido da forma adequada pode ocasionar impactos nesse recurso, por isso, dentro do planejamento é necessário envolver esses atores, sobretudo de uma maneira em que o turismo seja feito com baixo impacto e respeitando as condições ambientais, tendo em vista que é um setor de grande importância social e econômica para o município assim como o potencial de desenvolvimento do ecoturismo.

5 CONCLUSÃO

Os principais desafios dos tomadores de decisão atuais é garantir que a atual e as futuras gerações tenham acesso a alimentos de qualidade, garantir a água potável e condições dignas de vida, buscando evitar os conflitos sociais que podem vir acontecer devido às mudanças climáticas (Kosmus et al., 2012).

Este trabalho teve como intuito realizar um diagnóstico por meio de indicadores ecossistêmicos, mapeando e considerando a dinâmica de uso do solo e suas principais atividades produtivas, as características físicas, pedológicas e hidrológicas, assim como as demandas desses bens e serviços ecossistêmicos para os próximos anos.

Desse modo, a partir das análises dos serviços ecossistêmicos pode-se constatar que o território possui alta capacidade de fornecer serviços de regulação, suporte e, sobretudo, culturais.

Além disso, cabe citar que apesar do município possuir diversos instrumentos de planejamento ambiental como a Lei Orgânica, Plano Diretor, o Plano Municipal de Desenvolvimento Rural e o Código Municipal de Meio Ambiente, elas não articulam a sociedade e seus setores por meio de programas ambientais, carecendo de incentivos econômicos para os proprietários rurais no tocante a proteção ambiental. Ademais, a ausência de um zoneamento ambiental dificulta o desenvolvimento do território de forma a preservar os seus recursos e diminuir os conflitos sociais e dos agentes econômicos.

Conclui-se, portanto, que o desenvolvimento sustentável e o melhor aproveitamento do potencial dos serviços ecossistêmicos do município só ocorrerá com um planejamento territorial que contemple seus recursos naturais, suas fragilidades e oportunidades em seus ordenamento e políticas visando a resiliência ambiental e a participação da sociedade.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023: informe anual / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.- Brasília : ANA, 2024. 118 p. Disponível em: https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/acervo/detalhe/101813?guid=1704499201473&returnUrl=%2Fsophia_web%2Fresultado%2Flistar%3Fguid%3D1704499201473%26quantidadePaginas%3D1%26codigoRegistro%3D101813%23101813&i=30 . Acesso em: 26 out. de 2024.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. Setor de Fertilizantes. Anuário Estatístico. ANDA, 2023. 15-63 p.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm Acesso em: 14 ago. de 2024.

BRASIL. **Estatuto da Cidade**. Lei 10.257, de 10 de julho de 2001. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm. Acesso em: 14 ago. de 2024.

BRASIL. **Política Nacional da Agricultura Familiar**. Lei 11.326 de julho de 2006. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111326.htm. Acesso em: 14 ago. de 2024.

BRASIL. **Política Nacional de Meio Ambiente**. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm. Acesso em: 14 ago. de 2024.

BRASIL. **Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA)**. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/14119.htm. Acesso em: 14 ago. de 2024.

BRASIL. Lei nº 8.629 de 25 de fevereiro de 1993. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18629.htm. Acesso em: 14 ago. de 2024.

BROTAS, Câmara Municipal da Estância Turística de. **Lei Orgânica**. 2022.

BROTAS, Câmara Municipal da Estância Turística de. **Lei do Turismo Sustentável de Brotas**. Lei nº 1846, de 26 de novembro de 2002.

BROTAS, Câmara Municipal da Estância Turística de. **Plano Municipal de Desenvolvimento Rural**. 2022.

BROTAS, Câmara Municipal da Estância Turística de. **Plano Diretor do Município da Estância Turística de Brotas**. Lei complementar municipal nº 0093/2016 de 28 de novembro de 2016.

BROTAS, Câmara Municipal da Estância Turística de. **Código Municipal de Meio Ambiente**. Lei complementar do legislativo nº 001 de 02 de abril de 2019.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. Nosso futuro comum: Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. 2a. ed. Rio de Janeiro: FGV, 1991.

CAMPAGNOLLA, C.; SILVA, J. G.; DEL GROSSI, Mauro Eduardo. A reestruturação do meio rural: implicações para o zoneamento ecológico-econômico brasileiro. 2004. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1153051>. Acesso em: 25. Jul. 2024.

CASTRO, C. M. de; LEMOS, C.C.. Planejamento Ambiental. Rio de Janeiro : Fundação Cecierj, 2016. 336 p.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ-JACARÉ. Plano de Bacia Hidrográfica 2016-2027. São Paulo:Fundo Estadual de Recursos Hídricos (Fehidro), 2016. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/CBH-TJ/13655/plano-de-bacia-relatorio-ii.pdf>. Acesso em: 28. Out. 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ-JACARÉ. Plano da Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré: relatório ii. 2016. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/CBH-TJ/13655/plano-de-bacia-relatorio-ii.pdf>. Acesso em: 28. Out. 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ-JACARÉ. Relatório da Situação dos Recursos Hídricos 2023.Ano base, v. 2023, 2022. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/CBH-TJ/26108/relatorio-de-situacao-2023.pdf>. Acesso em: 28. Out. 2024.

DECARLI, Nairane; FERRAREZE FILHO, Paulo. Plano Diretor no Estatuto da Cidade: uma forma de participação social no âmbito da gestão dos interesses públicos. Senatus: Cadernos da Secretaria de Informação e Documentação do Senado, v. 6, n. 1, p. 35-43, 2008. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/131832/Plano_diretor_estatuto_cidade.pdf. Acesso em: 09. Jul. 2024.

DEFRIES, Ruth S.; FOLEY, Jonathan A.; ASNER, Gregory P. Land–use choices: Balancing human needs and ecosystem function. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 2, n. 5, p. 249-257, 2004. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0249:lcbhna\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0249:lcbhna]2.0.co;2)

DEPONTI, C. M.; Freitas, T. D., FAVARETO, A. Três décadas de planejamento em áreas rurais: balanços e perspectivas. São Carlos: Pedro & João Editores, 2021.

EMBRAPA TERRITORIAL. Banco de dados georreferenciados sobre a demanda de fertilizantes de NPK, por meio da estimativa de recomendações regionais, da estimativa do uso real e da demanda com base na exportação pela produção.Sistema de Inteligência Territorial Estratégica da Macrologística Agropecuária Brasileira. 2024. Disponível em: <https://geoinfo.dados.embrapa.br/catalogue/#!/map/3362>. Acesso em: 03 nov. 2024

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics. www.fao.org/statistics/en/. 2017; 2019.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations.A Minimum Set of Environmental Indicators for Improving Rural Statistics. 2016.

FIDALGO, Elaine Cristina Cardoso. Critérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnóstico de planejamentos ambientais. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, 2003. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=464459&tipoMidia=0>. Acesso em: 01.nov. 2024.

FINO, Patrícia; QUEIROZ, Odaléia. Políticas públicas de turismo no Estado de São Paulo: evolução da legislação no caso das Estâncias. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE INVESTIGAÇÃO TURÍSTICA. Anais/São Paulo: Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo. 2012. Disponível em: https://www.al.sp.gov.br/repositorio/bibliotecaDigital/20857_arquivo.pdf. Acesso em: 28 out. 2024.

FOLEY et al. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478: 337–342. 2011.

FORTINI, Rosimere Miranda; BRAGA, Marcelo José; FREITAS, Carlos Otávio. Impacto das práticas agrícolas conservacionistas na produtividade da terra e no lucro dos estabelecimentos agropecuários brasileiros. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 58, n. 2, p. e199479, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/YKpKxKzvwyTGgHfVW3qt4ZL/?lang=pt>. Acesso em: 28 out. 2024.

FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Mapeamento em Alta Resolução dos Biomas Brasileiros. FBDS, 2023. Disponível em: <https://geo.fbds.org.br/>. Acesso em: 28 out. 2024.

FURTADO, AL dos S.; PEREIRA, F. de M. Turismo rural como alternativa para o desenvolvimento de pequenos produtores. 2023. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1157758>. Acesso em: 28 out. 2024.

GODECKE, Marcos Vinícios; MAURÍCIO, G. N. Guia para Planos Ambientais Municipais. Pelotas: Santa Cruz, 2015. 195 p. ISBN: 978-85-61629-55-7. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/ga/files/2015/05/Guia-para-Planos-Ambientais-Municipais.pdf>. Acesso: 14 ago. 2024.

GUERRERO, João Vitor Roque. Zoneamento geoambiental voltado ao desenvolvimento territorial sustentável do município de Brotas, SP. 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/13863>. Acesso em: 03. nov. 2024.

HEINK, Ulrich; KOWARIK, Ingo. What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. *Ecological indicators*, v. 10, n. 3, p. 584-593, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X09001575>. Acesso em: 01 nov. 2024.

HU, X. et al., Recent global land cover dynamics and implications for soil erosion and carbon losses from deforestation. *Anthropocene*, 34. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2021.100291>. Acesso em 19 set. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). Censo Agropecuário. Resultados preliminares. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria>. Acesso em 19 set. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Atlas do espaço rural brasileiro, Coordenação de Geografia. 2020. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101773>. Acesso em: 21 out. 2024.

KOSMUS, Marina; RENNER, Isabel; ULLRICH, Silvia. Integração de Serviços Ecosistêmicos ao Planejamento do Desenvolvimento. Brasília: GIS (Serviço Alemão para Cooperação Internacional)–Projeto “Inovação Futura, Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos, v. 92, 2012. Disponível em: https://cebds.org/ibnbio/wp-content/uploads/2016/08/Integracao-Servicos-Ecosistemicos_GIZ.pdf. Acesso em: 14. jul. 2024.

LEPSCH, I. Fernando et al. Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1, p. 175, 2015.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. Projeções do Agronegócio: Brasil 2022/23 a 2032/33- Projeções de Longo Prazo. 108 p. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-graos-brasileira-deveracheegar-a-390-milhoes-de-toneladas-nos-proximos-dez-anos/ProjeesdoAgronegcio20232033.pdf>. Acesso em: 01.nov. 2024.

NOWAK, Agnieszka; GRUNEWALD, Karsten. Landscape sustainability in terms of landscape services in rural areas: Exemplified with a case study area in Poland. Ecological Indicators, v. 94, p. 12-22, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X18300657>. Acesso em: 01.nov. 2024.

Organisation for Economic Co-Operation Development. OECD. Core Environmental Indicators. Development Measurement and Use. OECD, Paris, 2003. 37 p.

PARRON, L. M., Garcia, J. R., DE OLIVEIRA, E. B., BROWN, G. G., & Prado, R. B. (2015). Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1024082/servicos-ambientais-em-sistemas-agricolas-e-florestais-do-bioma-mata-atlantica>. Acesso em: 14. jul. 2024.

PENNOCK, Dan; MCKENZIE, N.; MONTANARELLA, L. Status of the world's soil resources. Technical Summary FAO, Rome, Italy, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/286465123_The_Status_of_the_World's_Soil_Resources_Technical_Summary. Acesso em: 01.nov. 2024.

RESENDE, M. et al. **Pedologia base para distinção de ambientes**. 6. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2014. 378 p.

ROSSI, Marcio et al. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado. 2017. Disponível em: https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutoflorestal/wpcontent/uploads/sites/234/2017/11/Livro_Solos1.pdf. Acesso em: 20 out. 2024.

SANTOS, Juliana Vamerlati; FERREIRA, Rodrigo Cornacini. Planejamento Ambiental. Curitiba-PR, 2011. Instituto Federal do Paraná para o Sistema Escola Técnica Aberta do Brasil - e-Tec Brasil. 131 p.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. **Planejamento ambiental**: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 01 nov. 2024.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, Subsecretaria do Meio Ambiente, Instituto de Pesquisas Ambientais. Atlas de Suscetibilidades dos Solos do Estado de São Paulo / Marcio Rossi, Marco Aurélio Nalon, Marina Mitsue Kanashiro. - São Paulo: SIMA/IPA, 2022. DOI: 10.5935/978-65-996417-4-9.B0001.

SISTEMA NACIONAL DE CADASTRO AMBIENTAL RURAL (SICAR): município de Brotas-SP. Disponível em: <https://www.car.gov.br/#/>. Acesso em: 25 jul. de 2024.

SCARIOT, Aldicir et al. 1º Diagnóstico brasileiro de biodiversidade e serviços ecossistêmicos. 2019.

SCHMID, Willy A. The concept of sustainability and land use planning. Van Lier, HN, Jaarsma, CF, Jurgens, CR, De Buck, AJ (eds), 1994.

SCHULTE, Rogier PO et al. Functional land management: A framework for managing soil-based ecosystem services for the sustainable intensification of agriculture. **Environmental Science & Policy**, v. 38, p. 45-58, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901113002104>. Acesso em: 25 jul. de 2024.

SCHULTE, Rogier PO et al. Making the most of our land: Managing soil functions from local to continental scale. **Frontiers in Environmental Science**, v. 3, p. 81, 2015. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2015.00081/full>. Acesso em: 25 jul. 2024.

SILVA, J. D. S. V.; DOS SANTOS, Rozely Ferreira. Zoneamento para planejamento ambiental: vantagens e restrições de métodos e técnicas. 2004. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/113810>. Acesso em: 14. jul. 2024.

STAIANO, Luciana et al. Putting the Ecosystem Services idea at work: Applications on impact assessment and territorial planning. *Environmental Development*, v. 38, p. 100570, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211464520300920>. Acesso em: 14. jul. 2024.

STEINER, Frederick R. The living landscape: an ecological approach to landscape planning. Island Press, 2012.

TREVISAN, D. P.; MOSCHINI, L. E.; GUERRERO, J. V. R. Dinâmica Temporal do Uso e Cobertura da Terra no Município de Brotas-SP entre os Anos de 1988 e 2016. *Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v. 6, n. 4, p. 204-219, 2017. Disponível em: <https://revistas.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/1929>. Acesso em: 19 ago. 2024.

VAN LIER, H.N. et al, (ed.). Sustainable land use planning: Developments in Landscape Management Urban Planning. 6. ed. Netherlands: Elsevier, 1994. 360 p. ISBN 0-444-81835-9.

VREBOS, Dirk et al. The impact of policy instruments on soil multifunctionality in the European Union. **Sustainability**, v. 9, n. 3, p. 407, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/3/407>. Acesso em: 25 jul. 2024.

WALZ, Rainer. Development of environmental indicator systems: experiences from Germany. *Environmental Management*, 25(6):613-623, Jun. 2000. Disponível em: <https://publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/f99b51c6-173e-43f1-9929-3bbc75000ebb/content>. Acesso em: 25 jul. 2024.