



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Pedro Henrique Nunes Pires

Análise do uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas.

Estudo de caso: córrego Santa Teresa - Bom Jardim - RJ

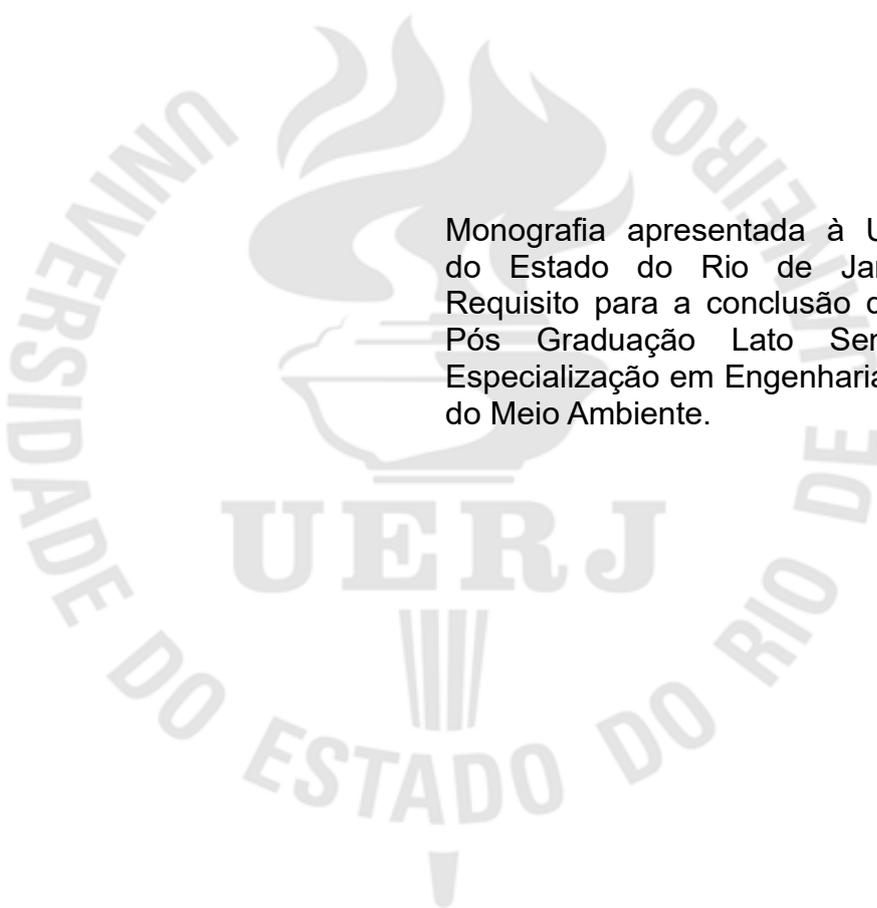
Rio de Janeiro

2021

Pedro Henrique Nunes Pires

Análise do uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas.

Estudo de caso: córrego Santa Teresa - Bom Jardim - RJ



Monografia apresentada à Universidade do Estado do Rio de Janeiro como Requisito para a conclusão do Curso de Pós Graduação Lato Sensu com Especialização em Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Adacto Benedicto Ottoni

Rio de Janeiro

2021

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

P667 Pires, Pedro Henrique Nunes.
Análise do uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas.
Estudo de caso: córrego Santa Teresa - Bom Jardim - RJ / Pedro
Henrique Nunes Pires. – 2021.
48f.

Orientador: Adacto Benedicto Ottoni.
Monografia (Especialização) – Universidade do Estado do Rio de
Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia ambiental - Monografias. 2. Solo - Uso -
Monografias. 3. Bacias hidrográficas - Monografias. 4.
Geoprocessamento - Monografias. I. Ottoni, Adacto Benedicto. II.
Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de
Engenharia. III. Título.

CDU 628+504

Pedro Henrique Nunes Pires

Análise do uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas.

Estudo de caso: córrego Santa Teresa - Bom Jardim - RJ

Monografia apresentada à Universidade do Estado do Rio de Janeiro como Requisito para a conclusão do Curso de Pós Graduação Lato Sensu com Especialização em Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente.

Aprovado em

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Adacto Benedicto Ottoni (Orientador)

Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof^a Dra. Alena Torres Netto

Faculdade de Engenharia - UERJ

Rio de Janeiro

2021

AGRADECIMENTOS

A minha família, por todo seu apoio, afeto, amor e carinho durante todas as fases da minha vida. Pessoas fundamentais que sempre me mostraram o caminho e apostaram no meu sucesso!

A minha querida namorada, Vanessa Letícia dos Santos, que sempre me apoiou nos momentos de dificuldade.

Ao corpo docente do curso de especialização que promoveram novos aprendizados e experiências.

Agradeço ao meu professor e orientador Adacto Benedicto Ottoni, que reservou seu tempo para me auxiliar e que com sua paciência, inteligência e conhecimento me deu o suporte necessário para a conclusão deste trabalho.

À Fernanda, que sempre com muita simpatia e alegria me ajudou, além de preparar nosso cafezinho!

Aos meus estimadíssimos colegas e amigos do curso, que compartilharam, dentro e fora das salas de aula, momentos de muita alegria, felicidade e risos certos!

RESUMO

PIRES, Pedro Henrique Nunes *Análise do uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas. Estudo de caso: córrego Santa Teresa – Bom Jardim – RJ. 2021. 48f.* Monografia (Especialização em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

O sistema de abastecimento público é um serviço essencial de saneamento para a proteção da qualidade de vida e da saúde das pessoas em uma área urbana. A garantia de um abastecimento seguro depende fundamentalmente da qualidade de seu manancial, sendo essa influenciada diretamente pela sua bacia hidrográfica de contribuição. Os impactos sobre os recursos hídricos estão muitas vezes relacionados às ações antrópicas na área de uma bacia hidrográfica. Tais impactos podem ser identificados a partir de análises e monitoramento dessa área, onde as ferramentas de geoprocessamento têm grande contribuição na identificação de problemas e supostas causas. O presente trabalho buscou, através de uma abordagem teórico-prática, caracterizar os diferentes tipos de uso e ocupação do solo na bacia de drenagem à captação de água realizada no Córrego Santa Teresa, responsável pelo abastecimento da ETA Bom Jardim, estação de tratamento que fornece água ao município. As análises foram realizadas a partir do software livre Google Earth Pro que permitiu o mapeamento da área e a interação de mapas visando maior geração de dados. Para auxiliar na identificação de classes e possíveis problemas ambientais, visitas a campo foram realizadas em diversos pontos da bacia durante os anos de 2018 e 2020. Foi possível observar, que a área analisada tem predominância de ocupação por pastagens (44,57%), devido ao fato dos moradores usarem o solo para criação de bovinos, plantação de café ou agricultura de subsistência. Já a cobertura florestal na área em questão (42,26,38%) é remanescente do bioma da mata atlântica, ainda preservada em grande parte do território. Através do mapeamento do uso e ocupação do solo, é possível entender a dinâmica do funcionamento da bacia hidrográfica, a peculiaridade do local e possíveis medidas de preservação ambiental que aumentem a qualidade de vida da população local e do meio ambiente da área estudada.

Palavras-chave: Uso e cobertura do solo. Bacia Hidrográfica. Córrego Santa Teresa.

ABSTRACT

PIRES, Pedro Henrique Nunes. *Analysis of land use and occupation in hydrographic basins. Case study: Santa Teresa stream - Bom Jardim - RJ.* 2021. 48f. Monografia (Especialização em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

The public supply system is an essential sanitation service for the protection of the quality of life and health of people in an urban area. The guarantee of a safe supply depends fundamentally on the quality of its source, which is directly influenced by its contribution hydrographic basin. Impacts on water resources are often related to human actions in a watershed area. These impacts can be identified from analysis and monitoring of this area, where geoprocessing tools have a major contribution in identifying problems and alleged causes. The present work sought, through a theoretical-practical approach, to characterize the different types of land use and occupation in the drainage basin to the water catchment carried out in the Santa Teresa Stream, responsible for supplying ETA Bom Jardim, a special treatment plant water to the municipality. The analyzes were performed using the free software Google Earth Pro that manages the mapping of the area and the interaction of maps with greater data generation. To assist in the identification of classes and possible environmental problems, field visits were carried out in different points of the basin during the years 2018 and 2020. It was possible to observe that the area analyzed has a predominance of pasture occupation (44.57%), due to the fact that the inhabitants use the soil for cattle breeding, coffee plantation or subsistence agriculture. Forest cover in the area in question (42.26.38%) is a remnant of the Atlantic Forest biome, which is still preserved in much of the territory. Through the mapping of land use and occupation, it is possible to understand the dynamics of the functioning of the hydrographic basin, a peculiarity of the place and possible environmental preservation measures that increase the quality of life of the local population and the environment of the studied area.

Keywords: Land use and cover. Hydrographic basin. Santa Teresa stream.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ciclo Hidrológico	14
Figura 2 - Delimitação de bacia hidrográfica	19
Figura 3 - Mapa de Localização do Município de Bom Jardim	25
Figura 4 - Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro.....	29
Figura 5 - Cobertura do Solo da Bacia de Drenagem da Captação ETA Bom Jardim	35
Figura 6 - Gráfico de precipitação anual entre 2015 e 2019	37
Figura 7 - Classificação das águas doces - CONAMA 357	38
Figura 8 - Córrego Santa Teresa.....	40
Figura 9 - Córrego Santa Teresa.....	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Distribuição Quantitativa do uso e ocupação do solo.....	36
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Proteção Permanente
ANA	Agência Nacional das Águas
Art.	Artigo
CF	Constituição Federal
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CEDAE	Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETA	Estação de Tratamento de Água
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LEGAL	Linguagem Espacial Para Geoprocessamento Algébrico
MNT	Modelo Numérico do Terreno
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
RJ	Rio de Janeiro
SEGRHI	Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
SIG	Sistema de Informações Geográficas
UTM	Universal Transverse Mercator

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
RELEVÂNCIA	11
HIPÓTESE.....	12
OBJETIVO.....	12
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
1.1. Ciclo Hidrológico.....	14
1.1.1. Bacia Hidrográfica.....	17
1.2. Uso e Ocupação do Solo.....	19
1.3. Sistema de Informações Geográficas.....	21
2. METODOLOGIA.....	24
2.1. Contextualização Local.....	24
2.1.1. Caracterização Climática.....	26
2.1.2. Geologia e tipos de solo	26
2.1.3. Região Hidrográfica	28
2.1.4. Caracterização dos rios	30
2.2. Etapa de Campo	30
2.3. Consolidação e Análise dos Dados	31
2.3.1. Uso e Ocupação do Solo	31
2.3.2. Dados Pluviométricos.....	32
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
3.1. Uso e Ocupação do solo.....	33
3.2. Dados Pluviométricos.....	36
4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	42
REFERÊNCIAS.....	44

INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, incorpora princípios e normas para a gestão de recursos hídricos, adotando a definição de bacias hidrográficas como unidade de estudo e gestão (NOGUEIRA et al., 2015), que funcionam como um gigantesco reservatório público, no qual a utilização da água tem como principal destino suprir as necessidades animais e humanas.

Os córregos e rios que compõem uma bacia hidrográfica são ecossistemas abertos que importam e exportam nutrientes, energia e água. O conceito de ecossistema aberto implica que os cursos d'água estão sujeitos a impactos rápidos e grosseiros causados pela mudança do uso da terra, como urbanização e agricultura intensiva (KARR; DUDLEY, 1981).

De acordo com Pigosso et al. (2009), a expressiva diminuição da cobertura florestal, principalmente das matas ciliares, além de expor o solo a processos erosivos, acaba contribuindo para a poluição das águas, principalmente com resíduos orgânicos e pesticidas provenientes da atividade agropecuária.

A gestão ambiental consiste na integração do desenvolvimento com o uso dos recursos naturais, vinculando questões sobre qualidade e disponibilidade de água, demais recursos naturais e condições de uso e ocupação do solo a partir da participação de agentes públicos e privados por meio de instrumentos econômicos de comando e de controle (MAGRINI, 2001).

Tal fato reforça a importância da gestão adequada da bacia hidrográfica visando à preservação desse curso fluvial, a partir de levantamentos e estudos que indiquem melhorias em relação à ocupação e utilização dos recursos naturais, principalmente no que se refere à cobertura vegetal, pois ela interfere nos mecanismos de transporte de água, reduz a erosão e aumenta o potencial de infiltração, sendo fundamental para recarga dos aquíferos (DE PAULA, 2011).

As ferramentas de Geoprocessamento podem ser utilizadas para mapeamento do uso do solo e cobertura, atuando de forma eficiente em análises de índices de degradação do meio ambiente e para estudos de qualidade de bacias hidrográficas,

contribuindo para um melhor planejamento ambiental e gestão de bacias hidrográficas.

Tendo em vista esses conceitos, este trabalho propõe uma análise de uso e ocupação do solo da bacia do Córrego Santa Teresa, que é utilizada para abastecimento público pela concessionária CEDAE no município de Bom Jardim. Por se tratar de uma área pequena, o trabalho fornece uma análise mais apropriada do local, permitindo um controle mais objetivo dos recursos humanos e financeiros.

RELEVÂNCIA

O entendimento de que a água é um bem abundante e ilimitado não é mais aceito. Nos dias atuais há uma conscientização crescente de que as atividades humanas causam impacto no meio ambiente muitas vezes de difícil superação. Entre os exemplos estão as mudanças provocadas pelas práticas agrícolas que envolvem o desmatamento e muitas vezes não levam em consideração o uso racional e conservacionista da água. Em consequência, o processo natural de armazenamento da água no solo e recarga dos aquíferos é incapaz de restabelecer seu equilíbrio quantitativo e qualitativo.

O Brasil possui uma das maiores reservas de água doce do planeta. Em algumas regiões com altos níveis de precipitação anual. No entanto, defronta-se com distribuição espacial e temporal não uniforme das chuvas, anomalias e variabilidade natural climática, e situações de risco quanto à disponibilidade dos recursos hídricos intrínsecas aos sistemas naturais. Além das áreas originalmente semiáridas da região Nordeste, aquelas onde a água é abundante têm estado também sujeitas às perdas das características naturais pela ocupação irregular e uso inadequado do solo com atividades que alteram a quantidade e qualidade das águas (ANA, 2007).

Os impactos de alterações na cobertura e no uso do solo rural influenciam no comportamento hidrológico nas bacias hidrográficas, pois modificações naturais ou artificiais na cobertura vegetal têm influência direta no escoamento, na produção de sedimentos e na qualidade da água. (TUCCI; CLARKE, 1997)

Nas áreas rurais o impacto das práticas não conservacionistas do solo implicam na escassez e desabastecimento para os usos consuntivos. Este problema

deve ser enfrentado e resolvido de maneira integrada nos níveis local e regional. A abordagem precisa ser multissetorial com foco no monitoramento do sistema hidrológico, avaliação e controle contínuo, frente às demandas humanas, de maneira que ações de curto e médio prazo pelas instâncias de governo não tenham caráter somente mitigador. As soluções devem ser coordenadas e baseadas em políticas efetivas em busca do desenvolvimento sustentável.

Pelos pontos abordados acima este trabalho visa apresentar uma avaliação do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica de drenagem do córrego Santa Teresa, buscando entender suas influências no corpo hídrico responsável pelo abastecimento de água de centenas de famílias na região estudada.

HIPÓTESE

A hipótese do presente trabalho se baseia na identificação dos diferentes tipos de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do córrego Santa Teresa de forma a associar cada área ocupada por tipo de cobertura. Uma vez analisados essas diferentes ocupações, assim como suas consequências para a bacia, seria possível realizar um diagnóstico do local e propor possíveis medidas para melhoria e recuperação ambiental.

OBJETIVO

O principal objetivo deste estudo foi realizar uma análise de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do córrego Santa Teresa, localizada no município de Bom Jardim, estado do Rio de Janeiro e seus impactos nos recursos hídricos da bacia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Delimitar a bacia hidrográfica do córrego Santa Teresa;
- Identificar os diferentes tipos de uso e cobertura do solo;

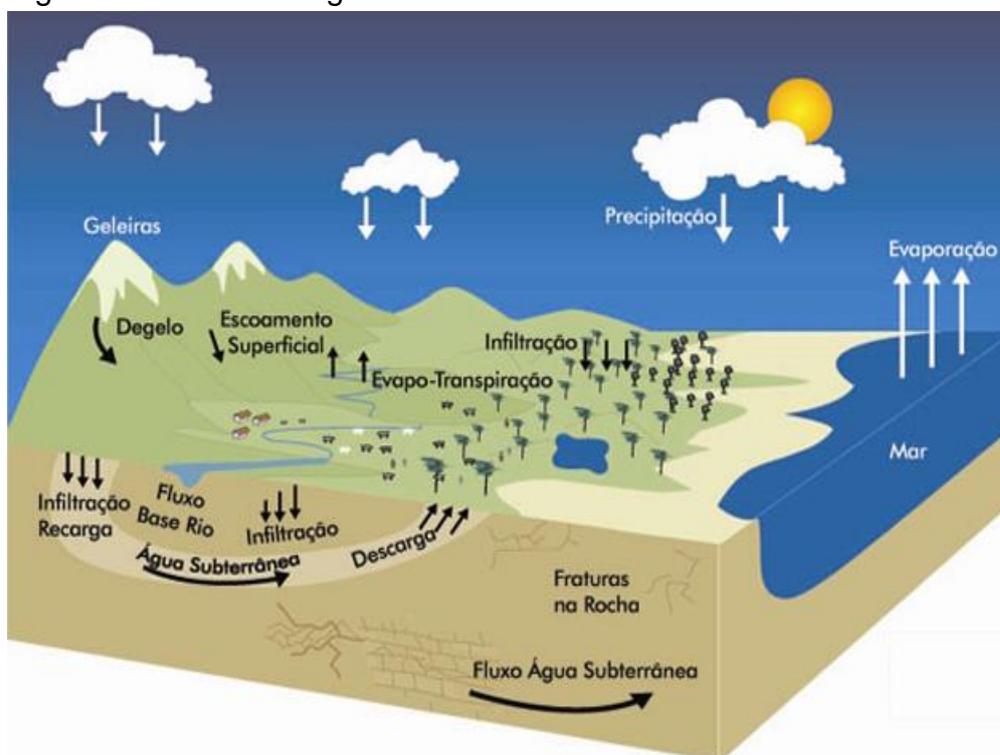
- Abordar os reflexos do uso e ocupação do solo no corpo hídrico da bacia;
- Soluções para os impactos causados na bacia.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1. CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico pode ser considerado como fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre. Silveira (2014) diz que o balanço hídrico pode ser estudado em várias escalas, mas para melhor compreensão possível é importante partir da visão do mais amplo para o mais direcionado. Na escala global tem-se a circulação da água entre a terra e a atmosfera, já em escala local, de bacia hidrográfica, os processos já podem ser mais bem detalhados. Quando a água alcança a superfície do terreno a partir da precipitação, ela pode exceder a capacidade de infiltração do solo, ocorrendo o escoamento superficial pela ação da gravidade (Figura 1).

Figura 1: Ciclo Hidrológico



Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2018.

Mas esta descrição do ciclo hidrológico fornece uma imagem simplificada, uma vez que dentro deste ciclo existem vários subciclos: a parte referente à água subterrânea é um desses subciclos, que terá o seu início com a chegada da água à superfície terrestre, seguindo-se a sua infiltração e terminando com o retorno destas águas à superfície. Desde que a água chega à superfície terrestre e se infiltra, atravessa várias zonas com diferentes características e comportamentos.

Assim, a partir da superfície para o interior da Terra tem-se:

- Zona de evapotranspiração (ZET): nesta zona, alguma água pode ser sujeita a evapotranspiração direta para a atmosfera, outra pode ser usada no metabolismo das plantas (fotossíntese) e outra pode continuar a descer. A espessura desta zona é de aproximadamente 2 metros, podendo variar com a capacidade das plantas desenvolverem as suas raízes;

- Zona intermédia (ZI): chega até esta zona a água que não é utilizada na evapotranspiração. Sempre que a quantidade de água infiltrada for inferior à quantidade de água necessária para a evapotranspiração, não passará água para a zona intermédia.

Por outro lado, sempre que a quantidade de água for superior à quantidade de água necessária para a evapotranspiração, este excesso passará para a zona intermédia, deixando de estar disponível para a evapotranspiração. A espessura desta zona depende de vários fatores, sendo por isso muito variável;

- Franja capilar (FC): corresponde a uma faixa estreita, na qual a água pode ter movimento descendente, por ação da força de gravidade, e movimento ascendente, por ação das forças de capilaridade entre partículas adjacentes. Trata-se de uma zona em que a água está em movimento constante;

- Zona saturada (ZS): Toda a água que passa pela franja capilar desce lentamente, até a chegada à zona de saturação, juntando-se à água aí existente e aumentando a quantidade de água armazenada, ou passando a deslocar-se integrada no deslocamento de água subterrâneo desta zona.

Na zona saturada, não existem espaços preenchidos por ar, já nas zonas mais superficiais (ZET, ZI e FC), além da matéria sólida e da água, também existem pequenos espaços preenchidos por ar. Por isso, ao conjunto destas três zonas, denomina-se zona de aeração. O limite entre a franja capilar e a zona saturada não é um limite estático, verificando-se a sua variação mais significativa em função das condições meteorológicas locais e da quantidade de água que se consegue infiltrar.

A quantidade de água existente nestas diferentes zonas é máxima na zona saturada (todos os espaços estão preenchidos por água), mínima nas zonas evapotranspiração e intermediária na franja capilar. Esta quantidade de água varia ainda entre um mínimo, no contato com a zona intermédia, e um máximo, no contato com a zona saturada. (CAMARGO, 2011).

O escoamento em uma bacia hidrográfica pode vir de quatro linhas de fluxos diferentes, sendo estas: a) precipitação direta nos canais; b) escoamento superficial; c) escoamento subsuperficial; d) escoamento subterrâneo (HORNBERGER et. al., 1988). Enfatizando o escoamento superficial, dois clássicos modelos hidrológicos conceituais se legitimaram, um na explicação de fluxos gerados em áreas de baixa permeabilidade, Hortoniano e, outro em áreas de alta permeabilidade onde as condições específicas do relevo o favorecem, o Dunniano.

A geração de escoamento superficial hortoniano (escoamento por exceder a capacidade de infiltração) possui como determinante a condição do solo na superfície, responsável pela distribuição da água para infiltração ou escoamento superficial (DUNNE & LEOPOLD, 1978; MANNING, 1992). É considerado dominante em sistemas onde o perfil do solo ou a superfície do terreno foram radicalmente alterados (p.e. bacias agrícolas), em regiões áridas ou semi-áridas onde a densidade de vegetação é baixa, e em áreas urbanas onde a superfície do solo é pouco permeável devido à pavimentação ou outro tipo de construção (SANTOS, 2013).

Quando a absorção da água pelo solo chega ao limite máximo é atingida a capacidade de infiltração do solo, ativando a produção de escoamento superficial (LANNA, 2014). Sendo assim, o ciclo hidrológico atua como agente modelador da crosta terrestre devido à erosão, ao transporte e deposição de sedimentos por via hidráulica, condicionando a cobertura vegetal e, de modo mais genérico, toda a vida na terra.

1.1.1. BACIA HIDROGRAFICA

O conceito de Bacia Hidrográfica tem sido cada vez mais expandido e utilizado como unidade de gestão da paisagem na área de planejamento ambiental (Figura 2). Na perspectiva de um estudo hidrológico, o conceito de bacia hidrográfica envolve explicitamente o conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes. (ANTONELLI e THOMAZ, 2011). Embora tecnicamente o conceito implícito no termo seja preciso, podem existir variações no foco principal, conforme a percepção dos técnicos que o utilizam em seus estudos.

Segundo Rocha e Andrade (2012) o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função de suas características geomorfológicas, tais como forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, dentre outros; e do tipo de cobertura (uso e ocupação). Dessa maneira, as características físicas, bióticas e antrópicas de uma bacia possuem importante função no ciclo hidrológico, influenciando diretamente a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e os escoamentos superficial e sub-superficial. Deve-se ressaltar que diversas definições de bacia hidrográfica foram formuladas ao longo do tempo e percebe-se grande semelhança e consideração, dos autores, no recorte espacial, baseado na área de concentração de determinada rede de drenagem. Entretanto as definições que envolvem as subdivisões da bacia hidrográfica (sub-bacia e microbacia) apresentam abordagens diferentes tocando fatores que vão do físico, político ao ecológico (TEODORO et al., 2017).

As sub-bacias são áreas de drenagem dos tributários do curso d'água principal. Para definir sua área os autores utilizam de diferentes unidades de medida. Para Faustino (1996), as sub-bacias possuem áreas maiores que 100 km² e menores que 700 km²; já para MARTINS et al. (2005) são áreas entre 20.000 ha e 30.000 ha (200 km² a 300 km²). SANTANA (2003) diz que as bacias hidrográficas podem ser desmembradas em diferentes quantidades de sub-bacias, dependendo do ponto de saída considerado ao longo do seu eixo-tronco ou canal coletor. Cada bacia hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia.

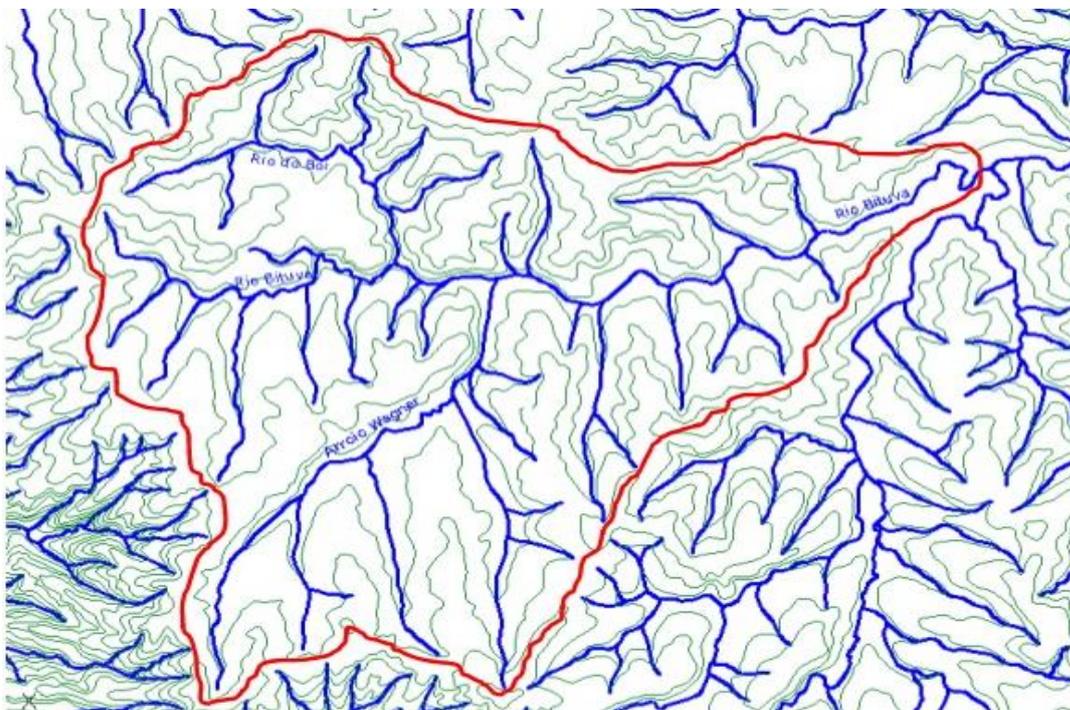
Do ponto de vista do planejador direcionado à conservação dos recursos naturais, o conceito tem sido ampliado, com uma abrangência além dos aspectos hidrológicos, envolvendo o conhecimento da estrutura biofísica da bacia, bem como das mudanças nos padrões de uso da terra e suas implicações ambientais. Neste sentido, vários autores ressaltam a importância do uso do conceito de bacia hidrográfica como análogo ao de ecossistema, como uma unidade prática, seja para estudo, como para o gerenciamento ambiental (CARVALHO, 2014).

A utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento ambiental não é recente; há muito tempo os hidrólogos têm reconhecido as ligações entre as características físicas e a quantidade de água que chega aos corpos hídricos. Por outro lado, os limnólogos têm considerado que as características do corpo d'água refletem as características de sua bacia de drenagem. Neste sentido, as abordagens de planejamento e gerenciamento ambiental utilizando a bacia hidrográfica como unidade de estudo tem evoluído bastante, desde que as mesmas apresentem características biogeofísicas que denotam sistemas ecológicos e hidrológicos relativamente coesos (DASMANN et al., 1973).

O processo de gerenciamento e planejamento ambiental de bacia hidrográfica foi inicialmente direcionado à solução de problemas relacionados ao recurso água, priorizando o controle de inundações, a irrigação, a navegação, ou o abastecimento público e industrial (TRINDADE & SCHEIBE, 2019). Com o aumento da demanda sobre os recursos hídricos e da experiência dos técnicos envolvidos na administração dos mesmos, foi verificada a necessidade de incorporar na abordagem inicial os aspectos relacionados aos usos múltiplos da água, na perspectiva de atender uma estrutura do tipo multiusuário, que competem pelo mesmo recurso. Esta abordagem buscou solucionar conflitos entre os usuários e dimensionar a qualidade e a quantidade do recurso que cabe a cada um e as suas responsabilidades. Isso porque as implicações sobre o uso dos recursos hídricos provêm de uma série de fatores naturais, econômicos, sociais e políticos, sendo o recurso "água" tão somente o ponto de convergência de um complexo sistema ambiental.

Entre as metodologias voltadas à gestão de bacia hidrográfica estão aquelas que empregam o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e a análise de imagens orbitais para auxiliar na determinação de medidas de manejo ambiental.

Figura 2: Delimitação de bacia hidrográfica.



Fonte: Universidade Federal do Pará, 2019.

1.2. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A necessidade de identificar e classificar o uso e cobertura do solo é fundamental para conhecer o ambiente em que se vive, principalmente diante do cenário de rápida ocupação do espaço físico, isso explica a importância do monitoramento da paisagem, sobretudo para subsidiar o planejamento racional da utilização do solo (LOPES et al, 2016).

A cobertura do solo pode ser compreendida como a caracterização da superfície terrestre em relação aos meios físicos, químicos e biológicos, tais como, área construída, água, tipos de vegetação; já, o uso do solo relaciona-se com a finalidade para qual o solo é utilizado pelo homem, tais como, agricultura, pecuária, área residencial, recreação, entre outros (MENEZES et al., 2016).

O uso do solo refere-se às atividades humanas desenvolvidas nas unidades de paisagem natural, que geralmente altera as condições de equilíbrio local. A alteração na cobertura vegetal é a primeira consequência da intervenção humana, desencadeando processos que podem não ser absorvidos pela unidade de paisagem e provocar diversos efeitos danosos (CORNELLI et al, 2016).

O inadequado uso e manejo do solo acrescido da falta de ações conservacionistas implicam em perdas significativas de solo, de nutrientes, de matéria orgânica, de biodiversidade e de água, prejudicando o equilíbrio dos sistemas hídricos (COELHO et al., 2014), o que causa impactos a todos os componentes do ciclo hidrológico, como quantidade e qualidade da água, escoamento superficial e recarga de aquíferos (MENDES e CIRILO, 2011).

A maioria dos estudos de uso e ocupação do solo utiliza a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e para o acompanhamento da dinâmica de mudança na paisagem, pois seus limites são imutáveis dentro do horizonte do planejamento humano, o que facilita o acompanhamento das alterações naturais ou antrópicas (COELHO et al., 2014).

Para compreender melhor os processos naturais e antrópicos que causam mudanças na paisagem, foram desenvolvidos modelos de dinâmica ambiental, que tentam explicar os possíveis caminhos da evolução e as mudanças na paisagem, e assim avaliar suas implicações futuras (Soares-Filho et al., 2017). Os modelos espaciais ou modelos de paisagem simulam mudanças nas características do ambiente através do território geográfico. Estes modelos são utilizados no entendimento dos mecanismos e dos processos de desenvolvimento de sistemas ambientais, de forma a caracterizar sua evolução diante das condições circunjacentes e representar cenários ambientais, socioeconômicos e políticos (Soares-Filho et al., 2017).

Em estudos realizados em bacias hidrográficas é comum a utilização de imagens orbitais de alta resolução espacial para mapear e quantificar as mais diversas classes de uso e cobertura do solo, pois permitem que os resultados obtidos sejam mais precisos.

1.3. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - SIG

O sensoriamento remoto e geoprocessamento são ferramentas frequentemente utilizados para monitorar a dinâmica de uso e cobertura do solo, principalmente devido a frequência de atualização de dados, agilidade no processamento e viabilidade econômica (VAEZA et al., 2010). Em países com dimensões continentais, como é o caso do Brasil, fotos aéreas e imagens de sensoriamento remoto são utilizadas para mapear grandes áreas com precisão, tornando-se fontes de informações detalhadas que auxiliam no gerenciamento de terras e recursos naturais.

Por isso tem se tornado vasto os tipos de aplicações do geoprocessamento por meio de ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica - SIG, sendo que cada aplicação requer formas distintas de manipulação de dados geográficos, associados a diferentes características e propriedades que variam no espaço e no tempo. Dentre essas aplicações cita-se: análise e monitoramento de expansão urbana; monitoramento e previsão de mudanças de uso e cobertura do solo; monitoramento de recursos naturais; análise de vulnerabilidade ambiental; acompanhamento de processos erosivos; modelagem dinâmica ambiental; espacialização de eventos de precipitação, entre outros.

De acordo com Furlan (2011), o Geoprocessamento pode ser definido como o conjunto de tecnologias de coleta e tratamento de informações espaciais e de desenvolvimento e uso de sistemas que as utilizam. Os SIGs são utilizados hoje por diferentes usuários como ferramentas de análise geográfica que permitem a integração de muitos tipos de informações num mesmo sistema e posterior tratamento de forma conjunta.

Segundo Oliveira (2013), o uso das práticas de geoprocessamento constitui-se pela aplicação de um instrumento de grande potencial para o estabelecimento de planos integrados de conservação do solo e da água. Neste contexto, os SIGs se inserem como uma ferramenta que tem a capacidade de manipular as funções que representam os processos ambientais em diversas regiões, de uma forma simples e eficiente, permitindo uma economia de recursos e tempo. Estas manipulações permitem agregar dados de diferentes fontes (imagens de satélite, mapas topográficos, mapas de solos, hidrografia etc.) e em diferentes escalas. O resultado

destas manipulações, geralmente é apresentado sob a forma de mapas temáticos com as informações desejadas (COSTA, 2012).

Os SIGs tornaram-se com o tempo, indispensáveis para estudos que envolvam entradas e ou saídas de natureza cartográfica, o que se justifica não só pelas suas capacidades gráficas, mas, sobretudo, pelas suas potencialidades analíticas. Estes sistemas têm adquirido uma capacidade de modelação crescente, tanto por concepção de módulos específicos quanto por intermédio do estabelecimento de ligações com diferentes pacotes estatísticos (BALDISSERA, 2005).

Esta ferramenta é uma tecnologia desenvolvida para suportar informações espaciais e tem muitas aplicações ambientais, sociais e económicas. Para tanto, são idealmente apropriados para combinar informações topográficas, de solos, uso da terra e meteorológicas para pequenas áreas dentro de bacias hidrográficas, através da qual é possível visualizar cenários passados, atuais e simular cenários futuros (MOURA, 2014).

Considerando que o uso de modelos é limitado pela necessidade de dados espaciais e os SIGs têm uma grande facilidade em manipular esses dados, a união das duas tecnologias representa um importante passo para o controle de gerações de poluições não pontuais, de sedimentos e outros (WILSON e WANG, 1998).

A capacidade de gerenciamento usualmente inclui coleta, edição, armazenamento, recuperação, manipulação e apresentação de uma variedade de dados espaciais, expressos em imagens de satélite, mapas gráficos, modelos numéricos de terreno (MNT), e outros, além de ferramentas avançadas de análise e visualização. (JENSON; DOMINGUES, 1988).

Na hidrologia, a utilização inicial de recursos SIG foi motivada pela necessidade de representações mais apuradas do terreno (SUI; MAGGIO, 1999). Assim, a integração de um modelo hidrológico ou de um modelo de qualidade de água em um SIG, não se justifica apenas pela necessidade da ferramenta para processar a modelagem, mas também pela sua utilidade na melhoria da estimativa de parâmetros de modelos conceituais, na parametrização das unidades espaciais em modelos conceituais, na parametrização das unidades espaciais em modelos distribuídos por sub-bacias, na subdivisão automatizada da bacia em unidades hidrológicas similares, na contextualização espacial dos resultados e da aplicação operacional do modelo (BALDISSERA, 2005).

De acordo com Libos et al. (2012), o sensoriamento remoto e o Sistema de Informação Geográfica têm potencial promissor de serem empregados com grande êxito em trabalhos de modelagem de poluição não pontual. Com a classificação de imagem de satélite, é possível analisar as mudanças de cobertura vegetal de uma área e, ainda, prever e localizar os impactos causados pela ação antrópica, permitindo um gerenciamento de bacias mais eficiente e eficaz. Assim, a combinação de modelos hidrológicos acoplados ao SIG bem como o desenvolvimento de metodologias dentro desse ambiente constitui elemento fundamental para o diagnóstico da situação ambiental e hídrica da bacia hidrológica (BRANDMUELLER et al., 2017).

Os sistemas ou softwares de Geoprocessamento, também chamados de SIG's possibilitam a análise, manipulação e geração de dados georreferenciados, tem-se como exemplos: ArcGIS, QGIS, Idrisi, entre outros. O software QGIS é um SIG, de uso livre, licenciado sob a "GNU General PublicLicense". O QGIS é um projeto oficial da OpenSourceGeospatial Foundation (OSGeo), e suporta vários formatos vetoriais, raster, de banco de dados e outras funcionalidades.

2. METODOLOGIA

Inicialmente para este estudo foram realizados levantamentos bibliográficos, por meio de livros, teses, dissertações, documentos, e publicações acadêmicas que serviram de base para o aprofundamento do conhecimento acerca da temática estudada.

2.1.CONTEXTUALIZAÇÃO LOCAL

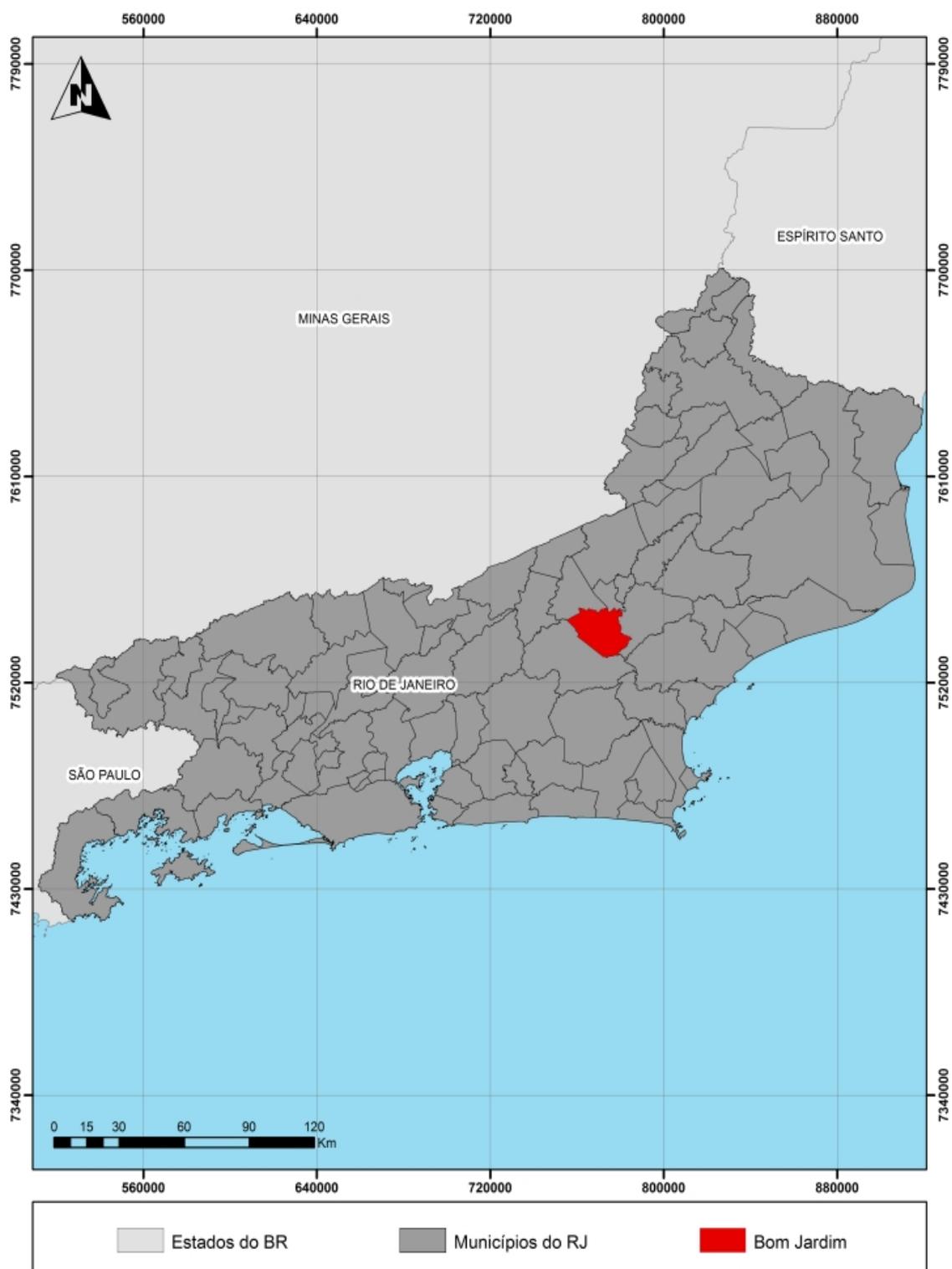
O município de Bom Jardim está localizado na Região Serrana Fluminense, nas coordenadas 22°09'07"Latitude Sul e 42°25'08" Longitude Oeste (Figura 3). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do ano de 2019), o município possui uma população de aproximadamente 27.616 pessoas e compreende uma área total de 382,430 km² a qual está subdividida em 4 (quatro) distritos: Sede-Bom Jardim, Banquete, Barra Alegre e São José do Ribeirão (IBGE, 2019).

O município faz divisa com 4 (quatro) municípios – Duas Barras, Cordeiro, Trajano de Moraes e Nova Friburgo - e está inserido na região hidrográfica de Dois Rios. Bom Jardim dista, aproximadamente, 154 km da capital do Rio de Janeiro, com acesso principal pelas rodovias RJ-144, RJ-116, RJ-146 e RJ-150.

Quanto à economia as principais atividades estão voltadas para Agricultura, Pecuária, Confecções e Produção de Flores de Corte. A Região tem forte tradição agrícola sendo o maior produtor de café da região, também se destaca por produzir hortaliças e legumes, com a ênfase no inhame, amplamente produzido no distrito de Barra Alegre.

É comum haver produção de insumos para o polo industrial de lingerie da região de Nova Friburgo , e também muitas fábricas no município que prestam serviço terceirizado para as fábricas maiores da cidade vizinha.

Figura 3: Localização geográfica do município de Bom Jardim - RJ.



Fonte: DZR- Gestão Ambiental. (2018)

2.1.1 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

O clima é do tipo tropical mesotérmico brando super úmido ou mesotérmico úmido, com temperaturas elevadas bem distribuídas o ano todo e pouca ou nenhuma deficiência hídrica (NIMEr, 1977; FAPERJ, 1980). O verão é brando, com temperatura média anual de 18°C e mínima de 13°C no inverno, sendo junho e julho os meses mais frios. A precipitação média anual, segundo dados da estação meteorológica de Bom Jardim, é de 1536 mm, concentrados no verão (ANA, 2007). O domínio florístico é a floresta ombrófila densa ou floresta tropical perenifólia e subperenifólia, caracterizadas por apresentar vegetação exuberante, com formação densa e espécies arbóreas de grande porte, típicas de clima úmido. (IBGE, 2019).

A região onde se encontra o município de Bom Jardim possui altas taxas de precipitação devido ao seu tipo climático, o período de chuvas mais intenso ocorre nos meses de verão, enquanto nas estações de outono e inverno os índices são menores. Durante o trimestre mais chuvoso (dezembro, janeiro e fevereiro), a precipitação média é de 1.400 mm e no trimestre menos chuvoso (junho, julho e agosto), apresenta precipitação máxima média igual a 100 mm. (CEIVAP, 2013).

2.1.2 GEOLOGIA E TIPOS DE SOLO

O território do município de Bom Jardim compreende em sua extensão porções intensamente acidentadas, com altitudes elevadas, sendo maiores que a Serra do Mar. As classes de solos de maior ocorrência na unidade morfológica do Estado do Rio de Janeiro compreendida pelas Terras Montanhosas são Argissolo Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho Amarelo e Cambissolo. Segundo classificação elaborada por Pinto (2002), denomina-se Solo Residual Maduro de Migmatito.

Freitas (1997) apresenta a classificação agrônômica nesta região, considerando os solos como delgados nas vertentes, sendo Litossolos e Cambissolos, espessando-se na cabeceira de drenagem, Latossolos, ou compostos por depósitos coluviais, ricos em blocos. Investigações de campo indicam o predomínio da classe de solo Cambissolo Háptico Tb Distrófico, presente na maior parte do território de Bom Jardim.

A classificação de solos e as unidades pedológicas existentes em Bom Jardim foram caracterizadas de acordo com a nomenclatura existente no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999). Observa-se no município a presença predominante de Cambissolos.

De acordo com EMBRAPA (1999) os cambissolos compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente, subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, desde que em qualquer dos casos não satisfaçam os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes Vertissolos, Chernossolos, Plintossolos ou Gleissolos.

Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características destes solos variam muito de um local para o outro. Assim, a classe comporta desde solos fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor bruma ou Brumo-amarela até vermelho escuro, e de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração coloidal.

O horizonte B incipiente (Bi) tem textura franco-arenosa ou mais argilosa e o solum, geralmente, apresenta teores uniformes de argila, podendo ocorrer ligeiro decréscimo ou um pequeno incremento de argila do A para o Bi. Admite-se diferença marcante do A para o Bi, em casos de solos desenvolvidos de sedimentos aluviais ou outros casos em que há descontinuidade litológica.

A estrutura do horizonte Bi pode ser em blocos, granular ou prismática havendo casos em que há descontinuidade litológica.

Horizonte com plinita ou com gleização pode estar presente em solos desta classe, desde que não satisfaça os requisitos exigidos para ser incluído nas classes dos Plintossolos ou Gleissolos, ou que apresente em posição não diagnóstica com referência a sequência de horizonte do perfil.

Alguns solos desta classe possuem características morfológicas similares as dos solos da classe dos Latossolos, mas distinguem-se destes por apresentar uma ou mais das características abaixo especificadas, não compatíveis com solos muito evoluídos: 4% ou mais de minerais primários alteráveis ou 6% ou mais de muscovita na fração areia total; capacidade de troca de cátions, sem correção para carbono, $\geq 17 \text{ cmolc/ kg}$ de argila; relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Ki) $> 2,2$; teores elevados em silte, de modo que a relação silte/ argila seja $> 0,7$ nos solos de textura média ou $> 0,60$ nos de textura argilosa, principalmente nos solos do cristalino; e 5% ou mais do

volume do solo contando de fragmentos de rocha semi-intemperizada, saprólito ou resto estrutura orientada da rocha que deu origem ao solo.

2.1.3 REGIÃO HIDROGRÁFICA

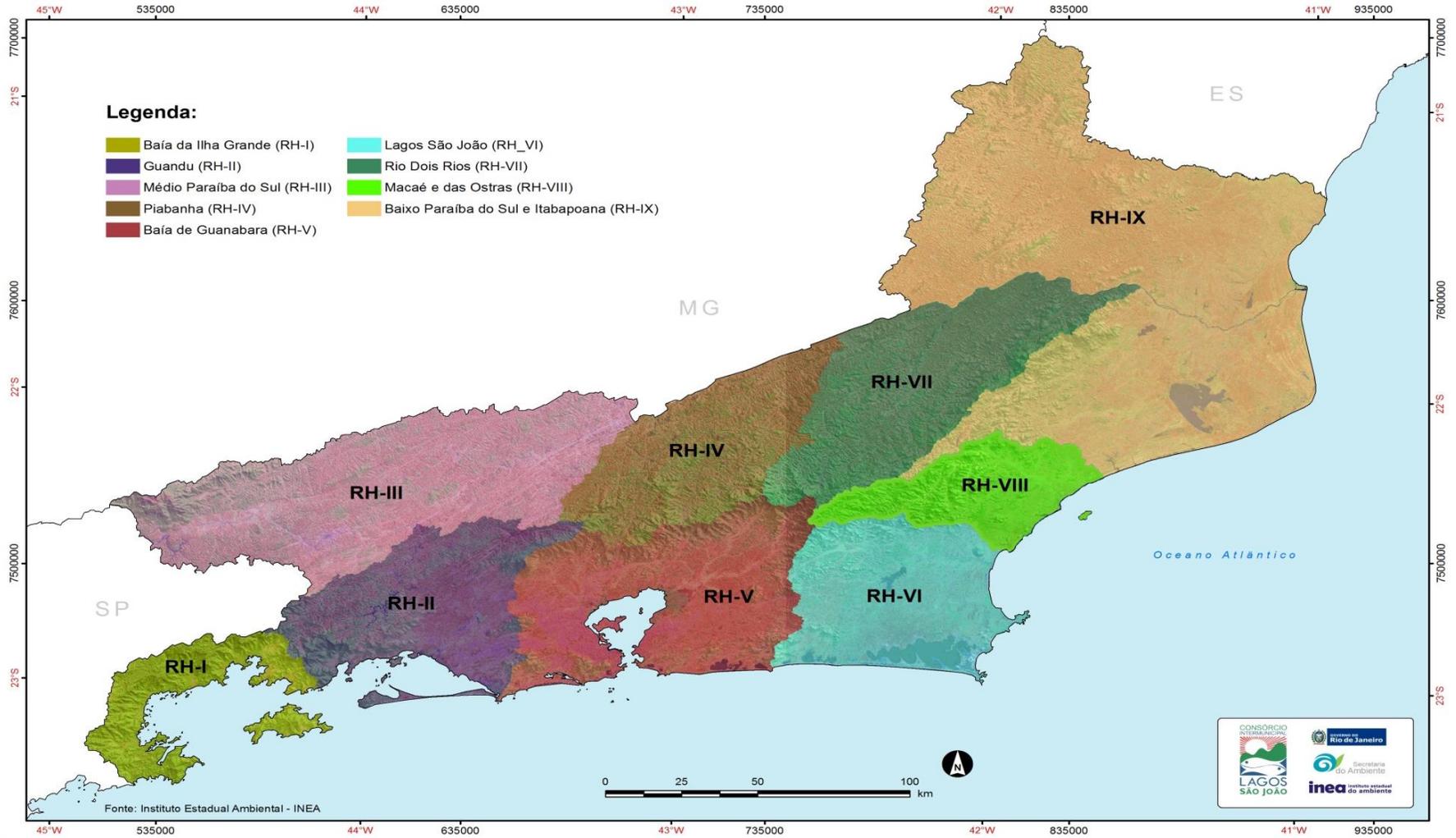
O município de Bom Jardim está inserido na Região Hidrográfica VII (Figura 4), especificamente o Comitê da Bacia Hidrográfica Rio dois Rios- SEGRHI, instituído pela Lei Estadual nº3.239/1999. Entre os objetivos e ações do Comitê da Bacia Hidrográfica está a diminuição dos conflitos gerados devido à utilização dos recursos hídricos, assim como controlar e regular o uso da água, preservando e restaurando os recursos hídricos da região (PNRH- RJ, 1999)

A drenagem da Região Hidrográfica do Rio Dois Rios é de aproximadamente 4.375,5 km², sua área é igual a 7% do tamanho da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. (PMSBBJ, 2013).

O Comitê Rio Dois Rios foi instituído por meio do Decreto Estadual nº41.472, de onze de setembro de 2008 (DERJ /2008), sua atuação abrange a Região Hidrográfica do Rio Dois Rios, sendo constituído pelas Bacias dos rios Negro e Dois Rios, do Córrego do Tanque e Adjacentes, também pela bacia da margem direita do Médio Inferior do Rio Paraíba do Sul, sendo os rios principais o Bengalas, Negro, Grande e Dois Rios, sua foz está localizada no município de São Fidélis. (CEIVAP, 2013).

A gestão do Comitê Dois Rios tem por órgão máximo deliberativo sua comissão plenária, composto por vinte e quatro membros, com direito a voto, oito desses são representantes de usuários de água, oito representantes da Sociedade Civil e mais oito membros como representantes do Poder Público, das esferas federal, estadual e municipal. Compõe ainda sua gestão a Diretoria Colegiada, sendo composta por seis membros de três segmentos, sendo responsável pela condução de trabalhos. Ainda conta com a Câmara Técnica Permanente Institucional Legal responsável pela análise dos assuntos a serem tratados.

Figura 4: Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro.



Fonte: INEA, 2015.

2.1.4 CARACTERIZAÇÃO DOS RIOS

O município de Bom Jardim possui os seguintes rios:

- Rio Grande: Rio que nasce no Distrito de Campo do Coelho, município de Nova Friburgo, atravessa o município de Bom Jardim desde o local denominado Barra dos Bengalas, divisa com o município de Nova Friburgo, até a Fazenda Santa Rosa do Rio Grande, nas divisas do município de Cordeiro (margem esquerda) e Trajano de Moraes (margem direita). Tem importância para o desenvolvimento rural. Possui águas transparentes e frias. Durante seu percurso recebe rios e córregos, que, então, formam quedas d'água e piscinas naturais.
- Rio São José: Marco do povoamento na região nasce no município de Nova Friburgo e entra no município de Bom Jardim banhando o distrito de São José do Ribeirão. Depois de um percurso, no município, de 25 km, deságua no Rio Grande. Suas águas são claras, transparentes e frias.
 - O Rio Dois Rios é formado pelo encontro das águas dos rios Negro e Grande, cujas bacias de drenagem fazem parte da região Serrana, percorrendo, desse ponto até a sua foz no Paraíba do Sul, o percurso de aproximadamente 35 km. Sua bacia hidrográfica tem uma área de drenagem de 3.169 km², que abrange 11 municípios fluminenses: Nova Friburgo, Cantagalo, Cordeiro, Duas Barras, Macuco, Bom Jardim, São Sebastião do Alto, Santa Maria Madalena e Trajano de Moraes, Itaocara e São Fidélis – onde habitam cerca de 310 mil pessoas.

As características, associadas, de relevo e solos dessa sub-bacia configuram uma situação crítica de vulnerabilidade do meio físico à erosão, especialmente no curso superior, onde o relevo apresenta grau de dissecação muito forte e densidade de drenagem muito fina.

2.2 ETAPA DE CAMPO

Para elaboração do mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Santa Tereza foram necessárias visitas de campo ao local deste estudo de caso, estas visitas foram realizadas nos anos de 2018 e 2020. A visita do

ano de 2018 foi feita para a verificação da qualidade ambiental da bacia e as áreas de mata ciliar do córrego com o intuito de melhorar a qualidade e quantidade da água captada na barragem. Já em 2020 a visita foi realizada para confirmar e atualizar as informações.

Para um melhor entendimento da área e obtenção de informações relevantes, as visitas contaram com conversas e entrevistas com os moradores locais a respeito do histórico de ocupação do solo da região, cheias e estiagem do rio, problemas de abastecimento de água ao longo do tempo, ocupações irregulares, dentre outros fatores que mudam a característica da bacia hidrográfica.

Durante as idas à bacia hidrográfica estudada foi utilizado o Sistema de Posicionamento Global (GPS) Garmin60CSx para ratificar ou ajustar as coordenadas geográficas. Este procedimento foi vital para dar certeza e credibilidade ao trabalho quanto à posição do corpo hídrico principal, as áreas com cobertura vegetal da região e outros dados utilizados no trabalho.

2.3 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Foi utilizado o software gratuito e livre Google Earth Pro® para o conhecimento da área estudada, identificação dos tipos de uso e ocupação do solo e a delimitação da bacia hidrográfica do córrego Santa Teresa.

Com o software foi possível o entendimento da hidrografia local e a elaboração de mapas dos pontos identificados em coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator). Nesta fase foram definidas as nomenclaturas utilizadas para identificação das áreas de uso e ocupação do solo, e diversos debates foram realizados a fim da melhoria do trabalho e aprimoramento das técnicas de geoprocessamento aplicadas.

2.3.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O mapeamento da cobertura e do uso do solo da área de drenagem da captação da bacia hidrográfica que abastece a ETA de Bom Jardim, localizada no córrego Santa Teresa, foi realizado através do *software* Google Earth Pro®, utilizando dados disponibilizados pelo Instituto Estadual de Ambiente (INEA) em

formato *shapefile* (shp), que datam do ano de 2014, e de visitas a campo, com o intuito de confirmar as informações contidas nas imagens.

A análise foi realizada pelo método manual, identificando visualmente o uso do solo, sendo os mesmos delimitados espacialmente por polígonos. Foram observados 5 (cinco) tipos de uso e ocupação do solo, sendo:

1. Cobertura Florestal;
2. Perímetro Urbano;
3. Afloramentos Rochosos;
4. Áreas Agrícolas e Silvicultura;
5. Pastagem.

2.3.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Os dados pluviométricos de Bom Jardim foram retirados da página HidroWeb, disponível no site da Agência Nacional de Águas (ANA), onde foram analisadas as médias anuais de chuva entre o período de 2015 a 2019.

A estação utilizada foi a de Vargem Alta, cujo código da estação é 02242019. A utilização dos dados pluviométricos na pesquisa é para acompanhar a média anual de chuva na bacia e verificar se há algum tipo de desequilíbrio hídrico no local.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Os Quadro 1 e a figura 5 referem-se ao uso do solo da Bacia de Drenagem da Captação da ETA Bom Jardim e foi subdividida em 5 (cinco) tipos de uso de solo.

Há poucas áreas com ocupação urbana, sendo relevante apenas o centro de Bom Jardim e o ponto próximo ao local da captação de água do córrego Santa Teresa. Os perímetros urbanos caracterizados no mapa não apresentam grande densidade demográfica, o município apresenta características turísticas, onde aproximadamente 7% das residências locais são de veraneio. (CEIVAP, 2013).

A bacia é composta majoritariamente por áreas de pastagens (44,57%) caracterizadas por capinzal e capoeira, essas áreas causam diversos impactos ambientais ao solo, dentre eles a eliminação e/ou redução da fauna e flora nativas, como consequência do desmatamento de áreas para o cultivo de pastagens; o aumento da degradação e perdas de nutrientes dos solos, em especial devido ao pisoteio intensivo e à utilização do fogo; a contaminação dos produtos de origem animal, devido ao uso inadequado de produtos veterinários para o tratamento de enfermidades dos animais e de agrotóxicos e fertilizantes químicos nas pastagens; a redução na capacidade de infiltração da água no solo devido à compactação; a degradação da vegetação e compactação dos solos, especialmente expressiva no caso de superpastoreio e a contaminação das fontes d' água e assoreamento dos recursos hídricos. (CEIVAP, 2013).

A cobertura florestal na questão é representativa quando analisamos toda a área da bacia (42,26%) ainda preservada em grande parte do território, que possui uma boa conectividade entre os fragmentos. Essas zonas de cobertura florestal são resquícios do bioma Mata Atlântica que é bastante preservada na região serrana do Rio de Janeiro, principalmente pelo município limítrofe de Bom Jardim, Nova Friburgo, que ocupa o sexto lugar em áreas preservadas de Mata Atlântica no Estado. (SOS Mata Atlântica, 2020).

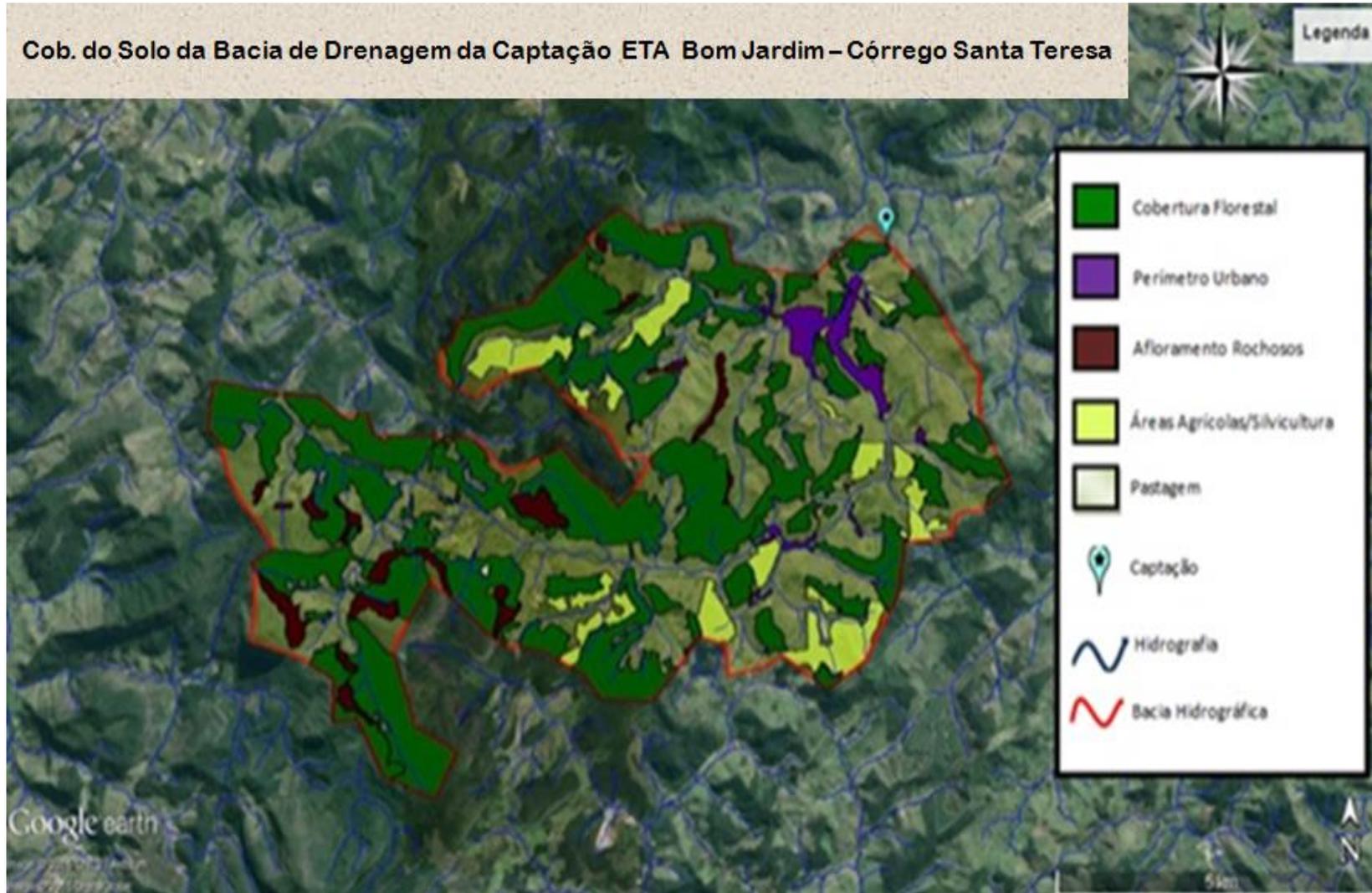
As áreas agrícolas e de silvicultura, possuem pequenas dimensões, representando (8,09%) da cobertura de toda a área. Porém, são as principais fontes de renda da população local, com o cultivo principalmente de café e em menor

escala, eucalipto. Apesar de pequenas, a implementação deste tipo de cobertura do solo causa diversos impactos ambientais, o primeiro e mais perceptível impacto da exploração agrícola é a substituição da cobertura vegetal nativa por plantas cultivadas, modificando muito a biodiversidade da área. Mesmo as áreas consideradas “intactas” sofrem alterações em sua população de plantas e animais. O desmatamento e a queima da vegetação lideram no país a emissão de gases responsáveis para a ocorrência do efeito estufa. (INEA, 2019).

A retirada da cobertura vegetal, as operações de preparo e manejo inadequado do solo provocam o aumento do escoamento superficial das águas das chuvas, carreando a camada mais fértil do solo (erosão), nutrientes, metais pesados e pesticidas para os cursos d’água. Afeta também a infiltração da água, com diminuição das águas subterrâneas que alimentariam as nascentes. Em consequência, diminui a vazão dos cursos d’água nos períodos secos, e maior concentração de contaminantes nos rios. A erosão provocada pelo escoamento superficial da água é um fator de grande importância para a degradação do solo, com assoreamento dos rios e mares, agravamento das consequências das enchentes, e o aumento da quantidade de sedimentos dessas águas indicam a gravidade do processo.

Os afloramentos rochosos, representados por (1,98%) da área total da bacia, foram utilizados na pesquisa devido a grande quantidade de rochas expostas nesta bacia hidrográfica. Um afloramento rochoso é a exposição de uma rocha na superfície da Terra. Pode ser formada naturalmente, pela erosão do solo que cobria a rocha, ou pela ação humana (em cortes de estradas ou em pedreiras).

Figura 5 - Uso do Solo na Bacia de Drenagem da Captação ETA Bom Jardim.



Fonte: Google Earth, 2020.

Quadro 1: Distribuição quantitativa do uso e ocupação do solo.

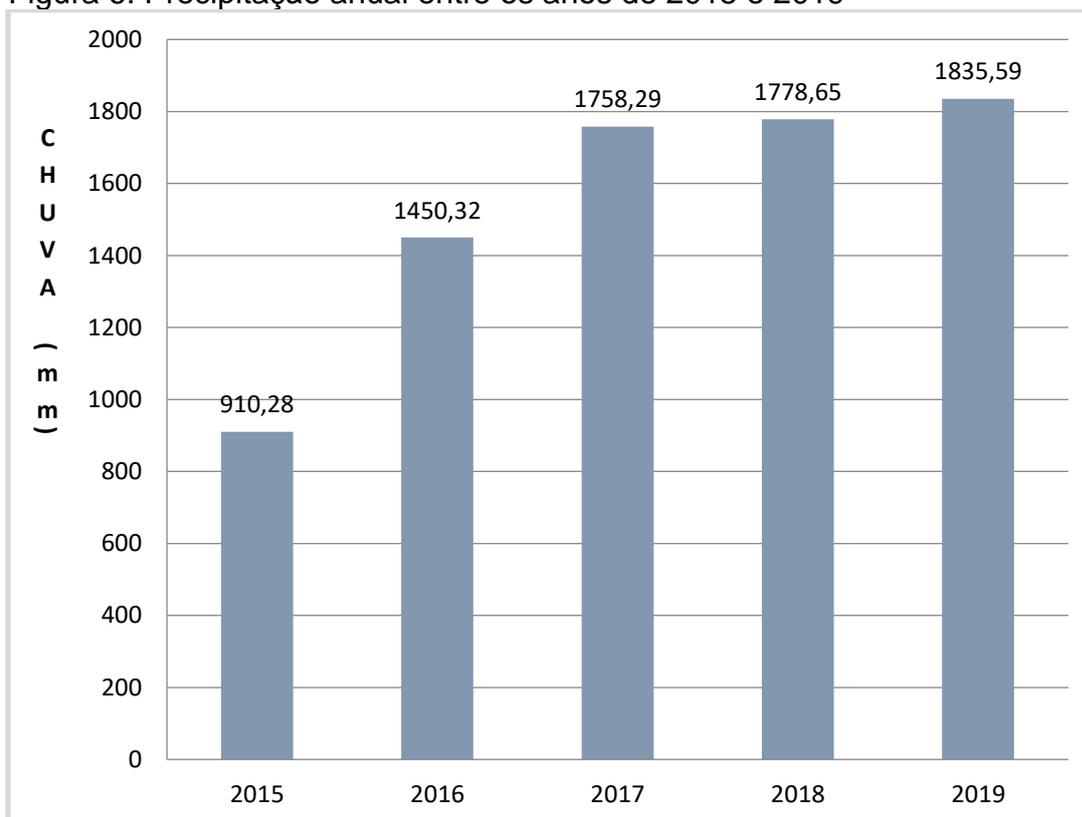
Tipo de Uso do solo	Área (ha)	Percentual
Cobertura Florestal	1745,30	42,26 %
Áreas Agrícolas / Silvicultura	333,90	8,09 %
Perímetro Urbano	127,80	3,10 %
Afloramentos Rochosos	81,70	1,98 %
Pastagem	1840,30	44,57 %
Total	4129,00	100,00 %

Fonte: Autor, 2020.

3.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Buscando entender o ciclo hidrológico do município de Bom Jardim e seus impactos na hidrologia da bacia hidrográfica do Córrego Santa Teresa, foram analisados os dados da estação Pluviométrica de Vargem Alta entre os anos de 2015 e 2019 e o resultado obtido está no gráfico apresentado abaixo.

Figura 6: Precipitação anual entre os anos de 2015 e 2019



Fonte: Autor, 2020.

Observa-se na figura 6 que a precipitação média anual da região apresenta importante queda nos anos de 2015 e 2016. Esses anos ficaram marcados na história do país devido à crise hídrica que ocorreu neste período, quando reservatórios das regiões nordeste e sudeste entraram em colapso e o abastecimento de água da população enfrentou sérios problemas operacionais e estruturais. Já a partir de 2017, o fluxo de precipitação no município de Bom Jardim voltou a manter uma equidade nos valores, mantendo uma boa média de chuva na localidade.

O sistema de abastecimento de água do município de Bom Jardim opera recebendo contribuição de dois mananciais, os córregos de Santa Teresa e de Capivari, que juntos possuem uma vazão média anual de 68 litros por segundo. (INEA, 2018).

A classificação das águas doces serve como parâmetro para diferentes tipos de uso e para tratamentos que a água deve passar até chegar ao consumidor final para abastecimento. De acordo com o Conselho Nacional de Meio Ambiente através

da CONAMA Nº 357, artigo 4º, as águas doces são classificadas em cinco classes conforme a figura 7:

Figura 7: classificação das águas doces.

Classe Especial	<ul style="list-style-type: none"> a) Abastecimento para consumo humano com desinfecção; b) Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; c) Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação e proteção integral
Classe 1	<ul style="list-style-type: none"> a) Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) Proteção das comunidades aquáticas; c) Recreação de contato primário (conforme Resolução Conama 274/2000); d) Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo que sejam ingeridas cruas, sem remoção de película; e) Proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas
Classe 2	<ul style="list-style-type: none"> a) Abastecimento para consumo humano após tratamento convencional; b) Proteção das comunidades aquáticas; c) Recreação de contato primário (conforme Resolução Conama 274/2000); d) Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer com os quais o público possa vir a ter contato direto; e) Aquicultura e atividade de pesca
Classe 3	<ul style="list-style-type: none"> a) Abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; b) Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) Pesca amadora; d) Recreação de contato secundário; e) Dessedentação de animais
Classe 4	<ul style="list-style-type: none"> a) Navegação; b) Harmonia paisagística.

Fonte: Conselho Nacional de Meio Ambiente, 2018.

Com base neste enquadramento, a água do córrego Santa Teresa foi classificada como de classe I, podendo ser destinada ao abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado. (INEA, 2018). Durante as pesquisas e levantamentos de dados bibliográficos sobre o trabalho não foram encontrados os valores quantitativos da qualidade da água do rio.

Apesar da categorização do manancial ser considerada boa, é possível notar o impacto causado pela grande área da bacia utilizada como pastagem, que causa distúrbios no ciclo hidrológico, alterando a vazão em diferentes trechos do córrego.

O entendimento dos dados pluviométricos da região é de suma importância para o entendimento do ciclo hidrológico e do abastecimento de água do local, quanto maior a quantidade de chuva maior a oferta de água para a empresa de saneamento e para a irrigação natural da agricultura. Por outro lado, a falta de chuva acarreta dificuldade de abastecimento, aumento do preço no tratamento da água e menos oferta do recurso para seus diferentes usos. (INEA, 2018).

Através das atividades e estudos desenvolvidos durante esta pesquisa foi possível produzir materiais cartográficos atualizados e dados referentes aos pontos coletados, que incidiram acerca do uso e ocupação do solo, também influenciado pela redução do espelho d'água do córrego Santa Teresa, situado no município de Bom Jardim/RJ.

O mapeamento do uso e ocupação do solo realizado na bacia de drenagem do córrego Santa Teresa (Figura 5) revelou que as pastagens representam a área com o maior percentual de ocupação do solo, devido a grande quantidade de criadores de animais na região, que utilizam essas áreas para cultivar ração, principalmente, milho e cupim, o segundo maior segmento e mais relevante devido sua importância ambiental, é a cobertura florestal, pertencente ao bioma da Mata Atlântica, apresentando maior densidade em áreas de APP (topo de morro, nascentes, margens de rios, etc.). Outro aspecto fundamental que contribui diretamente na preservação florestal da região é que o município apresenta características turísticas e de agricultura familiar, não atraindo grandes empresas, e conseqüentemente mão de obra.

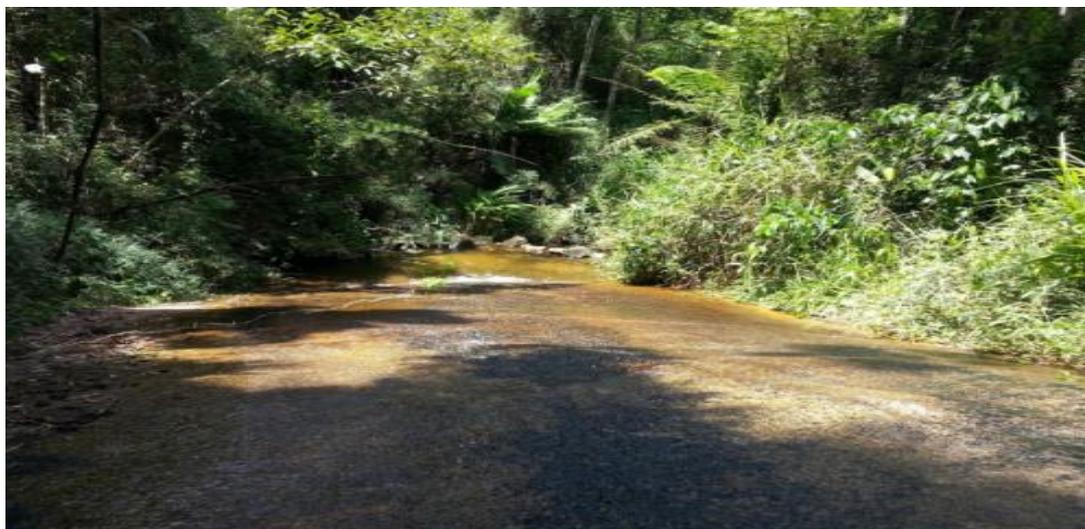
O ponto mais preocupante do estudo, apesar de representar apenas 8,09 % da bacia, refere-se à agricultura e silvicultura, responsáveis pela principal fonte de renda do município, representadas pelo cultivo do café e plantação de eucalipto respectivamente, esse tipo de cobertura do solo apresenta o maior horizonte de crescimento da bacia, devido ao retorno econômico e geração de empregos a população local, o que trará passivos ambientais inestimáveis para os habitantes da região.

A bacia hidrográfica apresentou resultados ambientais positivos, onde aproximadamente 43% são de cobertura florestal e o manancial apresenta águas de classe I, o principal dado que destoa nos resultados é o índice pluviométrico, observou-se na figura 9 que os anos de 2015 e 2016, próximos da crise hídrica que assolou o estado, apresentaram diminuição acentuada em relação aos anos

posteriores, afetando diretamente a vazão do córrego Santa Teresa, gerando impactos na captação e distribuição de água de Bom Jardim (CEDAE, 2018).

As figuras 8 e 9 representam o córrego Santa Teresa em diferentes trechos. Na primeira imagem o córrego apresenta uma boa margem de mata ciliar protegida e como consequência bom aspecto na coloração e qualidade visual da água. Já na figura 9 podemos observar outro trecho do manancial em período de estiagem com bastantes pedregulhos em seu leito e pouca preservação de faixa marginal de proteção, a pastagem e a capoeira são predominantes.

Figura 8: Córrego Santa Teresa



Fonte: Autor, 2018.

Figura 9: Córrego Santa Teresa



Fonte: Autor, 2018.

Após analisar os resultados da pesquisa diagnosticou-se que o principal problema da bacia é a falta de planejamento municipal do uso e ocupação do solo e dos recursos hídricos, que engloba falta de fiscalização das áreas de proteção permanente (APP) da bacia, falta de infraestrutura e investimentos para que se realizem obras preventivas para possíveis períodos de crise hídrica, o desperdício de recursos naturais, seja pelo uso exacerbado na irrigação, ou pelo serviço prestado pela companhia de saneamento básico, o entendimento do clima na região, entre outros. O conceito de água no Brasil sempre foi relacionado à fartura, porém este recurso não é distribuído igualmente, onde a região norte concentra 68% dos recursos hídricos disponíveis no país, desta maneira é fundamental que a população do sudeste utilize este recurso de maneira sustentável.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A bacia hidrográfica estudada apresenta dados relevantes que servem de parâmetro para futuros estudos e pesquisas, o sensoriamento remoto foi a base deste trabalho e gerou informações fundamentais para o entendimento do uso e ocupação do solo e seus impactos no corpo hídrico.

Apesar de o manancial ser de classe I, a grande área de pastagem na bacia interfere diretamente no nível de turbidez, cor e outros parâmetros. Isso porque, nos períodos de chuva, sem a proteção da mata ciliar, o córrego recebe sedimentos do solo exposto afetando diretamente a qualidade da água e dificultando o processo de tratamento na estação de tratamento. Estudos voltados à identificação dos valores quantitativos da qualidade da água do rio devem ser realizados e utilizados como base para ações integradas no corpo hídrico, visando à criação de dados históricos que facilitem seu entendimento e possíveis intervenções.

Soluções a curto e longo prazo devem ser adotadas para a mitigação desses problemas, o primeiro passo é a educação ambiental da população, outra medida é incentivar o programa de pagamento por serviços ambientais na bacia e a reserva legal aos proprietários de terra de acordo com o código florestal. Um plano de reflorestamento da mata ciliar e de nascentes para a proteção dos mananciais, captação e tratamento de esgotos domésticos e industriais que desaguam no rio principal e nos seus afluentes, monitoramento contínuo das vazões e da qualidade do rio e o contínuo processo de georeferenciamento do uso e ocupação do solo da bacia.

Recomenda-se aos órgãos de meio ambiente local e aos pesquisadores que estudam a área, a ampliação de levantamentos de dados sobre a vazão e a qualidade da água ao longo do córrego em diferentes meses e épocas do ano para uma melhor avaliação histórica futuramente e também a continuação do acompanhamento de uso e ocupação do solo da bacia através de georeferenciamento contínuo para a prevenção de problemas ambientais de degradação da qualidade e quantidade da água do rio.

Alternativas que minimizem distúrbios que possam afetar o volume, a vazão e a qualidade das águas produzidas nas nascentes localizadas em Bom Jardim estão relacionadas ao aumento do conhecimento acerca desta área e ações coordenadas dos órgãos diretamente envolvidos (o Estado, o Município, o Comitê de bacia do Rio

Dois Rios, os Conselhos de Educação, Meio Ambiente e Saúde, o Fórum Local da Agenda 21, as Secretarias Municipais de Meio Ambiente, Turismo, Saúde, Educação, Assistência Social, Defesa Civil e Habitação e Urbanismo, além de empresas privadas usuárias destes recursos), bem como a conscientização da população, especialmente na construção dos planos municipais e estratégicos de saneamento, urbanização e de recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, Schiavetti; CAMARGO, Antonio F. M. **CONCEITOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS: Teorias e Aplicações**. Ilhéus: Editus, 2002. 281 p.

ANA. **Atlas Esgotos - Despoeuição de bacias hidrográficas**. Brasília, 2017.

AZEVEDO, Denir da Costa. **Estudo do uso e ocupação das margens no entorno do açude Ministro João Alves (Boqueirão)- Parelhas/RN** / Denir da Costa Azevedo. - Caicó: UFRN, 2016.61f.: il.

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2 ed. Editora Pearson. São Paulo, 2005.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil (1988)**. Promulgada em 05 de outubro de 1988. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/constitui...> Acesso em: 21 nov. 2020.

BRASIL, **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**, Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm> Acesso em: 10 dez.2020.

BRASIL, **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**, Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm > Acesso em: 13 out. 2020.

BRASIL, **Lei nº 9984, de 17 de julho de 2000**, Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional

de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9984.htm>, Acesso em: 15 dez.2020.

CARVALHO, Marília Sá (org.) *et. al.* **Conceitos Básicos de Sistemas de Informações Geográficas e Cartografia aplicada a saúde.** Rio de Janeiro Ed OPS, 2000.

CARVALHO, R. G. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. Caderno Prudentino de Geografia, n. 36, p.26-43, 2014.

CASTRO, César Nunes de. **GESTÃO DAS ÁGUAS: EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAL E BRASILEIRA.** IPEA, Brasília, p. 1-86, jun. 2012.

CEIVAP. **Plano municipal de Saneamento Básico de Bom Jardim-RJ. Produto 4 – Diagnóstico Setorial.** 2013. Disponível em: <<http://www.cbhriodoisrios.org.br/saneamento/bomjardim/Produto-4-Diagnostico-Setorial-Bom-Jardim.pdf>> . Acesso em 16 nov.2020.

COELHO, V. H. R.; Montenegro, S. M. G. L.; Almeida, C. N.; Lima, E. R. V.; Ribeiro Neto, A.; Moura, G. S. S.. 2014. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 18: 64-72.

CONAMA, **Resolução nº 303, de 20 de março de 2002.** Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>, Acesso em: 12 out. 2020.

CONAMA, **Resolução nº 357, de 18 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>, Acesso em: 22 out.2020.

- CORNELLI, R.; SCHNEIDER, V. E.; Bortolin, T. A.; Cemin, G.; Santos, G. M. 2016. Análise da influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de duas sub-bacias hidrográficas do município de Caxias do Sul. *Scientia cum Indústria*, 4: 1-14
- DASMANN et al. **Ecological principles for economic development**. Washington: John Wiley & Sons Ltd.1973.
- DA SILVA NEVES, L. *et al*, **Nascentes, Áreas de Preservação Permanente e Restauração Florestal: Histórico da Degradação e Conservação no Brasil**, Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v.7, n.3, p. 747, 2014.
- DE PAULA, M. M. **Análise da água e das condições ambientais da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Pedras, Quirinópolis/GO**. Dissertação de Mestrado em Geografia. Programa de Pós- Graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2011.
- DECRETO Nº 41.472 de 11 de setembro de 2008. **Institui o comitê de bacia da região hidrográfica do rio dois rios, no âmbito do sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos**. Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, RJ 11/09/2008, P. 200. Disponível em: <http://cbhriodoisrios.org.br/conteudo/decreto-41472-11.09.2008.pdf>. Acesso em: 09/10/2020.
- DONADIO, M. M.; GALBIATTI, J. A.; DE PAULA, R. C. Qualidade da Água De Nascentes Com Diferentes Usos Do Solo Na Bacia Hidrográfica Do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.115-125, jan./abr. 2005
- FELIPPE, M.F., **Caracterização e Tipologia de Nascentes em Unidades de Conservação de Belo Horizonte MG com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais**, 2009.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Infográficos: dados gerais do município. [2010]**. Disponível em:< www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 nov.2020
- INEA. Instituto Estadual do Ambiente. **Hidrografia completa do estado do Rio de Janeiro**. Disponível em:< www.inea.rj.gov.br>. Acesso em 08 out.2020.
- JOHNSON, N.M.; G.E. LIKENS; F.H. BORMAN & R.S. PIERCE. **Rate of chemical weathering of silicate minerals in New Hampshire**. *Geochim. Cosmochim. Acta*, London, 32:531-545, 1968.
- KARR, J. R.; DUDLEY, D. R. Ecological Perspective on Water Quality Goals. **Environmental Management**. V.5, n.1, p. 55-68, New York,1981.
- LAMBIN, E.F., BAULIES, X., BOCKSTAEL, N., FISCHER, G., KRUG, T., LEEMANS, R., MORAN, E.F., RINDFUSS, R.R., SKOLE, D., TURNER II, B.L., VOGEL, C.,

1999. **Land-Use and Land-Cover Change Implementation Strategy, IGBP Report No. 48/IHDP Report No. 10**, IGBP, Stockholm, 125 pp.

Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF 09/01/1997,P.470. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm
Acesso em: 10/09/2020.

LOPES, P. R.; Araújo, K. C. S.; Lopes, I. M.; Rangel, R. P.; Santos, N. F. F.; Kageyama, F. Y. 2014. Uma análise das consequências da cafeicultura convencional e das opções de modelos sustentáveis de produção – agricultura orgânica e agroflorestal. *Revista Espaço de Diálogo e Desconexão*, 8: 1-38.

MACEDO, A. C. **Revegetação: mata ciliares e de proteção ambiental**. São Paulo: Fundação Florestal, 1993.

MAGRINI, A. Política e gestão ambiental: conceitos e instrumentos. **Revista Brasileira de Energia**, Itajubá, v. 8, n. 2, p. 1-8, jun. 2001.

MENDES CAB, CIRILO JA. **Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2001. 536 p.

MENEZES, J. P. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. S.; BELLO, I. P.; FIA, R; OLIVEIRA, R. F.C. 2016. RELAÇÃO ENTRE PADRÕES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E QUALIDADE DA ÁGUA EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA. *ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 21: 519-534.

NIMER, E. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil. Região Sudeste**. Rio de Janeiro: **IBGE**, v. 3, 1977. P. 51 - 89.

PIGOSSO, M.; BONFANTE, E.; FARIAS, E.; ENGEL, I.; RIGATTI, J.;NUNES, R.L.; BECEGATO, V.; ONOFRE, S.B. Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do rio Jirau alto – Dois Vizinhos – Paraná, **Geo ambiente**, Jataí, n.13, p.174-193, 2009.

ROCHA, César Henrique Barra. **Geoprocessamento:Tecnologia Trandisciplinar**. Juiz de Fora, MG Ed. do Autor, 2000.

RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F. **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. 2ª.ed. São Paulo: EDUSP, 2009, 320 p.

SILVA, C. C. O. A; BARBOSA, J. B. M. **Utilização da ferramenta sensoriamento remoto para diagnóstico de impactos ambientais.** Revista tecnologia & Informação. Ano 1, N.1, NOV. 2012 / FEV.2014.

SPRING. Tutorial Spring, versão Windows - Spring Básico. INPE, São José dos Campos, Agosto 1999.

TUCCI, C. E. M. e CLARKE, R. T. (1997). Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** , v. 2, N. 1, p135-152.

VAEZA RF, OLIVEIRA-FILHO PC, DISPERATI AA, MAIA AG. **Uso e ocupação do solo a partir de imagens orbitais de alta resolução para estudo em bacia hidrográfica em área urbana.** In: Anais do XIX Seminário de Pesquisa; Anais da XIV Semana de Iniciação Científica; 2012; Irati. Irati, PR: Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO; 2012.

XAVIER DA SILVA, J. e SOUZA, Marcelo José Lopes de. **Análise Ambiental**, Rio de Janeiro: UFRJ, 1987.