



RELATÓRIO DE CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA SUB-BACIA DO ALTO PARDO EM BOTUCATU

Responsáveis Técnicos

Anderson Antonio C. Sartori
Engenheiro Agrônomo e Doutor em Agronomia

Joyce Reissler
Bióloga e Doutora em Agronomia

Botucatu – SP
Dezembro / 2019

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. CONTEXTUALIZAÇÃO	6
2.1 Uso da Terra e seus Impactos nos Recursos Hídricos	6
2.2 Mudanças Climáticas e Segurança Hídrica	7
2.3 Florestas e Sustentabilidade dos Recursos Hídricos	8
2.4 Análise Multicriterial como Estratégia na Definição de Áreas Prioritárias à Conservação Ambiental	10
3. ÁREA DE ESTUDO	11
3.1 Caracterização Geral: a Bacia do Rio Pardo	11
3.2 Área de Estudo: Sub-bacia do Alto Pardo	11
3.2.1 Geologia	14
3.2.2 Relevo	14
3.2.3 Solos	14
3.2.4 Clima	15
3.2.5 Vegetação	15
4. MATERIAL UTILIZADO E METODOLOGIA	16
4.1 Base Cartográfica	16
4.2 Imagem Orbital	16
4.3 Organização e Sistematização do Banco de Dados	16
4.4 Mapas de Planos de Informação (PI)	17
4.4.1 Uso e Cobertura da Terra	18
4.4.2 Proximidade da Rede de Drenagem, da Represa, dos Fragmentos Florestais e das Estradas	18
4.4.3 Áreas de Preservação Permanente (APP)	19
4.4.4 Declividade	19
4.4.5 Solos e Erodibilidade	20
4.4.6 Vulnerabilidade à erosão	20
4.4.7 Análise Multicritério	21
4.4.7.1 Processo Hierárquico Analítico	21
4.4.7.2 Padronização e Mapa dos Fatores	21
4.4.7.3 Mapa de Restrição	22

4.4.7.4	Combinação Linear Ponderada	22
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1	Planos de Informação (PIs)	23
5.1.1	Rede de Drenagem	23
5.1.2	Declividade	24
5.1.3	Tipos de Solo	25
5.1.4	Uso e Cobertura da Terra	27
5.1.4.1	Em Área Total da Bacia	27
5.1.4.2	Conflitos de uso da terra: em Área de Preservação Permanente (APP) e em área da construção da represa	29
5.1.5	Vulnerabilidade à erosão	31
5.1.6	Mapas de Distâncias: da rede de drenagem, da represa, dos fragmentos florestais e das estradas	33
5.2	Definição dos Fatores para a Análise Multicriterial	34
5.2.1	Análise Multicritério	34
5.2.1.1	Mapas de Fatores e de Restrição	34
5.2.1.2	Matriz de Comparação Pareada e Pesos dos Critérios	36
5.3	Mapa de Prioridade à Conservação Ambiental	36
5.4	Caracterização Ambiental das Áreas Prioritárias à Conservação	38
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
7	CONCLUSÃO	47
8	ANEXOS	48
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
10	ASSINATURAS	68

1. INTRODUÇÃO

Com o severo evento climático e consequente crise hídrica provocada pela forte estiagem no Estado de São Paulo entre 2013 e 2015, fortaleceu de forma evidente a necessidade da proteção de áreas essenciais de vegetação natural que afetam direta e indiretamente a produção de água para a manutenção econômica e da qualidade social.

A substituição da cobertura original do solo por empreendimentos, culturas agrícolas, pecuária e silvicultura, sem o conhecimento das fragilidades locais e somadas a práticas de manejo inadequadas, podem alterar as relações entre infiltração e escoamento superficial e da água das chuvas, podendo também resultar em erosão do solo e carregamento de grandes quantidades de sedimentos aos canais de drenagem, com consequentes processos de assoreamento e alteração das características físicas e químicas da água por carrearem não só partículas de solo, bem como material orgânico e elementos químicos provenientes de defensivos agrícolas e fertilizantes.

A demanda crescente por água para os seus usos múltiplos se apresenta como um desafio para o planejamento de recursos hídricos, seja no aspecto de sua disponibilidade, seja pela qualidade da água, pois sua escassez se caracteriza como um fator limitante para o desenvolvimento humano e suas diversas atividades ao provocar perdas de produção e impedimento de crescimento econômico.

Diante deste contexto, está em processo de construção um grande reservatório de água no município de Botucatu e Pardinho, pela Prefeitura de Botucatu e Companhia de Saneamento Básico de São Paulo - Sabesp, na sub-bacia do Alto Pardo. Este projeto tem por objetivo a segurança hídrica no abastecimento público e ao desenvolvimento das atividades econômicas da região. No entanto, o estabelecimento do reservatório por si só não é uma garantia de seu perfeito funcionamento a longo prazo. Para sua eficiência, é necessário também que sejam assegurados os serviços ecossistêmicos dos recursos naturais da região, visando a produção de água em sua quantidade e qualidade para o suprimento do reservatório, através de um planejamento responsável do uso e cobertura da terra.

Proteger e recuperar mananciais são ações essenciais para a resiliência dos recursos hídricos e para atenuar problemas futuros de abastecimento de água, promovendo a segurança hídrica em momentos de estresse. Assim, é importante conhecer as fragilidades e aptidões de uma determinada área para tornar possível uma melhor política de uso da terra para o desenvolvimento consciente da região, para a elaboração de procedimentos e políticas que compatibilizem a atividade humana com as características naturais do terreno a favor da conservação dos recursos hídricos.

O objetivo geral deste trabalho foi definir as áreas prioritárias para a conservação ambiental na sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu, visando a produção de água em quantidade e qualidade e a otimização da funcionalidade do novo reservatório no Rio Pardo em Botucatu e dos serviços ecossistêmicos da região, utilizando uma análise qualitativa por uma abordagem multicriterial. Como objetivos específicos teve-se: 1) Mapeamento das características físico-ambientais, da cobertura e o uso da terra e seus conflitos na sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu; 2) Realização da metodologia de análise multicriterial por meio do Processo Hierárquico Analítico, com a definição das áreas de restrição, dos fatores de análise e seus respectivos pesos de tomada de decisão, importantes na definição de áreas prioritárias para conservação ambiental; 3) Construção de uma proposta de áreas prioritárias à conservação ambiental na sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu como subsídio informativo de planejamento consciente da ocupação e desenvolvimento social e econômico dessas áreas, além de políticas públicas para o ordenamento territorial e para o processo de tomada de decisão na gestão dos recursos hídricos.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 Uso da Terra e seus Impactos nos Recursos Hídricos

Com o aumento populacional, cresce também a pressão antrópica sobre os recursos naturais que, para atender a demanda, estimula a expansão de ocupação da terra e intensificação de seus usos. Por muitas vezes, o homem modifica o ambiente natural sem pensar nas consequências de suas ações, influenciando diretamente na degradação ambiental em função da não preservação de áreas essenciais à manutenção da qualidade de vida. De forma desordenada, utilizam-se de grandes áreas para fins econômicos promovendo a supressão de florestas para implantação de empreendimentos, sem que haja, muitas vezes, o mínimo de planejamento que considere a questão ambiental (CORREA, 2006), ocasionando processos de degradação da terra e impactos negativos na qualidade e quantidade dos recursos ambientais. Tal fato ocorre pela apropriação da terra de forma incompatível ao adequado em relação à sua estrutura e localização, o que pode causar impactos não só de ordem ambiental, mas também social e econômica (REISSLER, 2014). A falta de ordenamento territorial adequado às potencialidades e fragilidades naturais da região afetam diretamente a qualidade de vida da população e o equilíbrio ambiental das bacias hidrográficas.

No contexto de sustentabilidade hídrica, Vieira e Gondim Filho (2006) defendem a necessidade de se desenvolver mecanismos de convivência de produção econômica com a vulnerabilidade regional para que os objetivos gerais de uma política de água alcancem padrões desejáveis de sustentabilidade, ocorrendo a equivalência entre oferta e demanda de água, de forma quantitativa e qualitativa. Segundo esses autores, algumas das estratégias para a conservação dos recursos hídricos e preservação hidro-ambiental são: proteção dos ecossistemas e conservação da diversidade ecológica; proteção das nascentes, aquíferos e a borda dos leitos dos rios; recuperação de áreas degradadas e diminuição de processos de desertificação e disciplinamento de uso e manejo adequado do solo, objetivando minimizar a erosão e seus impactos aos mananciais.

O uso e o manejo de forma não compatível com o solo é uma das maiores ameaças à qualidade da água superficial e subterrânea em bacias hidrográficas e é causada principalmente pela substituição da cobertura original por empreendimentos e culturas agrícolas sem práticas sustentáveis de manejo. Fatores como as características estruturais do solo, tipo de cobertura e seus usos, manejo inadequado, interferem nos processos de infiltração e escoamento superficial da água (NICOLETE, 2015). A alteração nesses

processos pode ocasionar aumento da erosão e do escoamento superficial, carreando partículas do solo com insumos agrícolas ou outros contaminantes até o curso dos rios, causando não só assoreamento e diminuição da profundidade e do fluxo natural do rio, bem como a contaminação, salinização e eutrofização da água, comprometendo a integridade dos recursos hídricos para o consumo e gerar conflitos de interesse entre seus usuários (ASSAD et al, 1998; ANA, 2011, CAMPOS 2001). Assim, planejar e gerenciar as formas de intensidade de uso em uma bacia refletem diretamente na qualidade e quantidade de recursos hídricos disponíveis para a população e constitui-se como o melhor método para evitar a degradação de seus recursos naturais, levando em consideração suas características ambientais (MOTA, 1999).

A bacia hidrográfica é um excelente referencial geográfico para a gestão ambiental, de fácil caracterização, constituída por um sistema natural em que fluxos de entrada, saída e suas interações são integrados, que permite a análise das dinâmicas entre as variáveis ambientais e sociais que constitui a paisagem (GUERRA e CUNHA, 2000). Tendo-as como unidade ideal de planejamento dos recursos hídricos, faz-se necessária a compreensão dos principais fatores que ameaçam os recursos hídricos, categorizados em níveis locais, regionais e globais. Em escala local podem ser definidos pelos processos de poluição e ausência de saneamento adequado. Na escala regional, o uso e manejo inadequado do solo em extensas áreas podem provocar alterações nos processos ecológicos dos ecossistemas, alterando o ciclo hidrológico regional. Do ponto de vista global, as mudanças climáticas afetarão de forma significativa a provisão dos recursos hídricos (IPCC, 2014).

2.2 Mudanças Climáticas e Segurança Hídrica

Clima e água não podem ser tratados de forma independente, pois a água é o principal meio por onde os impactos das alterações climáticas são percebidos. Eventos climáticos extremos ocorrem por fatores dinâmicos naturais ou intensificados por ações antrópicas, reforçando a necessidade de soluções eficazes não só a curto como a longo prazo.

Além da sobrevivência de todos os seres, a água também é essencial ao desenvolvimento de todas as atividades produtivas e garantia de qualidade de vida, sendo fundamental a segurança de seus usos múltiplos, incluindo a conservação das condições ecológicas e ambientais (ABAS, 2017). Sua escassez ocorre tanto por condições climáticas/ hidrológicas e hidrogeológicas como por demanda e extração / captação excessiva ou por desequilíbrio ecossistêmico.

A crise hídrica é um reflexo da degradação das bacias hidrográficas, pela substituição de áreas de vegetação nativa que protegem cabeceiras, rios e nascentes, por ocupação

de áreas impróprias e usos sem a prática de manejo adequadas. O Fórum Econômico Mundial aponta a crise hídrica como o maior risco global potencial (WEF, 2015) corroborando com Srinivasan et al. (2012) que considera a escassez hídrica como a maior crise do século 21.

Assim, novos esforços devem ser direcionados para a responsabilidade frente às mudanças com a adoção de novas posturas de governança dos recursos hídricos, de forma integradora, adaptativa e ecossistêmica, para sua eficiência de disponibilidade e qualidade. Torna-se evidente a necessidade de desenvolver métodos e práticas de gestão suficientes em respostas às incertezas, aumentando a resiliência de sistemas essenciais para a manutenção do equilíbrio hídrico (FOLKE et al., 2005; OLSSON et al., 2008).

2.3 Florestas e Sustentabilidade dos Recursos Hídricos

A disponibilidade da água para os seus usos e sua movimentação no ciclo hidrológico estão intrinsicamente associadas aos recursos florestais, destacando a importância de estratégias harmoniosas entre recursos hídricos e ocupação territorial (BOGARDI, 2011).

A manutenção da integridade dos recursos hídricos possui inseparável relação com a adequações das atividades econômicas e seus usos da terra com a conservação de áreas naturais essenciais. É essencial a manutenção de florestas como importantes provedoras de serviços ambientais, como: regulação do fluxo de água e do lençol freático, manutenção da qualidade da água, contensão da erosão e manutenção do habitat aquático (LANDELL-MILLS e PORRAS, 2002), conservação do habitat natural e da diversidade biológica, influência sobre o microclima local, redução dos impactos das emissões de gases e função social de lazer e turismo (GOTTLE e SENE, 1997). Lima (2008), defende a importância da cobertura vegetal sob a ótica dos processos hidrológicos como interceptação, transpiração, infiltração, percolação, destacando este elemento um dos principais que afetam a produção de água nas microbacias.

Existem áreas especiais dentro da paisagem que dependem de sua proteção para garantir processos ecológicos e hidrológicos que forneçam a estabilidade das bacias hidrográficas. É necessária a proteção das zonas ripárias e cabeceiras de drenagem dessas áreas para a manutenção dos usos múltiplos água, uma vez que o ecossistema ripário é um dos fatores-chave de resiliência de uma microbacia e sua degradação torna o sistema mais vulnerável a perturbações (REISSLER, 2014).

As zonas ripárias, também descritas por lei como Áreas de Preservação Permanente (APPs), possuem funções essenciais à manutenção da vida, como a conservação dos solos, diminuição dos processos erosivos e o acúmulo de matéria orgânica, que é

considerado um excelente agregador do solo ao aumentar sua estabilidade e conservar os minerais. A degradação de áreas importantes como as zonas ripárias pode diminuir a capacidade de armazenamento de água na bacia e comprometer a vazão de água aos rios em períodos de seca e, além do aspecto hidrológico, também pode sofrer influência na qualidade da água disponível (ELMORE e BESCHTA, 1987).

Bertoni e Lombardi Neto (2012) relatam que a cobertura vegetal é a defesa natural de um território contra a erosão e Sousa Junior (2005) descreve em áreas onde apresenta supressão da cobertura florestal em áreas ciliares ocorre drástica redução na capacidade de retenção de água de chuva, comprometendo a infiltração da água no solo e promovendo o escoamento superficial das águas pluviais e formando grandes enxurradas, dificultando o abastecimento do lençol freático com consequente diminuição da água armazenada em subsolo. Assim, o tipo e a porcentagem da cobertura vegetal têm a capacidade de reduzir efeitos de processos erosivos naturais e antropogênicos e sua densidade é apresentada como um importante elemento de retenção de sedimentos, do escoamento superficial e da perda de solo (GUERRA, 2000).

Ao considerar o aspecto essencial da vegetação florestal para os recursos hídricos, destaca-se sua relevância na função de corredor ecológico como fluxo de biodiversidade e equilíbrio do ecossistema, por aumentar a dispersão de animais e sementes e, portanto, estender a colonização das áreas degradadas por espécies de plantas e animais presentes em fragmentos florestais (SARTORI, 2010).

Desta forma, considera-se de fundamental necessidade a reversão de qualquer degradação ecossistema florestal para a conservação dos recursos hídricos e a promoção de sua restauração e consequente equilibrando suas funções em práticas sustentáveis de manejo e regeneração da vegetação em áreas mais suscetíveis e essenciais à conservação. Para Vettorazzi (2006), intervenções como o reflorestamento dirigido em bacias hidrográficas são destacadas como uma medida necessária e adequada para a produção de água de boa qualidade para os múltiplos consumos.

Os cenários de degradação se mostram crescentes e são cumulativos, fato que requer especial atenção e planejamento do desenvolvimento econômico e social de uma maneira sustentável compatível com a manutenção e funcionamento dos ecossistemas. Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008) acentuam a necessidade de estudos para a formação de uma base de dados consolidada e transformada em instrumento de gestão. Esta pode ser uma das formas mais eficazes de enfrentar o problema de escassez e estresse de água e deterioração de sua qualidade.

2.4 Análise Multicriterial como Estratégia na Definição de Áreas Prioritárias à Conservação Ambiental

Para uma gestão ambiental eficiente é essencial considerar os multifatores que se inter-relacionam e compõem o meio ambiente. Fatores biológicos, físicos, sociais e econômicos, quando combinados, produzem diferentes opções para o planejamento. A análise multicritério (AMC) é uma metodologia que possibilita a junção de diversos fatores que, por avaliação de especialista tomadores de decisão, denominada Técnica Participatória, no qual é atribuído pesos aos fatores conforme sua importância relativa (FRANCISCO et al., 2007). Esta etapa que determina a ordem de importância entre os fatores analisados é denominada como Processo Hierárquico Analítico (AHP) a partir da atribuição de pesos em uma comparação pareada dos fatores (SAATY 1987; MALCZEWSKI, 2004). Após a atribuição de pesos, os fatores são padronizados para uma escala numérica comum entre eles, são posteriormente combinados por meio de uma média ponderada, denominada Combinação Linear Ponderada (VOOGD, 1983). A padronização é baseada em lógica fuzzy (EASTMAN, 2001), com um conjunto de valores convertidos e mensurados em uma escala normalizada (MALCZEWSKI, 1996; EASTMAN, 2001; MALCZEWSKI, 1999). A lógica fuzzy promove a diminuição da subjetividade dos elementos analisados e permite aumentar o raciocínio para um processo de decisão (CALIJURI et al., 2002), compreendendo a precisão da matemática clássica e a imprecisão do mundo real (MALCZEWSKI, 1999). O ambiente SIG facilita esta ação por favorecer a modelagem cartográfica e viabilizar a álgebra dos mapas de fatores, promovendo a representação contínua da paisagem (CHEN et al., 2001; KANGAS et al., 1998; STORE e KANGAS, 2001).

São diversos os estudos já realizados com as aplicabilidades da AMC na área ambiental, o que torna esta metodologia consolidada em definições de áreas prioritárias em estudos ambientais para a tomada de decisão. Dentre eles, podemos destacar: Pimenta et al. (2019), Reissler (2019), Lima (2018), Barros (2017), Pina (2017), Amorim et al. (2015), Nicolete (2015), Nicolete e Zimback (2013), Nossack (2012), Sartori (2010), Vettorazzi (2006), Valente, (2005), Chen et al. (2001), Eastman (2001), Malczewski (1999).

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1 Caracterização Geral: a Bacia do Rio Pardo

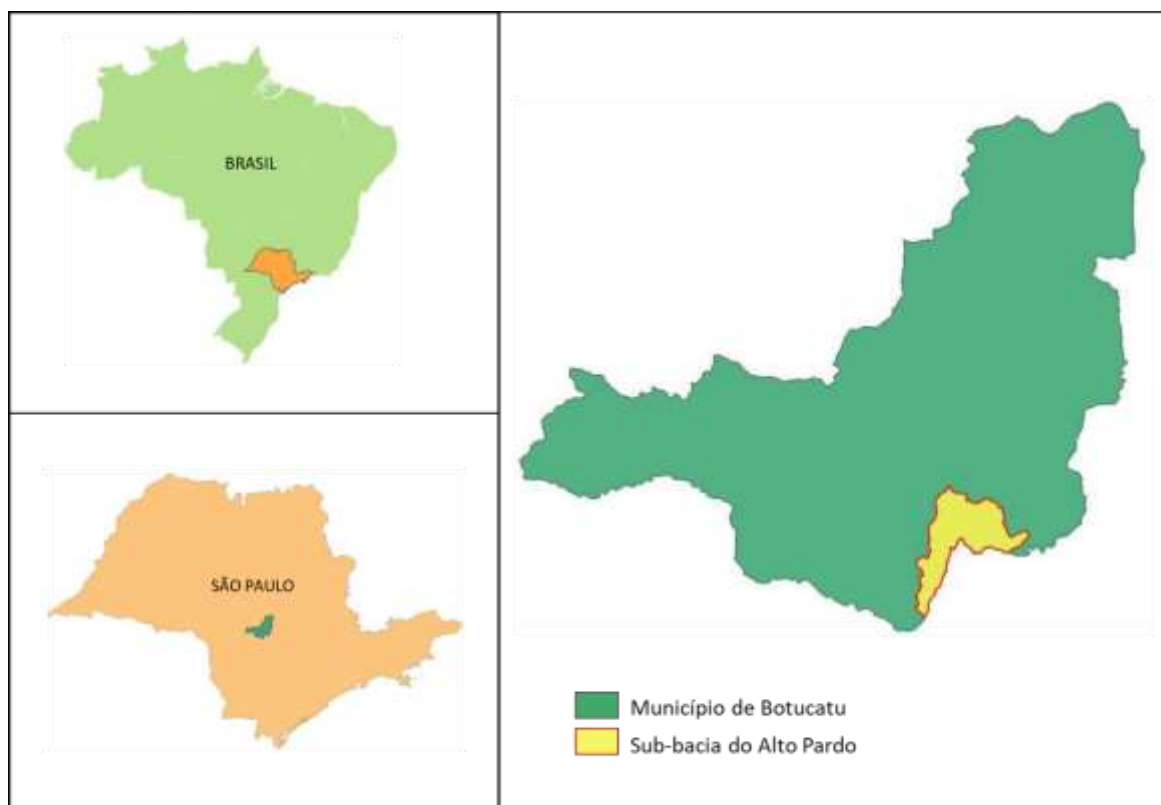
O Rio Pardo tem sua nascente no município de Pardinho – SP, a 1.007 metros de altitude, e sua foz no município de Salto Grande – SP, na altitude de 377 metros. É afluente do Rio Paranapanema, integrando a bacia hidrográfica do Rio Paraná e considerado o principal rio da bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema (VIEIRA, 2018) na unidade de gerenciamento de recursos hídricos – 17 (UGRHI – 17).

Seu percurso possui 264,25 km de extensão e é considerado um dos rios mais extensos do Estado de São Paulo, servindo como um importante manancial de abastecimento para 15 municípios: Pardinho, Botucatu, Pratânia, Itatinga, Avaré, Cerqueira César, Iaras, Águas de Santa Bárbara, Óleo, Bernardino de Campos, Santa Cruz do Rio Pardo, Chavantes, Canitar, Ourinhos e Salto Grande (VIEIRA, 2018).

3.2 Área de Estudo: Sub-bacia do Alto Pardo

A sub-bacia do Alto Pardo em estudo está situada na região centro sul do Estado de São Paulo, no município de Botucatu (Figura1).

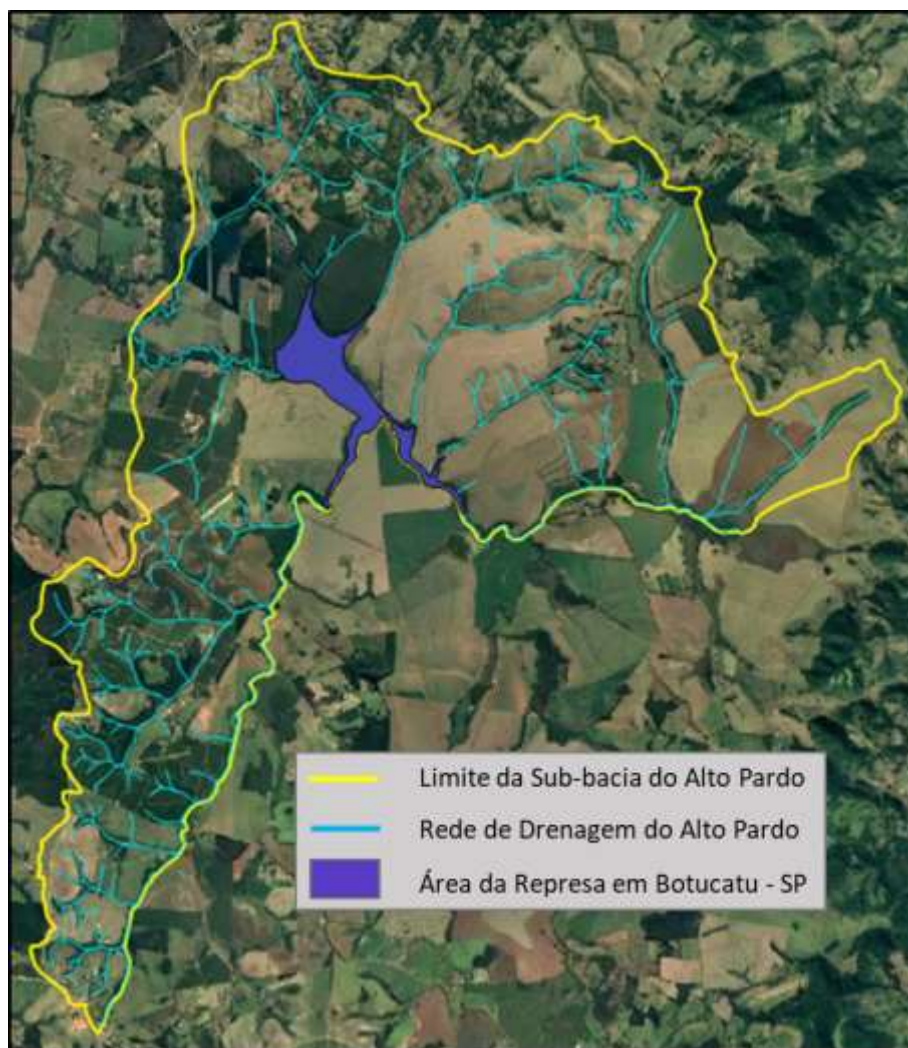
Figura 1 - Localização da área de estudo: sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu - SP.



Localizada geograficamente entre as coordenadas 22°56'58" e 23°04'09" de latitude sul e 48°25'40" a 48°27'26" de longitude oeste de Greenwich, com altitudes que variam entre 827 a 952 m, a sub-bacia possui área de 53,60 km² (5.360,33 ha) e perímetro de 51,82 km, tendo o Rio Pardo como o seu principal curso de água (Figura 2). Essa sub-bacia compreende uma área de 3,61% de todo o território de município de Botucatu.

São diversos os usos da água na sub-bacia do Alto Pardo: abastecimento urbano, dessedentação de animais, irrigação, turismo e, também, por este rio ser um dos principais afluentes do rio Paranapanema, é de grande significância para o abastecimento de água à jusante. O Rio Pardo é considerado o maior abastecedor da sede do município de Botucatu, cuja Represa do Mandacaru é a principal captação de água com área de drenagem da bacia de aproximadamente 145,07 km² e uma vazão $Q_{7,10} = 661$ L/s, (BOTUCATU, 2018).

Figura 2 – Limite da sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu, com sua rede de drenagem e novo reservatório de água.



A nova barragem no Rio Pardo tem como principal objetivo aumentar a disponibilidade hídrica no ponto de captação para o município de Botucatu com um reservatório de superfície estimada de 150,60 ha e cota de 850 m, cujo reservatório terá 84% de seu espelho d'água no município de Botucatu (BOTUCATU, 2018). A implantação da barragem almeja o aumento da disponibilidade de água no ponto de captação da Represa do Mandacaru, a aproximadamente 8,5 km a jusante do reservatório, provendo 0,880 m³/s a 0,900 m³/s de vazão no ponto de captação (BOTUCATU, 2018).

De forma geral, o diagnóstico e identificação descritas do RAP. De acordo com o Relatório Ambiental Preliminar –RAP, atualmente apenas 20% da Área de Preservação Permanente da área da represa está ocupada por vegetação natural e que, mesmo com o impacto de supressão destas áreas para a construção do reservatório, a região se beneficiará de um incremento de mata ciliar com a nova formação da APP com bordadura de 100 metros ao redor do reservatório, protegendo as áreas que atualmente encontram-se prejudicadas e ocupando uma área de 128,5 ha. Conforme descrito no RAP, os impactos decorrentes da implantação do Reservatório no Rio Pardo indicam que a sua implantação é viável, desde que adotadas todas as medidas mitigadoras, de controle, monitoramento e compensação ambiental.

Figura 3 - Trabalho de campo de reconhecimento da área da sub-bacia do Alto Pardo



3.2.1 Geologia

De acordo com o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981), afloram nesta região duas formações geológicas: A) Grupo Bauru, Formação Marília, nas partes mais altas e acompanhando o divisor de águas da bacia, apresentam-se os arenitos mais resistentes ao intemperismo; Grupo São Bento, Formação Serra Geral, rochas basálticas nas partes inferiores do relevo, por uma faixa relativamente estreita que margeia os cursos d'água; B) Feições geomorfológicas associadas, em sua maior parte, com o embasamento rochoso local.

3.2.2 Relevo

A área em estudo encontra-se no Planalto Ocidental Paulista, que é formado por um planalto extremamente festonado e variado e de relevo uniforme, com extensos espigões de perfis convexos e cimos ondulados e terminações laterais lobadas, constituindo baixas e amplas colinas que avançam em direção aos vales dos principais rios, interrompidos raramente pelo afloramento de camadas mais resistentes ao intemperismo, como a formação Marília, conforme Almeida (1964). Segundo o autor, o relevo termina frequentemente em escarpas abruptas e torna-se mais acidentado, apresentando vertentes de perfis côncavos e desníveis de até 100m, embora os cursos dos rios apresentem pequena declividade no seu leito. Ocorre a Formação Serra Geral nos locais onde os cursos d'água escavam o seu vale, de relevo mais acidentado, convexo e leitos dos rios mais declivosos, tornando-se as águas rápidas e aparecimento de saltos e cachoeiras.

Grande parte da área da sub-bacia do Alto Pardo encontra-se protegida pela Área de Proteção Ambiental (APA) de Botucatu, criada pelo Decreto Estadual nº 20.960 de 8 de junho de 1983 (SÃO PAULO, 1983), que visa proteger os recursos naturais de 3 regiões fisiográficas: Depressão Periférica, Front e Reverso da Cuesta de Botucatu (SOUZA et al., 1985), sendo que a área de estudo está localizada em área de transição entre a Frente e o Reverso da Cuesta.

3.2.3 Solos

São encontradas as seguintes unidades de solo na região: Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico, Latossolo Roxo Distrófico, Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico, Solos Litólicos Distrófico, Solos Hidromórficos Distrófico Indiscriminados e Solos Aluviais, todos

distróficos e textura variando de média a muito argilosa (ZIMBACK, 1997). Estes mesmos solos foram reclassificados, segundo a Embrapa (2013) como: Latossolo Vermelho Distrófico, Latossolo Vermelho Distroférico, Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Neossolo Lítico Distrófico, Gleissolo Háptico Distrófico e Neossolo Flúvico Distrófico, respectivamente. Segundo Zimback (1997), os solos da bacia são pobres e não apropriados à prática agrícola convencional, sendo que a prática agrícola mais intensa se desenvolve próximas ao Rio Pardo, onde se encontram os solos mais férteis da região.

3.2.4 Clima

Tratando-se de clima, o da região é do tipo Cwa, conforme classificação de Köppen, sendo: tropical de altitude, com três meses mais secos e frios (junho/julho/agosto), chuvas predominantes no verão, temperatura média anual de 19,3°C e precipitação média anual de 1.444,1 mm, com altitude de 900 m (CEPAGRI, 2018).

3.2.5 Vegetação

Ocorre a presença de matas de transição e atlântica, vegetação de cerrado, campo cerrado e espécies isoladas do Pinheiro-do-Paraná (*Araucária brasiliensis*), por apresentar um clima mais frio que, segundo Tornero (2008), caracteriza uma expressiva biodiversidade local. As categorias de maior ocorrência são a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Estacional Semidecidual (IF, 2009).

4. MATERIAL UTILIZADO E METODOLOGIA

4.1 Base Cartográfica

Foram utilizadas cartas planialtimétricas do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo – IGC, datadas de 1978, na escala 1:10.000, com equidistância de curva de nível de 5 metros, referente ao município de Botucatu (Quadro 1), para a delimitação da sub-bacia hidrográfica do Alto Pardo, vetorização das curvas de nível e da rede de drenagem.

Quadro 1 - Articulações das cartas topográficas do IGC

CÓDIGO INTERNACIONAL	NOME DA FOLHA
SF-22- Z-B-VI-3-SE-E	Fazenda Santa Rosa I
SF-22- Z-B-VI-3-SO-D	Fazenda Albelina
SF-22- Z-B-VI-3-SO-E	Fazenda Segrede
SF-22- Z-D-III-I-NO-A	Fazenda Quatro Meninos
SF-22- Z-D-III-I-NO-C	Fazenda São José
SF-22-Z-B-VI-3-SO-F	Recanto Zodíaco
SF-22-Z-D-III-1-NE-A	Bairro Roseira da Serra
SF-22-Z-D-III-1-NO-B	Fazenda Monjolão

4.2 Imagem Orbital

Foi utilizada a ferramenta do Google Earth Pro e extraída imagem Landsat / Copernicus em alta resolução datada de 09/10/2019.

4.3 Organização e Sistematização do Banco de Dados

O desenvolvimento do trabalho iniciou-se com a elaboração de uma base de dados georreferenciadas (projetadas Sistema Universal Transversor de Mercator – UTM, zona 22 sul, em coordenadas planas e Datum SIRGAS 2000) e o seu processamento em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), conforme apresentado no fluxograma (Figura 4).

Figura 4 - Fluxograma das etapas do projeto.



4.4 Mapas de Planos de Informação (PI)

Após a vetorização da rede de drenagem, curvas de nível e área da bacia, através do processamento digital da imagem orbital, mapas base foram produzidos para posterior análise multicritério, sendo eles: uso e cobertura da terra, proximidade da rede hidrográfica, proximidade da represa, proximidade de estradas, proximidade de fragmentos florestais, áreas de preservação permanente, declividade do terreno, tipos de solos e vulnerabilidade à erosão.

Trabalhos como os de Valente (2005), Vetorazzi (2006), Rivera (2007), Sartori (2010), Nossack (2012), Nicolete (2015), Lima (2018), Reissler (2019) também utilizaram de variáveis similares para a definição de áreas prioritárias no contexto ambiental.

Para a análise multicritério, foi necessário normalizar os PIs em uma unidade comum entre eles para posterior junção desses fatores.

Com os PIs da rede de drenagem e suas nascentes, foi gerado o PI de Área de Preservação Permanente (APP), sendo essencial para definição das áreas de uso restrito. Juntamente com a área da represa e sua APP, áreas de fragmentos florestais e de áreas construídas (Bairro Demétria e Residencial Roseira), extraídos do PI de uso e cobertura da terra, foi elaborado o mapa de restrição. Este mapa serviu como área excludente para a definição das áreas prioritárias à restauração florestal por se tratarem de áreas já compostas por florestas, por construções consolidadas e por área legalmente defendida como de preservação permanente.

4.4.1 Uso e Cobertura da Terra

A confecção de mapas de cobertura e uso da terra foi realizado a partir de uma classificação digital supervisionada pela delimitação manual dos alvos. A identificação das classes de uso foi realizada a partir da interpretação da imagem de satélite, considerando a resposta espectral imageada. Este recurso utiliza como parâmetros de identificação a tonalidade, textura fotográfica, o porte da vegetação, entre outros aspectos, como estrutura e forma das glebas, limites e outras evidências que fazem convergir para a melhor definição de cada classe. A classificação foi dividida em 9 classes: água, várzea, pastagem, cultura anual, cultura perene, cana, silvicultura, mata e área residencial. Todo o processo de classificação foi realizado em tela e validado com a verificação em campo.

4.4.2 Proximidade da Rede de Drenagem, da Represa, dos Fragmentos Florestais e das Estradas

O mapa de proximidade aos corpos d'água foi elaborado a partir da definição da rede de drenagem da sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu e o mapa de distância da represa a partir do limite aprovado para a sua construção. Já o mapa de proximidade dos fragmentos florestais foi confeccionado pelo mapa de cobertura e uso de terra que, ao destacar a classe representativa de vegetação nativa, calculou-se a distância dos fragmentos desta classe, respeitando os limites da bacia. Quanto mais próximo aos fragmentos ou aos corpos hídricos, maior a importância (prioridade) de conservação. Esse procedimento também foi adotado por Valente (2005), Sartori (2010) Lima (2018), Reissler (2019). Para o mapa de proximidade às estradas, foi considerado valores de maior distância como de maior prioridade à conservação ao considerar que, quanto maior a distância à estrada, menor a influência negativa dos distúrbios de efeito de borda ao núcleo de conservação.

4.4.3 Áreas de Preservação Permanente (APP)

Para a delimitação das APPs, foi elaborado um buffer padrão de 30 metros marginal ao leito dos rios juntamente com um raio de 50 metros para as nascentes, conforme legislação florestal vigente. Para cada início do vetor da hidrografia foi considerado como nascente. Pela não delimitação e levantamento histórico do desenvolvimento de cada propriedade rural da bacia, não foi considerada uma menor área de preservação para as áreas ditas, por lei, como consolidadas.

Para a APP no entorno da área da represa a ser construída pela Sabesp, foi considerada a faixa de 100 metros em seu entorno, concebida em projeto pela Prefeitura do município de Botucatu e de acordo com a Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012).

Este mapa auxiliou na discriminação de áreas onde o uso da terra é restrito, considerado no mapa de restrição e serviu como área excludente na priorização de áreas a serem florestadas por já serem exigidas por lei.

4.4.4 Declividade

Para a obtenção do mapa de declividade foi necessário primeiro a elaboração do modelo digital de elevação (MDE) por meio das cotas planialtimétricas contidas nas cartas topográficas do IGC. A determinação dos valores entre as curvas de nível é possível através do procedimento de triangulação, interpolação e suavização para a obtenção de superfícies graduais e contínuas, contendo em cada pixel um valor de elevação. A partir deste material foi produzido o mapa de declividade com cálculos em porcentagem e agrupados em seis intervalos de classes (Quadro 2), de acordo com a Embrapa (2013).

Quadro 2 - Classes de declive e de relevo.

Classe de declive (%)	Classe de Relevo
0 - 3	Plano
3 - 8	Suave Ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Forte Ondulado
45 - 75	Montanhoso
> 75	Escarpado

Fonte: Embrapa (2013)

4.4.5 Solos e Erodibilidade

O mapa de solos da sub-bacia do Alto Pardo foi elaborado a partir da digitalização do mapa do Levantamento Pedológico Semidetalhado da Bacia do Rio Pardo, produzido por Zimback (1997), adaptado por Grossi (2003) e também proposto por Lessa (2011), onde foram reclassificados, em escala 1:10.000, segundo normas da Embrapa (2013).

O tipo de solo e sua relação textural afeta diretamente sua infiltração e permeabilidade, assim, quanto menor a infiltração e permeabilidade do solo, maior será seu processo erosivo (MANNIGEL et al., 2002). Para cada classe de solo associou-se o valor correspondente do fator de erodibilidade (k), proposto por Mannigel et al. (2002) e Bertoni e Lombardi Neto (2012), utilizando o valor médio entre os horizontes A e B do solo.

Quadro 3 - Valores de erodibilidade (K) do solo do Estado de São Paulo

Classe de Solo	Fator de Erodibilidade (K) t.ha.h/ha.MJ.mm
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd)	0,0283
Gleissolo Háptico Distrófico (GXbd)	0,0155
Latossolo Vermelho Distróférrico (LVdf)	0,0061
Latossolo Vermelho Distrófico (LVd)	0,0049
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd)	0,0096

Fonte: Adaptado de Mannigel et al. (2002)

4.4.6 Vulnerabilidade à erosão

A resistência do solo à erosão depende de aspectos intrínsecos e extrínsecos a ele. O aspecto intrínseco se refere à sua erodibilidade (fator k), condicionada por vários atributos físicos, químicos, mineralógicos e biológicos do solo. Já os aspectos extrínsecos ao solo, temos entre eles a declividade do terreno, a cobertura e o uso do solo local, além do sistema de manejo adotado, todos eles somados a energia e intensidade das chuvas (LOMBARDI e BERTONI, 1975; WEILL e PIRES NETO, 2007).

Para a elaboração do mapa de vulnerabilidade à erosão foram considerados os mapas de declividade, cobertura e uso da terra e tipos de solo. Para cada classe dos mapas temáticos, foi atribuído pesos, que variaram de 0 a 10, utilizando o método Delphi. Neste método, considera-se o conhecimento empírico sobre a área de estudo por meio de consulta à especialistas para a atribuição desses pesos e, posteriormente, é realizada a álgebra desses mapas redefinidos pelos novos valores atribuídos (WRIGHT e GIOVINAZZO, 2000).

4.4.7 Análise Multicritério

A análise multicritério (AMC) constitui-se basicamente por 4 etapas: 1) Análise Hierárquica Analítica; 2) Padronização e Mapa dos Fatores; 3) Mapa de Restrição e; 4) Combinação Linear Ponderada.

4.4.7.1 Processo Hierárquico Analítico

Os fatores priorizados para a determinação de áreas prioritárias para a conservação ambiental visando a conservação dos recursos hídricos, foram definidos por meio de uma consulta à uma comissão acadêmico-científica multidisciplinar, bem como consulta a uma equipe do poder público de Botucatu ligados ao planejamento e desenvolvimento do município, cujo procedimento é denominado como Técnica Participatória (EASTMAN, 2001; MALCZEWSKI, 1999; CHEN et al., 2001; VALENTE, 2005; SARTORI, 2010; NOSSACK, 2012; NICOLETE, 2015; LIMA, 2018; REISSLER, 2019). Nesta etapa foi definida a importância de cada fator pela quantificação e atribuição de pesos a esses elementos. A esta atribuição de pesos a cada fator para o processo de tomada de decisão denomina-se Processo Hierárquico Analítico (AHP) (SAATY, 1977). Valente (2005) defende que o método mais promissor de atribuição de pesos é dado pela Comparação Pareada, desenvolvido por Saaty (1977) e adaptado por Rao et al. (1991) na utilização dessa técnica em um SIG. Na Comparação Pareada, os fatores foram organizados em uma matriz, por ordem de sua importância já definida pela Técnica Participatória, e analisados de forma pareada (CONINE et al., 2004; VALENTE e VETTORAZZI, 2005; TRAFICANTE, 2007). Nesta análise os valores para atribuição dos pesos derivaram-se de uma escala contínua de nove pontos, cujo grau de consistência dos pesos na matriz deve ser menor que 0,1 para ser considerado (SAATY, 1977).

4.4.7.2 Padronização e Mapa dos Fatores

Após a definição dos fatores pela Análise Hierárquica Analítica, por possuírem unidades temáticas diferentes, os referentes Pls passaram por uma padronização ao converter os valores originais dos mapas em escores de aptidão, uniformizando as unidades de todos os mapas e atribuindo-lhes uma escala comum para possibilitar sua união e, assim, gerar o mapa final de priorização. Ao transformar os valores dos fatores a uma única base de mensuração, ou seja, sua uniformização em escala comum, essa padronização hierarquiza internamente cada variável (SARTORI, 2010).

Assim, os valores de todos os fatores considerados foram padronizados, por uma lógica *FUZZY*, em uma escala em intervalo de um byte, variando de 0 a 255 em ordem crescente ou decrescente, sendo o zero o valor de menor importância e o 255 o de maior importância dessa escala.

4.4.7.3 Mapa de Restrição

Foram considerados como elementos de restrição os limites da bacia, as APPs da rede de drenagem, a área da represa e sua respectiva APP, as áreas de floresta nativa e as áreas construídas (Bairro Demétria e Residencial Roseira) extraídas do mapa de uso e cobertura da terra, que foram descontados na elaboração do mapa final de áreas prioritárias à conservação ambiental.

4.4.7.4 Combinação Linear Ponderada

A Combinação Linear Ponderada (CLP) é um dos métodos mais utilizados na AMC (VOOGD, 1983). Assim que os mapas de fatores e de restrição foram gerados, multiplicou-se cada mapa de fator (cada célula/ pixel de cada mapa) pelo seu peso e, posteriormente, somou-se os resultados. Após isso, o mapa gerado foi multiplicado pelo mapa de restrição para a produção do mapa final de prioridade à conservação ambiental.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

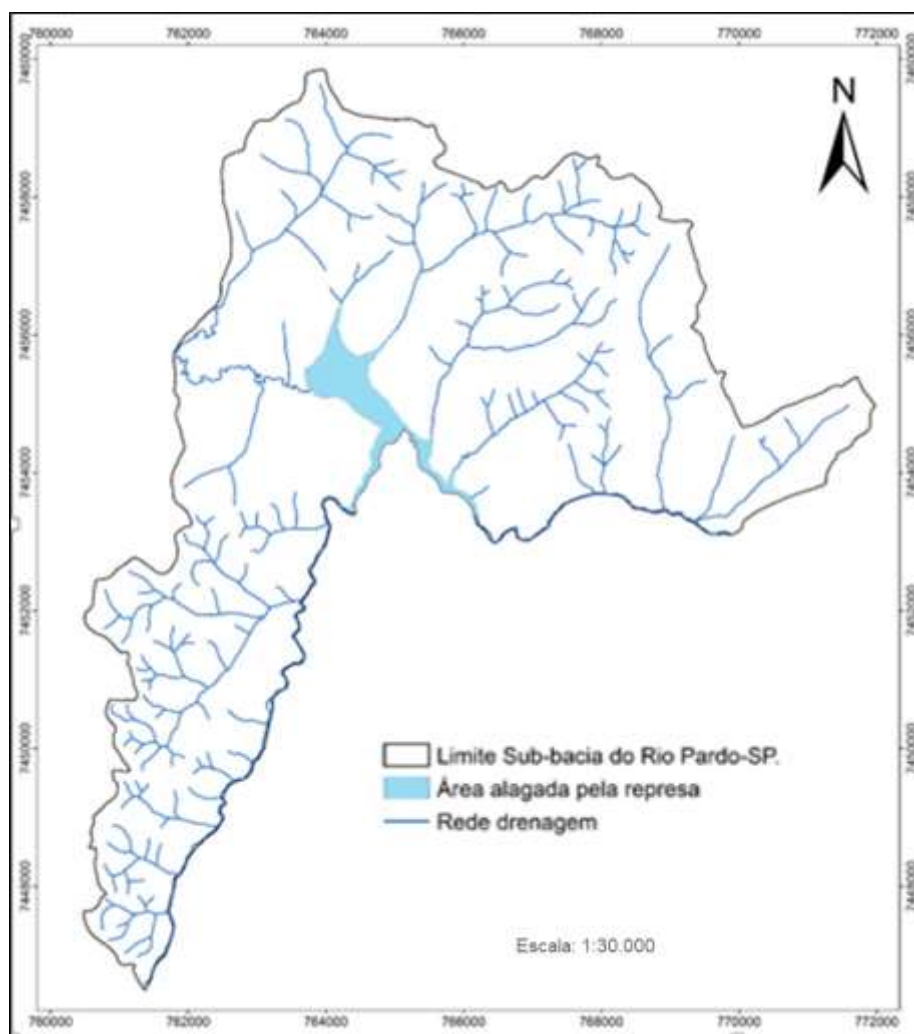
5.1 Planos de Informação (PIs)

5.1.1 Rede de Drenagem

A rede de drenagem da sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu apresentou-se como uma bacia de 4ª ordem em padrão dendrítico (HORTON, 1945), com consideráveis ramificações e um grande número de nascentes. Essa característica revela grande incidência de segmentos hídricos de primeira ordem e indica um relevo significativamente recortado.

A extensão hidrográfica (soma dos contribuintes e seu curso principal) da sub-bacia é de 131,15 km, apresentando 155 nascentes, sendo que 139 delas contribuintes para o abastecimento da represa da SABESP (Figura 5, Anexo1).

Figura 5 - Rede de drenagem e área de represamento na sub-bacia do Alto Pardo.



5.1.2 Declividade

O relevo da sub-bacia do Alto Pardo apresenta predomínio entre Suave Ondulado e Ondulado, com declividades de 3 a 20% (Figura 6, Tabela 1, Anexo 2).

Figura 6 - Mapa de declividade na sub-bacia do Alto Pardo.

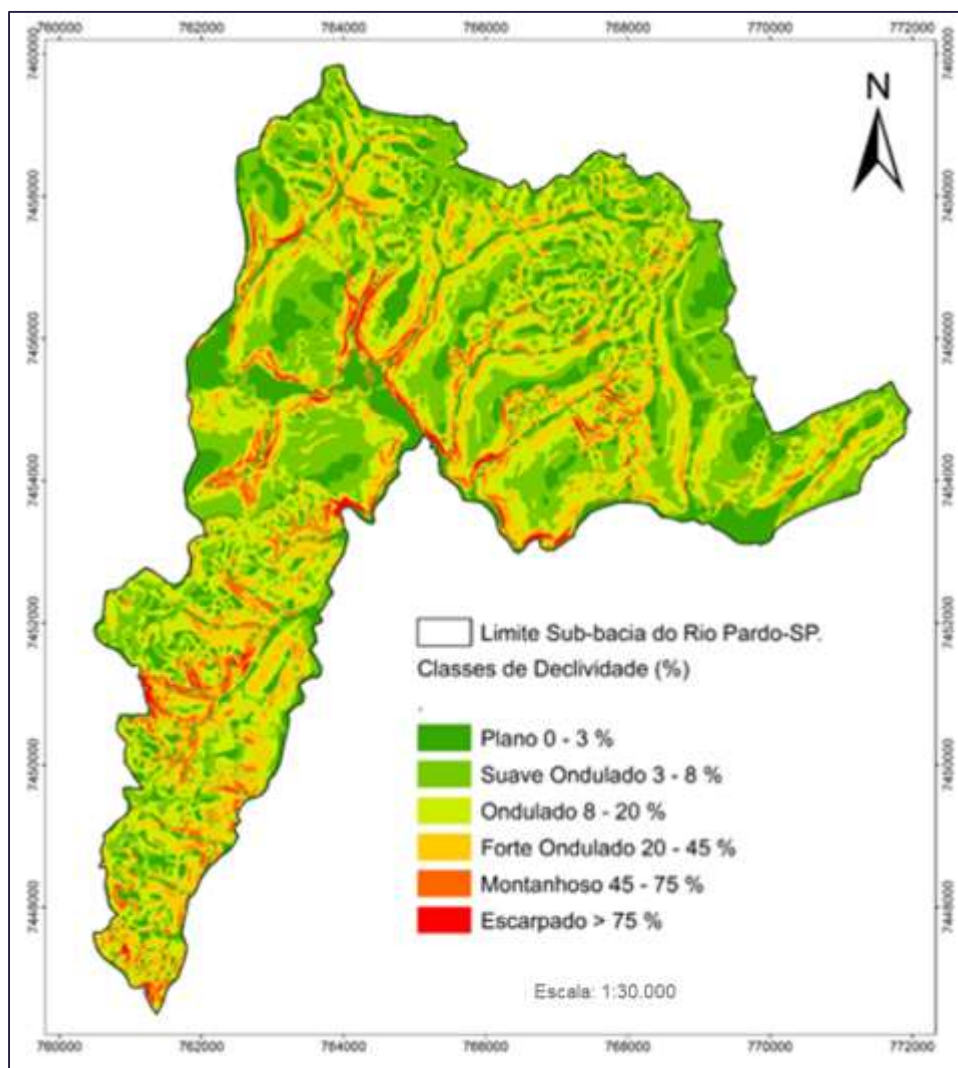


Tabela 1 - Classes de declividade e classes de relevo com suas respectivas áreas representativas (em ha e %) na sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu - SP.

Classes de Declividade (%)	Classes de Relevo	Área (ha)	Área (%)
0 - 3	Plano	1004,91	18,75
3 - 8	Suave Ondulado	1532,12	28,58
8 - 20	Ondulado	1565,89	31,08
20 - 45	Forte Ondulado	883,18	16,48
45 - 75	Montanhoso	317,78	5,93
> 75	Escarpado	60,09	1,12

A classe de relevo mais representativa da bacia é o Ondulado, com declividade de 8 a 20%, ocupando 31,08% (1.565,89 ha) da área estudada e, em segundo lugar, está a classe de relevo Suave Ondulado, com declividade de 3 a 8%, e que ocupa 28,58% (1.532,12 ha). Juntas, essas duas classes representam 59,66% (3.098,01 ha) da área total da bacia.

Na sequência, está a classe de relevo Plano com até 3% de declividade ocupando 18,75% (1.004,91 ha); seguido do Forte Ondulado com 20 a 45% de declividade, ocupando 16,48% (883,18 ha) da área. O relevo Montanhoso, com 45 a 75% de declividade, ocupa 5,93% (317,78 ha) e o Escarpado, com declividade maior de 75%, ocupa menos de 1,12% (60,09 ha) da área total a bacia.

Em classes de relevo ondulado, o escoamento superficial da água pluvial ocorre em velocidade média e, nas classes de declividade maiores, esse escoamento é desde rápido a muito rápido, o que por vezes pode exigir desde práticas mais simples de controle da erosão, como terraceamento e faixas de retenção do fluxo da água, até práticas conservacionistas mais elaboradas ou até mesmo restrições de atividade agrícola a depender do comprimento de rampa (LEPSCH et al., 1991).

Para a conservação dos recursos hídricos e florestais, é importante se considerar suas relações com a declividade. Este fator está relacionado, dentre outros, com o potencial de erosão do ambiente a depender do tipo do solo. Solos mais erodíveis são aqueles com maiores porcentagens de areia em sua composição que, somados a terrenos mais declivosos, podem ser prejudiciais aos corpos d'água. Quanto maior a inclinação do terreno, mais elevado é o escoamento de água na superfície e o carreamento de partículas do solo, ocasionando possíveis contaminações, assoreamentos e diminuição do fluxo de água dos rios e da disponibilidade hídrica (PEREIRA et al., 2003; MERTEN et al., 2014; VANZELA et al., 2010).

5.1.3 Tipos de Solo

Para a obtenção do mapa de solo, considerou-se o mapa de solos levantado por Zimback (1997), adaptado por Grossi (2003) e reclassificado segundo normas da Embrapa (2013). Sua erodibilidade foi baseada conforme proposto por Mannigel et al. (2002) (Figura 7, Tabela 2, Anexo 3).

Figura 7- Mapa das classes de solos e respectivos valores fator K de erodibilidade presentes na sub-bacia do Alto Pardo.

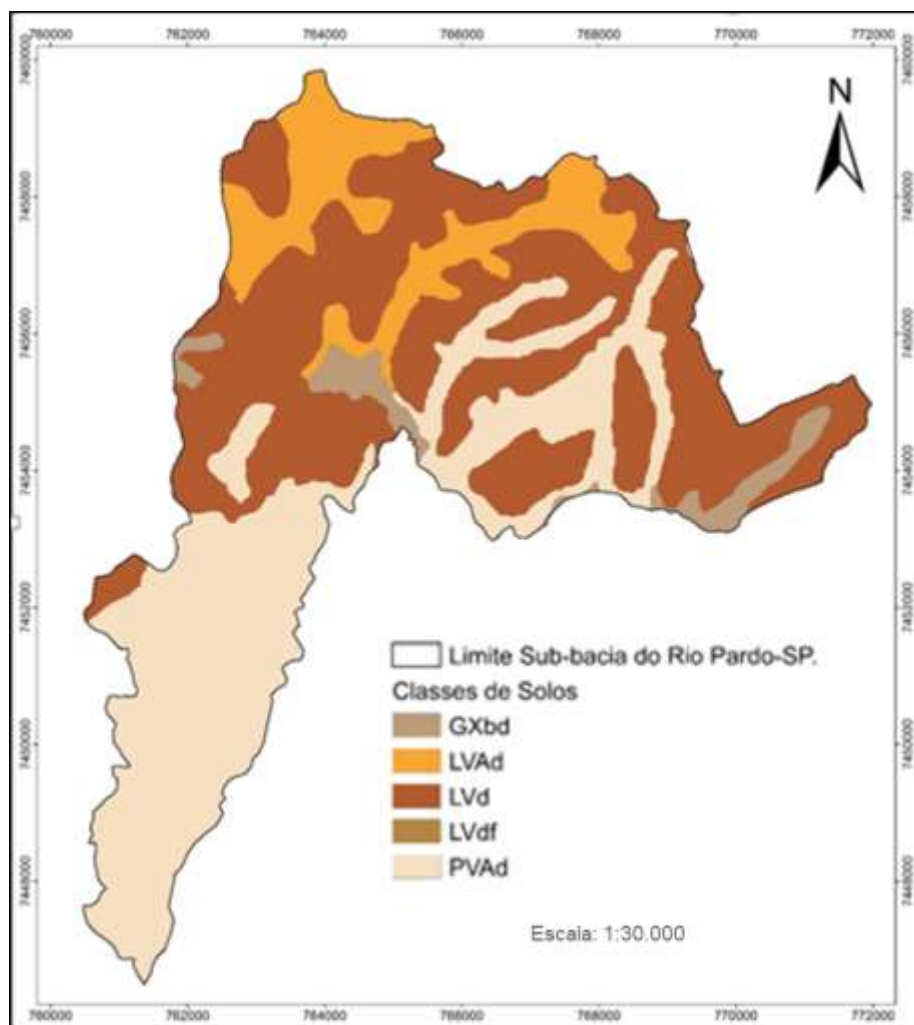


Tabela 2- Classes de solo, seus valores de erodibilidade (fator K) e suas respectivas áreas (em ha e %) na sub-bacia do Alto Pardo.

Classes de Solo	Fator K	Área (ha)	%
LVd	0,0049	2488,03	46,42
LVdf	0,0061	1,64	0,03
LVAd	0,0096	691,06	12,89
PVAd	0,0283	1962,19	36,61
GXbd	0,0155	216,62	4,04

LVd: latossolo vermelho distrófico; LVdf: latossolo vermelho distroférico; LVAd: latossolo vermelho-amarelo distrófico; PVAd: argissolo vermelho-amarelo distrófico; GXbd: gleissolo háplico distrófico. Os valores de fator K estão expressos em t.ha.h/ha.MJ.mm, considerando a média de erodibilidade entre os horizontes A e B.

De acordo com a Tabela 2, o tipo de solo com maior representatividade na sub-bacia foi o LVd, com 46,42% (2.488,03 ha) da área total, com o menor valor de erodibilidade (fator k) de 0,0049. Em segundo lugar em representatividade, destacou-se o PVAd que apresenta o maior valor de erodibilidade, com fator k de 0,0283, em uma área de 1.962,19 ha,

representando 36,61% do total da sub-bacia. Na sequência, em ordem decrescente de representatividade na sub-bacia, foram o LVAd (fator $k = 0,0097$) com 12,89% em 691,06 ha, o GXbd (fator $K = 0,0155$) com 4,04% em 216,62 ha, e o LVdf (fator $k = 0,0061$) com 0,03% em 1,64 ha.

A erodibilidade é a susceptibilidade do solo à erosão superficial, de maneira que as partículas de solo são desprendidas e transportadas pela ação do fluxo hídrico superficial (FRAGASSI, 2001; MARIN, 2005). Certos solos possuem uma suscetibilidade maior ao desgaste em relação a outros, mesmo se os cenários de manejo, cobertura vegetal, declividades e clima forem iguais (LOMBARDI NETO e BERTONI, 1975). Assim, valores de erodibilidade são intrínsecos aos tipos de solo e a sua tendência à erosão cresce com o aumento do fator K de erodibilidade.

É possível constatar através do mapa de solos que na região sudoeste da bacia ocorre o predomínio do solo PVAd, que é altamente suscetível a processos erosivos e perdas de solo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2012), característica que merece especial atenção. No entorno da futura represa também observa-se considerável presença de PVAd e GXbd em suas bordas, na parte sul e lateral leste, conferindo altos valores de erodibilidade; á na parte norte do entorno da represa, apresenta-se o solo LVAd e a oeste ocorre o solo LVd.

5.1.4 Uso e Cobertura da Terra

5.1.4.1 Em Área Total da Bacia

Com o mapeamento do uso e cobertura da terra foi possível instrumentalizar a observação da realidade, proporcionando a caracterização física da bacia hidrográfica, de forma padronizada e organizada. Assim, com a classificação supervisionada da imagem de satélite, foram obtidos o mapa e os valores representativos do uso e cobertura da terra na sub-bacia do Alto Pardo (Figura 8, Tabela 3, Anexo 4).

Figura 8 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra na sub-bacia do Alto Pardo

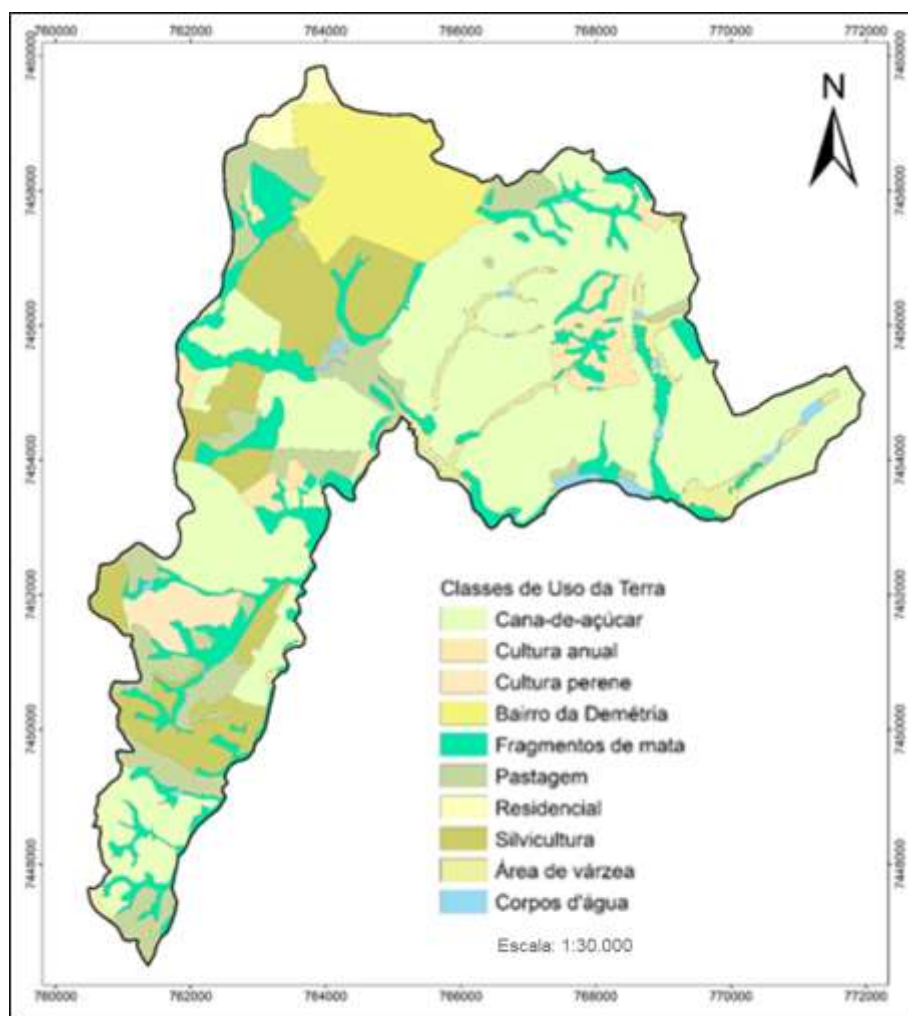


Tabela 3 - Classes de uso e cobertura da terra e suas respectivas áreas representativas (em ha e em porcentagem) na sub-bacia do Alto Pardo

Uso e Cobertura	Área (ha)	Área (%)
Água	43,68	0,81
Várzea	130,55	2,44
Mata	684,51	12,77
Silvicultura	649,99	12,13
Cultura Perene	101,89	1,90
Cultura Anual	200,51	3,74
Cana	2460,15	45,90
Pastagem	574,32	10,71
Demétria	475,85	8,88
Residencial	57,75	1,08

Pelos resultados apresentados na Tabela 4 é possível observar a representatividade das atividades antrópicas que, somadas, ocupam 84,34% de toda a bacia, em um total de 4.520,46 ha. Destas ocupações, a de maior expressividade é a classe de cultivo de cana,

representada por 45,90% (2.460,15 ha). Na sequência, destaca-se a classe silvicultura que ocupa 12,13% da bacia (649,99 ha), a classe pastagem com 10,71% (574,32 ha), a classe cultura anual com 3,74% (200,51 ha) e classe cultura perene com 1,90% (101,89 ha). As classes representativas das ocupações residenciais, somadas, ocupam 9,96% (533,60 ha) da área da bacia. Estes índices demonstram que a sub-bacia do Alto Pardo se caracteriza por uma forte presença da atividade agrícola e pecuária.

Áreas ocupadas com solo exposto ou por pastagens conferem um maior risco de erosão do solo e carreamento de sedimentos para o leito dos rios, podendo causar efeitos prejudiciais aos corpos d'água, como assoreamento e consequente diminuição do fluxo de água nos leitos dos rios, além da contaminação da água por poluentes que se aderem às partículas dos solos e que são carreados por lixiviação.

A atividade antrópica é o principal fator que ocasiona modificações nas bacias hidrográficas ao influenciar tanto quantitativamente quanto qualitativamente os processos hidrológicos. Na maioria dos casos, essas alterações são percebidas apenas quando ocorrem grandes eventos hidrológicos e suas consequências, como estiagens severas, inundações e destruições, transporte de sedimentos para as bacias hidrográficas podendo aumentar a descarga de nutrientes nos mananciais e assim influenciar diretamente a qualidade da água (ANDRADE et al., 2013).

A classe que tipifica a mata natural ocupa o segundo lugar em maior área, representando 12,77% (684,51 ha) da área total da bacia e se apresenta quase que totalmente a fragmentos que margeiam os cursos d'água. Essas áreas são responsáveis pela manutenção da integridade de corpos d'água, como as matas ciliares em áreas de preservação permanente, e os corredores ecológicos que são essenciais para a manutenção e fluxos de biodiversidade.

Áreas úmidas de várzeas e corpos d'água (açudes e pequenos represamentos) foram as classes de menor representatividade, apresentando 2,44% (130,55 ha) e 0,81% (43,68 ha) da área total da sub-bacia.

Das culturas anuais presentes, destacam-se o cultivo de soja e milho; já da cultura perene, destaca-se o cultivo do café.

5.1.4.2 Conflitos de uso da terra: em Área de Preservação Permanente (APP) e em área da construção da represa.

As APPs da sub-bacia do Alto Pardo, somadas à nova represa e sua APP, em Botucatu, compreendem uma área de 1.014,62 ha, o que representa 18,93% da área total da bacia estudada.

As atuais dimensões de uso e ocupação nas APPs, desconsiderando a área de represamento e sua respectiva APP, que correspondem a 77,61% da sub-bacia em uma área de 787,42 ha, estão destacadas na Tabela 4 e representadas no Anexo 5.

Tabela 4 - Classes de uso e cobertura da terra e respectivas áreas representativas (em ha e em porcentagem) sem considerar a área da represa e sua APP.

Uso e Cobertura	Área (ha)	Área (%)
Água	24,30	3,09
Várzea	39,31	4,99
Mata	195,15	24,78
Silvicultura	61,69	7,83
Cultura Perene	24,97	3,17
Cultura Anual	18,53	2,35
Cana	269,47	34,22
Pastagem	76,64	9,73
Demétria	73,56	9,34
Residencial	3,80	0,48

Apenas 32,86% dessa área é considerada como preservada (classe mata com 24,78%, classe várzea com 4,99% e classe água com 3,09%). As áreas consideradas como ocupação antrópica correspondem a 67,14% (528,66 ha), sendo que 57,32% estão ocupadas por atividades agrícolas/pecuária (classe cana com 34,22%, pastagem com 9,73%, classe silvicultura com 7,83%, classe cultura anual com 2,35% e classe cultura perene com 3,17%) e outros 9,82% (77,36 ha) estão em áreas determinadas como residenciais (Demétria e Roseira) e que possuem sua gestão específica de ordenamento territorial. É válido ressaltar que as áreas que correspondem a esses residenciais não foram classificadas quanto ao seu uso de solo e sim apenas feita a sua delimitação, portanto, não está sendo discutido se ocorre ou não preservação nestes ambientes.

Os outros 22,39% da bacia (227,20 ha) compreendem a área a ser alagada pela represa e sua APP, conforme demonstrado seus usos na Tabela 5 e Anexo 5.

Tabela 5 - Classes de uso e cobertura da terra e suas respectivas áreas representativas (em ha e em porcentagem) em área da represa e sua APP.

Uso e Cobertura	Área (ha)	Área (%)
Água	5,81	2,56
Várzea	19,70	8,67
Mata	46,56	20,49
Silvicultura	26,84	11,81
Cultura Anual	7,00	3,08
Cana	49,61	21,84
Pastagem	71,68	31,55

O uso inapropriado da terra pode afetar a produção de água na bacia, tanto em sua quantidade como em sua qualidade ocorrendo, por vezes, em áreas que são destinadas à preservação permanente dos recursos naturais (PIROLI, 2013). O uso da terra por atividades agrícola e pecuária em áreas essenciais à preservação podem comprometer o comportamento hidrológico das bacias hidrográficas ao alterar os processos de infiltração da água no solo, promovendo o aumento do escoamento superficial da água pluvial e resultando em processos erosivos, ocorrência de assoreamentos dos corpos d'água e consequente diminuição do fluxo de água em qualidade e quantidade dentro da bacia (TUCCI e CLARCK, 1997). A supressão dessas importantes áreas pode afetar negativamente a capacidade de armazenamento de água na bacia e interferir na vazão em períodos de estiagem e estresse hídrico (ELMORE e BESCHTA, 1987).

As APPs da sub-bacia do Alto Pardo foram consideradas como um elemento na confecção do mapa de restrição na análise multicriterial. Entende-se que estas são áreas onde o uso do solo é restrito e, portanto, altamente prioritária a restauração florestal e a conservação dos recursos hídricos, garantida sua preservação por legislação florestal vigente (BRASIL, 2012).

5.1.5 Vulnerabilidade à erosão

A vulnerabilidade à erosão é resultante da interação de fatores físicos e antrópicos, como declividade, tipos de solo e uso e cobertura da terra, subdividido em 3 classes de vulnerabilidade: alto, médio e baixo (Figura 9, Tabela 6 e Anexo 6).

Figura 9 - Mapa de Vulnerabilidade à Erosão na sub-bacia do Alto Pardo.

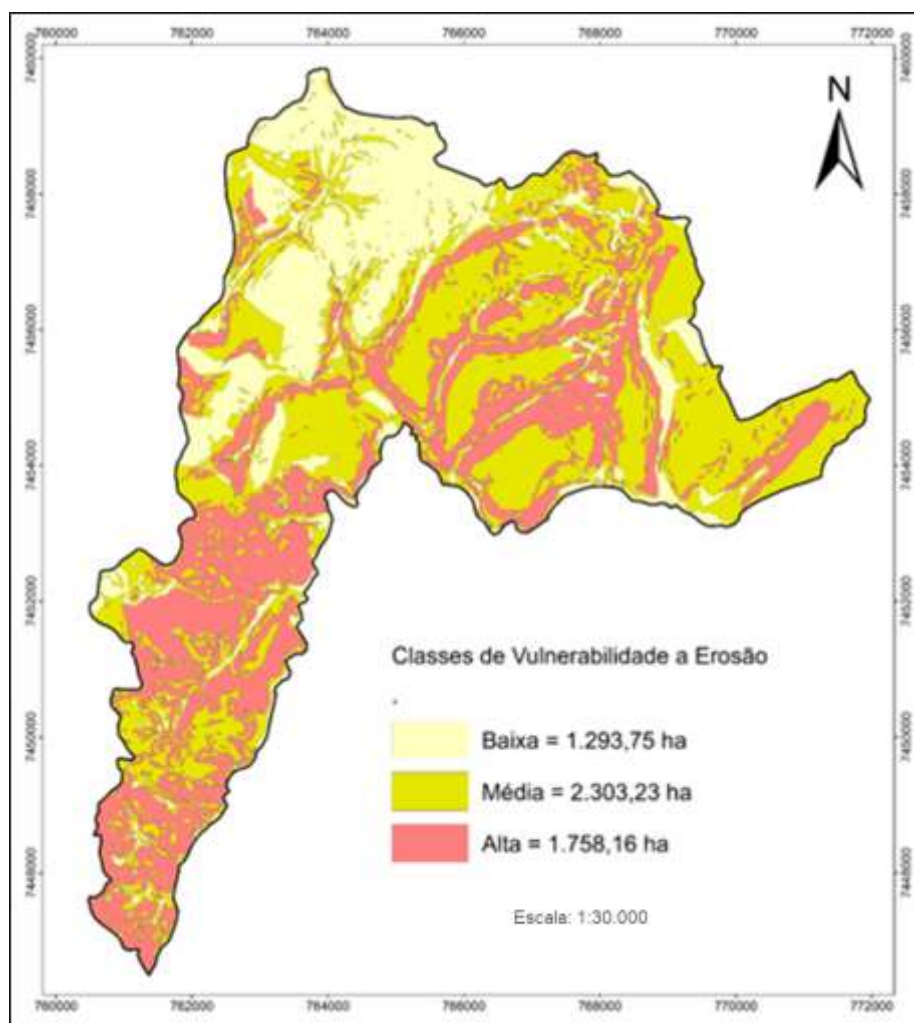


Tabela 6 - Classes de vulnerabilidade à erosão e suas respectivas áreas representativas (em ha e em porcentagem) na sub-bacia do Alto Pardo.

Classes	Área (ha)	Área (%)
Baixa	1.293,75	24,14
Média	2.303,23	42,97
Alta	1.758,16	32,80

A vulnerabilidade média foi a mais expressiva, correspondendo a 42,97% (2.303,23 ha) da sub-bacia e mostrando-se mais concentrada ao centro e a leste da área estudada. Em segundo lugar destaca-se a alta vulnerabilidade com 32,80% (1.758,16 ha) da área total apresentando-se mais intenso ao sul da sub-bacia e muitas vezes acompanhando o entorno da represa e de alguns trechos de rios. A baixa vulnerabilidade perfaz uma área de 24,14% concentrados ao norte dos limites da sub-bacia.

Altos valores de declividade e de erodibilidade do solo, somados ao uso da terra em que o solo tende a estar mais desprotegido ou revolvido, contribuem para as regiões com os maiores índices de vulnerabilidade.

5.1.6 Mapas de Distâncias: da rede de drenagem, da represa, dos fragmentos florestais e das estradas.

Para a sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu, as áreas mais próximas à rede drenagem, à represa e aos fragmentos florestais foram consideradas as mais importantes para a conservação.

A distância de um corpo d'água é um dos fatores importantes a ser analisado para a conservação dos recursos hídricos, pois a importância de uma floresta cresce conforme diminui a distância dela a uma nascente, lago, rio ou represa sendo fundamental para a função hidrológica e ecológica de uma bacia hidrográfica. Sendo assim, quanto mais baixa a distância desses fatores, maior a importância da conservação ambiental.

As distâncias entre as redes de drenagem na sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu variam de 0 a 782,91 metros e a distância da represa varia entre 0 a 7.541,24 metros.

Recompor com florestas as áreas mais próximas aos cursos d'água é uma importante estratégia, assim como as matas ciliares, que protegem o solo e os recursos hídricos, conserva o habitat natural e forma corredores ecológicos, influencia o microclima local, e reduz as emissões de gases de efeito estufa (GOTTLE e SENE, 1997). Lima (1989) destaca que a mata ribeirinha desempenha uma importante função hidrológica ao fornecer água em qualidade e quantidade pela geração do escoamento direto nas bacias e ciclagem de nutrientes. Ela também se apresenta como um dos elementos mais importantes na produção de água ao desempenhar processos como interceptação, infiltração, percolação e transpiração da água, influenciando assim nos processos hidrológicos de uma bacia hidrográfica (LIMA, 2008). Além disso, por ser considerada como uma região de ecótono, área de transição entre o ambiente terrestre e aquático, apresenta alta biodiversidade e caracterizada como uma das mais produtivas do mundo, de acordo com Kark et al (2006) e Junk (1989).

A supressão de florestas naturais pelo desmatamento, pela expansão da agricultura e pecuária e construções como estradas afetam o desenvolvimento e o tipo de espécies vegetais (MITCHELL et al., 2015). Sua fragmentação interfere negativamente nos serviços ecossistêmicos e processos ecológicos (LIMA, 2018), provoca a desconexão entre aglomerados florestais que executam papel como corredor de biodiversidade, impulsionando uma crise global de extinção (MATOS et al., 2017).

Assim, quanto mais próximos aos fragmentos florestais maiores, maior também é a importância de proteção e de prioridade na recuperação vegetal nativa, com o intuito de promover a extensão da vegetação em forma de corredores ecológicos, possibilitando a troca genética e condução de populações em áreas contínuas (SARTORI, 2010). Para a sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu, as distâncias desses fragmentos variam de 0 a 1.901,82 metros.

Para a distância das estradas, entende-se que quanto mais distante de seu efeito de borda, menor sua vulnerabilidade e mais apto como um local à conservação. Na sub-bacia, essas distâncias variam de 0 a 2152,95 metros.

Os mapas de distâncias apresentam-se graficamente por meio dos mapas de fatores em capítulos a seguir (Figura 10).

5.2 Definição dos Fatores para a Análise Multicriterial

5.2.1 Análise Multicritério

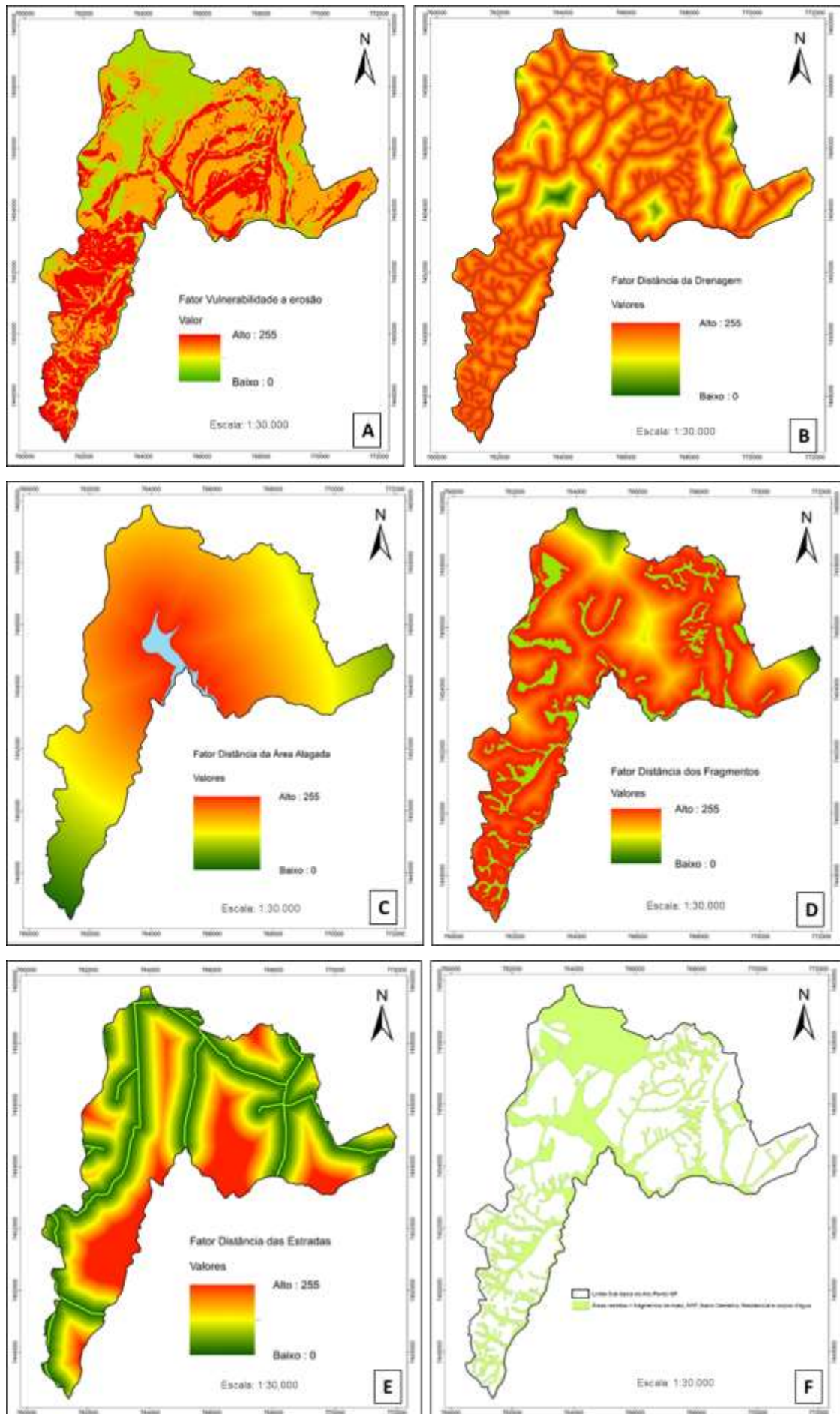
De acordo com a Técnica Participatória (EASTMAN, 2001), foi estabelecida uma ordem de importância para cada fator, conforme análise de uma comissão acadêmico-científica multidisciplinar, bem como consulta a uma equipe de planejamento do poder público e entidades ambientais de Botucatu ligados ao planejamento e desenvolvimento do município. Esta ponderação esteve focada na definição de áreas prioritárias à conservação ambiental, principalmente os recursos hídricos e florestais.

Dentre os 9 fatores analisados, foram eleitos 5 fatores e determinada a seguinte ordem de importância: 1) Vulnerabilidade à erosão 2) Distância da rede de drenagem; 3) Distância da represa; 4) Distância dos fragmentos florestais; 5) Distância das estradas.

5.2.1.1 Mapas de Fatores e de Restrição

A partir da definição dos critérios foram elaborados os mapas de fatores (Figura 10). Para a elaboração destes mapas, foram utilizados seus respectivos planos de informação (PIs) uniformizando-os e pradronizando-os em uma escala comum de valores, em bytes de 0 a 255, com o propósito de agregá-los e gerar um mapa de aptidão final (Figura 10 A-F, Anexo A-F).

Figura 10 - Mapas de fatores selecionados pela análise multivariada e multicritério



Fatores: A) Vulnerabilidade (função linear crescente); B) Proximidade da rede de drenagem (função linear decrescente); C) Proximidade da represa (função linear decrescente); D) Proximidade de fragmentos florestais (função linear decrescente); E) Proximidade de estradas (função linear crescente); F) Restrições (0 = áreas de restrição e 1 = áreas passíveis de restauração).

Os mapas de fatores elaborados em função linear crescente consideram os maiores valores do mapa original (PI) como prioridade de restauração, portanto, mais próximos ao valor máximo (255) do mapa de fatores. Consequentemente, os mapas de fatores que utilizaram a função linear decrescente consideram os menores valores do seu respectivo PI como prioridade.

Para o mapa de restrições, obteve-se uma imagem booleana com valor 0 (zero) para os pixels que correspondem áreas desconsideradas para a priorização à conservação, sendo elas: residenciais (Bairro Demétria e Roseira), vegetação florestal nativa, APP da rede de drenagem, área de alagamento da represa e sua respectiva APP. Já o valor 1 (um) do mapa foi considerado como área passível a discussões de conservação (Figura 10 E).

Entende-se que as APPs já são de alta prioridade de preservação e garantidas pelo Código Florestal, portanto, não foram incluídas como áreas para análise. A área do alagamento e os residenciais foram considerados como áreas já consolidadas de ocupação.

5.2.1.2 Matriz de Comparação Pareada e Pesos dos Critérios

Para dar sequência ao Processo Hierárquico Analítico da análise multicritério, elaborou-se uma matriz com os fatores selecionados e foi aplicado o método da Comparação Pareada (SAATY, 1977). Nesta matriz, considerou-se a ordem de importância dos fatores estabelecidos e, em comparação par a par, foram atribuído-lhes pesos, conforme atribuição dos especialistas. A taxa de consistência desse procedimento foi de 0,02, considerado ótimo, pois quanto menor ele for do valor 1, maior é a consistência do resultado. O fator de maior peso foi a vulnerabilidade à erosão (0,3779), seguido de distância da rede de drenagem (0,2742), distância da represa (0,1786), distância de fragmentos florestais (0,1062) e distância das estradas (0,0630).

5.3 Mapa de Prioridade à Conservação Ambiental

O mapa de prioridade foi gerado a partir da análise integrada e álgebra de todos os fatores e seus respectivos pesos pelo método da Combinação Linear Ponderada. Por ser uma metodologia de análise que reúne uma diversidade de variáveis, atribuindo-lhes pesos

e valores a elas, priorizando e possibilitando diferentes alternativas, torna-se uma importante ferramenta para planejamento e tomada de decisão (FRANCISCO et al., 2007).

O mapa foi gerado de forma a apresentar uma superfície de aptidão a áreas prioritárias com todos os pixels em escala de 0 (menos apto) a 255 (mais apto), em resultado dos critérios estabelecidos e aplicação da análise ponderada. Esses mapas foram reclassificados para melhor interpretação e avaliação das áreas prioritárias à conservação na sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu. Três classes (de mesma amplitude) de prioridade foram estabelecidas nesta reclassificação como: alta, média e baixa (Figura 11 e Anexo 8).

Figura 11 - Mapa de áreas prioritárias à conservação ambiental

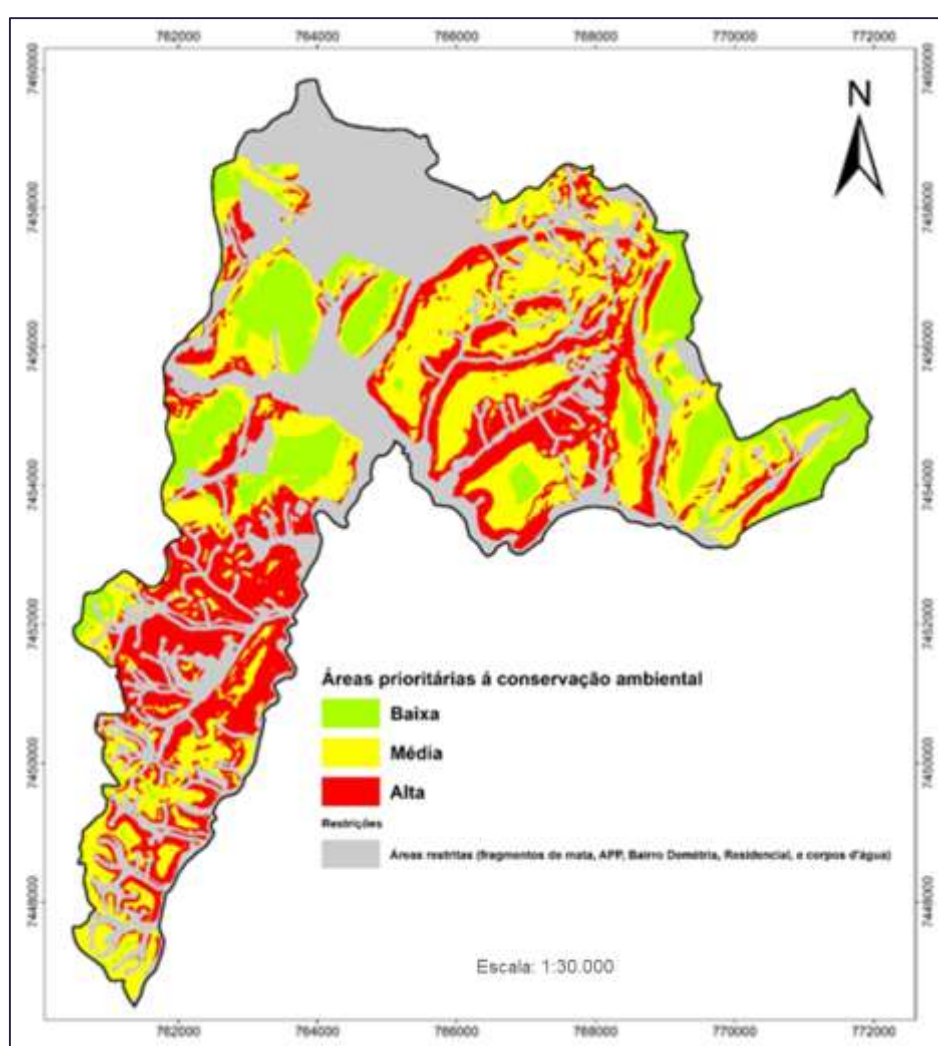


Tabela 7 - Nível de prioridade e suas respectivas áreas (ha e %)

Nível de Prioridade	Área (ha)	Área (%)
Alta	1.247,28	36,19
Média	1.526,54	44,29
Baixa	673,00	19,53

Pela AMC, a maior parte da sub-bacia do Alto Pardo (44,29%) foi definida como de média prioridade à conservação ambiental, ocupando uma área de 1.526,54 ha. Em segundo lugar ficaram as áreas consideradas de alta prioridade ao ocupar 36,19% em uma área de 1.247,28 ha da sub-bacia. Áreas consideradas de baixa prioridade somaram 19,53% do território, ocupando 673 ha (Tabela 7).

Pelo mapa observa-se uma grande concentração de áreas de alta prioridade sudoeste da sub-bacia. Estas são áreas que apresentam solo PVAd e ocorrência de maior quantidade de nascentes, demonstrando que a complexidade da rede de drenagem destas áreas e a erodibilidade do solo são fatores fator determinantes. Essas áreas destacadas como de alta prioridade à conservação ambiental também foram significativas nas áreas de entorno da drenagem e sua faixa de APP na região leste da represa. Nestas duas regiões, juntamente com as regiões destacadas como de alta prioridade à conservação, mesclam-se áreas elencadas como de média, o que evidencia especial atenção. As classes de média e baixa prioridade concentraram-se ao norte, oeste de ao limite leste da sub-bacia no município de Botucatu.

Esse padrão de áreas de alta prioridade corrobora com estudos propostos por Reissler (2019), que teve como objetivo a definição de áreas prioritárias à restauração florestal visando à conservação dos recursos hídricos em Botucatu e Pardinho e, com Sartori (2010), que definiu áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais na sub-bacia do Alto Pardo.

Além disso, ao defrontarmos o mapa da AMC com os mapas de fatores produzidos, observa-se que as classes declividade, tipos de solos e uso da terra, todos utilizados para a elaboração do mapa de vulnerabilidade à erosão, contribuíram fortemente para a definição das áreas de alta prioridade à conservação ambiental. Essas áreas ocorreram de forma mais predominante em locais com presença de argissolos (de alto fator K de erodibilidade) em mesmo local onde ocorre relevo mais declivoso, o que oferece maior fragilidade a este local. Sartori (2015), Lima (2018) e Reissler (2019) perceberam este mesmo padrão em suas análises multicritério para a identificação de áreas prioritárias para a recuperação florestal.

5.4 Caracterização Ambiental das Áreas Prioritárias à Conservação

A caracterização ambiental foi elaborada apenas na classe alta prioridade da AMC. Para esta análise, utilizou-se os mapas de declividade, tipo de solo e uso da terra, que também serviram de base para a elaboração do mapa de vulnerabilidade à erosão, para o cruzamento com as áreas de alta prioridade à conservação ambiental, conforme Tabela 8.

Tabela 8 – Uso e cobertura da terra, declividade, tipo de solo em áreas de alta prioridade à conservação florestal na sub-bacia do Alto Pardo.

Declividade (%)			Tipos de Solo / Erodibilidade			Uso e Cobertura da Terra		
Classes	ha	%	Classes	ha	%	Classes	ha	%
00-03	39,80	3,19	LVd (k=0,0049)	200,59	16,08	Cana	813,33	65,24
03-08	139,68	11,20	LVdf (k=0,0061)	0	0	C. Anual	111,46	8,94
08-20	456,66	36,61	LVAd (k=0,0096)	113,87	9,13	C. Perene	76,63	6,15
20-45	459,84	36,87	GXbd (k=0,0155)	42,03	3,37	Pasto	142,61	11,44
45-75	137,20	11,00	PVAd (k=0,0283)	890,76	71,42	Silvicultura	96,10	7,71
>75	14,08	1,13				Várzea	6,54	0,52

Pela caracterização ambiental, foi possível observar o uso da terra em predomínio de cultura de cana (65,24%, 813,33 ha) e em menor expressividade pela pastagem (11,44%, 142,61 ha) que, juntas, somam mais de 70% de toda área indicada como de alta prioridade à conservação ambiental. Em menor representatividade apresentaram-se as culturas anual (8,94%, 111,46 ha), perene (6,15%, 76,63%) e silvicultura (7,71%, 96,10 ha).

Quanto aos tipos solos, observou-se uma forte ocorrência de PVAd (71,42%, 890,76 ha) cujo fator de erodibilidade é considerado elevado ($k = 0,0283$) e, na sequência, apresentaram-se o LVd (16,08%), LVAd (9,13%) GXbd (3,37%) em área de alta prioridade.

Sobre a declividade do terreno, observou-se que 73,48% da área de alta prioridade é representada entre as classes de relevo ondulado (8-20% de declividade) e forte ondulado (20-45% de declividade), cada um participando com 36% de área da sub-bacia. Na sequência, o relevo suave ondulado (3-8% de declividade) e o montanhoso (45-75% de declividade) apresentaram-se cada um em 11% da área e, de forma menos expressiva, apresentaram-se o relevo plano (0-3% de declividade) com 3,19% e o escarpado com (>75% de declividade) com 1,13% de área.

A área caracterizada como alta prioridade à conservação, de forma geral, apresenta-se sob predomínio do uso da terra em culturas que menos protegem a estabilidade do solo que, somado a um relevo acentuado e elevadas declividades, juntamente com o tipo de solo característico a alta erodibilidade, torna essas áreas muito suscetíveis à degradação se não tiverem o manejo e cuidados necessários. Essas características interferem na relação de infiltração da água em subsolo ao promover um aumento do escoamento superficial, provocando erosões e carreamento de sedimentos do solo, juntamente com elementos químicos utilizados na agricultura, resultando em assoreamento e diminuição do fluxo dos rios e de sua qualidade de água. Ao considerar que esses rios contribuem para o abastecimento da represa, essas consequências podem se somatizar no reservatório, que por se caracterizar em sistema mais lântico de fluxo de água, aumentam as chances não só de assoreamento e menor acumulação de água, como aumenta os riscos de

depreciação da qualidade de água pela eutrofização. Essas condições não são só prejudiciais à saúde pública, mas também impactam nos custos de manutenção do reservatório e em seus processos de tratamento de água.

Assim, o conhecimento desse cenário oferece subsídios para a tomada de decisão nos processos de planejamento e gestão ambiental visando a conservação dos recursos hídricos, com ações de controle de ocupação, melhorias no manejo da terra e restauração de áreas importantes para equilíbrio ambiental da região.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso adequado da terra é o primeiro passo em direção ao desenvolvimento econômico sustentável e segurança hídrica local. Para isso, deve-se empregar cada parcela de terra de acordo com a sua aptidão, capacidade de sustentação e produtividade econômica, de tal forma que os recursos naturais sejam colocados à disposição do homem para seu melhor uso e benefício e preservados para gerações futuras (LEPSCH et al, 1991). A gestão com responsabilidade do uso da terra contribui fortemente para a segurança dos recursos hídricos e da economia no futuro, já que sem água não se prospera nenhuma atividade econômica (REISSLER 2014). A segurança hídrica está dividida em 7 variáveis importantes: prover as necessidades básicas, assegurar a produção de alimentos, proteger ecossistemas, compartilhar recursos hídricos, gerir os riscos, valorizar a água e governar a água de forma inteligente (COOK e BAKKER, 2012).

Considerando que a sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu possui 84,34% área ocupada por atividades antrópicas e suas APPs ocupadas apenas por 32,86% de áreas preservadas, somado a ao cenário de que 32,80% de toda sub-bacia está em área de alta vulnerabilidade à erosão e 36,19% considerada como de alta prioridade à conservação (já excluindo-se as APPs definidas como prioridade por Lei), evidencia a necessidade de uma especial atenção e aponta áreas potenciais para restauração e conservação.

Os maiores problemas relativos aos recursos hídricos podem ser definidos como a ocupação desordenada, irregular e não consciente de áreas sensíveis e de mananciais. Sabendo-se do potencial de desenvolvimento imobiliário e exploração turística dentro desta sub-bacia, e seus consequentes riscos de impactos negativos à integridade dos corpos d'água, a partir da construção de uma represa, se torna necessário o planejamento de intervenção dessas áreas para garantir a segurança hídrica e qualidade de vida a longo prazo.

A Lei 9.866, conhecida como Lei Estadual de Proteção dos Mananciais, promulgada em 1997, criou uma série de instrumentos e normas que objetivam regular, proteger e recuperar os mananciais de abastecimento público do estado. Esta Lei prevê o conceito de Área de Proteção e Recuperação aos Mananciais (APRM) cujas “Áreas de Intervenção” são um dos instrumentos principais de ordenamento territorial nas APRMs, que define inicialmente três classes de uso e ocupação do solo principais: Áreas de Restrição à Ocupação (ARO), Áreas de Ocupação Dirigida (AOD), e Área de Recuperação Ambiental (ARA).

I. Área de Restrição à Ocupação- ARO: área de interesse para a proteção dos mananciais e para a preservação, conservação e recuperação dos recursos naturais, abrangendo áreas específicas relacionadas às de Preservação Permanente e às das Unidades de Proteção Integral;

II. Área de Ocupação Dirigida- AOD: área de interesse para a consolidação ou implantação de usos rururbano ou rurais, desde que atendidos os requisitos que assegurem a manutenção das condições ambientais necessárias à produção de água em quantidade e qualidade desejáveis para o abastecimento das populações atuais e futuras;

III. Área de Recuperação Ambiental- ARA: área de ocorrências espacialmente identificadas, com usos ou ocupações que comprometem a quantidade ou qualidade dos recursos hídricos, que necessitam de intervenções de caráter corretivo, podendo ser re-enquadrada como ARO ou AOD, conforme suas características específicas;

A partir dos resultados apresentados por este estudo torna-se possível ao poder público uma gestão focada em compatibilizar o uso e manejo do solo e o desenvolvimento socioeconômico com a proteção de áreas mais sensíveis por meio da preservação e recuperação de APPs, adequação e implantação de atividades compatíveis com as vulnerabilidades locais, bem como regimentos e políticas públicas de incentivo a ocupação e desenvolvimento conscientes.

Além disso, grande parte da sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu está inserida em Área de Proteção Ambiental (APA), regulamentada pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, Lei nº 9.985 e Decreto nº. 4.340 de agosto de 2002 e categorizada no grupo de Uso Sustentável, que tem como objetivo a proteção da diversidade biológica, disciplinamento do processo de ocupação e promoção da sustentabilidade do uso dos recursos naturais. Seu principal instrumento de gestão é o Plano de Manejo que tem como objetivo principal o ordenamento do uso e ocupação do solo e dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, com a proteção dos remanescentes de vegetação nativa e sua conservação; disciplinamento do uso e ocupação do solo e a exploração dos recursos naturais, restringindo a implantação de atividades potencialmente impactantes; planejamento e ordenamento das áreas de relevante interesse turístico e o incentivo à recuperação de áreas degradadas.

De acordo com o Plano de Manejo da APA Corumbataí, Botucatu e Tejuπά – Perímetro Botucatu de 2011, 92,60% (4.963,67 ha) da sub-bacia deste estudo está em uma Zona de Conservação de Mananciais (ZCM). O restante da sub-bacia, 7,40% (396,66 ha), está sob Área de Conservação de Mananciais (ACM) que, mesmo fora da APA, deve receber atenção especial quanto à proteção dos seus recursos hídricos. A ZCM tem como objetivo garantir a conservação da qualidade e quantidade das águas dos mananciais de abastecimento público e restringir as atividades ou obras que potencializem o risco de erosão do solo e a contaminação dos recursos hídricos, normatizando algumas atividades admissíveis desde que os usos não impliquem na alteração da qualidade e a quantidade

dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos a serem utilizados para abastecimento público.

São recomendações específicas para a ZCM: I) o monitoramento da quantidade e qualidade de água dos mananciais, II) a priorização ações de conservação e recuperação da vegetação nativa (recomposição das faixas marginais dos corpos d'água, de reservatórios e entorno de nascentes), bem como a averbação e compensação de Reservas Legais, servidão florestal e criação de unidades de conservação; III) adoção de práticas adequadas de manejo e conservação do solo agrícola e o controle do uso de agroquímicos; IV) o estímulo ao planejamento, ordenamento e controle do uso do solo em áreas próximas às captações para abastecimento público ou privado e em áreas vulneráveis à poluição. Para as ACM, localizadas fora do perímetro da APA, mas contíguas à ZCM, recomenda-se a adoção das mesmas diretrizes e normas de uso adotadas para a Zona.

Como diretrizes gerais, tem-se: I) Estímulo a diversificação do uso e ocupação do solo evitando a cumulatividade de impactos negativos por atividades agrossilvopastoris ou de parcelamento do solo para fins imobiliário e industrial; II) Busca de sustentabilidade sócio territorial, mediante o incentivo e difusão de atividades econômicas sustentáveis e compatíveis com a proteção dos atributos da APA; III) Conservação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e monitoramento das ocorrências de eventos naturais e impactos ambientais antrópicos; IV) Aumento da cobertura vegetal nativa e conservação de seus fragmentos, bem como a conservação e recuperação das faixas marginais rios e no entorno das nascentes, V) Adoção de políticas públicas e instrumentos econômicos de incentivo à conservação e recuperação ambiental; VI) Adequação ambiental e legal das propriedades rurais.

O Plano Diretor do município de Botucatu, pela Lei complementar nº 1224/2017, tem por objetivo, dentre outros, o planejamento estratégico e de longo prazo, garantindo às futuras gerações uma cidade desenvolvida, sustentável e socialmente justa, com atividades que garantam a preservação dos recursos naturais, como o solo, a água e de áreas de mananciais do Rio Pardo, adotando o monitoramento, gerenciamento e políticas públicas compatíveis. Ele converge com o Plano de Manejo da APA – Botucatu ao buscar a sustentabilidade sócio territorial, mediante o incentivo e difusão de atividades econômicas sustentáveis e compatíveis com a proteção dos atributos da Macrozona da APA, ao promover o aumento e conservação dos fragmentos de vegetação nativa e o restabelecimento e incremento da conectividade, promovendo a manutenção das condições ambientais necessárias à produção de água em quantidade e qualidade para o abastecimento público, devendo ser observados, no mínimo, os seguintes requisitos: I)

Controlar a implantação e melhoria de vias de acesso de modo a não atrair ocupação inadequada à proteção dos mananciais; II) Autorizar na agricultura, desde que sejam utilizadas práticas de manejo agrícola adequadas, o plantio direto e a aplicação de biocidas de forma adequada e prevista nas normas; III) Estimular a recomposição florestal em APP; Reserva Legal, Área Verde de Loteamentos, Corredores Ecológicos e Agroecológicos e promover a recuperação ambiental revertendo os processos de degradação das condições físicas, químicas e biológicas do meio ambiente.

Em seu Capítulo XVI que trata da Gestão das Águas e Segurança Hídrica do município, estão: I) Implantar um novo modelo de gestão da água que garanta o futuro seguro e sustentável ; II) Instituir Plano de Segurança Hídrica para a área urbana e rural, que contemple atividades de gestão, envolvendo aspectos de manutenção, operação e monitoramento dos recursos hídricos ; III) Proteger as áreas naturais e rurais e os cursos de água, principalmente as nascentes e pequenos rios, muito mais vulneráveis às alterações; IV) Reduzir as áreas impermeabilizadas e garantir uma ocupação vinculada à disponibilidade hídrica e a coleta e tratamento de esgoto; Indicar áreas com problemas de escassez, drenagem ou conflito em cada bacia hidrográfica. Como diretrizes no seu artigo 63, tem-se: I) Ampliar ações de recuperação de mananciais, avançar no uso racional e no reuso da água II) Apresentar propostas para recuperação e proteção dos mananciais; III) Apresentar política imediata de recuperação florestal e restauração de áreas degradadas e Áreas de Preservação Permanente - APP nas regiões de mananciais; IV) Implantar programas de Pagamento por Serviços Ambientais – PSA.

Além destes instrumentos legais, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (BRASIL, 1997), o Código Florestal (BRASIL, 2012), Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa - PROVEG (BRASIL, 2017) apoiam o mercado de serviços ambientais baseados em conservação hídrica no país. A Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC) (SÃO PAULO, 2009) legitima o programa de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) com o objetivo de incentivo aos produtores rurais na manutenção de sistemas produtivos sustentáveis e manutenção de áreas essenciais com vegetação nativa.

O PSA é um sistema de intervenção positiva que garante a melhoria e a manutenção dos serviços ambientais, na qualidade e quantidade de água, por meio de melhorias na gestão da bacia hidrográfica focadas no uso do solo, nas práticas agrícolas, no saneamento ambiental, na cobertura vegetal e recuperação de áreas degradadas em prol da conservação dos recursos hídricos (REISSLER, 2014). A meta maior de um PSA deve ser a gestão adequada dos ecossistemas, não apenas metas qualitativas e quantitativas dos recursos hídricos, por meio de um reordenamento territorial, com mudanças de uso do solo que favoreçam uma maior qualidade ecossistêmica.

Assim, com o conhecimento das áreas prioritárias à conservação ambiental, bem como o apontamento de áreas mais vulneráveis à erosão e os conflitos de uso na sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu, torna-se este trabalho como norteador às políticas públicas, dentre eles o PSA, que devem ser incentivadas para que a integridade dos ecossistemas e sustentabilidade hídrica a longo prazo sejam asseguradas. O presente estudo vem a somar com o Diagnóstico de Áreas com o Potencial de Implementação do PSA, elaborado pela Hidrostrúdio Engenharia Ltda em 2019, que estabeleceu como prioridade manter e recuperar as matas ciliares de APPs nas nascentes e afluentes diretos do Reservatório de Acumulação do Rio Pardo que minimizem o aporte de sedimentos e poluição difusa nesta área. Este diagnóstico teve como intuito atender a Lei Municipal Complementar nº 1.153, de 07 de julho de 2015, que “Institui o Programa de Pagamentos por Serviços Ambientais – PSA e cria o Fundo Municipal de Pagamento por Serviços Ambientais – FMPSA”. O município de Botucatu possui um fundo de recursos para o PSA devido a renovação em 2010 do convênio de cooperação autorizando a Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) a sua prestação de serviços de saneamento básico na cidade, sob o contrato de Programa da Sabesp nº 254/2010, que destina 1% de sua receita líquida para PSA.

As APPs são áreas importantes como prioritárias à conservação e restauração para a resiliência dos recursos hídricos, qualitativa e quantitativamente. No entanto, a depender de outros fatores de vulnerabilidade ambiental nesta área, conforme os resultados deste estudo, é válido discutir a extensão de políticas de PSA ao incentivo do manejo adequado e do uso do solo sob práticas conservacionistas em regiões apontadas como de alta vulnerabilidade à erosão e de alta prioridade à conservação. O uso do solo deve levar em consideração a fragilidade ambiental natural do terreno, priorizando a infiltração da água no solo e a redução do escoamento da água na superfície. O desenvolvimento da ocupação consciente e responsável da terra, a adoção de técnicas conservacionistas como o manejo adequado do solo e a redução ou mesmo eliminação do uso de produtos químicos, como os defensivos agrícolas, devem ser levados em consideração para um planejamento de ordenamento territorial sustentável

A proteção de áreas essenciais se depara com interesses difusos entre poder público e propriedade privada. Há resistências em conjuntura social, política e ambiental da sociedade uma vez que a conservação de florestas é interpretada, social e culturalmente, como perda de território e redução de áreas produtivas, sem a compreensão dos benefícios que a conservação dessas áreas traz como retorno a curto e a longo prazo, agravada pela falta de sensibilização e políticas públicas que incentivem a conservação e mitigação do impacto das atividades econômicas no ecossistema. É comum a visão dos

recursos naturais como um elemento infinito e resiliente, no entanto, se o uso e conservação do solo prosseguirem com o cenário atual, níveis críticos dos recursos serão atingidos, o que torna necessário os estudos e otimização de metodologias de recuperação ambiental (NOSSACK, 2012).

É necessário um novo olhar para a aprendizagem social e política com a recente crise hídrica frente aos efeitos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos e, assim, estabelecer ações com base no princípio da precaução, adotando um novo tipo de gestão traduzida em ordenamento e políticas públicas para se evitar futuras crises hídricas em um cenário moldado pela incerteza.

Como a dinâmica hídrica não se restringe a limites municipais e sim adota como unidade de gestão uma bacia hidrográfica (BRASIL, 1997), é necessária a gestão intermunicipal da sub-bacia do Alto Pardo entre os municípios de Botucatu e Pardinho para que haja um cuidado integrado da bacia de forma a garantir a sustentabilidade local e evitar conflitos de uso, uma vez que a maior parte das nascentes estão localizadas em território de Pardinho e, conseqüentemente, contribuindo de forma primordial para o abastecimento do município de Botucatu e da nova represa no Rio Pardo.

7 CONCLUSÃO

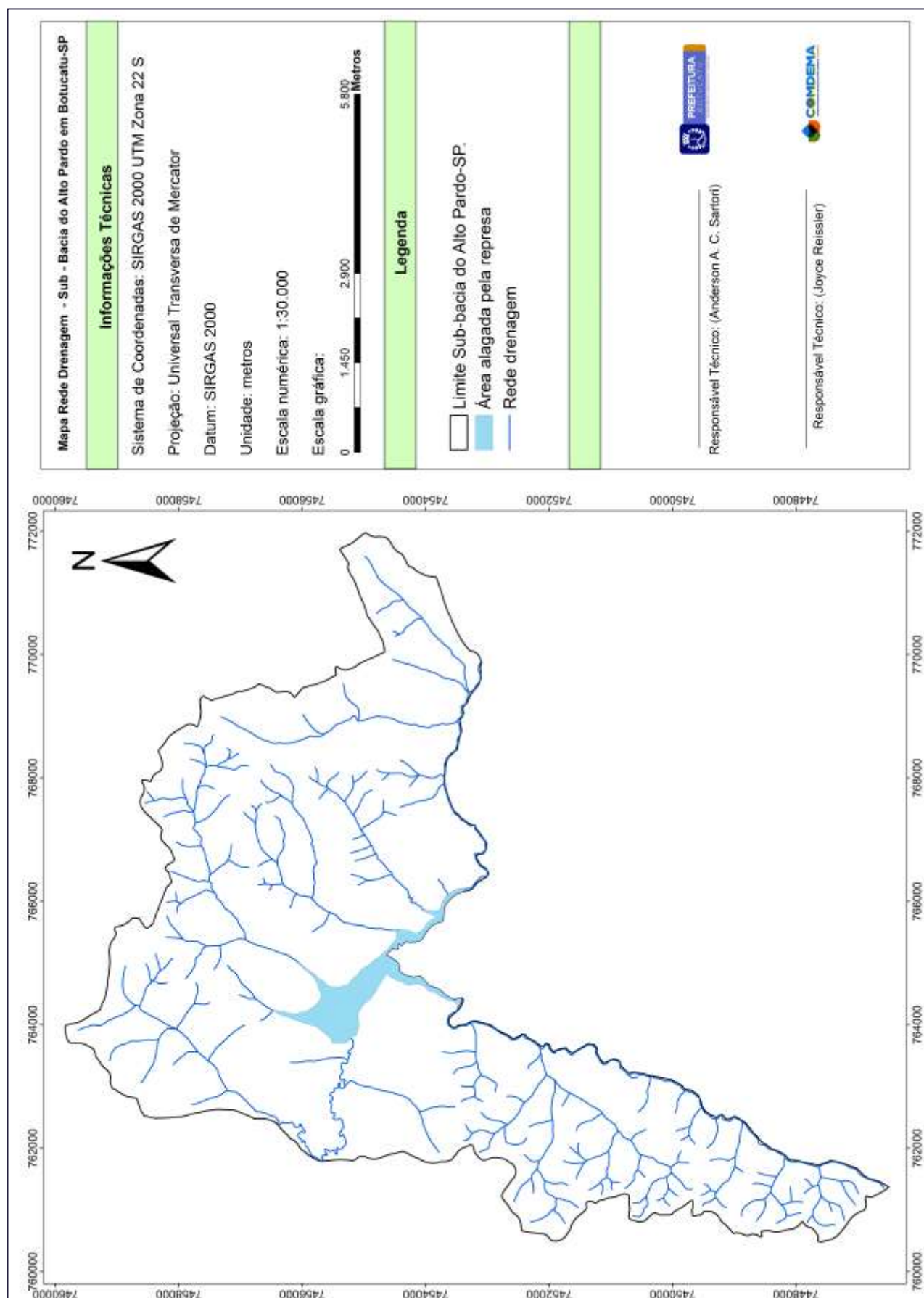
A sub-bacia do Alto Pardo é fortemente ocupada por atividades antrópicas, que somadas compreendem 84,34% do total de sua área, com destaque ao cultivo de cana e às pastagens. É necessária especial atenção ao se identificar que cerca de 67,14 % das áreas de preservação permanente estão ocupadas por atividades antrópicas que podem impactar negativamente os corpos d'água. Além disso, observou-se que 32,80% da sub-bacia está sob área de alta vulnerabilidade à erosão, ao considerar fatores de declividade, erodibilidade do solo e usos e ocupação da terra.

Com a elaboração do mapa de áreas prioritárias, observou-se que 36,19% da bacia é caracterizada como de alta prioridade à conservação ambiental. Esta área tem sua predominância em declividades elevadas, solos característicos de alta erodibilidade e sem a cobertura vegetal ideal necessária para a proteção e estabilidade do solo, bem como em áreas onde a rede hidrográfica é mais complexa e com o maior número de nascentes. Somados todos esses elementos, tornam essas áreas extremamente suscetíveis à degradação se não tiverem o manejo e cuidados necessários, acarretando prejuízos aos recursos hídricos.

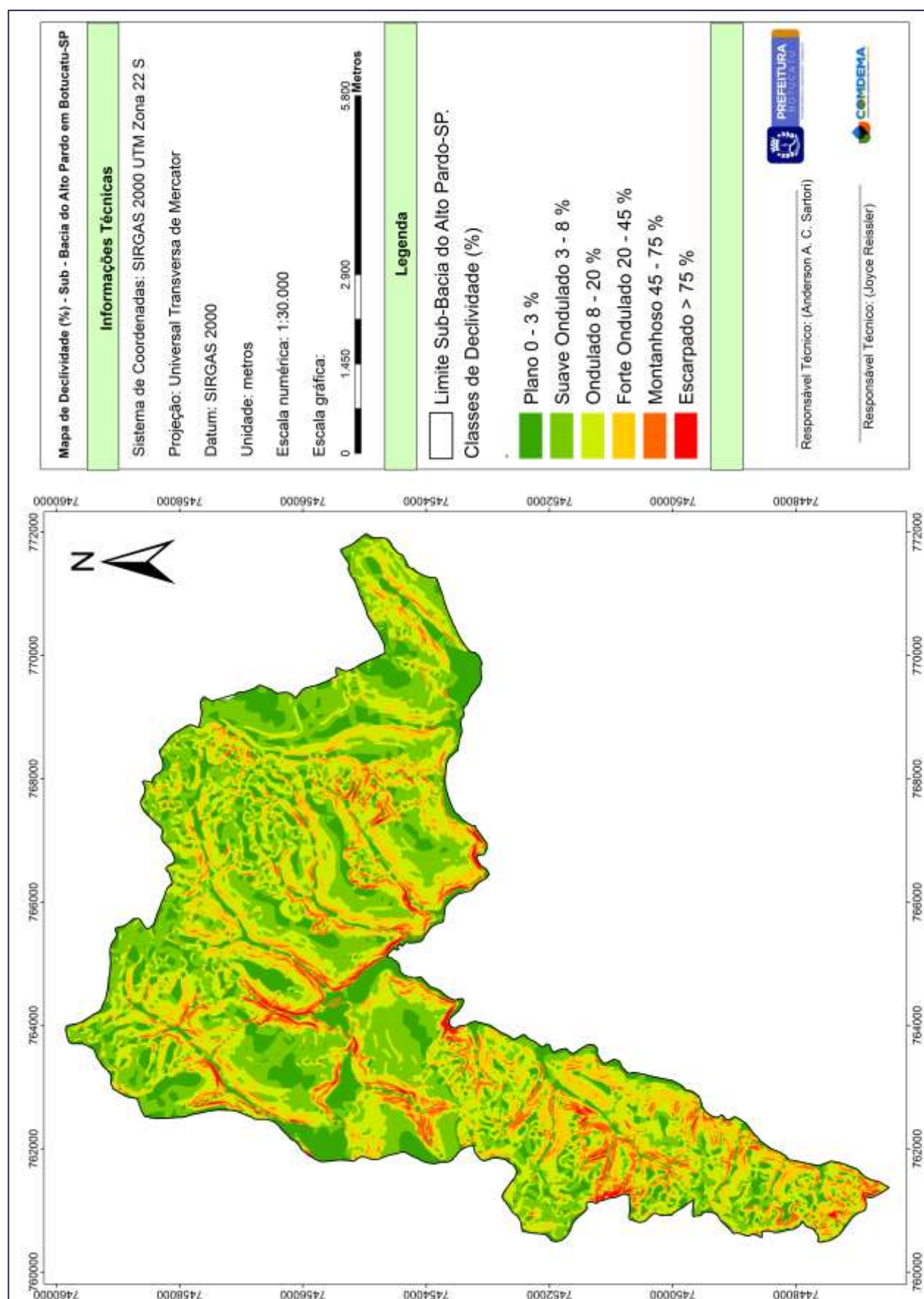
Este trabalho tem por objetivo dispor informações robustas, com caráter técnico-científico-acadêmico, que contribua a substanciar processos de planejamento e gestão territorial municipal conscientes, seja na proposição de regramentos, reordenamentos ou de políticas públicas, baseado em sustentabilidade de seus recursos, na conservação de solos, florestas e integridade dos recursos hídricos. É importante destacar que o presente documento de estudo não se vincula a qualquer decisão a partir dele, cabendo aos gestores da administração pública a responsabilidade do uso racional e estratégico das informações contidas aqui.

8 ANEXOS

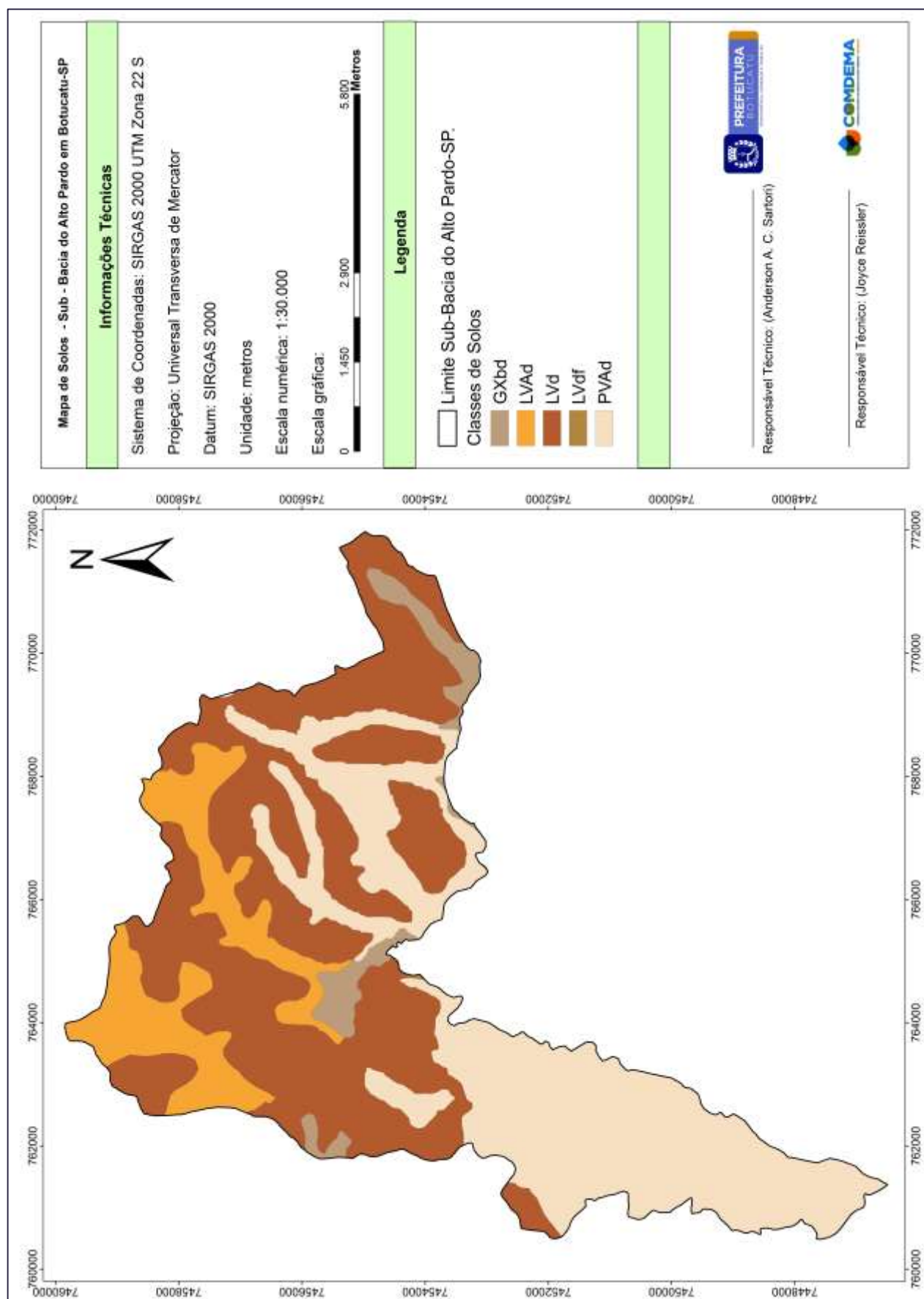
Anexo 1 – Rede de Drenagem da sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu



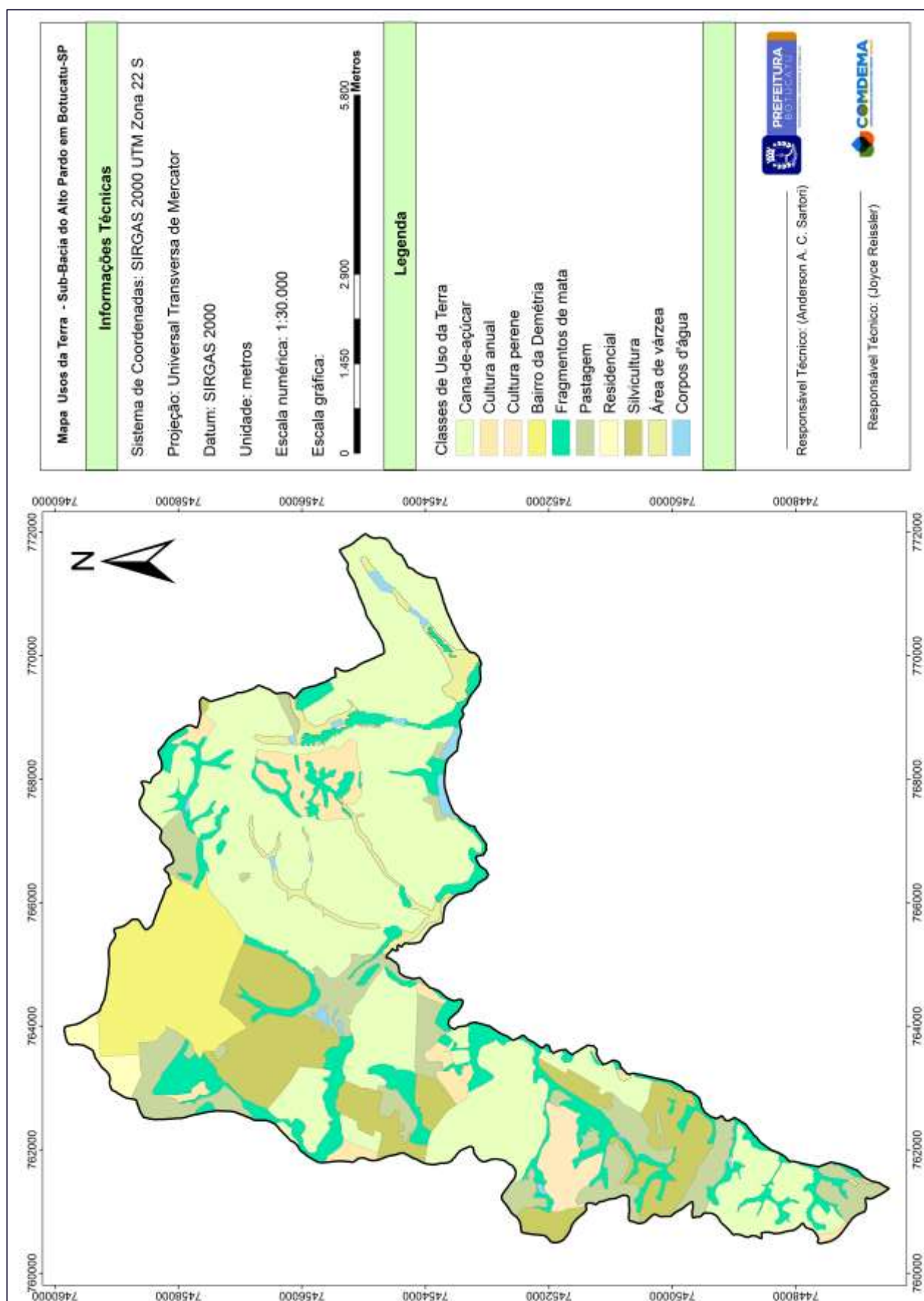
Anexo 2 – Mapa de Declividade da sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu



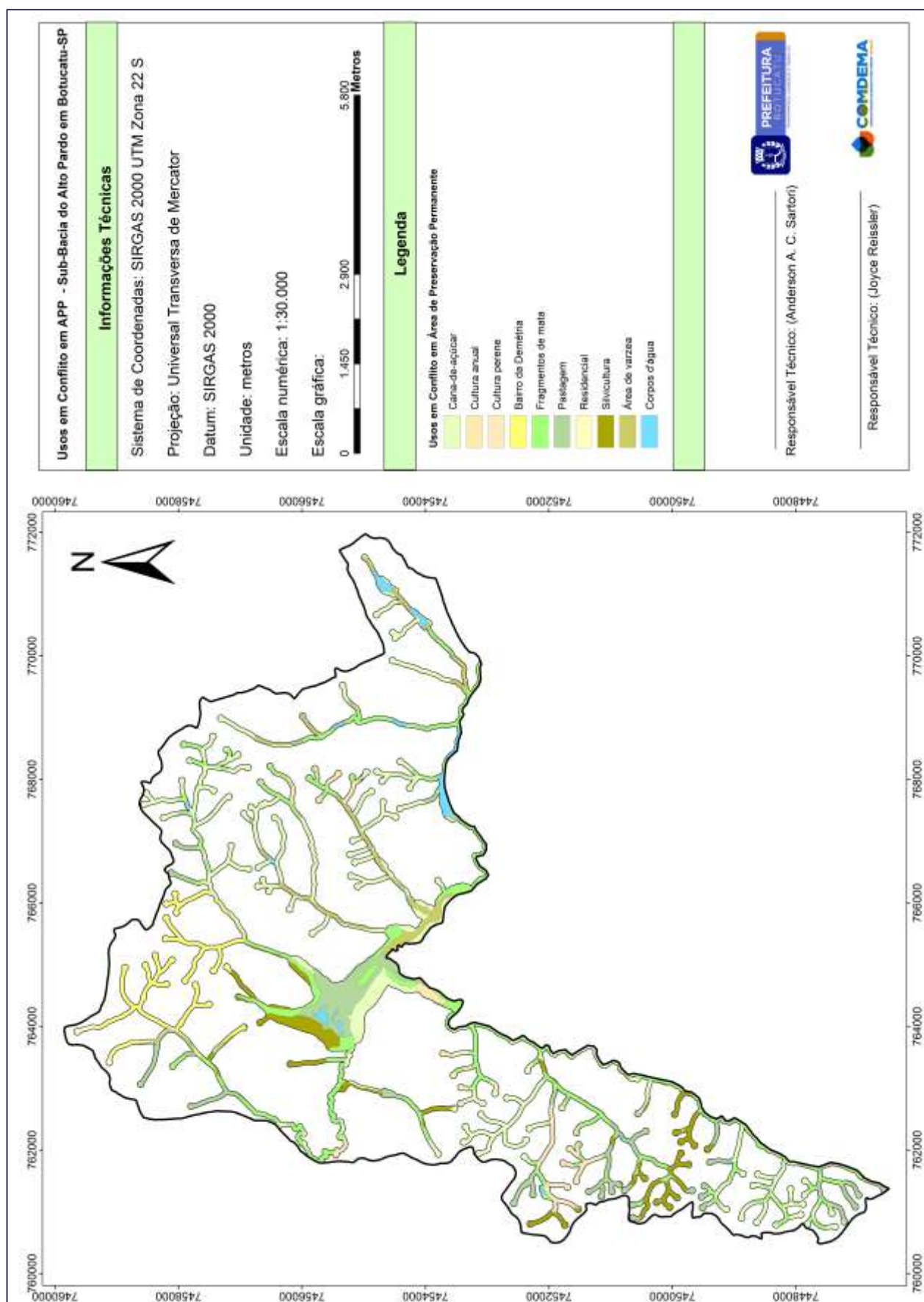
Anexo 3 – Mapa de Solos da sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu



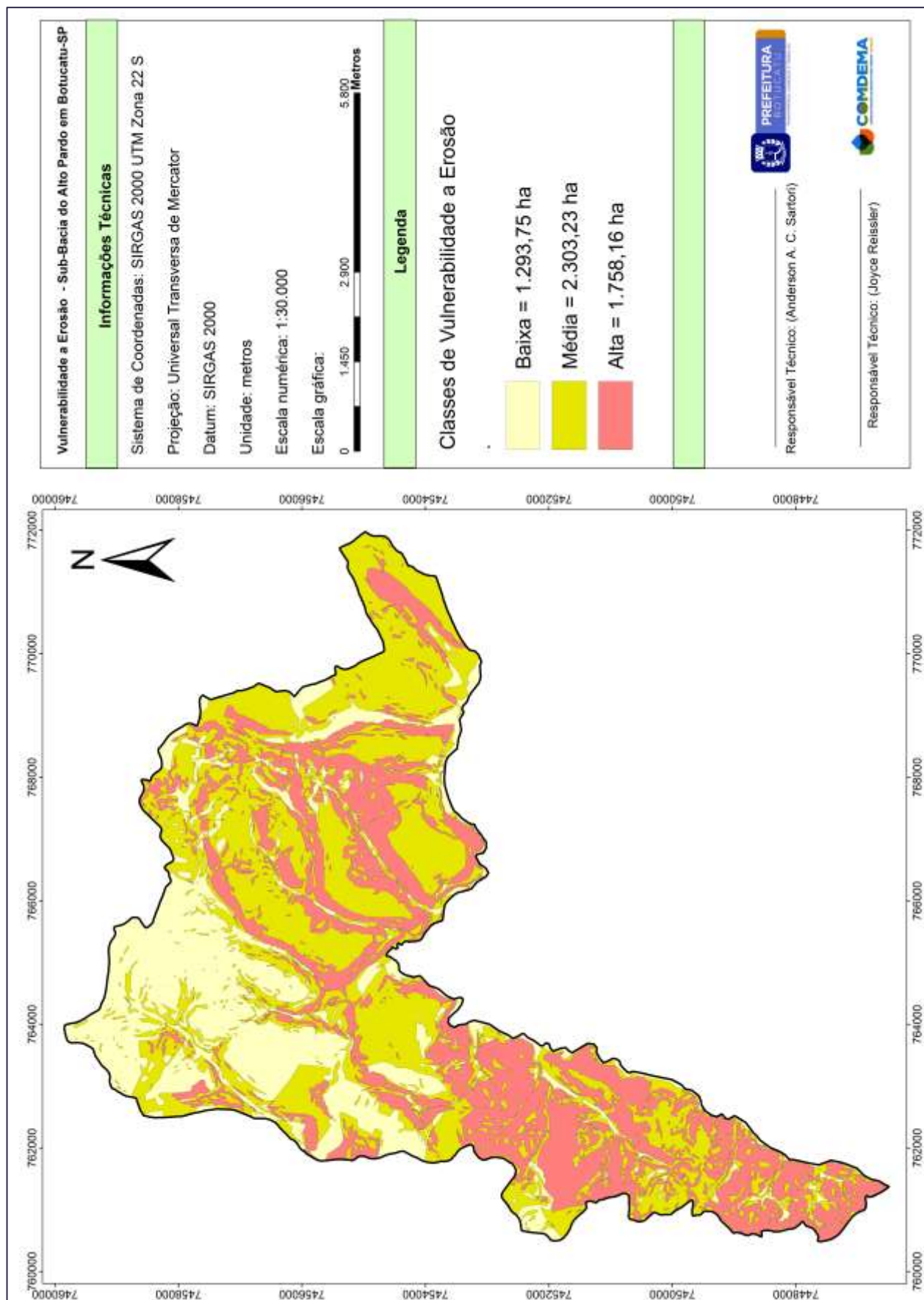
Anexo 4 – Mapa de Uso e Manejo da Terra na sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu



Anexo 5 – Mapa de Conflitos do Uso do Solo em Áreas de Preservação Permanente na sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu

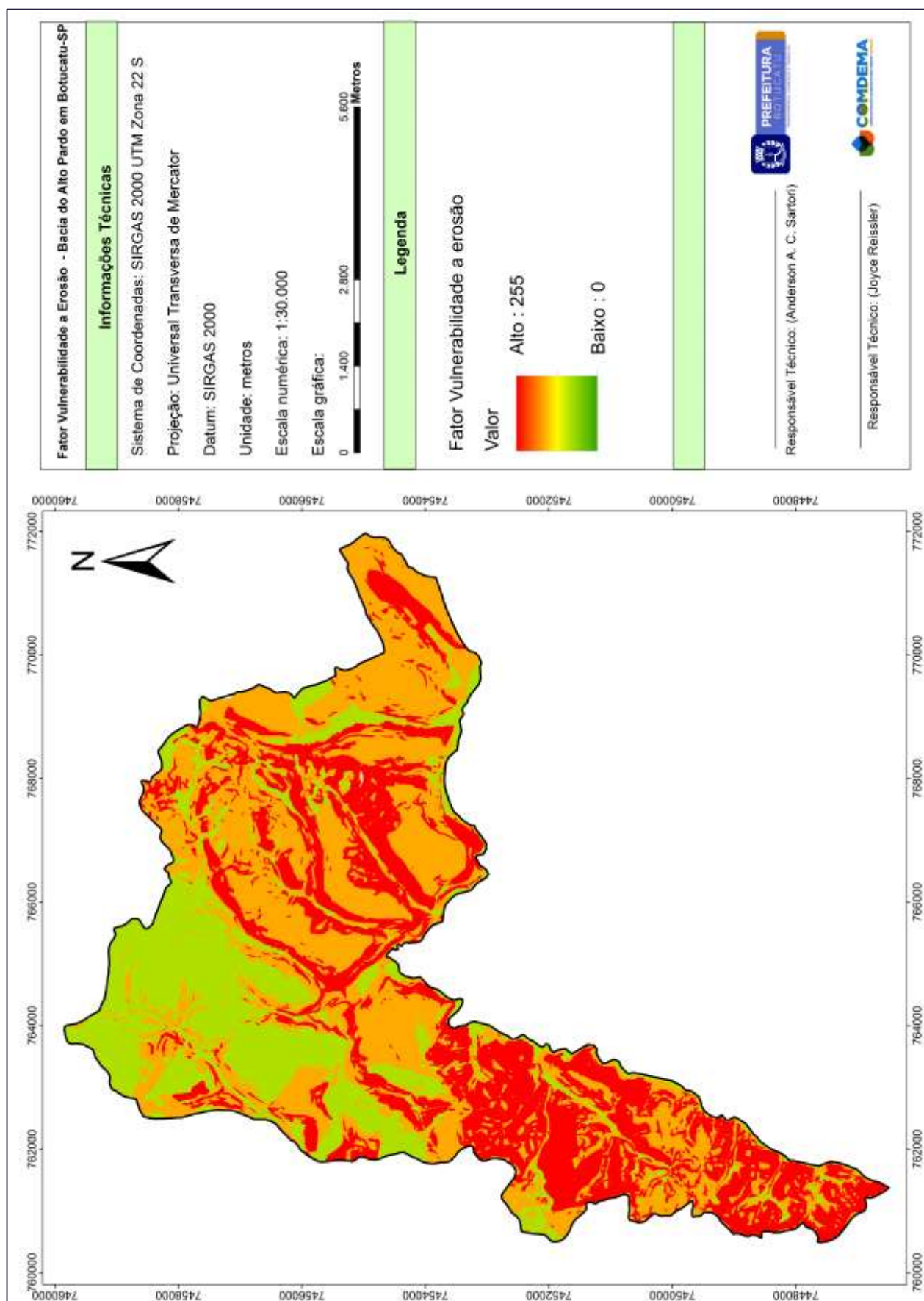


Anexo 6 – Mapa de Vulnerabilidade à Erosão na sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu

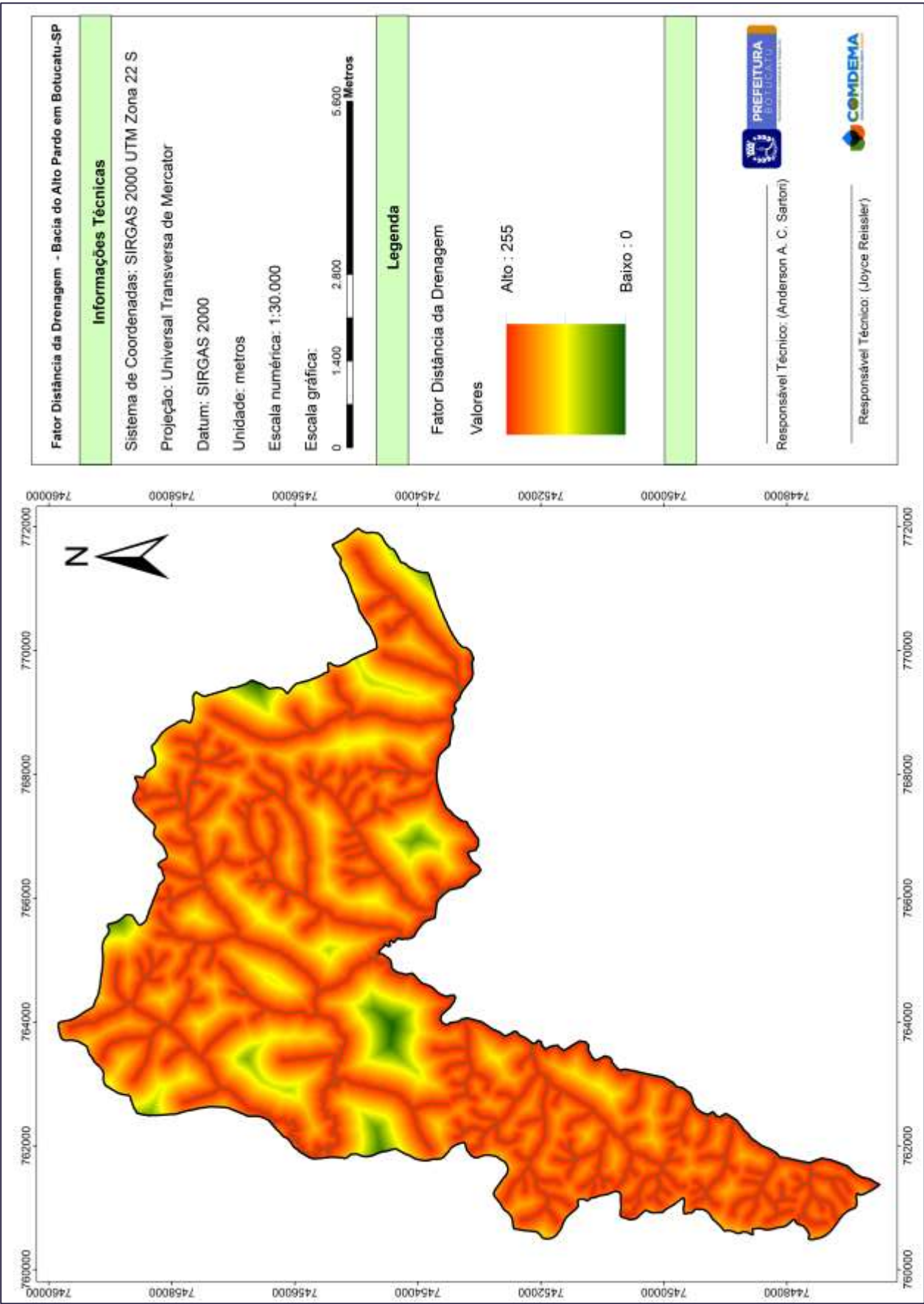


Anexo 7 – Mapas de Fatores na sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu

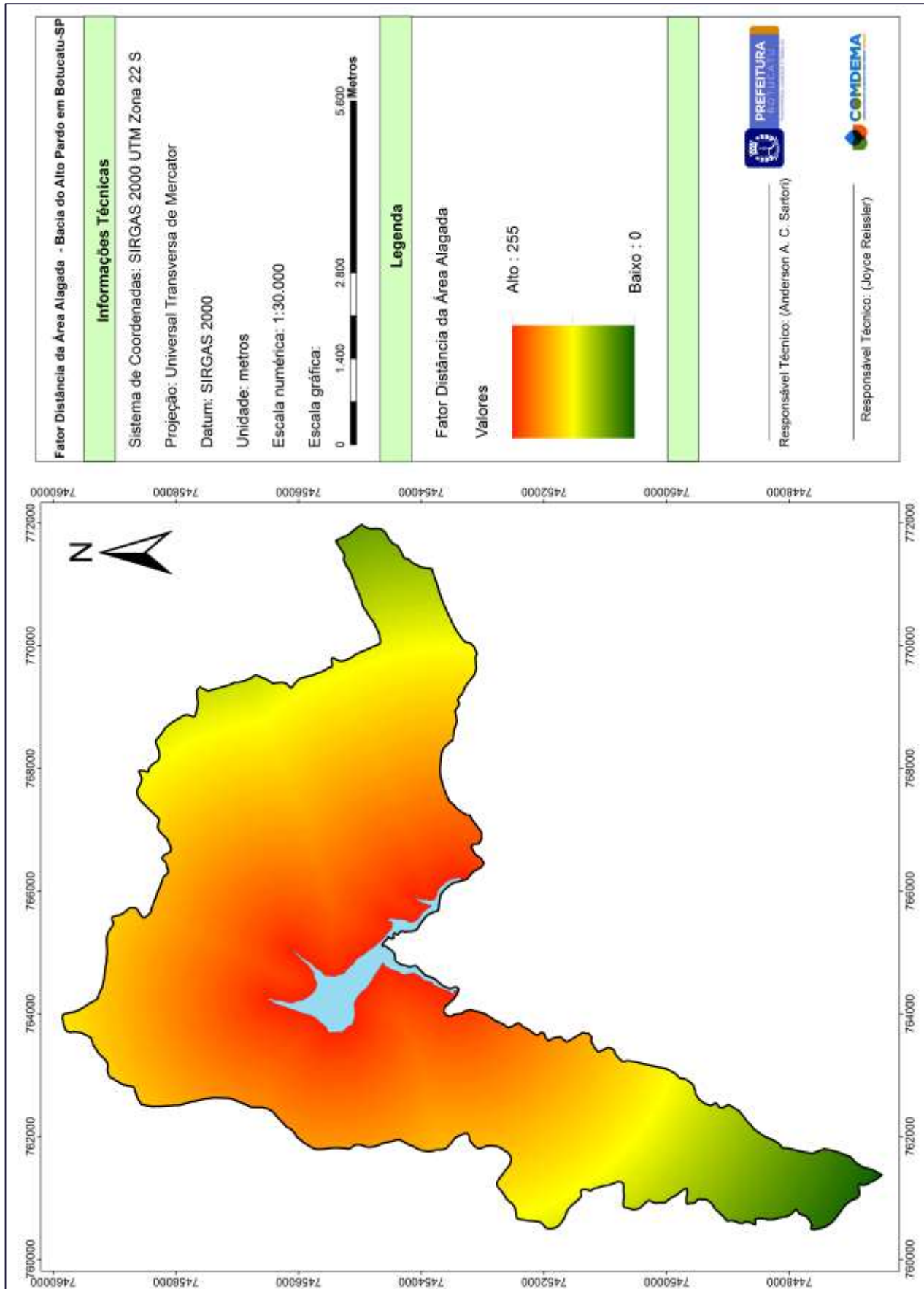
A) Fator de Vulnerabilidade à Erosão



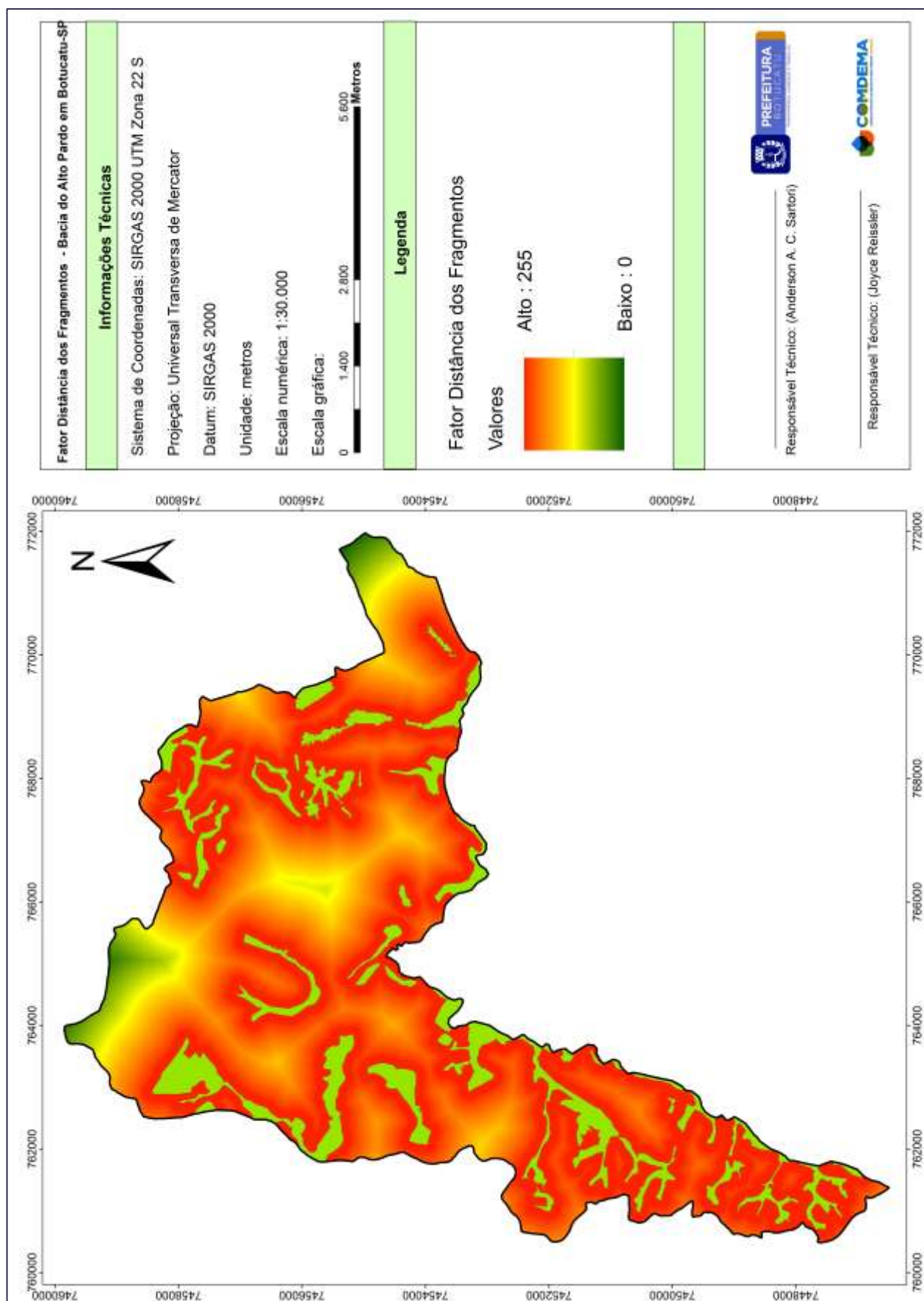
B) Fator de Distância da Rede de Drenagem



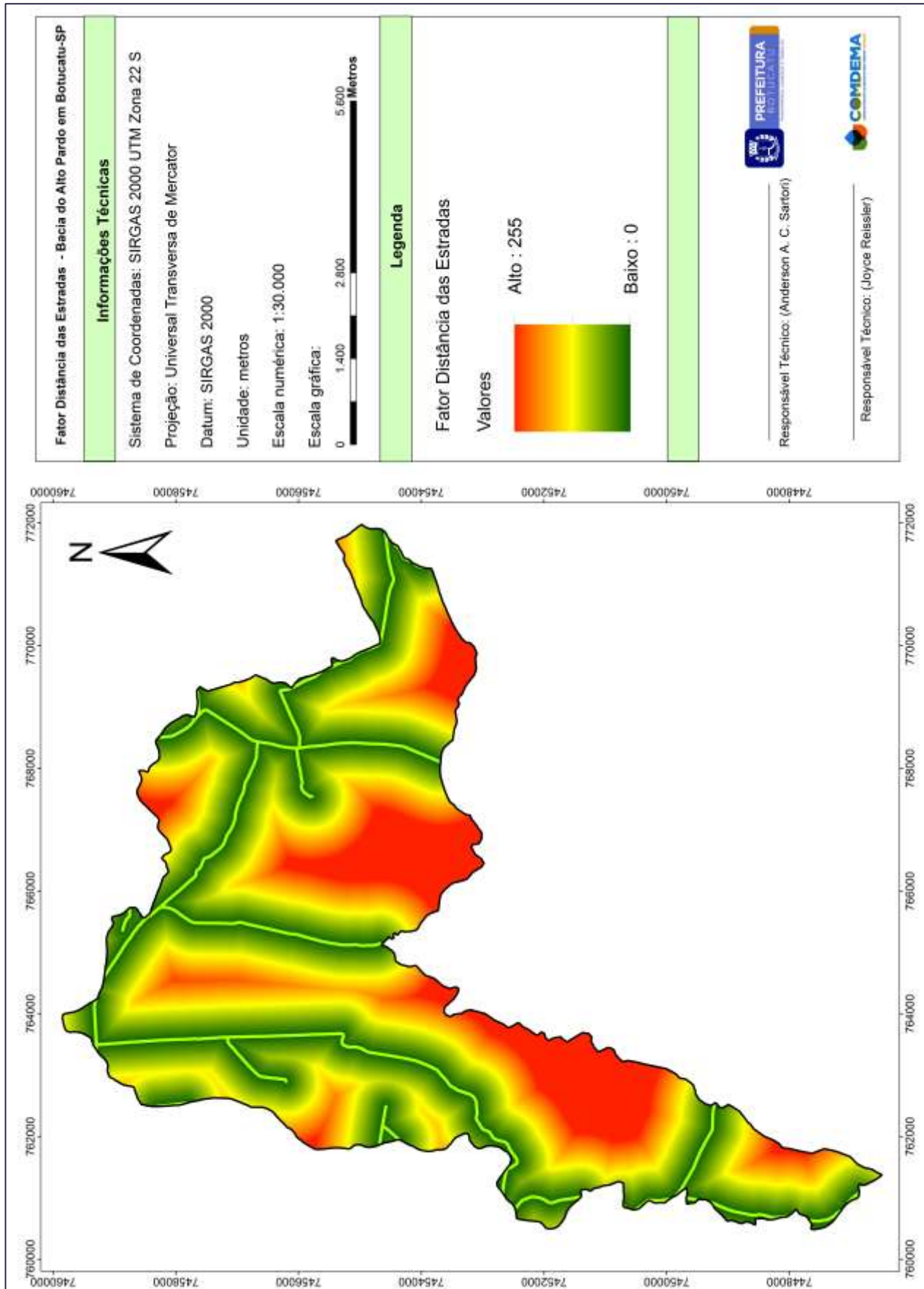
C) Fator Distância da Represa



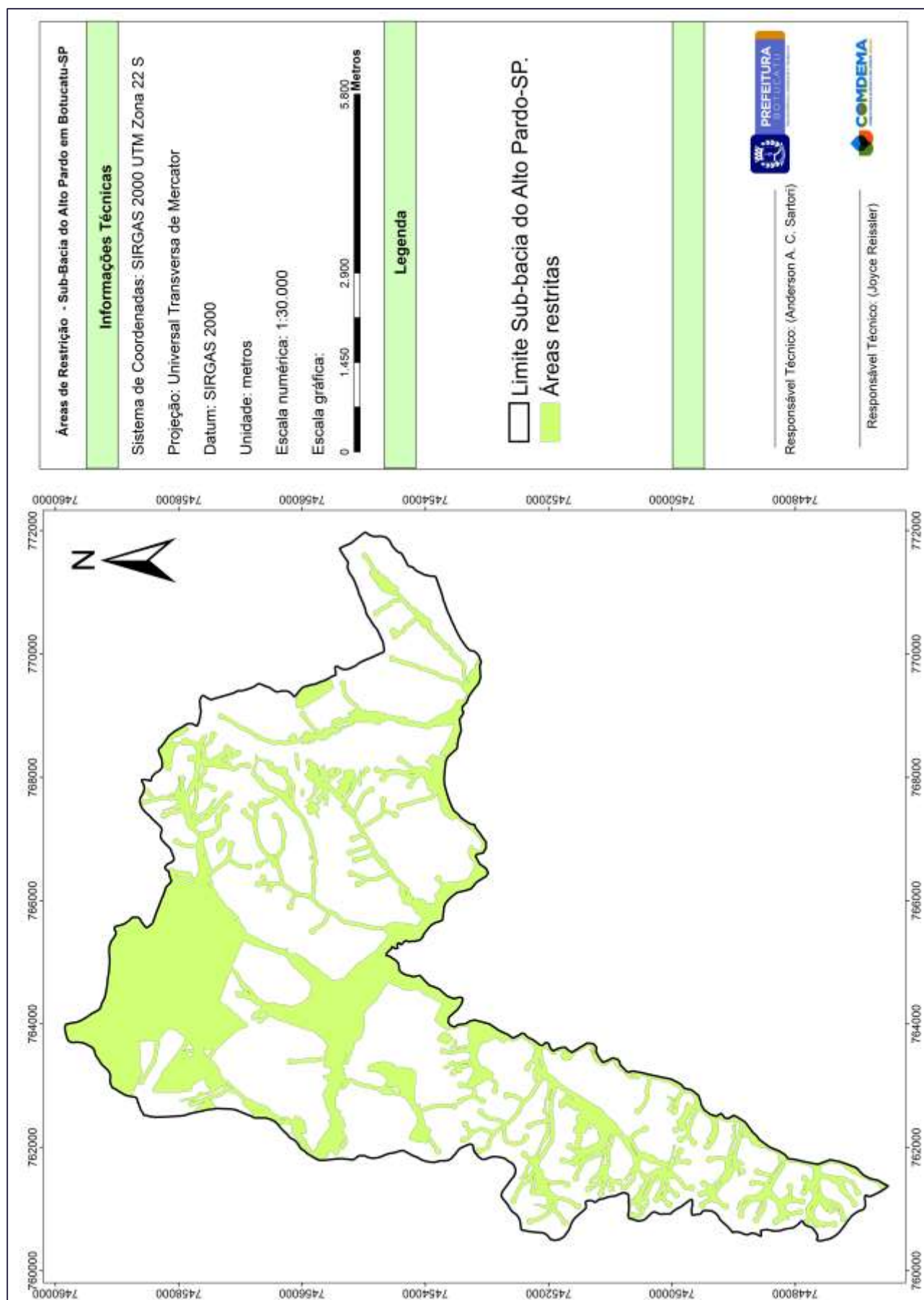
D) Fator Distância dos Fragmentos Florestais



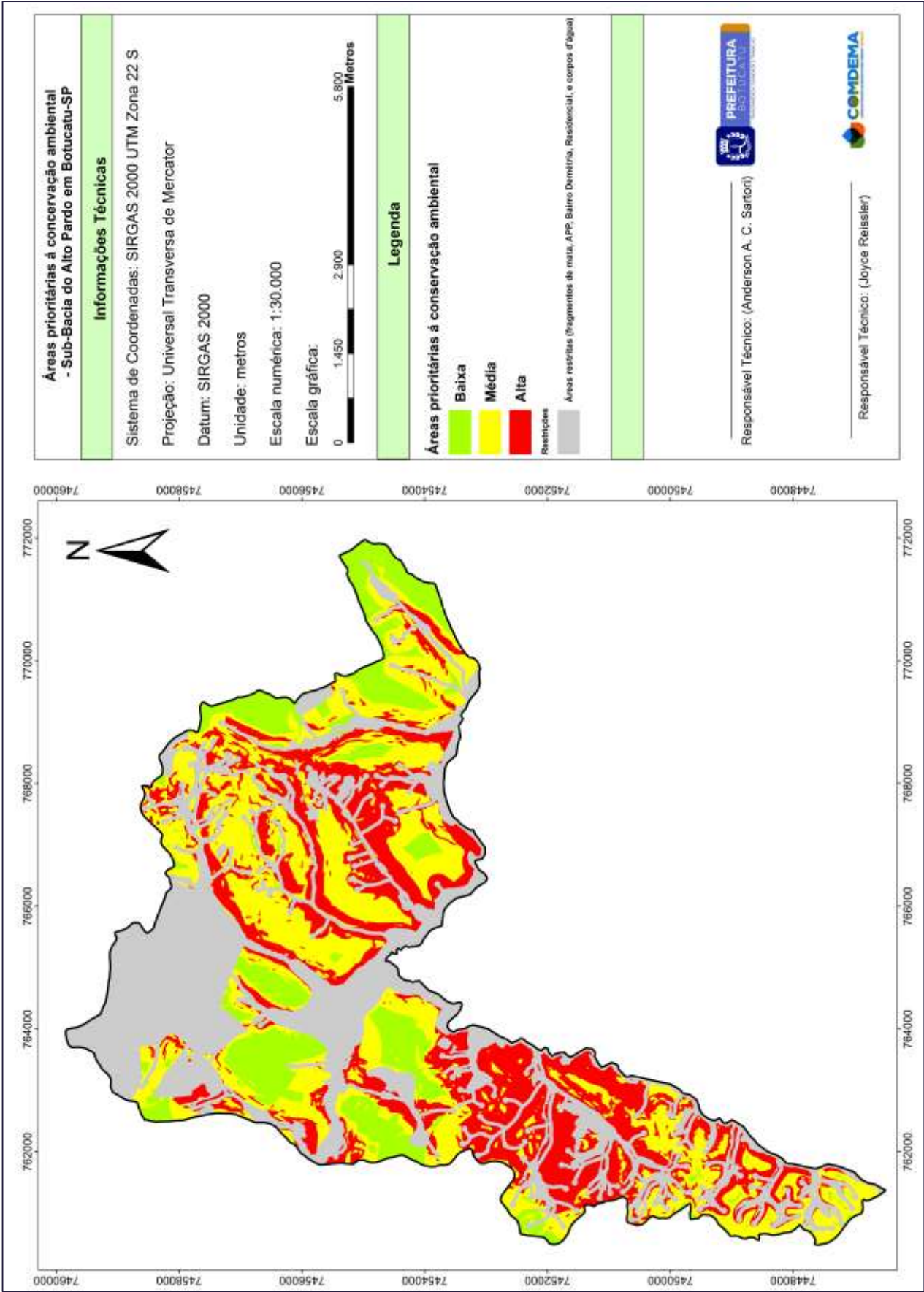
E) Fator Distância das Estradas



F) Fator Restrição



Anexo 8 – Mapa de Áreas Prioritárias à Conservação Ambiental na sub-bacia do Alto Pardo em Botucatu



9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. **Orientações para a utilização de águas subterrâneas**. Disponível em: <<http://www.abas.org/arquivos/aguasf.pdf>>. Acesso em: 05 de jan. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos**. Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: ANA, 2011

ALMEIDA, F. F. M de. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. São Paulo: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1964. 99p.

AMORIM, L. A.; PATTO, V. S.; AREITAS, L. A. C.; JUNIOR, I. G. S. J.; NETO, R. A. B. Agente de Suporte à Decisão Multicritério com Soma Ponderada-Auzzy em Gestão Pública Participativa: Um Estudo de Caso em Gestão Ambiental. iSys – **Revista Brasileira de Sistemas de Informação**. Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p. 28-41, 2015. Disponível em: <<http://www.seer.unirio.br/index.php/isys/article/view/5076/4916>>. Acesso em: 04 mar. 2018.

ANDRADE, M. A.; MELLO, C. R.; BESKOW, S. Simulação hidrológica em uma bacia hidrográfica representativa dos latossolos na região do Alto Rio Grande, MG. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.17, n.1, p.69-76. 2013

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília: Embrapa, SPI; Embrapa, CPAC, 434 p., 1998.

BARROS, A. C. **Análise multicritério aplicada ao zoneamento agrícola do município de Itaberá-SP**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017, 89p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8. ed. São Paulo: Ícone, 2012. 355 p.

BOGARDI, J. J. et al. **Water security for a planet under pressure: interconnected challenges of a changing world call for sustainable solutions**. Current Opinion in Environmental Sustainability, Amsterdam, v.4, p. 1–9, 2011.

BOTUCATU. Prefeitura Municipal de Botucatu. **Levantamento cadastral e diagnóstico de áreas com potencial de implantação de PSA**. Relatório Técnico RT-14. 2018. Projeto Barragem de acumulação do Rio Pardo em Botucatu – SP. Hidrostudio Engenharia. abril. 2018.

BOTUCATU. Prefeitura Municipal de Botucatu. **Barragem de acumulação no Rio Pardo, Botucatu – SP**. Relatório Técnico 9 (RT-9). Relatório Ambiental Preliminar n. 5097.RP.A4.501-0. Hidrostudio Engenharia. jan. 2018.

BOTUCATU. LEI COMPLEMENTAR Nº 1224/2017. **Dispõe sobre o Plano Diretor Participativo do Município de Botucatu e dá outras providências**. 2017. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-botucatu-sp>>. Acesso em novembro de 2019.

BOTUCATU. LEI COMPLEMENTAR Nº 1153, DE 7 DE JULHO DE 2015. **Institui o Programa de Pagamento por Serviços Ambientais - PSA, cria o Fundo Municipal de Pagamento por Serviços Ambientais - FMPSA, revoga a Lei Complementar nº 1045, de 21 de maio de 2013 e dá outras providências**. 2015. Disponível em <<https://leismunicipais.com.br/a/sp/b/botucatu/lei-complementar/2015/116/1153/lei-complementar-n-1153-2015-institui-o-programa-de-pagamento-por-servicos-ambientais-psa-cria-o-fundo-municipal-de-pagamento-por-servicos-ambientais-fmps-a-revoga-a-lei-complementar-n-1045-de-21-de-maio-de-2013-e-da-outras-providencias>> Acesso em novembro de 2019.

BRASIL. Decreto nº 8.972, de 23 de janeiro de 2017. **Institui a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa**. Diário Oficial da União, Brasília, DA, 23 jan. 2017. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D8972.htm>. Acesso em: 10 abr. 2018.

BRASIL. DECRETO Nº 4340, DE 22 DE AGOSTO DE 2002. **Regulamenta artigos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências**. 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4340.htm> Acesso em novembro de 2009.

BRASIL. LEI Nº 9.985, DE 18 DE JULHO DE 2000. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC)**. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm>. Acesso em novembro de 2019.

BRASIL. Lei Nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997, 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 março de 1990, que modificou a Lei Nº 7.99 , de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 17 out. 2017.

BRASIL. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 28 de maio de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm>. Acesso em: 15 jun. 2018.

CALIJURI, M. L.; MELLO, A. L. O.; LORENTZ, J. F. Identificação de áreas para implantação de aterros sanitários com uso de análise estratégica de decisão. **Informática Pública**, Belo Horizonte, BH, v. 4, n. 2, p. 231-250, 2002.

CAMPOS, N.; STUDART, T. M. C. **A cobrança pelo uso da água**. In: _____ (Org.). Gestão de águas: princípios e práticas. Porto Alegre: ABRH, 2001. cap. 7, p. 99-110. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/mestre_andressa_macedo.pdf>. Acesso em: 24 maio 2017.

CEPAGRI - CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA. **Clima dos municípios paulistas - Botucatu**. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_608.html>. Acesso em: 10 ago. 2018.

CHEN, K. P.; BLONG, R.; JACOBSON, C. MCE-RISK: integrating multicriteria evaluation and GIS for risk decision-making in natural hazards. **Environmental Modeling e Software**, v.16, n.4, p.387-397, 2001.

CONINE, A. et al. Planning for multipurpose greenways in Concord, North Carolina. **Landscape Urban Planning**. n. 68, p. 271–287, 2004.

CONTE, M. L.; LEOPOLDO, P. R. **Avaliação de recursos hídricos: Rio Pardo, um exemplo**. São Paulo: UNESP, 2001. 141 p.

COOK, C.; BAKKER, K. **Water security**: Debating an emerging paradigm. *Global Environmental Change*, v. 22, n. 1, p. 94–102, 2012.

CORREA, J. B. L. **Quantificação das áreas de preservação permanente e reserva legal e de seus impactos econômicos na bacia do rio Pomba em Minas Gerais**. 2006. 79p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

EASTMAN, J. R. Decision support: decision strategy analysis. In: **Idris 32 release 2: guide to GIS and image processing**. Worcester: Clark University, Clark Labs. p. 1-22, 2001.

- ELMORE, W.; BESCHTA, R. L. **Riparian areas: perceptions in management.** *Rangelands*, p. 260-265, 1987.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: 2013, 353 p.
- FOLKE, C. et al. **Adaptive Governance of Social-Ecological Systems.** *Annual Review of Environment and Resources*, v. 30, n. 1, p. 441–473, 2005.
- FRAGASSI, P.F.M. **Estudo da Erodibilidade dos Solos Residuais de Gnaiss da Serra de São Geraldo e de Viçosa.** Dissertação de Mestrado em Geotecnia, UFV, Viçosa, MG. 2001.
- FRANCISCO, C. E. S.; COELHO, R. M.; TORRES, R. B.; ADAMI, S. F. **Espacializacao de análise multicriterial em SIG: prioridades para recuperação de Áreas de Preservação Permanente.** *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2643-2650.
- GOTTLE, A.; SENE, E. H. **Forest functions related to protection and environmental conservation.** In: *Unasylva Journal. Eleventh World Forestry Congress*. 1997. Antalya. FAO, vol. 48/3-4, p. 190-191. 1997. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/w6251e/w6251e06.htm>>. Acesso em: 03 julh. 2017.
- GROSSI, C. H. **Sistema de informação geográfica – BASINS 3.0 na modelagem hidrológica da Bacia Experimental do Rio Pardo, SP.** 2003. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.
- HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology.** *Geological Society of America Bulletin*. v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.
- IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects.** In: FIELD, C. B., BARROS, V. R., DOKKEN, D. J., MACH, K. J., MASTRANDREA, M. D., BILIR, T. E., CHATTERJEE, M., EBI, K. L., ESTRADA, Y. O., GENOVA, R. C., GIRMA, B., KISSEL, E. S., LEVY, A. N., MACCRACKEN, S., MASTRANDREA, P. R., WHITE, L. L. (Eds.), *Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental*, 2014.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapa geológico do Estado de São Paulo.** São Paulo, Escala 1:500.000, 1981.
- JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. **The flood pulse concept in river – floodplain systems.** *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, Ottawa, v. 106, p. 110, 1989.
- KANGAS, J. et al. Analyzing consistency of expert judgments – case of forest biodiversity. **Forest Science**, v.44, p.603-609, 1998.
- KARK, S.; Van RENSBURG, B. J. Ecotones: Marginal or central areas of transition? *Israel Journal of Ecology and Evolution*, Jerusalem, v. 52, p. 29 – 53, 2006.
- LANDELL-MILLS, N.; PORRAS, T. I. **Silver bullet or fools' gold? A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor.** *Instruments for sustainable private sector forestry series*. Londres: International Institute for Environment and Development, 2002. p. 127.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI, R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso**. 5ª Aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.

LESSA, L. G. F. **Simulação da produção de sedimentos na bacia hidrográfica do Rio Pardo - Botucatu / SP, por modelagem hidrológica**. 2011. 141 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

LIMA, A. A. **Identificação de áreas prioritárias para a recuperação florestal no município de Paranapanema-SP**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu-SP, 2018, 92 p.

LIMA, W. P. **Função hidrológica da mata ciliar**. In: Simpósio sobre mata ciliar. Fundação Cargill, 1989. p 25-42.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2. ed. Piracicaba: USP, 2008, 245 p.

LOMBARDI NETO, F., BERTONI, J. **Erodibilidade de solos paulistas**. Campinas: IAC, 1975. 12p.

MALCZEWSKI, J. **GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview**. Progress in Planning, New York, n. 62, p. 3-65, 2004.

MALCZEWSKI, J. **GIS and multicriteria decision analysis**. New York: John Wiley, 1999. 362 p.

MALCZEWSKI, J. A GIS-based approach to multiple criteria group decision-making. **International Journal of Geographical Information Systems**. Abigdon, v. 10, n. 8, p. 955-971, 1996.

MANNIGEL, A. R. et al. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.

MARÍN, M. (2005). **Hidrologia Práctica**. Segunda edição. Editora Rugarte puerto de Arlabán, 33-28053 Madrid.

MATOS, F. A. R.; MAGNAGO, L. F. S.; GASTAUER, M.; CARREIRAS, J. M. B.; SIMONELLI, M.; MEIRA-NETO, J. A. A.; EDWARDS, D. Effects of landscape configuration and composition on phylogenetic diversity of trees in a highly fragmented tropical forest. **Journal of Ecology**. v. 105, p. 265-276, 2017. Disponível em: <<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1365-2745.12661>>. Acesso em: 15 jun. 2018.

MITCHELL, M. G. E.; CASTRO, A. F. S.; MARTINEZ-HARMS, M.; MARON, M.; McALPINE, C.; GASTON, K. J.; JOHANSEN, K.; RHODES, J. **Reframing landscape fragmentation's effects on ecosystem services**. Trends in Ecology & Evolution. 2015, 33 p.

MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

NICOLETE, D. A. P. **Áreas hidrologicamente homogêneas como subsídio ao manejo de bacias hidrográficas**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015, 76 p.

NICOLETE, D. A. P.; ZIMBACK, C. R. L. Zoneamento de risco de incêndios florestais para a fazenda experimental Edgardia – Botucatu (SP), através de sistemas de informações geográficas. **Agrogeoambiental**. v. 5, n. 3, p. 55-62, 2013.

NOSSACK, F. A. **Planejamento da recomposição florestal pela análise multicriterial na sub-bacia do córrego do descaldado visando a conservação de recursos hídricos**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu-SP, 2012, 83 p.

OLSSON, P., FOLKE, C., BERKES, F. **Adaptive Co-management for Building Resilience in Social-Ecological Systems**. *Environmental Management* 34, 1: 75-90, 2004.

PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D.; MATOS, A. T. Desprendimento e arraste do solo pelo escoamento superficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.3, p.423-429, 2003.

PIMENTA, L. B. et al. Processo Analítico Hierárquico (AHP) em ambiente SIG: temáticas e aplicações voltadas à tomada de decisão utilizando critérios espaciais. **Interações (Campo Grande)**, Campo Grande, v. 20, n. 2, p. 407-420, June 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151870122019000200407&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 10 Nov. 2019. <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v20i2.1856>.

PINA, G. A. **Análise multicritério na identificação de áreas para a recuperação ecológica no plano de manejo ambiental municipal**. 2017. 65 A. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Júlio Mesquita Filho, Jaboticabal, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/152440>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

PIROLI, E. L. **Geoprocessamento aplicado ao estudo do uso da terra das áreas de preservação permanente dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio pardo**. 2013. 123 p. Tese de Livre-Docência (Livre-Docência em Sensoriamento remoto e Geoprocessamento), UNESP, 2013.

RAO, M. S. V. C. et al. **A weighted index model for urban suitability assessment – a GIS approach**. Bombay: Metropolitan Regional Development Authority, 1991. 134p.

REISSLER, J. **Análise Multicriterial e Multivariada na definição de áreas prioritárias à restauração florestal visando a conservação dos recursos hídricos na sub-bacia do Alto Pardo – SP**. 2019. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019, 111 p.

REISSLER, J. **Fisiografia e uso da terra de uma bacia hidrográfica em área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG): o caso do Ribeirão do Jacú, Tejuapá/SP** (UGRHI-14). 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014, 116 p.

RIVERA, H. **Ordenamento territorial de áreas florestais utilizando avaliação multicritério apoiada por geoprocessamento, fitossociologia e análise multivariada**. 2007. 240 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais – Manejo Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

SAATY, T. The analytic hierarchy process: what is and how it is used. **Pergamon Journals Ltd, USA, Pittsburgh**, v. 9, n. 3-5, p. 161-176, 1987.

SAATY, L. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, San Diego, v 15, p. 234-281, 1977.

SÃO PAULO. Decreto Estadual nº 20.960, de 8 de junho de 1983. **Declara área de proteção ambiental regiões situadas em diversos municípios, dentre os quais Corumbataí, Botucatu e Tejuapá**. São Paulo, 1983. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/norma/57437>>. Acesso em 19 de julho de 2018.

SÃO PAULO. Lei nº. 13.798, de 9 de novembro de 2009. **Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas – PEMC**. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/pemc/index.php>>. Acesso em: 16 maio 2018.

SÃO PAULO. LEI 9.866, DE 9 DE NOVEMBRO DE 2009. **Dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo e dá outras providências.** 1997. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1997/lei-9866-28.11.1997.html>> Acesso em novembro de 2019

SÃO PAULO. SMA. FF. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Corumbataí, Botucatu e Tejuapá – Perímetro Botucatu.** Volume 1. São Paulo, abril de 2011. Disponível em: <<http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/2016/03/Volume-1-Diagn%C3%B3stico.pdf>>. Acesso em novembro de 2019.

SÃO PAULO. SMA. FF. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Corumbataí, Botucatu e Tejuapá – Perímetro Botucatu.** Volume 2. São Paulo, abril de 2011. Disponível em: <<http://s.ambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/planos-manejo/concluidos/apa-botucatu/volume2.pdf>>. Acesso em novembro de 2019.

SARTORI, A. A. C. **Análise multicritérios na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais.** 2010. 98 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

SOUSA JUNIOR, G. A. de. **Zoneamento da faixa tampão do reservatório da UHE Camargos e avaliação de sua regeneração natural.** 2005. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

SOUZA, A. J.; et al. Aspectos físicos do município de Botucatu. In: **Botucatu: Pólo de Desenvolvimento Regional.** 1985. 34p.

SRINIVASAN, V. et al. The nature and causes of the global water crisis: Syndromes from a meta-analysis of coupled human-water studies. *Water Resources Research*, v. 48, n. 10, p. n/a-n/a, 2012.

STORE, R.; KANGAS, J. **Integrating spatial multi-criteria evaluation and expert knowledge for GIS-based habit suitability modeling.** *Landscape and Urban Planning*. V.55, p.79-93, 2001.

TORNERO, M. T. **Fotointerpretação da Cobertura Vegetal e da Rede de Drenagem da Bacia Experimental do Rio Pardo, no período de 15 anos.** 1996. 129p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

TRAFICANTE, C. **Ecologia da paisagem para avaliação da idoneidade de redes ecológicas, como subsídio para o planejamento territorial.** 2007. 136 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

TUCCI, C. E. M.; CLARCK, R. T. Impacto das mudanças na cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 135-152, 1997.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 631 p., 2008.

VALENTE, R. O. A. **Definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal por meio da abordagem multicriterial em ambiente SIG.** 2005. 121 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, 2005.

VALENTE, R. O. A.; VETTORAZZI, C. A abordagem multicriterial na definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal. In: **SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 12, 2005 Goiania. Anais...Goiania: INPE, 2005.

VETTORAZZI, C. A. **Avaliação multicritérios, em ambiente SIG, na definição de áreas prioritárias à restauração florestal visando à conserva de recursos hídricos.** 2006. 151 p. Tese

(Livre Docência em Topografia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, 2006.

VIEIRA, V. P. P. B.; GONDIM FILHO, J. G. C. Água no semi-árido. In: REBOUÇAS, A. da C; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Editora, 3.ed. p. 481-540, 2006.

VIEIRA, G. B. **Santa Cruz do Rio Pardo: histórico do Rio Pardo**. Disponível em: <<http://www.riopardosantacruz.com.br/historia.php>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

VOOGD, H. **Multicriteria evaluation for urban and regional planning**. London: Pion, 1983. 370 p.

WEF - WORLD ECONOMIC FORUM. **Global Risks 2015**. 10th edition. World Economic Forum, Geneva, Switzerland, 2015.

WEILL, M. A. M.; PIRES NETO, A. G. P. Erosão e assoreamento. In: SANTOS, R. F. dos. (org.). **Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília, DF: MMA, c. 4, p. 192. 2007.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. DELPHI – **Uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo**. Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v. 1, n. 12, p. 54-65, 2000.

ZIMBACK, C. R. L. **Levantamento semidetalhado dos solos da bacia do Rio Pardo no Municípios de Pardinho e Botucatu**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual.

10 ASSINATURAS

Dr. Anderson Antonio da Conceição Sartori

Dra. Joyce Reissler