

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS DE SOROCABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO AMBIENTAL

FERNANDO SALLES ROSA

**AVALIAÇÃO DO PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS (PSA) PARA A
PROTEÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS**

Sorocaba

2013

FERNANDO SALLES ROSA

**AVALIAÇÃO DO PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS (PSA) PARA A
PROTEÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade na Gestão Ambiental, Área de Concentração: Sustentabilidade, Ambiente e Sociedade.

Orientação: Prof^a. Dr^a. Kelly Cristina Tonello

Sorocaba
2013

Rosa, Fernando Salles
R788a Avaliação do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) para a proteção
de recursos hídricos / Fernando Salles Rosa. -- Sorocaba, 2013.
124 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, *Campus*
Sorocaba, 2013

Orientador: Kelly Cristina Tonello

Banca examinadora: Luiz Carlos de Faria; Roberto Wagner Lourenço
Bibliografia

1. Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA). 2. Meio ambiente –
políticas públicas. 3. Abastecimento de água. I. Título. II. Sorocaba -
Universidade Federal de São Carlos.

CDD 333.72

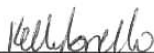
Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do *Campus* de Sorocaba.

FERNANDO SALLES ROSA

**CONTRIBUIÇÃO AO PAGAMENTO POR SERVIÇOS
AMBIENTAIS APLICADO À PROTEÇÃO DE RECURSOS
HÍDRICOS: O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIBEIRÃO DO MURUNDU – IBIÚNA, SP**

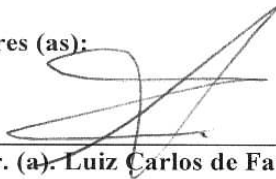
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental do Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade da Universidade Federal de São Carlos para obtenção do título de mestre em Sustentabilidade na Gestão Ambiental, Área de Concentração: Sustentabilidade, Ambiente e Sociedade.
Sorocaba, 31 de julho de 2013

Orientador (a):



Prof. (a). Dr. (a). Kelly Cristina Tonello
UFSCar Sorocaba

Examinadores (as):



Prof. (a). Dr. (a). Luiz Carlos de Faria
UFSCar Sorocaba



Prof. (a) Dr. (a). Roberto Wagner Lourenço
UNESP Sorocaba

À vida e à família acolhedora
do Seu Pedro “Barbudo” e
da Dona Paulínia, berço
profissional.

AGRADECIMENTOS

Novamente aos meus familiares, mãe, pai e irmã, pelo pleno apoio e incentivo aos caminhos que compõem a minha trajetória e minhas escolhas.

À professora Kelly Cristina Tonello, pela confiança permanente nas ideias e discussões, assim como pelas orientações precisas e construtivas, que me ensinaram a ser mais objetivo e otimista.

Ao professor Roberto Wagner Lourenço pela atenção, paciência e dedicação ao meu trabalho e à nossa amizade.

Ao professor e amigo Gustavo Soares Leão pela elucidação científica nas inúmeras conversas sobre a vida.

À professora Roberta Aversa Valente pelas críticas construtivas na qualificação.

À Nadja e ao Caique, pela compreensão, abrigo e comunhão de momentos especiais, me fazendo aprender a viver, mais e mais, um dia de cada vez.

Aos docentes, colegas, amigos e diálogos inesquecíveis da primeira turma do Mestrado Profissional em Sustentabilidade na Gestão Ambiental.

À colega de trabalho Cida Ribas, por ter confiado em meu potencial e ter permitido a essencial experiência, pessoal e profissional, de trabalhar em um município tão peculiar como Ibiúna.

Aos colegas de trabalho da Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Ibiúna, especialmente o Peterson de Almeida e a Jéssica Fiorense Staniscia, e demais servidores da Prefeitura, por serem grandes incentivadores e compreenderem esta trajetória, sempre esperançosos pela sua repercussão deste trabalho em prol do município.

À Araci Kamiyama, representante da SMA/CBRN/DDS, pela luta incansável para a implantação do Projeto Mina d'Água no Estado de São Paulo.

À todas as pessoas que de alguma forma estiveram presentes durante essa etapa de crescimento pessoal e profissional.

Falar do Brasil sem ouvir o sertão
 É como estar cego em pleno clarão
 Olhar o Brasil e não ver o sertão
 É como negar o queijo com a faca na mão

Esse gigante em movimento
 Movido a tijolo e cimento
 Precisa de arroz com feijão
 Quem tenha comida na mesa
 Que agradeça sempre a grandeza
 De cada pedaço de pão

Agradeça a Clemente
 Que leva a semente
 Em seu embornal
 Zezé e o penoso balé
 De pisar no cacau
 Maria que amanhece o dia
 Lá no milharal
 Joana que ama na cama do canavial
 João que carrega
 A esperança em seu caminhão
 Pra capital

Pisar no Brasil sem lembrar do sertão
 É como negar o alicerce de uma construção
 Amar o Brasil sem louvar o sertão
 É dar o tiro no escuro
 Errar no futuro
 Da nossa nação

Esse gigante em movimento
 Movido a tijolo e cimento
 Precisa de arroz com feijão
 Quem tenha comida na mesa
 Que agradeça sempre a grandeza
 De cada pedaço de pão

Agradeça a Tião
 Que conduz a boiada do pasto ao grotão
 Quitéria que colhe miséria
 Quando não chove no chão
 Pereira que grita na feira
 O valor do pregão

Zé coco, viola, rabeca, folia e canção
 Zé coco, viola, rabeca, folia e canção

Amar o Brasil é fazer
 Do sertão a capital...

Letra da música “Do Brasil” - Vander Lee

RESUMO

O Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) no estado de São Paulo é objeto da Política de Mudanças Climáticas e vem sendo executado para a proteção de nascentes, através do projeto piloto “Mina d’Água”, em 21 municípios. Dentre eles, o município de Ibiúna apresenta aptidão para esse instrumento econômico, pois está localizado em posição estratégica ao abastecimento público, possui uso predominantemente agrícola e encontra-se em duas Unidades de Conservação. Nesse contexto, a microbacia do ribeirão do Murundu foi selecionada para o desenvolvimento do projeto. Logo, o presente trabalho pretende, com base nesse território, aplicar ferramentas de estudos como contribuição ao PSA-Água. Inicialmente, com o objetivo de avaliar se a remuneração exclusivamente por nascente é a melhor estratégia para a participação e a geração de serviços ambientais, foi levantado o contexto socioeconômico ambiental e de percepção de proprietários, e avaliada a sua relação com a iniciativa estadual. Posteriormente, foram utilizadas geotecnologias visando determinar e quantificar localidades prioritárias para conservação e restauração. A primeira etapa consistiu: na sistematização do processo de implantação do piloto em Ibiúna; na avaliação e valoração de 63 nascentes; e em entrevistas semiestruturadas junto a 15 proprietários. Os resultados apontam para a geração de estímulos à manutenção da “floresta em pé”, com remuneração aproximada de R\$ 560,00 reais/ha/ano, e destaca que o pagamento em dinheiro não seria incentivo prioritário à participação. Com relação ao mapeamento, foi efetuada a tabulação cruzada entre os planos de informação de uso do solo e cobertura vegetal, e de declividade, possibilitando a seleção de prioridades para a geração de um mapa temático, a partir do qual foram executadas análises qualitativas e quantitativas, assim como a determinação de faixas de prioridades, quais sejam: máxima, alta, média e baixa. Respectivamente, 589,66 ha, 186 ha, 1186,64 ha e 659,67 ha correspondem a prioridades de conservação, ao passo que 151,48 ha 86,63 ha, 819,74 ha e 641,42 ha, representam as prioridades de restauração ecológica. Tais ferramentas utilizadas demonstraram-se aplicáveis no suporte à tomada de decisão e no desenvolvimento de pesquisas e políticas públicas em PSA, com foco no incremento da governança dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Pagamentos por Serviços Ambientais; políticas públicas; geotecnologias; priorização.

ABSTRACT

The payment for the environmental services in São Paulo, Brazilian state, results from Climate Changes Policy and it is being done to spring protection, by the Mina d'Água pilot project in 21 cities. Among them, Ibiúna city shows conditions for application of this economical instrument, because it is located in a strategic position for public supply, there is a predominantly agricultural use and occupation, besides it is inserted in two Conservation Units. In this context, the Murundu's stream watershed was selected for development of the project. Therefore, the present work intend, based in this territory, apply study tools as a contribution to the PSA – Water. Initially, in order to assess whether the remuneration exclusively by spring is the best strategy for participation and creation of environmental services, it was raised the environmental socioeconomic background and of homeowners perception, and evaluated their relationship with the state initiative. Posteriorly, they were used geotechnologies to determine and quantify priority locations for conservation and restoration. The first stage has consisted in: the systematizing the process of implementing of the pilot project in Ibiúna; the assessment and valuation of 63 springs, and in semi-structured interviews with 15 owners. The results point to the generation of stimuli for the maintenance of "standing forest", with approximate wage of R \$ 560.00 reais / ha / year, and highlights that the cash payment would not be a priority to encourage participation. Regarding the mapping, it was performed the cross-tabulation between the plans of information about land use and vegetative cover, and of declivity, enabling the selection of priorities for generating a thematic map, from which were performed qualitative and quantitative analysis, as well as the determination of priorities ranges, which are: maximum, high, medium and low. Respectively, 589.66 ha, 186 ha, ha, 1186.64 659.67 ha are priorities of preservation, whereas 151.48 86.63 ha, ha 819.74 and 641.42 ha represents the ecological restoration priorities. Such tools used proved to be applicable in supporting decision-making and the development of research and public policy in PSA, with focus on increasing the governance of water resources.

Keywords: Payments for Environmental Services; public policy; geotechnology; prioritization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - A lógica dos Pagamentos por Serviços Ambientais	10
Figura 2 - Cadeia de impactos de projetos PSA-Água.....	20
Figura 3 - A UGRHI-10, a APA Itupararanga e a bacia hidrográfica do Ribeirão do Murundu.	23
Figura 4 - Bacias hidrográficas do ribeirão do Murundu e do ribeirão do Paiol Grande	24
Figura 5 - Fluxograma de implantação do projeto “Mina d’Água” em Ibiúna	28
Figura 6 - Renda líquida das propriedades entrevistadas em 2011.	31
Figura 7 - Categorias, em hectares, de uso e cobertura do solo informadas pelos entrevistados.....	32
Figura 8 - Mapa hipsométrico da microbacia do ribeirão do Murundu, Ibiúna-SP.....	67
Figura 9 - Mapa de declividade da microbacia do ribeirão do Murundu, Ibiúna-SP.....	69
Figura 10 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da microbacia do ribeirão do Murundu, Ibiúna-SP.....	76
Figura 11 - Mapa de prioridades da microbacia do ribeirão do Murundu, Ibiúna-SP.....	84
Figura 12 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal em APP da microbacia do ribeirão do Murundu, Ibiúna-SP.	87
Figura 13 - Mapa de prioridades em APP da microbacia do ribeirão do Murundu, Ibiúna-SP.	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dados obtidos junto a Prefeitura e valores aferidos para as nascentes visitadas.	30
Quadro 2 - Classificação de prioridades selecionadas pelos entrevistados.....	34
Quadro 3 - Prioridades de conservação e restauração para geração do mapa temático	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Disposição a receber conforme informado pelos entrevistados	37
Tabela 2 - Classes de declividade relacionadas com as categorias hierárquicas e respectivas áreas.	70
Tabela 3 - Classes de uso do solo e cobertura vegetal e respectivas áreas na microbacia do ribeirão do Murundu, Ibiúna-SP	77
Tabela 4 - Dados da tabulação cruzada entre a declividade e o uso do solo e cobertura vegetal.....	80
Tabela 5 - Dados da distribuição de áreas com relação a cada classe de prioridade	83
Tabela 6 - Dados da ocorrência de usos do solo e cobertura vegetal em APP	86
Tabela 7 - Dados da ocorrência de prioridades em APP.....	88
Tabela 8 - Classes prioritárias à conservação e o valor de área em cada localidade prioritária	91
Tabela 9 - Classes prioritárias à restauração e o valor de área em cada localidade prioritária	92

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	viii
LISTA DE QUADROS.....	ix
LISTA DE TABELAS	x
SUMÁRIO	xi
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo Geral	3
2.2. Objetivos Específicos.....	3
3. DESENVOLVIMENTO	3
CAPÍTULO I - Levantamento do contexto socioeconômico ambiental e de percepção de proprietários elegíveis, e a avaliação da sua implicação à implantação do projeto “Mina d’Água”	4
1. INTRODUÇÃO	5
1.1. Objetivos Específicos.....	6
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
2.1. As lógicas do Pagamento por Serviços Ambientais.....	7
2.1.1. <i>Dispositivos jurídicos e o PSA no Brasil</i>	11
2.1.2. <i>O PSA e a sustentabilidade na gestão ambiental</i>	15
2.2. O PSA de proteção dos recursos hídricos no Brasil.....	18
2.2.1. <i>PSA no estado de São Paulo - O projeto público piloto “Mina d’Água”</i>	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1. Área de Estudo - Contexto local e regional	22
3.2. Área de Estudo - Aspectos físicos, biogeográficos e sociais	24
3.3. Elaboração do fluxograma de implementação do “Mina d’Água” em Ibiúna.....	25
3.4. Avaliação e valoração de nascentes elegíveis	26
3.5. Entrevistas semiestruturadas com proprietários rurais.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. Elaboração do fluxograma de implementação do “Mina d’Água” em Ibiúna.....	27
4.2. Caracterização e valoração de nascentes elegíveis.....	29
4.3. Entrevistas semiestruturadas com proprietários rurais.....	30
4.3.1. <i>Levantamento de dados socioeconômicos</i>	30
4.3.2. <i>Características de uso e ocupação do solo nas propriedades</i>	32

4.3.3. <i>Percepção com relação as possibilidades de incentivo em um projeto de PSA...</i>	33
5. CONCLUSÃO	38
CAPÍTULO II - Determinação de áreas prioritárias como suporte à tomada de decisão em um projeto de PSA-Água: O caso da microbacia do ribeirão do Murundu.....	40
1. INTRODUÇÃO	41
1.1. Objetivos Específicos.....	42
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	42
2.1. A produção de água como um serviço ambiental	42
2.1.1. <i>A bacia hidrográfica e o PSA-Água</i>	45
2.1.2. <i>Critérios de priorização e valoração para PSA-Água – Experiências</i>	48
2.2. Geotecnologias aplicadas à gestão de projetos de PSA-Água.....	53
3. MATERIAL E MÉTODOS	56
3.1. Elaboração do produto cartográfico digital	56
3.2. Delimitação das Áreas de Preservação Permanente de recursos hídricos	56
3.3. Geração do mapa hipsométrico e de declividade	57
3.4. Mapa de uso do solo e cobertura vegetal.....	58
3.4.1. <i>Aquisição das imagens de satélite e georreferenciamento</i>	58
3.4.2. <i>Classificação digital supervisionada</i>	59
3.4.3. <i>Obtenção do mapa temático</i>	62
3.5. Mapa de prioridades para um projeto de PSA-Água	64
3.5.1. <i>Utilização do método de tabulação cruzada</i>	64
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
4.1. Produto cartográfico digital e o mapa hipsométrico	66
4.2. Mapa de declividade	68
4.3. Mapa de uso do solo e cobertura vegetal.....	72
4.4. Mapa de prioridades.....	78
4.5. Quantificação de áreas nas APP's de recursos hídricos	85
4.6. Determinação e quantificação das localidades prioritárias ao PSA-Água.....	90
5. CONCLUSÃO	93
6. CONCLUSÃO GERAL	95
REFERÊNCIAS	96
APÊNDICE I - Formulário para entrevistas aos proprietários rurais	106

1. INTRODUÇÃO GERAL

O conceito de Pagamento por Serviços Ambientais - PSA e as inúmeras experiências de implantação em desenvolvimento pelo Mundo estão em permanente debate e construção, envolvendo diversas áreas do conhecimento.

Atualmente, Pagamentos por Serviços Ambientais - PSA podem ser definidos como um acordo voluntário entre pelo menos um “vendedor” (provedor) e um “comprador” (beneficiário) de um serviço ambiental claramente definido, ou de um tipo de uso do solo que, presumidamente, assegure tal serviço, sob a condição (condicionalidade) de garantia de provimento do mesmo por parte do provedor (WUNDER, 2005).

Em outras palavras, trata-se de um instrumento econômico que combinado a instrumentos regulatórios procura atribuir valores às externalidades positivas geradas tanto pelos ecossistemas naturais como pelos sistemas manejados ativamente pelo homem, de modo a garantir estímulos suficientes aos provedores, financeiros ou não, como forma de internalizá-las, induzindo a oferta de serviços ambientais em detrimento de atividades potencialmente degradantes, ou seja, deve compensar o custo de oportunidade do proprietário. (PAGIOLA & PLATAIS, 2007; SOMMERVILLE et al., 2009; MURADIAN et al., 2010).

Sendo assim, a difusão de sistemas de PSA constitui-se uma promissora estratégia na estruturação de políticas públicas ambientais voltadas ao aprimoramento das relações entre as atividades humanas e a natureza, fundamentadas nos princípios do direito ambiental, como o poluidor-pagador, o usuário-pagador e o protetor-recebedor. Os potenciais benefícios do PSA são amplos, e, dependendo da regulamentação a ser estabelecida para sua aplicação, tendem a atingir todos os segmentos da sociedade perante o desafio de equacionar pagamentos com maior ganho ambiental e social possível (NUSDEO, 2012).

Nesse sentido, caso seja possível estabelecer negociações entre provedores e beneficiários, destaca-se que para a implantação de um sistema de PSA os custos de elaboração e gestão (custos de transação) não devem ser maiores que os benefícios gerados, ou seja, a alocação de recursos deve ser capaz de alcançar objetivos ambientais com menores custos e maximizar os ganhos sociais agregados (MOTTA, 2005; BRASIL, 2011).

Discute-se, portanto, que não necessariamente precisa existir aumento de provisão de serviços ambientais (adicionalidade) se comparado a um cenário onde não há implantação de PSA, uma vez que serviços e práticas já ocorrentes podem ser incentivados (BRASIL, 2011). Tal condição demonstra-se, inclusive, mais atrativa do ponto de vista da participação do provedor e da viabilidade econômica perante aos custos de implantação e monitoramento de um esquema de PSA.

Experiências piloto de Pagamentos por Serviços Ambientais vêm sendo desenvolvidas em vários países tropicais, com abrangência e arranjos diversos. Logo, as discussões atuais em torno da estruturação de políticas nacionais justificam pesquisas voltadas ao encaminhamento e equacionamento dos conflitos concretos entre objetivos de eficiência e equidade na regulamentação do PSA.

O município de Ibiúna, devido as suas características socioambientais, foi selecionado como o único participante da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba e Médio Tietê para a implantação do projeto piloto de PSA no estado de São Paulo, denominado “Mina d’ Água”, e a microbacia do ribeirão do Murundu é o território em que o projeto está sendo desenvolvido.

Dessa forma, com base no estudo de caso da microbacia do ribeirão do Murundu, o presente trabalho foi dividido em dois capítulos, visando destacar a utilização de ferramentas que possam contribuir para a ampliação de possibilidades em projetos de pesquisa e em políticas públicas de PSA voltadas à proteção de recursos hídricos, denominado PSA-Água.

O capítulo I objetiva o levantamento do contexto socioeconômico ambiental e de percepção, junto aos proprietários elegíveis, e a avaliação da sua implicação à implantação do projeto “Mina d’ Água”, com base na legislação estadual relacionada. Para tal, sustentou-se a hipótese de que o pagamento em dinheiro por nascente/ano resulta em menor participação de proprietários, pois não atende suas prioridades, em menor área protegida e, por consequência, em menor geração de externalidades positivas, refletindo em menor incentivo do Governo e de demais beneficiários frente aos esforços de gestão do projeto.

O capítulo II, por sua vez, consiste na geração de mapas temáticos e na quantificação de áreas prioritárias à conservação e à restauração ecológica, as quais foram relacionadas com localidades de prioridade máxima, alta, média e baixa. Destaca-se como referencial a “Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados”, desenvolvida por Jurandyr Ross (2004), que subsidiou a

proposta de seleção de critérios para a priorização, com base na declividade, no uso do solo e cobertura vegetal e nas Áreas de Preservação Permanentes da microbacia. Elevou-se como hipótese, que a priorização é fundamental para o suporte à tomada de decisão em um projeto de PSA-Água, e que a seleção de critérios proposta tem potencial para aplicação prática em tais projetos.

De acordo com o exposto, entende-se que perante os desafios impostos pelas políticas públicas de PSA-Água, uma futura integração entre as prioridades sociais e ambientais, representaria um grande avanço rumo a sustentabilidade.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Aplicar ferramentas de estudos para a avaliação das possibilidades de implantação do Pagamento por Serviços Ambientais voltado à proteção dos recursos hídricos da microbacia do Ribeirão do Murundu, localizada no município de Ibiúna, Estado de São Paulo.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar com base na análise da legislação, dos esforços de gestão e dos critérios e valores relacionados ao projeto “Mina d’Água”, se o estímulo financeiro apenas à conservação de nascentes é efetivo como proposta piloto de PSA, diante do contexto socioeconômico ambiental da microbacia do Murundu e da percepção de produtores rurais elegíveis;
- Elaborar mapa temático de priorização de áreas para a conservação e para a restauração ecológica, como suporte à tomada de decisão em um projeto de PSA-Água.

3. DESENVOLVIMENTO

Para fins de organização do sumário, os Capítulos I e II serão incluídos no presente tópico para que seja possível estabelecer uma numeração dos itens de cada capítulo, a parte, sem prejudicar a sequência do texto.

CAPÍTULO I - Levantamento do contexto socioeconômico ambiental e de percepção de proprietários elegíveis, e a avaliação da sua implicação à implantação do projeto “Mina d’ Água”

1. INTRODUÇÃO

Os Pagamentos por Serviços Ambientais, em suas abordagens, surgem no âmbito dos esforços de preenchimento das lacunas dos instrumentos de comando e controle da gestão ambiental e buscam modificar os fluxos econômicos à favor daqueles que efetuarem ações para a manutenção de serviços ecossistêmicos.

Em outras palavras, trata-se de um instrumento econômico que procura atribuir valor aos benefícios gerados por ecossistemas e fomentar a oferta desses benefícios através de pagamentos aos agentes econômicos que contribuam para a provisão dos mesmos.

Apesar de se demonstrarem promissores, muitos são os debates em torno do desenvolvimento dos sistemas de PSA e da sua regulamentação nacional. O maior desafio é equacionar estratégias que envolvam pagamentos com o maior ganho ambiental e social possível, uma vez que por se tratar de um instrumento econômico, o PSA é observado a partir de uma lógica econômica. Tais discussões emergem principalmente com relação a equidade perante as comunidades em áreas de ecossistemas conservados, como, por exemplo, os proprietários rurais, agricultores familiares e outros pequenos proprietários.

Nesse sentido, segundo Hercowitz & Figueiredo (2011), para um sistema de PSA apresentar resultados ambientais significativos, ele deve identificar além das variáveis ecológicas e econômicas, as variáveis sociais que permitiriam/permitem que um serviço ambiental fosse/seja prestado, facilitando a negociação entre as partes e a provisão de tais serviços.

Diante desse processo de construção, o presente capítulo tem como premissa o reconhecimento de que, majoritariamente, os pequenos produtores rurais possuem limitações diversas para investirem em um manejo adequado, em práticas conservacionistas ou na restauração ecológica, com destaque para a condição financeira e a carência de assistência técnica. Tais fatores limitantes dificultam a adequação das propriedades rurais aos modelos de produção ambientalmente corretos, inclusive quando se trata do atendimento a legislação ambiental. Além disso, outros fatores, como a perda de área produtiva, perda da renda, custo com mão de obra e a falta de reconhecimento da sociedade pelos benefícios da preservação ambiental, especialmente das florestas, apresentam-se como entraves

à adequação ambiental pelos produtores rurais, para a internalização das externalidades positivas (JODAS, 2010; KAWAICHI, 2012).

Tal cenário enseja o levantamento do contexto socioeconômico ambiental e da percepção desses provedores em potencial, para verificação das suas prioridades. Esse processo se torna fundamental para permitir o desenvolvimento e a implementação dos projetos de PSA-Água, assim como para garantir os devidos esclarecimentos e a participação dos proprietários rurais, inclusive na própria formulação das regras do PSA.

Sendo assim, pretende-se identificar tal realidade na microbacia do ribeirão do Murundu, localizada no município de Ibiúna, na qual vem sendo implementado o projeto estadual piloto Mina d' Água, e verificar de que forma tal realidade interfere sobre a padronização normatizada pela Resolução SMA nº 123/2010.

Portanto, diante da legislação relacionada e com base nos esforços de gestão, critérios e valores propostos pelo projeto “Mina d'Água”, o presente capítulo tem por objetivo avaliar se o estímulo financeiro apenas à conservação de nascentes é efetivo diante do contexto socioeconômico e ambiental da microbacia do Murundu e da percepção de proprietários rurais elegíveis. Essas informações irão subsidiar a identificação de possibilidades de negociação entre provedores e beneficiários, inclusive com relação aos incentivos pela manutenção da “floresta em pé” e a verificação de outras formas de incentivos e remuneração.

1.1. Objetivos Específicos

- Delinear a cadeia de resultados do projeto piloto, até o momento, e sistematizar as etapas da fase de implementação no município de Ibiúna, avaliando os resultados obtidos perante o esquema público de PSA-Água;
- Avaliar e valorar nascentes na microbacia conforme os critérios propostos pela Resolução SMA nº 123/2010;
- Obter junto a produtores rurais, com nascentes, dados socioeconômicos, de uso do solo e cobertura vegetal nas propriedades, de percepção sobre PSA e de disposição a receber, e descrever os dados principais com base na estatística descritiva;
- Avaliar a pertinência dos valores de pagamento e dos critérios de habilitação dos proprietários, com relação as condições socioeconômicas e a percepção dos produtores rurais entrevistados; e

- Efetuar análises comparativas quantitativas entre os valores máximos do decreto regulamentador do PSA no estado de São Paulo, os valores de nascentes obtidos e os valores de disposição a receber aplicados aos dados de uso do solo e cobertura vegetal, conforme informações fornecidas pelos proprietários entrevistados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. As lógicas do Pagamento por Serviços Ambientais

Os impactos negativos das ações antrópicas afetam os chamados serviços ecossistêmicos, entendidos como os benefícios propiciados pelos ecossistemas que são imprescindíveis para a manutenção de condições necessárias à vida e que podem ser o objeto dos serviços ambientais, que por sua vez, favorecem a conservação, a manutenção, a ampliação ou a recuperação de serviços ecossistêmicos (WUNDER, 2005).

O Decreto paulista nº 55.947/2010, que regulamenta a Política de Mudanças Climáticas, estabelece distinção entre os serviços ecossistêmicos e os serviços ambientais. Os primeiros são conceituados como *“benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas”*, enquanto os segundos são definidos como *“serviços ecossistêmicos que têm impactos positivos além da área em que foram gerados”*.

De forma básica, os serviços ambientais podem ser categorizados tanto como *“de valor econômico direto”*, que são àqueles relacionados a capacidade dos ecossistemas em prover bens, como a água, alimentos, fibras, fitofármacos, recursos genéticos, entre outros, como *“de valor de uso indireto”*, necessários para que os outros serviços existam, os quais se referem àqueles relativos ao suporte da natureza, compreendendo a manutenção do volume e da qualidade dos recursos hídricos, a ciclagem de nutrientes, a formação de solos, o fluxo de genes, entre outros (BENJAMIN, 2001).

No presente trabalho, a terminologia *“serviços ambientais”* se referirá tanto aos serviços proporcionados ao ser humano por ecossistemas naturais, quanto os providos por ecossistemas manejados ativamente pelo homem (BRASIL, 2011).

Dessa forma, a destruição de ecossistemas e por consequência a perda dos benefícios oriundos de sua preservação, enseja a necessidade de soluções para a disponibilização dos serviços ambientais mediante um grande aporte de recursos

financeiros públicos e privados, buscando a reprodução dos serviços oferecidos gratuitamente pela natureza. (NUSDEO, 2012).

Nesse cenário, os serviços ambientais ganham espaço na discussão e no desenvolvimento de políticas públicas de preservação e de sua conciliação com a presença humana em áreas ambientalmente relevantes. Surgem então como proposta para a mitigação dos impactos ambientais negativos os Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), identificados como instrumentos econômicos, os quais consistem na promoção de estímulos para comportamentos desejados pelas políticas ambientais, através de medidas de menor custo aos provedores de serviços e aos administradores (NUSDEO, 2012).

Os instrumentos econômicos, conforme Seroa da Motta (2006), atuam no sentido de alterar o custo de utilização de um recurso ambiental ao incentivar a redução da demanda, gerando custos menores para o usuário realizar as reduções, pois permite a internalização das externalidades, de modo a tornar menor o custo total de controle da destruição do capital natural e suas consequências para a sociedade. No Brasil, alguns instrumentos econômicos já vêm sendo aplicados na área ambiental, como o ICMS Ecológico, a cobrança pelo uso da água, entre outros.

Nesse mérito, as externalidades correspondem aos custos ou benefícios cujos ônus ou vantagens recaem sobre terceiros, podendo ser negativas, como a poluição, ou positivas, como a preservação das florestas (BRASIL, 2011).

Logo, os Pagamentos por Serviços Ambientais como instrumento econômico podem vir a propiciar receitas financeiras às práticas conservacionistas, o que implica na redução dos custos daqueles que preservam devido a internalização das externalidades positivas. Estes complementam os fundamentais, porém insuficientes, instrumentos de comando e controle, que se caracterizam por fixar normas, regras procedimentos e padrões determinados para as atividades econômicas e ao direito a propriedade, visando assegurar os objetivos da preservação ambiental (NUSDEO, 2012).

A adoção dos instrumentos de comando e controle em um contexto nacional implica na impunidade, que somada à falta de incentivos, gera inevitavelmente a degradação do meio ambiente (ANDRADE & FASIABEN, 2009). Logo, o PSA surge como instrumento potencial de políticas públicas ambientais e não ocorre em um vácuo institucional, ou seja, depende de regulamentação, fator determinante para definição do desenho institucional, dos agentes que terão acesso, do orçamento e

dos incentivos para a inserção das comunidades abrangidas, de modo a permitir compensações pelos ônus financeiros da preservação (MURADIAN et al., 2009).

A possibilidade de transações sobre serviços ambientais, portanto, exige o surgimento de provedores e compradores identificados, dispostos a estabelecer a relação de fornecimento e pagamento, respectivamente. Tal relação consiste na remuneração, em dinheiro ou por outros meios, aos provedores responsáveis pela prestação de um determinado serviço ambiental, como forma de internalização. Sendo assim, um sistema de PSA depende: de um comprador que demanda o serviço, podendo ser por interesse voluntário, por governos e por regulamentações ambientais; de um provedor que oferte o seu comprometimento em manter os serviços ambientais; e da transação, que consiste em todo o processo de gestão necessário à execução da compensação financeira, mediante contratação e definição de compromissos entre as partes (BRASIL, 2011).

A relação proposta pelo PSA é, na maioria dos casos, voluntária, e permite possibilidades de negociação para que atividades de uso da terra se tornem mais competitivas que as tradicionalmente dominantes, que provêm menos serviços ou até mesmo causam danos ao meio ambiente. Logo, o objetivo do PSA é influenciar a adoção de atividades que proporcionam serviços ambientais, se tornando economicamente mais atrativas que as alternativas dominantes (PAGIOLA e PLATAIS, 2007).

O pesquisador Wunder (2005) esclarece que haverá condições para uma negociação caso o custo de prover o serviço somado aos custos de transação em realizar o negócio, forem menores do que o benefício socioambiental obtido conjuntamente pelos compradores (sejam locais ou globais). Além disso, o ganho econômico deve compensar o custo de oportunidades ao provedor.

Conforme definido por Moraes (2012), em um processo produtivo de bens ou serviços ambientais, o custo de oportunidade corresponde ao melhor ganho que se poderia obter utilizando determinado recurso ambiental em vez de outra atividade que não seja a produção, ou seja, é o valor atribuído à melhor alternativa econômica que o proprietário do recurso terá que “abrir mão” para fins de proteção ao meio ambiente. Como exemplo, o custo de oportunidade de não desmatar uma reserva de preservação ambiental para a agricultura ou pastagem seria o que se deixa de ganhar com a atividade renunciada.

A Figura 1, abaixo, ilustra a lógica de Pagamentos por Serviços Ambientais, elucidando o exposto acima:

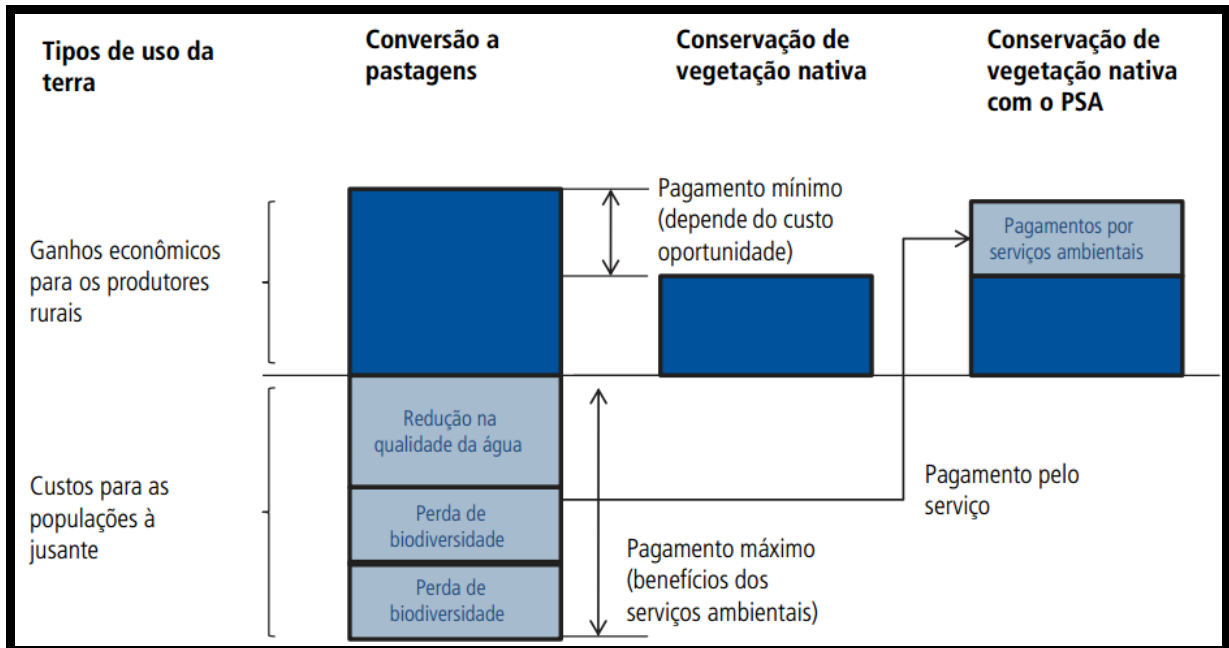


Figura 1 - A lógica dos Pagamentos por Serviços Ambientais

Fonte: PAGIOLA e PLATAIS (2007) in BRASIL (2011).

Outros aspectos importantes inerentes ao PSA são os conceitos de condicionalidade e de adicionalidade. O primeiro se refere a execução do pagamento quando verificado que o provedor executou determinada ação antecipadamente firmada entre as partes, necessária à provisão dos serviços ambientais, ao passo que o segundo diz respeito ao aumento na provisão dos serviços quando comparado ao cenário de uma linha de base, ou seja, quando avaliado em relação a um cenário onde não há a transação (BRASIL, 2011).

Alguns trabalhos inclusive sinalizam que para a maximização dos efeitos positivos do PSA, estes devem priorizar as terras mais seriamente degradadas, garantindo a adicionalidade (ENGEL, PAGIOLA & WUNDER, 2008), enquanto outros destacam que atividades que já vem sendo adotadas e vêm provendo serviços podem ser remuneradas com prioridade.

Nesse quesito, todo o sistema de PSA demanda, por parte dos compradores, o monitoramento tanto dos impactos diretos, por exemplo, a proteção de uma nascente contra a erosão, como os impactos indiretos, que estão relacionados aos objetivos finais de um sistema de PSA, por exemplo, a melhora da qualidade da água em uma bacia hidrográfica. Ambos impactos positivos demandam de tempo

(longo prazo) para serem sentidos e implicam em aumento nos custos de transação, podendo até tornar o PSA desinteressante. Logo, sabendo que os impactos positivos dificilmente irão variar em curto prazo, o monitoramento não deve ficar limitado a simples verificação do cumprimento dos compromissos assumidos pelos provedores, mas sim, a avaliação dos ganhos ambientais e sociais, inclusive por razões econômicas, a partir de uma linha de base que possa ser comparada no futuro (BRASIL, 2011).

Para finalizar, destaca-se que MURADIAN et al. (2010), argumentam que os incentivos exclusivamente financeiros podem ter impactos limitados sobre a participação dos provedores e sugerem a complementação com outros incentivos como a implementação de serviços à comunidade, a assistência técnica, políticas específicas para o desenvolvimento sustentável, entre outros.

2.1.1. Dispositivos jurídicos e o PSA no Brasil

Sob a visão técnica do direito, levando em consideração que as referências são em grande maioria de projetos piloto de PSA, surgem questões como: a consideração do direito de propriedade já vigente; a qualidade do gasto público; a essencial definição das condições para a classificação das externalidades como positivas e negativas; a regulamentação dos mecanismos de pagamento, de financiamento, de monitoramento e de verificação da efetiva provisão; a adicionalidade ao serviço ambiental; a questão da escala de abrangência; e a priorização social dos projetos (SHIKI & SHIKI, 2011).

De acordo com Jodas (2010), o PSA compreende basicamente dois princípios jurídicos orientadores: o da prevenção e o do poluidor-pagador. Através do primeiro busca-se *“evitar o colapso dos biomas que fornecem os serviços ambientais”*; enquanto que o segundo configura *“uma medida pedagógica que intui evitar o desperdício e promover a prevenção”*.

Com relação a Constituição Federal de 1988, o PSA encontra respaldo no artigo 225 e em demais sistemas jurídicos modernos que consideram o meio ambiente como direito fundamental e lhe atribuem valor intrínseco.

Mesmo antes do advento da Carta Magna, dois princípios previstos na infraconstitucional Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal n.º 6938/81) estão intimamente relacionados com a presente discussão, são eles:

- Novamente o princípio do poluidor-pagador, que tem como ideia central a proposta de internalização de externalidades negativas, ou seja, não é correto pagar para poluir, mas sim, investir no controle e/ou eliminação das fontes poluidoras; e
- O princípio do usuário-pagador, que estabelece que os usuários de recursos ambientais devem remunerar aqueles que prestam serviços ambientais, mediante a internalização das externalidades positivas.

Em um claro esforço por mudanças e aplicação dos princípios destacados, surge o conceito de “protetor-recebedor”, que recomenda que aqueles que efetivamente contribuem para a preservação e conservação da natureza (e dos serviços ambientais, conseqüentemente) sejam retribuídos, compensados de forma justa e equânime. No entanto, o conceito de “protetor-recebedor” ainda não constitui um novo princípio do direito ambiental (ALTMANN, 2008), apesar de sua lógica estar intimamente relacionada aos objetivos do PSA.

Apesar de consensos em algumas temáticas, persistem muitas dúvidas ainda a respeito dos fundamentos jurídicos do sistema de Pagamento por Serviços Ambientais (ANDRADE & FASIABEN, 2009). Destacam-se, por exemplo, quais os critérios relativos às externalidades negativas que transformam um antigo degradador em um “protetor-recebedor”, ou seja, há quanto tempo e em que condições foram produzidas as externalidades negativas? Além disso, quais as normas respeitadas na definição das externalidades negativas ou positivas, sob pena da indução do desrespeito generalizado à legislação vigente e aos princípios fundamentais? (HECKEN & BASTIAENSEN, 2010). Pondera-se ainda que “a prestação de serviços ambientais envolve um grau de incerteza quanto à efetiva provisão do serviço e do seu volume”, assim como existe o “risco de que a contrapartida ao pagamento não seja prestada, na falta ou falha de sistema de monitoramento”. Dessa forma, uma tradução normativa na formulação e implementação de operações e políticas de PSA, é fundamental (NUSDEO, 2012).

Contudo, partindo-se da suposição que o provedor de serviços ambientais poderá ser apenas quem demonstra domínio sobre o serviço ambiental, sendo capaz de garantir sua linear provisão durante determinado período, os Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) revelam-se ferramentas compatíveis e razoáveis em busca da efetivação de políticas públicas correlatas, como por exemplo, a

concretização, entendimento e respeito dos agricultores familiares para com o Código Florestal Brasileiro (JODAS, 2010).

De acordo com Nusdeo (2012), diante da insuficiência do mercado para atingir os objetivos da proteção ambiental e da equidade, os arranjos jurídicos, além da possibilidade de corrigir falhas no mercado, *“tem a capacidade de produzir resultados que o mercado não obteria sozinho”*, garantindo uma melhor inclusão e integração dos grupos de população menos favorecida, ligados à terra e ao meio ambiente natural, assim como definindo como essa integração se dará.

Tal complexidade e relativa novidade do assunto demandam que o direito ambiental brasileiro auxilie a estruturação dos sistemas de PSA, de maneira que os mesmos não se tornem, por exemplo, instrumentos meramente de assistência que não favorecem a condição de equilíbrio ecológico constitucionalmente estipulada (ALTMANN, 2008).

Há no Brasil alguma referência legislativa consolidada em relação ao PSA nos artigos 47 e 48 da Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidade de Conservação - SNUC, conforme segue:

“Artigo 47. O órgão ou empresa, público ou privado, responsável pelo abastecimento de água ou que faça uso de recursos hídricos, beneficiário da proteção proporcionada por uma unidade de conservação, deve contribuir financeiramente para a proteção e implementação da unidade, de acordo com o disposto em regulamentação específica”.

“Artigo 48. O órgão ou empresa, público ou privado, responsável pela geração e distribuição de energia elétrica, beneficiário da proteção oferecida por uma unidade de conservação, deve contribuir financeiramente para a proteção e implementação da unidade, de acordo com o disposto em regulamentação específica”.

Além dos dispositivos supramencionados, atualmente na esfera federal tramita o Projeto de Lei nº 5487/2009, que busca instituir *“a Política Nacional dos Serviços Ambientais, o Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais, estabelece formas de controle e financiamento desse Programa, e dá outras providências”*, o qual está apensado ao Projeto de Lei nº 792/2007, que versa sobre a definição dos serviços ambientais (BRASIL, 2011).

Diante das divergências e polêmicas, sobretudo na esfera econômica, legisladores convergem sobre a necessidade de aprovar um marco legal nacional para o Pagamento por Serviços Ambientais. Alguns aspectos que geram discussão

envolvem a questão da “desburocratização” dos pagamentos, visando o estabelecimento de condições mínimas para que esse tipo de benefício seja estimulado, assim como a inclusão de relações de privados ou da própria sociedade, além dos pagamentos com recursos públicos. Discute-se ainda sobre o custo-benefício do PSA e se esse instrumento econômico é lucrativo para o país (BRASIL, 2011). De maneira geral, as discussões vêm sendo feitas com uma boa participação da sociedade civil e das instituições que participam da implementação do PSA no país. Já surgiram pontos importantes, tais como: a isenção fiscal para PSA; a possibilidade de recebimento de pagamentos, mesmo em áreas de proteção legal; e a possibilidade de vinculação dos contratos à terra e não ao indivíduo, aumentando a segurança jurídica para contratos de longo prazo (BRASIL, 2011).

São sete os estados brasileiros que possuem legislação sobre PSA aprovada, sem que haja um marco regulatório nacional. No Estado de São Paulo, no âmbito do Programa de Remanescentes Florestais criado pela Política Estadual de Mudanças Climáticas (Lei nº 13.798/2009), o Decreto regulamentador nº 55.947/2010, institui o PSA para proprietários rurais (artigo 63) e garante que a Secretaria de Estado do Meio Ambiente estabeleça, através de normas próprias e reconhecendo os princípios, diretrizes e critérios estabelecidos pela lei, os projetos de PSA e suas respectivas ações, arranjos de implementação, critérios de elegibilidade, de habilitação e de contratação.

O Decreto paulista ainda estabelece que as operações financeiras serão efetuadas pelo Fundo Estadual de Controle e Prevenção da Poluição - FECOP, assim como estabelece que as faixas de valor a serem pagas:

“Artigo 65. - Os valores a serem pagos aos provedores de serviços ambientais deverão ser proporcionais aos serviços prestados considerando a extensão e características da área envolvida, os custos de oportunidade e as ações efetivamente realizadas, não podendo exceder a 100 UFESP's por hectare por ano e 5.000 UFESP's por participante por ano”.

O Decreto ainda define as categorias de produtores que podem se beneficiar:

“Artigo 3º [...]

IV - proprietários rurais conservacionistas: pessoas físicas ou jurídicas que realizam ações em sua propriedade rural que conservem a diversidade biológica, protejam os recursos hídricos, protejam a paisagem natural e mitiguem os efeitos das mudanças climáticas por meio de recuperação e conservação florestal, manejo sustentável de sistemas de produção agrícola, agroflorestal e silvopastoril”. [...]

Com efeito, a intenção e a estratégia do estado de São Paulo demonstram-se promissoras no sentido de estabelecer ordenamento jurídico para viabilizar o PSA e implementá-lo como política pública voltada ao alcance dos objetivos socioambientais da Política Nacional do Meio Ambiente, buscando valorizar os proprietários rurais e as possibilidades de desenvolvimento sustentável, inclusive no que diz respeito a viabilidade ao atendimento da legislação, destaca-se o Código Florestal Brasileiro.

2.1.2. O PSA e a sustentabilidade na gestão ambiental

Diante das perspectivas atreladas aos conceitos e dispositivos jurídicos preconizados pelo PSA, surge um questionamento: como lidar com a tendência ao sobreuso dos recursos ambientais e com a suboferta de serviços ambientais? O caminho para a resposta está intimamente relacionado com as opções de gestão a serem utilizadas para se atingir os objetivos almejados com o PSA.

Sob a ótica do desenvolvimento sustentável, Nusdeo (2012) aponta para os seguintes objetivos de uma política de PSA:

- Objetivos ambientais: garantir a efetividade da prestação do serviço sob uma perspectiva ampla relacionada ao equilíbrio ecológico da região, ou território, em que estão localizadas as áreas prestadoras dos serviços;
- Objetivos sociais: criar alternativas de geração de renda compatíveis com a preservação ambiental e com os estilos de vida próprios de determinadas comunidades, garantindo a manutenção de valores culturais e a valorização desses grupos, com destaque aos de menor renda, perante a sociedade;
- Objetivos econômicos: conceber os objetivos ambientais e sociais para que a geração de renda se torne um objetivo na medida em que apresenta como contrapartida ao alcance dos objetivos da preservação ou conservação.

Uma problemática econômica relacionada a formação de oferta e demanda ao PSA, é que muitos serviços ambientais ainda são entendidos como bens públicos, que são caracterizados pela “não exclusividade” e “não rivalidade”. O primeiro implica em altos custos, ou até mesmo na impossibilidade, de excluir alguém do uso ou dos benefícios de um externalidade positiva, ao passo que o segundo significa a falta de competitividade, ou seja, “o montante fornecido do bem para um indivíduo

não reduz o montante disponível para o outro". O problema nessa situação é que os benefícios dos serviços ambientais são obtidos por muitos, alguns podendo pegar carona nos esforços dos outros, instigando, assim, pouco incentivo em contribuir para projetos de PSA (BRASIL, 2011). Além disso, tal condição implica, inclusive, na ausência de incentivos para que o mercado privado proveja os serviços ambientais, uma vez indivíduos e empresa *"relutam em pagar por um serviço que será usufruído no mesmo montante por aqueles que não pagaram por eles"* (NUSDEO, 2012).

Há de se ressaltar ainda que como todo mecanismo econômico, há limitações inerentes às dificuldades relativas a existência e a identificação da demanda, qualificação, quantificação e precificação dos serviços ecossistêmicos (SHIKI & SHIKI, 2011). Nesse sentido, diversos estudos pelo mundo vêm buscando aprofundar os conhecimentos sobre os valores dos serviços ambientais, visando esclarecer os valores da biodiversidade e os impactos de sua perda (BRASIL, 2011).

Discute-se também que apesar do potencial da remuneração por tais serviços, o PSA, por carrear em sua gênese a mercantilização dos recursos naturais, apresenta o risco de reforçar a postura utilitarista que é o cerne da superexploração dos serviços ecossistêmicos (SHIKI & SHIKI, 2011). Além disso, o fato de pagar alguns produtores rurais por seus serviços prestados pode sugerir que os outros todos que não receberem não são obrigados a se comportar corretamente. Outro risco é a sugestão de que quem começa com o PSA e depois deixa de receber, a qualquer momento tem direito de destruir (JODAS, 2010).

Entre tais questões, emergem as fundamentais relativas à ética. Nesse sentido, Sawyer (2011) questiona se seria correto pagar alguém para não degradar ou se as externalidades negativas devem ser naturalmente incorporadas pelos produtores, ou simplesmente serem repassadas aos contribuintes ou consumidores. Por outro lado, as externalidades positivas exigem remuneração?

Em outro olhar, reforça-se que a utilização dos instrumentos econômicos vem se mostrando vantajosa no que diz respeito a viabilização da implantação de projetos na esfera governamental (GÓMEZ-BAGGETHUN et al., 2009), além de ter-se apresentado mais efetiva e menos custosas, quando comparadas àquelas fundamentadas no comando e controle (MURADIAN et al., 2009).

Por exemplo, o PSA implementado em Nova York na bacia de Catskill, que fornece água para a cidade, onde se verificou que a restauração da área seria 5

bilhões de dólares menos custosa do que a instalação de uma usina de pré-tratamento da água, sem contar com os custos operacionais (BRASIL, 2011).

A partir do exemplo apresentado, destaca-se que devido as características de bem público dos serviços ambientais, o Poder Público vem sendo o principal comprador dos serviços em várias situações e, portanto, a implementação dos projetos públicos de PSA deverão enfrentar importantes desafios políticos, como:

- Consolidar-se enquanto instrumento de gestão ambiental e não apenas como uma oportunidade de negócios para o provedor (SHIKI & SHIKI, 2011);
- Provar a sua importância como ferramenta de mitigação das mudanças climáticas e de escassez de água (VATN, 2010).

A partir daí, alguns formatos de pagamento ocorrem quando a remuneração é promovida por meio dos Governos, ou seja, quando o Estado assume as responsabilidades, através do pagamento diretamente aos provedores, ou do repasse para intermediários, como os municípios (VEIGA & MAY, 2010).

Nesse cenário, questiona-se até quando os serviços serão prestados e quanto se pagará quando atingirmos os limites dos ecossistemas? Será que efetuar pagamentos em determinadas áreas “para degradar e não recuperar outras” é sustentável, se a demanda por recursos continuar a ser insustentável? Até quando conseguiremos manter áreas protegidas se a demanda por tais recursos aumentar? E se a demanda aumentar, até quando será economicamente viável o PSA?

Como outro exemplo, pode-se determinar com relativa facilidade os gastos necessários para tratar a água contaminada do município de São Paulo. No entanto, ainda que existam tecnologias para tratar a água com custos que a sociedade possa pagar, é muito mais complicado estimar os prejuízos causados pela perda de serviços prestados pelas áreas úmidas, como o controle de enchentes e os habitats para a fauna e flora aquática (WHATELY & HERCOWITZ, 2008).

Diante de tantos questionamentos, a gestão ambiental precisa levar em consideração o conceito de capacidade de suporte, que relaciona os sistemas econômico e ecológico, ou os limites da interferência humana nos ciclos naturais, onde as intervenções acima destes limites podem causar mudanças imprevisíveis nos ecossistemas, para as quais muitas vezes não existe tecnologia capaz de revertê-las, ou, se existem, resultam em um significativo custo monetário. Logo, a

gestão ambiental deve ser capaz de analisar não apenas o impacto imediato das ações implementadas pelo PSA, como a remuneração propriamente dita, mas também suas consequências ecológicas e sociais (BRASIL, 2011).

Sendo assim, elevando os ensinamentos de Nusdeo (2012), é fundamental destacar que ainda que a compreensão sobre a dinâmica e a complexidade dos ecossistemas nos seus valores ecológicos, econômicos e socioculturais esteja em permanente avanço, é de extrema importância a compensação pelos ônus financeiros da preservação. Afinal, mais áreas preservadas implicam em menor produção econômica, o que corrobora para o PSA voltado à equidade social.

2.2. O PSA de proteção dos recursos hídricos no Brasil

A partir da conceituação apresentada, sabe-se que uma série de serviços ambientais ocorre nos territórios dos entes federativos como, por exemplo, aqueles associados a práticas de conservação do solo e de conservação e restauração florestal para a proteção de recursos hídricos nas propriedades rurais, permitindo o abatimento da erosão e a infiltração de água. Neste caso, observando-se a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, o aumento ou a manutenção de tais serviços, através da implantação de um esquema de PSA-Água, demanda que este esteja adaptado à realidade local em seus diversos aspectos e ao arranjo institucional e financeiro relacionado à gestão dos recursos ambientais em ecossistemas naturais, notadamente florestais.

No Brasil, com relação aos sistemas de PSA voltados à proteção de recursos hídricos, destacam-se o Programa Produtor de Água da Agência Nacional das Águas (ANA), seguido das políticas de caráter estadual e outras iniciativas. Predominam arranjos institucionais de no mínimo duas partes, com fonte de recursos dos orçamentos públicos, dos Comitês de Bacia Hidrográfica, de pessoas jurídicas relacionadas aos serviços de saneamento básico e de fundações e institutos. (BRASIL, 2011). Tal cenário demonstra que o instrumento PSA vem sendo reconhecido como uma importante ferramenta de gestão ambiental compartilhada em áreas estratégicas para a produção de água.

Vários autores (WUNDER, 2005; ENGEL, PAGIOLA & WUNDER, 2008) convergem acerca dos requisitos a serem observados para a implementação e funcionamento de um esquema de pagamento por serviços ambientais em bacias hidrográficas, destacando-se os seguintes requisitos:

- Instituição do marco legal prevendo o pagamento por serviços ambientais;
- Identificação do serviço a ser considerado e a sua região de abrangência; e
- Identificação dos usuários e beneficiários do serviço ambiental.

De uma forma mais detalhada, para a identificação e sistematização dos passos e fases necessárias ao estabelecimento de sistemas de PSA-Água, a organização de conservação ambiental The Nature Conservancy (TNC) propõe uma cadeia de resultados visando avaliar as iniciativas de PSA para a conservação de recursos hídricos na Mata Atlântica, que contempla: a definição dos arranjos institucionais, envolvendo a articulação e formação de parcerias; a prospecção das alternativas (rotas), que visa o levantamento de demandas e fontes de recursos; a fase de desenvolvimento, que contempla os diagnósticos socioeconômicos ambientais, as análises econômicas, a definição dos pagamentos e o formato de contribuição dos parceiros; a implementação propriamente dita, que envolve o engajamento dos proprietários rurais, a contratação, a execução das ações de conservação e os pagamentos; o monitoramento, que busca verificar os efeitos na qualidade e quantidade de água; e a replicação e alavancagem, que tem como intuito o ganho de escala dos projetos piloto (VEIGA, 2010).

O autor ainda destaca as rotas de PSA-Água, que visam identificar os possíveis indutores dos sistemas, quais sejam: os Comitês de Bacias Hidrográficas, que possuem como fonte de recurso em potencial a cobrança pelo uso da água; a criação de um arcabouço legal, conforme já apresentado; os compradores voluntários com pagamentos diretamente aos provedores; e os grandes usuários, que representam as iniciativas corporativas que possam dar suporte ao PSA-Água.

Diante do exposto, vale destacar os trabalhos de Medeiros et al. (2011), que demonstrou que 38,4% dos empreendimentos de geração de energia elétrica no Brasil ficam a jusante de áreas protegidas, representando um dos principais fatores de custo no processo de geração de energia elétrica. Ressalta-se ainda que muitos dos reservatórios são responsáveis pelo abastecimento público.

No que diz respeito aos desafios a serem superados para a obtenção de sucesso e de ganho de escala aos sistemas de PSA-Água, Veiga (2010), destaca:

- Do ponto de vista econômico: a disponibilização de recursos futuros e contínuos, inclusive pelos produtores rurais para o atendimento das

condicionalidades; os altos custos associados à restauração florestal e consequente assistência técnica; os altos custos de transação para a elaboração dos projetos, definição de áreas prioritárias, negociação e monitoramento dos contratos individuais com cada provedor; dificuldades na identificação dos custos totais dos projetos, inclusive devido as contrapartidas não-monetárias; e a necessidade de implementação caso a caso;

- Do ponto de vista técnico: baixa capacidade técnica para a gestão dos projetos e condução dos processos de restauração florestal; processos de monitoramento ausentes, deficientes ou em fase de implementação;
- Do ponto de vista institucional e legal: inexistência ou falta de regulamentação do arcabouço legal para garantir segurança jurídica; indefinição de regras fiscais; dificuldade na execução dos recursos públicos, devido aos processos burocráticos para contratação; desconhecimento por parte dos proprietários.

Considerando-se que muitos projetos de PSA se encontram em fase de implementação e o monitoramento ainda é deficitário, a Figura 2, abaixo, apresenta a cadeia de impactos de um projeto de PSA-Água.

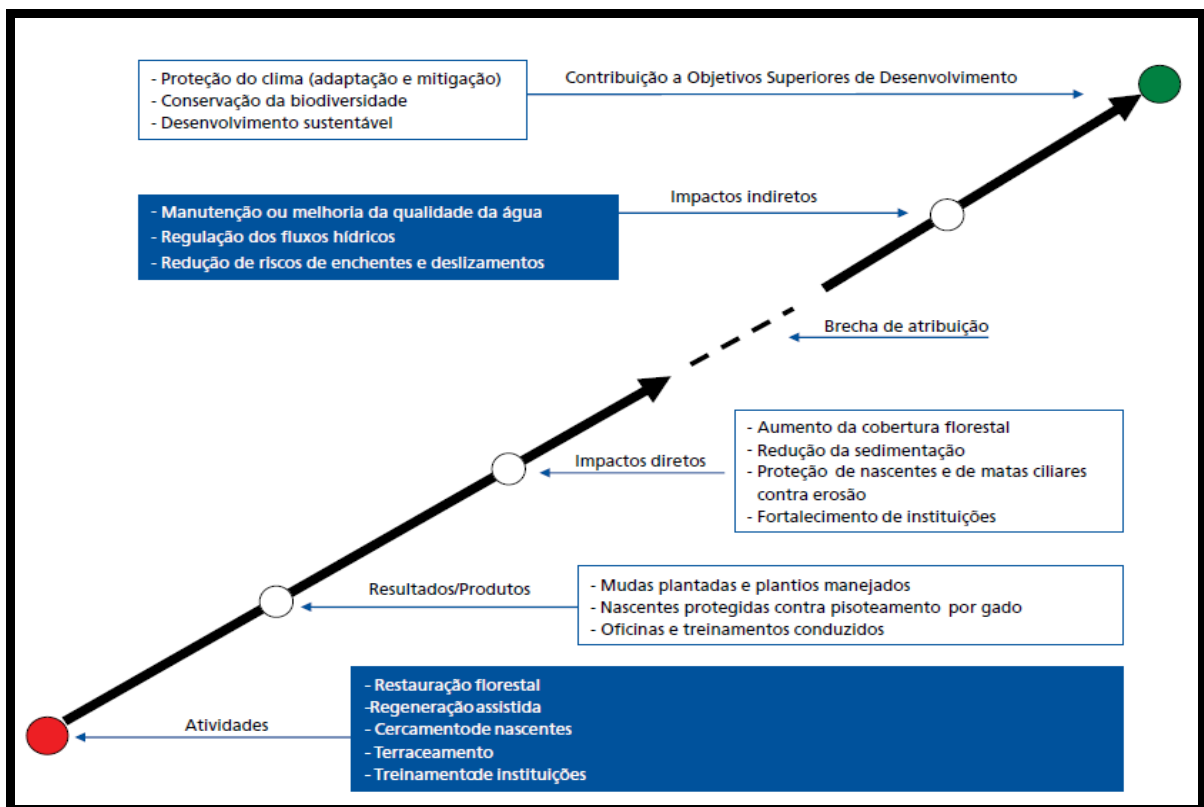


Figura 2 - Cadeia de impactos de projetos PSA-Água.

Fonte: BRASIL (2011).

Diante da cadeia de resultados proposta e dos gargalos destacados, nada pode impulsionar mais o processo de ganho de escala e replicação do que o avançar das políticas públicas nesta seara. A instalação da legislação pertinente e de programas correspondentes é importante, porque garantem os mecanismos legais de repasse de recursos aos produtores rurais e marcam o reconhecimento da importância de tais serviços para a sociedade. Contudo, fundamental se tornam os avanços para a capacitação técnica voltada à priorização de áreas, a verificação e incorporação das necessidades e interesses dos provedores nos projetos, visando que não sejam extremamente padronizados, e principalmente, o envolvimento dos grandes usuários de energia elétrica e concessionárias de saneamento básico.

2.2.1. PSA no estado de São Paulo - O projeto público piloto “Mina d’Água”

No Estado de São Paulo, o projeto “Mina d’Água”, Resolução SMA nº 123/2010, é uma iniciativa governamental desenvolvida pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SMA, no âmbito do Programa de Remanescentes Florestais criado pela Política Estadual de Mudanças Climáticas, Lei nº 13.798/2009 e Decreto nº 55.947/2010 (SÃO PAULO, 2010a). Tal projeto piloto visa a conservação de nascentes situadas em mananciais de abastecimento público, através da remuneração financeira aos proprietários rurais que pratiquem ações para a adequação ambiental das propriedades (SÃO PAULO, 2010b).

A implantação do projeto piloto ocorre através de convênios entre a SMA e 21 municípios, os quais assumem o papel de executores locais por meio de projeto aprovado no Fundo Estadual de Controle e Prevenção da Poluição - FECOP, órgão financiador dos pagamentos aos provedores selecionados (SÃO PAULO, 2012a).

A estratégia de formalização de convênios com Prefeituras Municipais para a implantação do projeto piloto de PSA é resultado da impossibilidade, em 2011, de execução de pagamentos diretamente aos proprietários rurais, da conveniência em incorporar as especificidades locais para as regras do projeto e para a tomada de decisões, e da necessidade de assegurar a capacidade operacional frente as limitações da administração estadual, que por sua vez prioriza o aprimoramento dos arranjos de implementação (SÃO PAULO, 2012a).

Em referencia a lógica descrita por Pagiola (2011) para sistemas de PSA financiados pelo Governo, o arranjo institucional básico do projeto piloto é composto pela Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais - CBRN/SMA,

especificamente o Departamento de Desenvolvimento Sustentável - DDS, que é responsável pelos treinamentos e assistência técnica às Prefeituras, que por sua vez operacionaliza a implantação, envolvendo a interação com os proprietários, a avaliação técnica, a definição dos planos de ação de cada nascente, o apoio no cumprimento dos mesmos, o monitoramento e o pagamento. Através dos Núcleos Regionais de Programas e Projetos - NRPP/CBRN, no caso de Ibiúna o NRPP VIII-Sorocaba, a SMA fica responsável em fornecer subsídios técnicos à adequação ambiental de cada propriedade. Por fim, construído o caminho de serviços entre provedores e usuários, mediante aprovação prévia de projeto e cumprimento de outros requisitos pela Prefeitura, o FECOP viabiliza o repasse de recursos não-reembolsáveis (SÃO PAULO, 2012a).

A habilitação dos proprietários está condicionada ao cumprimento dos critérios da Resolução SMA nº 123/2010, os quais integram o edital de licitação, modalidade chamamento público, quais sejam: inexistência de pendência junto ao Cadastro de Inadimplentes do Estado de São Paulo - CADIN; comprovação de título de propriedade (matrícula registrada em cartório de imóveis) ou de posse mansa e pacífica (escritura de venda e compra e outros documentos); e obtenção de declaração de andamento de processo de adequação ambiental expedida pelo NRPP VIII-Sorocaba, conforme Portaria CBRN nº 13/2012.

Para fins de contratação e pagamento, cada provedor habilitado fica sujeito a assumir os compromissos de adequação ambiental de acordo com o novo Código Florestal, Lei Federal nº 12.651/12, assim como executar os planos de ação elaborados pelo corpo técnico do município, visando conservar e restaurar nascentes para propiciar os impactos diretos aos recursos hídricos. Até o momento o monitoramento está restrito a verificação dos cumprimentos dos planos de ação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo - Contexto local e regional

A Estância Turística de Ibiúna possui área de 1.056 Km² e está localizada a 72 km da capital de São Paulo, nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio Sorocaba e Médio Tietê - UGRHI-10 e do Ribeira de Iguape e Litoral Sul - UGRHI-11 (IBIÚNA, 2011).

Neste território, sobre o Planalto Cristalino de Ibiúna (Serra de Paranapiacaba, Planalto Atlântico), em altitudes de 850 a 1.100 metros (VIDAL, 2007), a microbacia do Murundu está inserida na zona rural do município, no quadrante de coordenadas geográficas UTM (Universal Transverse Mercator) 267000 m a 277000 m E-W e 7363000 m a 7364000 m N-S e possui área aproximada de 4.400 hectares (MARQUES & KUSANO, 2009).

De acordo com o Plano Diretor Municipal, a microbacia hidrográfica está localizada na Macrozona de Destinação Rural e confronta com a Macrozona de Interesse Ambiental II (IBIÚNA, 2006).

Com relação as Unidades de Conservação, a microbacia está localizada na Área de Proteção Ambiental (APA) Itupararanga, especificamente na Zona de Conservação da Biodiversidade e na Zona de Conservação dos Recursos Hídricos (SÃO PAULO, 2011a), e inserida parcialmente na Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Jurupará - PEJU (SÃO PAULO, 2011b).

Conforme ilustrado na Figura 3, a rede hidrográfica que compõe a microbacia do Murundu está situada integralmente na sub-bacia do Alto-Sorocaba, na UGRHI-10, e na porção sul da APA Itupararanga, onde se destacam o rio Sorocabuçu, o rio Sorocamirim e o rio de Una, formadores do rio Sorocaba e do reservatório Itupararanga, responsável pela geração de hidroeletricidade utilizada pela Votorantim Energia e pelo abastecimento de cerca de 1,5 milhões de pessoas.

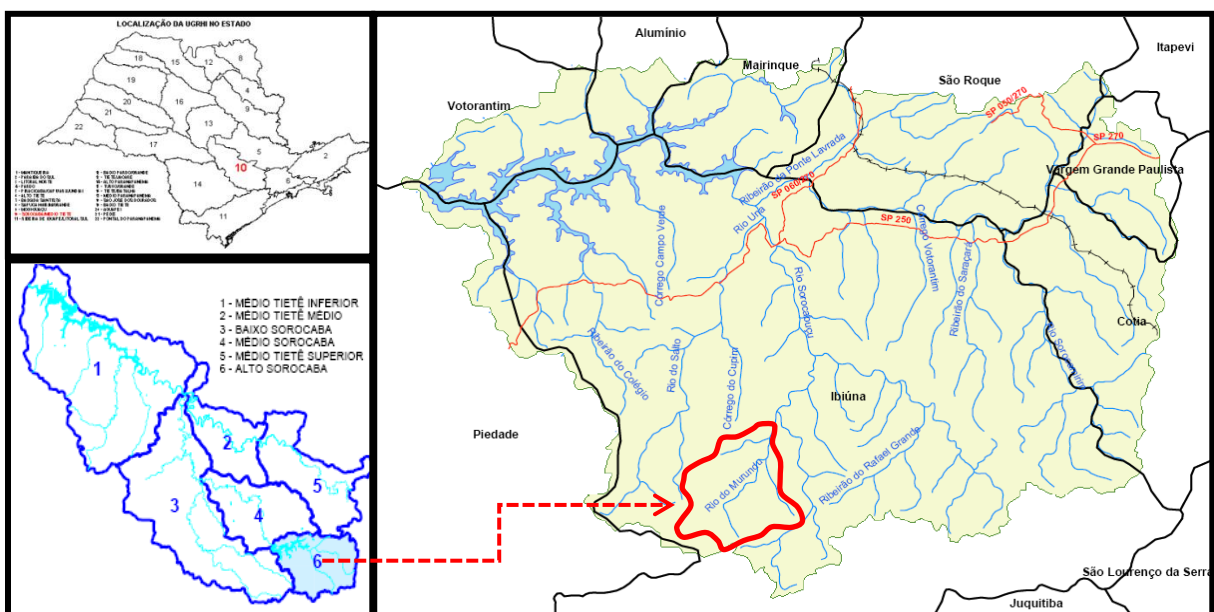


Figura 3 - A UGRHI-10, a APA Itupararanga e a bacia hidrográfica do Ribeirão do Murundu.

Fonte: Adaptado de CBH-SMT (2000); SÃO PAULO (2011a).

Com base neste breve levantamento, infere-se que Ibiúna é responsável por uma série de serviços ambientais relacionados a conservação de recursos hídricos de relevância, sobretudo, regional, apesar de estar situado muito próximo da Região Metropolitana de São Paulo, sofrer diversos vetores de pressão, assim como enfrentar os problemas decorrentes da realidade de uso do solo, o que demonstra posição estratégica para a implantação de sistemas de PSA-Água.

3.2. Área de Estudo - Aspectos físicos, biogeográficos e sociais

O clima para o município de Ibiúna, segundo a classificação de Koeppen, é o tropical de altitude (Cwa) com chuvas no verão e seca no inverno. Com relação as precipitações médias anuais, estão em torno de 1.309 mm. (CEPAGRI, 2012).

O Murundu é um canal de drenagem de 5ª ordem (Strahler, 1952) e ao ser reforçado pelo ribeirão do Paiol Grande (figura 4) forma significativa planície aluvial com vegetação típica e solo de má drenagem (CBH-SMT, 2000), e se torna o principal afluente do rio Sorocabuçu, manancial de abastecimento do município. Associada a densa rede hidrográfica e ao relevo montanhoso, a microbacia possui cerca de 250 nascentes e apresenta suscetibilidade alta a erosão (MARQUES & KUSANO, 2009).

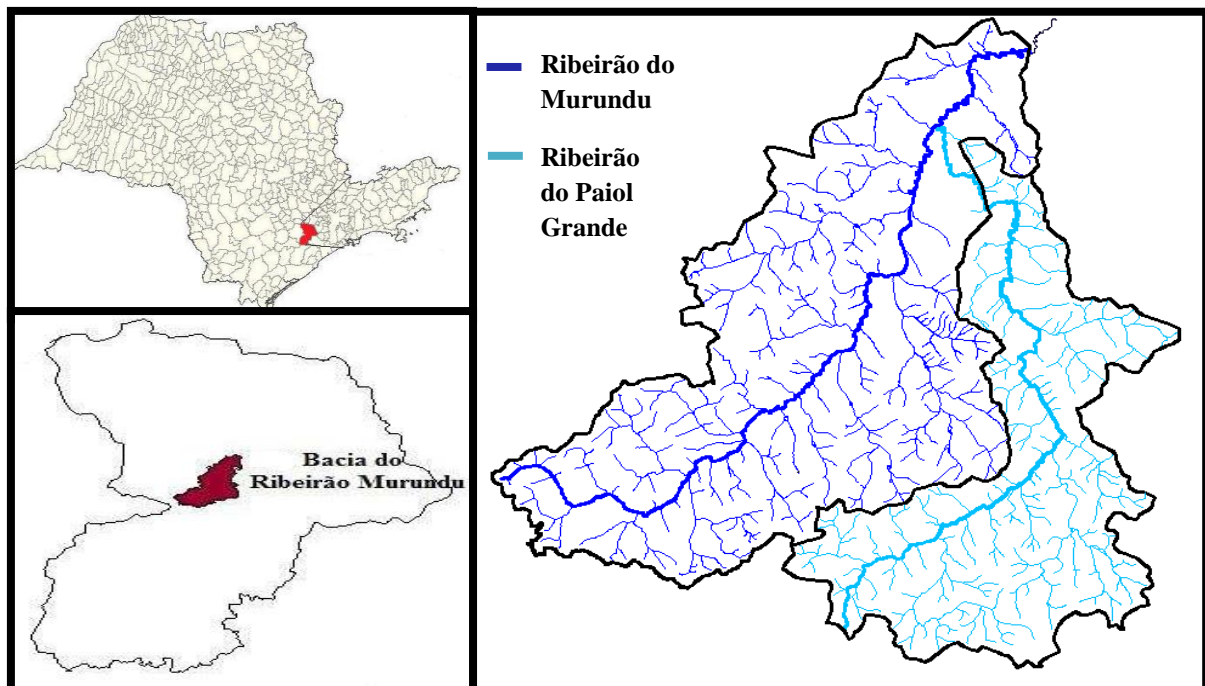


Figura 4 - Bacias hidrográficas do ribeirão do Murundu e do ribeirão do Paiol Grande

Fonte: Modificado de Marques & Kusano (2009).

A vegetação predominante é a Floresta Ombrófila Densa Montana (Bioma Mata Atlântica), sendo que porção significativa foi derrubada para o fornecimento de madeira e carvão e, posteriormente, para o estabelecimento de culturas agrícolas. Atualmente, apesar da existência de grande quantidade de fragmentos florestais nos diversos estágios de sucessão, o plantio de *Eucalyptus* spp., a produção rural e a especulação imobiliária, implicam em uma paisagem heterogênea que reflete o histórico de uso e cobertura do solo (VIDAL, 2007).

Estudos e mapeamentos desenvolvidos pela Universidade Estadual Paulista - UNESP Campus Sorocaba nas microbacias do Murundu e do Paiol Grande, verificaram que 15% das nascentes estão degradadas, que cerca de 60% da área total é coberta por vegetação nativa, que por volta de 30% do território possui áreas de 0 a 12% de declividade e que aproximadamente 50% da área apresenta declividade > 20%, as quais estão associadas a alta e muito alta fragilidade ambiental (LOURENÇO, 2011).

Com relação aos aspectos populacionais, a microbacia é composta pelo bairro do Piaí, caracterizado pelo significativo aglomerado de residências com características peri-urbanas, cerca de 200 domicílios, e pelo bairro do Murundu, com ocupação essencialmente rural e de segunda residência, como sítios e chácaras, totalizando aproximadamente 130 domicílios. Ambos são oriundos do crescimento de nichos familiares, resultando na divisão de grandes glebas em propriedades menores, muitas delas não registradas em cartório de registro de imóveis. Predomina no território a agricultura de base familiar, respondendo pela geração de renda da maior parte dos moradores (IBIÚNA, 2011).

3.3. Elaboração do fluxograma de implementação do “Mina d’Água” em Ibiúna

Diante da relevância da atuação das Prefeituras para a implantação do projeto piloto, foram obtidas informações junto a Secretaria do Meio Ambiente do município de Ibiúna, órgão executor do projeto, através da consulta aos documentos constantes no Processo Administrativo nº 11.638/2010, Volumes I, II e III. Dessa forma, foram sistematizadas todas as etapas de implantação através da elaboração de um fluxograma com o intuito de representar o processo de execução, assim como verificar as limitações e as potencialidades dos envolvidos frente as diretrizes do Governo Estadual. O intuito de tal método consistiu, principalmente, na possibilidade de replicação do procedimento em outras localidades.

3.4. Avaliação e valoração de nascentes elegíveis

Com base na análise preliminar da rede hidrográfica gerada por Marques e Kusano (2009), a microbacia foi percorrida *in loco* para reconhecimento dos corpos d'água, dos acessos às propriedades de interesse e dos detalhes a respeito do uso do solo e cobertura vegetal.

Foram obtidas informações junto a Prefeitura de Ibiúna referentes aos 40 proprietários da microbacia inscritos no projeto “Mina d'Água” e mediante agendamento prévio, foram realizadas, entre março à agosto de 2012, visitas técnicas nas propriedades. As visitas consistiram no acesso à cada nascente existente nos limites da propriedade, as quais foram avaliadas de acordo com os critérios e orientações da Resolução SMA nº 123/2010 (SÃO PAULO, 2010b).

A Resolução mencionada, além de estabelecer a remuneração para até 4 nascentes por proprietário, podendo ser pago até R\$ 300,00 reais por nascente por ano, define fatores para a valoração de cada nascente, quais sejam, o Fator de Proteção (F.P) e o Fator de Importância (F.I), os quais contemplam e estabelecem coeficientes à critérios referentes ao estado de conservação da nascente e de sua importância para o abastecimento.

Foram visitadas 63 nascentes elegíveis distribuídas em 25 propriedades. A faixa de proteção analisada em campo foi a Área de Preservação Permanente (APP) no raio de 50 metros ao redor de nascentes, representando uma área de 0,8 ha, tendo em vista a impossibilidade de aferir a área de nascentes difusas.

Após a aquisição dos dados foi realizada a tabulação e a valoração de cada nascente visitada, através da utilização de planilha de cálculo elaborada no formato Microsoft Excel pela SMA e fornecida às Prefeituras. Tal planilha relaciona os valores obtidos para cada fator, por nascente, e calcula o valor do pagamento, conforme a equação abaixo (1).

$$\text{Valor do pagamento} = \text{Valor de referência} \times (\text{F.P} + \text{F.I}) \times 0,2 \quad (1)$$

Critérios de avaliação:

Valor de referência (custo de oportunidade) = R\$ 150,00 reais (Modificado de SÃO PAULO, 2012a);

F.P - Fator de proteção da nascente (APP = 0,8 ha):

- Estágio sucessional (Inicial - 1 / Médio ou Plantio ou Regeneração assistida - 2 / Avançado - 4);

F.I - Fator de importância da nascente (APP = 0,8 ha):

- Sub-fator vazão (Pequena - 0,5 / Média - 1 / Grande - 2);
- Sub-fator uso (Comunidade Isolada - 0,5 / Sede - 1 / Regional - 2);
- Sub-fator localização (> 10 km - 0,5 / 10 Km < x < 5 Km - 1 / < 5 Km - 2).

Para cada proprietário visitado, os dados de quantidade de nascentes, de tamanho da propriedade, de área total de APP de nascente e de valor total a ser pago foram organizados em uma tabela e comparados entre si e com relação a legislação vigente.

3.5. Entrevistas semiestruturadas com proprietários rurais

Após as visitas foram realizadas entrevistas com 15 proprietários da microbacia, não necessariamente aqueles que tiveram as nascentes visitadas, mas produtores rurais, tendo em vista que estes praticam suas atividades econômicas no território.

Foi aplicada uma entrevista semiestruturada à cada proprietário (VERDEJO, 2006). O formulário, elaborado com base na consulta e estudo de referências relacionadas ao tema, foi subdividido em três blocos ordenados, respectivamente, em: levantamento de dados socioeconômicos; características de uso e cobertura na propriedade; e percepção do proprietário com relação as possibilidades de incentivo em um projeto de PSA (Apêndice I).

O formulário combinou perguntas abertas e fechadas, sendo estas categorizadas em dicotômicas (Sim/Não), tricotômicas (Sim/Não/Depende ou Desconhece) e de múltipla escolha, sendo de escala de prioridades e de seleção de um ou mais itens. Dentre as questões fechadas, algumas são dependentes e a maioria é mesclada com perguntas abertas (MARCONI & LAKATOS, 1999). Para o tratamento dos dados relacionados as prioridades (múltipla escolha escalares) foram estabelecidos pesos em ordem decrescente, variando do item considerado mais importante ao menos importante, seguida da soma dos valores totais atribuídos à cada item, possibilitando a classificação decrescente (SILVA, 1999).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Elaboração do fluxograma de implementação do “Mina d’Água” em Ibiúna

Com base na abordagem de Veiga (2010), a estratégia do Governo demonstra-se promissora, uma vez que o município está mais próximo de buscar, ou possuir, conhecimento sobre: a realidade socioeconômica ambiental do território; os potenciais atores (compradores voluntários e grandes usuários), inclusive para arranjos locais; e os potenciais provedores e as possibilidade de engajá-los. Tal

formato de desenvolvimento possibilita tanto a participação ativa do município na definição das atividades e das etapas para a implantação do projeto em âmbito estadual, como, a definição de áreas prioritárias de forma mais precisa.

Nota-se no fluxograma elaborado (figura 5) que a Prefeitura fica encarregada pela maior parte das atividades e que, em se tratando da implantação piloto, estas compreendem mais esforço administrativo do que técnico, que fica formalmente a encargo do Estado, o qual ainda precisa garantir tal apoio aos 21 municípios participantes. Portanto, a implantação demanda esforço político-administrativo, financeiro e técnico da Prefeitura, tanto para a aprovação da lei municipal, como para o custeio operacional (combustível, atividades de campo, divulgação, telefone etc) e sua medição, e para a execução da licitação, seleção e contratação dos provedores. Além disso, o contrato de repasse de recursos firmado entre o FECOP e o município, resulta em obrigações, inclusive de prestação de contas.



Figura 5 - Fluxograma de implantação do projeto “Mina d’Água” em Ibiúna.

Como resultado da implantação do projeto em Ibiúna, verificou-se nos documentos oficiais consultados, que na microbacia em estudo se inscreveram 40 proprietários, sendo que apenas 10 atenderam os requisitos exigidos para a contratação, tendo em vista o desinteresse dos demais no processo de juntada de documentação e da impossibilidade de obter, junto ao NRPP VIII-Sorocaba, a declaração de que a propriedade rural está em processo de adequação ambiental, conforme critérios estabelecidos pela Portaria CBRN nº 13/2012 (SÃO PAULO,

2012b). Com relação a estes 10 proprietários aptos, a soma dos valores de pagamento previstos à cada um, perfaz um montante de R\$ 6.480,0 reais por ano, para um total de 29 nascentes abrangidas, resultando em uma média de R\$ 648,0 reais/ano à cada provedor. Ao se comparar tal valor real com o financiamento total aprovado pelo FECOP, que foi de R\$ 45.000,0 reais por ano, com possibilidade de pagamento à 150 nascentes (IBIÚNA, 2011), é possível inferir que, em dois anos de trabalho, a gestão do projeto vem implicando em altos custos de transação diante dos resultados (VEIGA, 2010).

Deve-se salientar a importância da comunicação no processo de engajamento dos proprietários devido a inércia dos mesmos frente as intenções da Prefeitura, as obrigações a serem cumpridas ou que imaginam que terão que cumprir, e o valor a ser pago.

4.2. Caracterização e valoração de nascentes elegíveis

Ao se avaliar os valores apresentados no Quadro 1, foi verificado que a média de tamanho das propriedades visitadas é de 16,9 hectares e que a APP total passível de pagamento na modalidade conservação de nascentes é de 50,4 hectares. Tal quantidade de área a ser protegida corresponde a apenas 11,9% da área total das propriedades, valor menor do que a própria exigência de reserva legal prevista pelo artigo 12 do atual Código Florestal (PAPP, 2012). A partir de tal verificação e do entendimento proposto por Nusdeo (2012), questiona-se que o pagamento ao focar a manutenção e/ou restauração da APP da nascente, dever legal do proprietário, poderia avaliar a possibilidade de desencadear incentivos para o atendimento das próprias condicionalidades exigidas pelo projeto piloto em termos de adequação ambiental à legislação ambiental na propriedade participante. Dessa forma, a participação no projeto diminuiria o ônus para o proprietário em favor do benefício a ser gerado à sociedade, sobretudo à pequenas propriedade, podendo-se, inclusive, priorizar a conservação produtiva e/ou pagamentos mais atrativos no âmbito de um projeto de PSA-Água, frente a ausência de efetividade dos instrumentos de comando e controle.

Quadro 1 - Dados obtidos junto a Prefeitura e valores aferidos para as nascentes visitadas.

Proprietário	Nascentes	Propriedade (ha)	APP nascente (ha)	Valor (R\$/ano)
P1	3	17,0	2,4	495,0
P2	4	12,1	3,2	900,0
P3	4	9,6	3,2	450,0
P4	3	9,7	2,4	495,0
P5	4	24,2	3,2	510,0
P6	4	8,4	3,2	900,0
P7	1	21,6	0,8	225,0
P8	1	4,8	0,8	165,0
P9	2	7,2	1,6	300,0
P10	3	24,2	2,4	495,0
P11	3	4,8	2,4	510,0
P12	1	12,4	0,8	165,0
P13	1	2,0	0,8	240,0
P14	2	9,6	1,6	480,0
P15	3	7,2	2,4	720,0
P16	3	14,4	2,4	720,0
P17	1	7,2	0,8	240,0
P18	4	59,8	3,2	750,0
P19	2	14,5	1,6	450,0
P20	2	19,2	1,6	450,0
P21	1	16,8	0,8	225,0
P22	4	73,0	3,2	840,0
P23	3	15,8	2,4	675,0
P24	1	24,0	0,8	180,0
P25	3	2,5	2,4	675,0
TOTAL	63	422	50,4	12.075,0

Com relação a média dos valores a serem pagos em potencial, se comparada com a área média de nascentes a ser protegida, o valor em reais por hectare atinge R\$ 245,1 reais por hectare por ano. Logo, se avaliado tal valor com relação aos valores máximos definidos pelo artigo 65 do Decreto Estadual nº 55.947/2010, que é de 100 Unidades Fiscais do Estado de São Paulo (UFESP) por hectare por ano, ou seja, para 2012, R\$ 1.844,0 reais/hectare/ano, temos que a amostra de valor descrito representa apenas 13,3% da previsão legal. Pode-se verificar, portanto, que ao passo que o valor de UFESP varia anualmente, o valor previsto pelo projeto “Mina d’Água” ainda é o mesmo de 2010, sendo que o valor de UFESP não está embutido na equação (1) (SÃO PAULO, 2012a).

4.3. Entrevistas semiestruturadas com proprietários rurais

4.3.1. Levantamento de dados socioeconômicos

Dos 15 produtores rurais entrevistados, 13 são homens e 2 mulheres, a média de idade é de 55 anos (39-73 anos) e dos 12 proprietários residentes no território,

apenas 3 possuem ensino médio completo e 4 não são alfabetizados. Tais informações demonstram que a organização social é patriarcal, que a propriedade está propensa a ser administrada pelos herdeiros e que o grau de escolaridade do proprietário reflete na sua condição econômica.

Com relação a atividade econômica, predomina a produção agrícola convencional, principalmente familiar (10 propriedades - média de 3 pessoas da família trabalhando), de olerícolas como couve, brócolis, alface, rúcula, repolho, entre outras culturas. Alguns proprietários são empregadores de mão de obra local, arrendatários e meeiros, assim como atravessadores de proprietários menores, pois além de possuírem seus próprios entrepostos de beneficiamento, detêm caminhões, tratores e outros equipamentos, e conseguem encaminhar maiores cargas, principalmente ao CEAGESP, na cidade de São Paulo. Verificou-se também que 1 proprietário é apicultor, 1 está iniciando o plantio orgânico e 1 deixou de produzir.

No âmbito do projeto “Mina d’Água”, a média simples dos valores a serem pagos em potencial às propriedades com nascentes elegíveis (Quadro 1) representa cerca de 3% da renda média positiva das propriedades em 2011 (figura 6), que é de R\$ 1.435,0 reais/mês, o que pode gerar desinteresse dos provedores frente aos compromissos a serem assumidos (MURADIAN et al., 2010), sobretudo de adequação ambiental, cumprimento dos planos de ação e monitoramento do Poder Público. Além disso, 4 proprietários já foram autuados pela Polícia Militar Ambiental, sendo que 2 deles estão com obrigações administrativas em curso, e apenas 5 proprietários possuem matrícula individualizada. Tal situação representa um empecilho frente as condições socioeconômicas para regularização e consequente enquadramento às exigências impostas pela Portaria CBRN nº 13/2012.

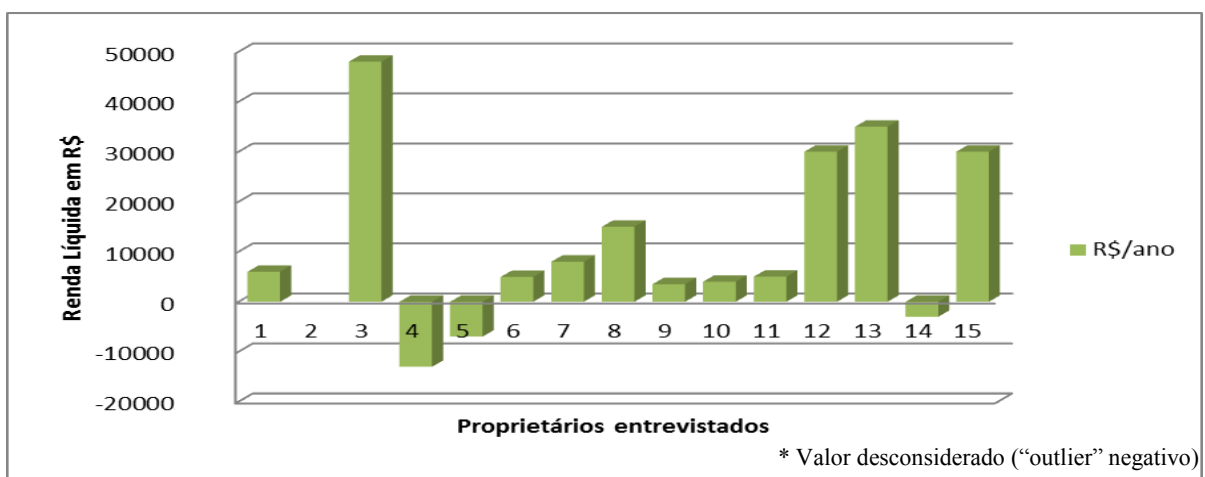


Figura 6 - Renda líquida das propriedades entrevistadas em 2011.

4.3.2. Características de uso e ocupação do solo nas propriedades

Conforme dados fornecidos pelos proprietários, apresentados na Figura 7, a média de tamanho das propriedades também é de 16,9 hectares e da área total das mesmas, 42% está coberta por vegetal nativa (134,3 ha), 41% corresponde à produção agrícola (131,9 ha), seguida de 5% de áreas de criação (16,4 ha) e 4% de pastagens (13,3 ha). Os demais 8% compreendem usos como áreas construídas ou abandonas, tanques, açudes e várzea (26,2 ha).

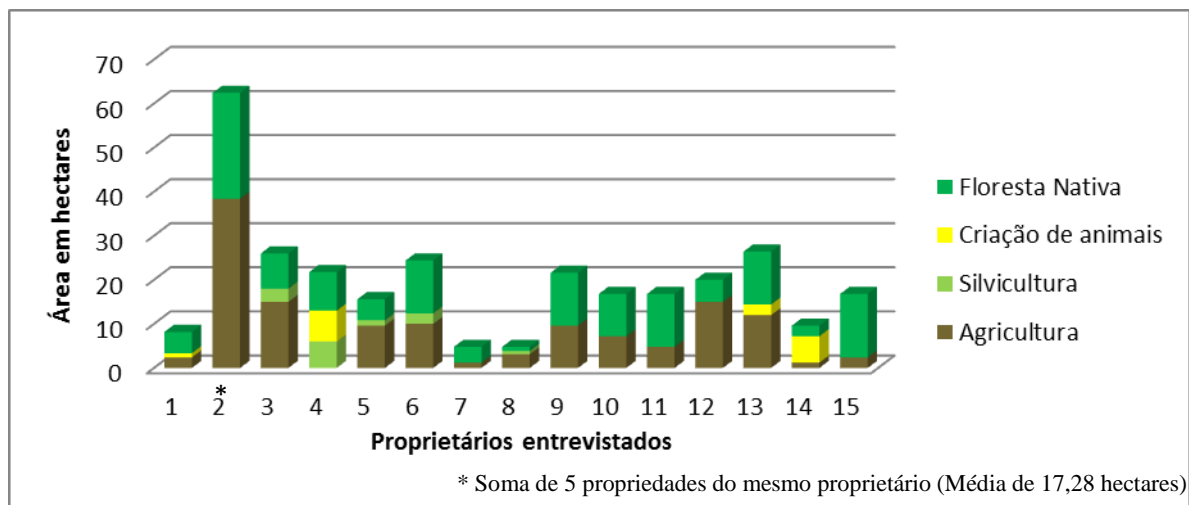


Figura 7 - Categorias, em hectares, de uso e cobertura do solo informadas pelos entrevistados.

Em comparação com o projeto “Mina d’Água”, que prevê financiamento para até 150 nascentes por município, este protegeria, no mínimo, 120 hectares de APP, ao passo que a cobertura florestal das propriedades entrevistadas já totaliza 134,3 hectares. Destaca-se que a mencionada porcentagem de cobertura vegetal também está significativamente acima da porcentagem de reserva legal e, devido a densa rede hidrográfica e declividade da microbacia, supostamente está associada a Áreas de Preservação Permanente - APP. Quando analisadas algumas propriedades individualmente, verifica-se uma cobertura vegetal expressivamente além dos 42%, como, por exemplo, 86%, o que reforça a perspectiva do pagamento por “floresta em pé”, pela relevância ecológica e de serviços ambientais, pelos esforços dos proprietários para a proteção e para a regeneração, e devido aos custos de oportunidade resultantes, conforme verificado por Kawaichi (2012).

A partir de tal cenário apresentado, destaca-se o potencial da microbacia para enquadramento no novo Código Florestal no que diz respeito as Cotas de Reserva Ambiental (CRA) como incentivos ambientais (artigo 44 e o artigo 50). Basicamente,

a CRA consiste na tentativa de viabilizar o aproveitamento (jurídico e econômico) de áreas de vegetação nativa que excedem as obrigações impostas pela legislação ambiental, permitindo que imóveis que possuam florestas em percentuais inferiores àqueles definidos como Reserva Legal, *“possam cumprir sua obrigação por meio da aquisição de CRA’s geradas por outro imóvel, que possui excedente de vegetação”* (PAPP, 2012). Para facilitar a negociação entre esses proprietários, foi criada uma bolsa no Rio de Janeiro.

Com relação a adoção de boas práticas agrícolas, 9 proprietários teriam o interesse em alterar sua produção para orgânica, ou para hidroponia, ou apenas para algo que aumente a rentabilidade na produção agrícola. Logo, tendo em vista que a área de produção é significativa, e que esta é a essência social de labor e de renda (e que não pode ser perdida), diante da relevância da região para a proteção de recursos hídricos, da necessidade de cumprimento da nova legislação florestal e do potencial de turismo e pesquisa, o PSA surge, de fato, como uma alternativa recíproca de valorização do homem no campo e do ambiente.

Também foi possível verificar que somente 2 propriedades possuem reserva legal averbada e que 6 proprietários desconhecem o que significa tal exigência. Situação semelhante ocorre com a outorga de algum uso da água, sendo que somente 1 proprietário possui outorga para irrigação, e investiu R\$ 4.000,00 reais por isso, enquanto 2 desconhecem o que significa tal autorização. Além disso, somente 2 proprietários possuem acompanhamento técnico. Outros buscam auxílio na loja de insumos ou então sequer tiveram contato nos últimos dois anos. Tal situação representa um empecilho frente a falta de informação, as condições socioeconômicas para adequação ambiental e consequente enquadramento perante as exigências da Portaria CBRN nº 13/2012.

4.3.3. Percepção com relação as possibilidades de incentivo em um projeto de PSA

Todos os proprietários entrevistados consideram “muito importantes” e “importantes” os recursos naturais existentes na propriedade, apenas 4 possuem algum conhecimento sobre o que é PSA e 9 proprietários possuem interesse em obter conhecimento sobre o assunto, principalmente mediante profissional habilitado em projeto relacionado. Logo, diante desses quesitos iniciais, e de um breve esclarecimento sobre PSA ao entrevistado, apesar da personalidade do entrevistador, 4 proprietários tem interesse em participar de um projeto de PSA, 3

não possuem tal intenção e 8 informaram que participariam mediante condições, as quais merecem ser apresentadas, quais sejam: “se não for burocrático”; “se não prejudicar a produção”; “se não houver custos para participar”; “se adquirir uma outra propriedade”; “se acharem que merece” e “se não tomar muito tempo”. Destaca-se que um dos proprietários reforçou que o PSA seria fundamental, inclusive, para que ele não vendesse a propriedade e desenvolvesse nela atividades econômicas sustentáveis.

Com base no exposto, pode-se inferir que o assunto causa receio aos proprietários, podendo induzir a inércia, haja vista as condições estabelecidas pelos próprios entrevistados, como observado a cima. Tais condições poderiam facilitar a participação dos proprietários e podem ser denominadas como “inversas”, uma vez que a doutrina comumente aborda condicionantes impostas ao provedor como contrapartidas ao pagamento e não impostas ao beneficiário como indutor da participação do provedor, as quais geralmente só ficam restritas a valores de pagamentos, muitas vezes não negociáveis.

No caso da classificação de prioridades selecionadas pelos entrevistados, seguem no Quadro 2 os resultados com relação ao julgamento sobre a importância de um projeto de PSA, aos incentivos que optariam receber, a modalidade de preferência e ao que estariam dispostos a fazer para o pagamento por serviços ambientais.

Quadro 2 - Classificação de prioridades selecionadas pelos entrevistados

Perguntas	Ranking	Prioridade
Qual a importância de um projeto de PSA?	1º	Proteger o meio ambiente
	2º	Auxiliar os beneficiários
	3º	Auxiliar os provedores
Quais incentivos que optariam receber?	1º	Assistência técnica
	2º	Regularização da propriedade - obtenção de outorga, do título da propriedade, da averbação de reserva legal etc.
	3º	Desconto no ITR
	4º	Pagamento em dinheiro
		Apoio ao plantio de vegetação nativa
5º	Apoio ao turismo na propriedade	
Qual a modalidade de preferência?	1º	Por nascente
	2º	Por floresta nativa
	3º	Para uma produção rural que proteja o meio ambiente
	4º	Para a recuperação com plantio de vegetação nativa

O que estariam dispostos a fazer para o pagamento? (condicionalidade)	1º	Conservar/recuperar nascentes
	2º	Preservar a vegetação nativa
	3º	Adotar prática de manejo correto do solo
	4º	Recuperar áreas com plantio de vegetação nativa
	5º	Adotar prática mais econômica de uso da água
	6º	Substituir prática econômica em áreas legalmente protegidas

É possível verificar que os proprietários podem não estar tão dispostos a participar de um projeto de PSA, já que não se sentiriam como maiores auxiliados. Por outro lado, o apelo à proteção do meio ambiente e à provisão de benefícios aos demais, permite que haja uma negociação pautada, novamente, no entendimento da lógica proposta pelo potencial provedor.

Portanto, o viés para instigar tal possibilidade de negociação e participação está associado diretamente à priorização dos incentivos verificada, no caso a assistência técnica e a regularização da propriedade, que segundo Somerville et al. (2009) e Muradian et al. (2010) são completamente viáveis, pois associados ou em detrimento ao pagamento em dinheiro, não permitiriam que os proprietários se livrassem de conservar em solidariedade ou altruísmo (o que parece existir na área de estudo) e nem perdessem a motivação, julgando que o pagamento se trata de um direito. Tal possibilidade de incentivos poderia, inclusive, resultar em pagamentos monetários abaixo do custo de oportunidade, perante a satisfação dos envolvidos e dos ganhos internalizados. Destaca-se que o desconto do ITR seria insignificativo, já que representa, na média das propriedades, R\$ 50,0 reais/ano, e que o desinteresse pelo apoio ao turismo na propriedade representa algo a ser trabalhado em uma Estância Turística Estadual. Sugestiona-se, ainda, que no âmbito do projeto “Mina d’Água”, diante das imposições da Portaria CBRN n° 13/2012, da legislação ambiental e do histórico fundiário da microbacia hidrográfica, o incentivo à regularização seria a uma “porta de entrada” para sistemas de PSA, entre outros benefícios.

Já com relação a possibilidade de ampliação da área disponível ao pagamento, o interesse em receber por nascente e por floresta nativa indica a percepção conservacionista dos proprietários, o que se confirma com as prioridades de disposição a cumprir, das quais se destaca o interesse na adoção de práticas de manejo adequado do solo, sobretudo, em razão do interesse na melhoria da produtividade, o que de fato, está ligado com a escolha da assistência técnica como

incentivo prioritário. Contudo, a substituição de prática econômica em área legalmente protegida e a recuperação de áreas, a qual não se demonstra relevante perante a cobertura vegetal existente e aos impasses da nova lei florestal, representam um desafio que, preferencialmente, podem ser adotados gradativamente no âmbito de um projeto de PSA, mediante conservação produtiva, como sistemas agroflorestais, de forma educativa e técnica.

No caso da disposição a receber, os entrevistados foram questionados em pergunta aberta sobre o quanto esperariam, em dinheiro, por hectare de floresta protegida por ano e por nascente por ano. Apesar da grande dificuldade, todos responderam as questões e os dados seguem apresentados na Tabela 1. Foram excluídos aqueles valores a cima de R\$ 1.844,0 reais/hectare/ano (100 UFESP/ha/ano em 2012) para “floresta em pé” e de R\$ 1.475,2 reais/hectare/ano para nascente (considerando 0,8 ha de APP). Sendo assim, obteve-se para “floresta em pé” uma média simples de R\$ 560,0 reais/hectare/ano, com 12 valores propostos, e uma média de R\$ 490,5 reais/hectare/ano para a APP da nascente, com dez valores propostos. Em comparação com os valores previstos no âmbito do projeto “Mina d’Água”, verifica-se que o valor máximo de R\$ 300,0 reais/nascente/ano ou R\$ 240,0 reais/hectare/ano, está aquém do verificado como demanda. Além disso, infere-se que a “floresta em pé”, por estar mais sujeita ao desmatamento, ou seja, por muitas vezes ser considerada como um “elefante branco”, apresentou valores maiores.

Quando o valor de R\$ 560,0 reais/hectare/ano referente a expectativa de pagamento aferida para a “floresta em pé” é aplicado aos dados de cobertura vegetal de cada um dos 15 proprietários entrevistados, pôde-se obter os valores a serem pagos em potencial, sendo que o valor máximo atingiu R\$ 13.440,0 reais/ano e o mínimo R\$ 504,0 reais/ano, com uma média simples de R\$ 5.383,0 reais/ano à cada proprietário. Todos os valores estão muito aquém do valor máximo permissível estabelecido pelo Decreto Estadual nº 55.947/2010 (artigo 65), de 5.000 UFESP por participante por ano, que atingiu em 2012, o montante de R\$ 92.200,0.

Além disso, para cada proprietário, quando comparados os valores a serem pagos em potencial por ha/ano de APP de nascente e de “floresta em pé”, é possível inferir que a remuneração pela “floresta em pé”, na maioria dos casos, é mais atraente do ponto de vista econômico e ambiental, tendo em vista a provisão dos serviços ambientais em maior área de cobertura florestal, inclusive associada as

nascentes e outras localidades prioritárias, possibilitando melhores condições de negociação. Convém destacar que a média simples dos valores a serem pagos em potencial para a “floresta em pé” representa cerca de 30% da renda média positiva das propriedades em 2011, que é de R\$ 1.435,0 reais/mês.

Tabela 1 - Disposição a receber conforme informado pelos entrevistados

Proprietário	Nascentes	Cobertura Vegetal (C.V) da Propriedade (ha)	Nascente (R\$/ano)	Nascente - 0,8 ha APP (R\$/ha/ano)	Nascente APP x R\$ 490,5 (R\$/ha/ano)	Vegetação (R\$/ha/ano)	C.V x R\$560,0 (R\$/ha/ano)
P1	2	4,8	7.464,0	5.971,2*	981,0	3.600,0*	2.688,0
P2	3	24,0	200,0	160,0	1471,5	620,0	13.440,00
P3	2	8,0	620,0	496,0	981,0	300,0	4.480,0
P4	4	8,7	1.000,0	800,0	1962,0	500,0	4.872,0
P5	4	4,8	3.600,0	2.880,0*	1962,0	600,0	2.688,0
P6	2	12,0	310,0	248,0	981,0	620,0	6.720,0
P7	1	3,6	500,0	400,0	490,5	1.500,0	2.016,0
P8	2	0,9	500,0	400,0	981,0	500,0	504,0
P9	2	12,0	3.600,0	2.880,0*	981,0	14.400,0*	6.720,0
P10	3	9,6	1.000,0	800,0	1471,5	417,0	10.976,0
P11	2	12,0	1.000,0	800,0	981,0	417,0	6.720,0
P12	2	5,0	2.400,0	1.920,0*	981,0	500,0	2800,0
P13	2	12,0	1.000,0	800,0	981,0	1.000,0	6.720,0
P14	4	2,4	1.800,0	1.440,0	1962,0	750,0	1.344,0
P15	1	14,4	10.000,0	8.000,0*	490,5	2.083,0*	8.064,0
MÉDIA	-	-	-	490,5	-	560,0	5.383,0

* Valores desconsiderados por estarem acima do previsto pelo Decreto Estadual nº 55.947/2010 (artigo 65).

Ainda considerando o dispositivo da regulamentação da Política Estadual de Mudanças Climáticas, que estabelece *que “os valores deverão ser proporcionais aos serviços prestados considerando a extensão e características da área envolvida, os custos de oportunidade e as ações efetivamente realizadas”*, este afirma a perspectiva de remunerar a “floresta em pé”, com enfoque na proteção de fragmentos florestais entre propriedades, inclusive sem nascentes, podendo até imputar menores esforços de ações condicionantes, o que permitiria voltar parte dos recursos disponíveis para a assistência técnica, extensão rural e a regularização da propriedade, incentivando, sobretudo, as boas práticas agrícolas.

Por fim, com relação ao questionamento sobre as três possíveis formas de utilização da quantia em dinheiro proveniente dos pagamentos hipotéticos, apresentaram-se, em ordem de frequência, os seguintes itens: investimento na propriedade - envolvendo a regularização da documentação, equipamentos, curvas de nível, estufas de hidroponia, produção orgânica, cuidados com os animais

domésticos e silvestres, proteção da vegetação (cerca e repovoamento) e melhoria da moradia, do acesso e das estruturas de saneamento; convênio médico; educação dos familiares; lazer; consumo diário, pagamento de dívidas; compra de carro; e ajuda aos outros, como escola e igreja. Salientando os três primeiros itens, confirma-se a relevância do estímulo à qualidade de vida do homem no campo no âmbito de um sistema de PSA, assim como se aponta para a possibilidade de implantação de melhores serviços à comunidade como transferência de incentivos de PSA.

5. CONCLUSÃO

O panorama socioeconômico ambiental e de percepção de proprietários da microbacia do Murundu demonstrou perspectivas para a implantação de políticas de desenvolvimento local e regional focadas na lógica de pagamento por serviços ambientais existentes ou provisionados nas propriedades rurais. O intuito, portanto, seria estimular a preservação e a exploração sustentável dos bens ambientais, valorizando o homem do campo, por meio do reconhecimento das inter-relações existentes entre os usos múltiplos da água e as práticas de proteção de recursos hídricos em áreas de relevante interesse.

Nesse quesito, as análises propostas demonstraram-se procedentes e sustentaram que o pagamento em dinheiro por nascente/ano, resulta em menor participação de proprietários, em menor área protegida e, por consequência, em menor geração de externalidades positivas, refletindo em menor incentivo do Governo frente aos esforços de gestão do projeto e das necessidades de manejo da área de estudo.

Por outro lado, considera-se que há precedente para a execução de pagamentos diferenciados no âmbito da iniciativa estadual de PSA, ensejando que para a microbacia e áreas similares, seria possível contemplar maior área protegida, atender a demanda dos proprietários com relação aos pagamentos, continuar pagando por nascente, inclusive como um critério adicional, e por consequência envolver maior quantidade de proprietários.

Para tal, reforça-se que a incorporação dos aspectos sociais em um sistema de PSA apresenta potencial para o aprimoramento das interações entre provedor, executor e beneficiário, devido ao reconhecimento genuíno do valor do serviço prestado pelos proprietários em suas propriedades e que a percepção dos

potenciais provedores, representa uma grande variável, talvez a maior e menos considerada pelas políticas públicas.

Recomenda-se, ainda, no caso do município de Ibiúna e região, estudos de viabilidade para a implementação de outros incentivos ambientais, como as Cotas de Reserva Ambiental.

CAPÍTULO II - Determinação de áreas prioritárias como suporte à tomada de decisão em um projeto de PSA-Água: O caso da microbacia do ribeirão do Murundu

1. INTRODUÇÃO

O PSA-Água representa uma grande oportunidade de incentivo à manutenção da “floresta em pé”, assim como para a promoção e execução de práticas sustentáveis no ambiente rural, com capacidade de geração de renda para os proprietários, sobretudo, agricultores.

Um dos grandes desafios para o planejamento e desenvolvimento do PSA-Água é estimar quais seriam os benefícios das atividades de proteção dos recursos hídricos antes mesmo da implementação do projeto. Para tentar suprir esta necessidade fundamental no processo de convencimento de potenciais beneficiários e provedores, o uso de ferramentas de suporte à decisão é de grande relevância.

Ferramentas de suporte à decisão podem facilitar a definição das áreas prioritárias para a implantação dos projetos tanto na escala de uma microbacia, quanto em níveis maiores, como, por exemplo, para a definição de áreas prioritárias no estabelecimento dos programas estaduais ou regionais de PSA. Nesse contexto, a utilização de geotecnologias aplicada à possibilidade de potencializar os efeitos PSA na provisão dos serviços ambientais, apresenta-se factível para o desenvolvimento em larga escala de projetos PSA-Água.

Segundo Pinto et al. (2006), para a Mata Atlântica, se faz fundamental a tradução de prioridades para uma linguagem comum, através da padronização e atualização do conhecimento científico e empírico, visando subsidiar esforços integrados de conservação e restauração ecológica.

No caso da restauração ecológica, a base conceitual utilizada é definida pela Sociedade Internacional para a Restauração Ecológica (Society for Ecological Restoration International - SER), e corresponde ao “*processo e prática de auxiliar a recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído*” (SER, 2004). Em outras palavras, trata-se de um processo induzido pelo homem, o qual combina múltiplos conhecimentos visando a reconstrução das complexas interações ecológicas, podendo, inclusive, constituir uma fonte de recursos econômicos para as comunidades (PINTO et al., 2006).

Diante do exposto, o presente capítulo aborda o uso de geotecnologias e a propositura de um protocolo simples para a definição, o mapeamento e a quantificação de áreas prioritárias à conservação e à restauração ecológica, sob a

perspectiva de diminuir os custos de transação e garantir maiores efeitos de um projeto de PSA-Água na microbacia do ribeirão do Murundu.

O objetivo, portanto, consiste na verificação das interações entre o relevo, a hidrografia e a estrutura da paisagem (composição, configuração espacial e proporção de seus elementos), através da tabulação e classificação cruzada entre os planos de informação de declividade e de uso do solo e cobertura vegetal da microbacia, possibilitando a geração de um mapa temático de prioridades e a quantificação de áreas prioritárias.

Sendo assim, com base no referencial teórico e no levantamento sobre experiências de PSA-Água no Brasil, pretende-se inferir sobre a ocorrência, em potencial, dos serviços ambientais relacionados à proteção dos recursos hídricos, vislumbrando a contribuição para políticas públicas de PSA em busca da sustentabilidade.

1.1. Objetivos Específicos

- Elaborar produto cartográfico digital da microbacia do Murundu para a geração e análise dos mapas temáticos: de declividade; de uso do solo e cobertura vegetal e de Áreas de Preservação Permanente;
- Selecionar critérios para a definição e o mapeamento de áreas prioritárias em um sistema de informação geográfica, através do método de tabulação e classificação cruzada;
- Executar análises qualitativas e quantitativas com relação as interações entre o relevo, a hidrografia e a estrutura da paisagem (composição, configuração espacial e proporção de seus elementos); e
- Efetuar inferências sobre a priorização de áreas aplicada à um projeto de PSA-Água na microbacia do ribeirão do Murundu, com base no referencial teórico e no levantamento sobre experiências em desenvolvimento.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. A produção de água como um serviço ambiental

Os chamados serviços ambientais hidrológicos consistem na relação entre os ecossistemas e a qualidade e quantidade de água, estabelecida pela influencia das florestas nos processos hidrológicos. As florestas tropicais protegem os solos contra

a erosão, evitam que as águas de chuva carregadas de sedimentos escurram diretamente aos rios, favorecem a infiltração, reduzindo o escoamento superficial e garantindo a recarga dos mananciais e aquíferos, assim como ajudam a regular a vazão entre as épocas das cheias e da seca. Além disso, quando existentes em margens de rios, encostas, topos de morros e montanhas, reduzem o risco de inundações e deslizamentos. Especialmente, as matas ciliares ainda filtram poluentes químicos e produzem condições favoráveis para a biodiversidade aquática (BRASIL, 2011).

Destaca-se que a cobertura florestal, além das contribuições hidrológicas, propicia a conservação da biodiversidade, alternativas econômicas de exploração sustentável da biota, educação e pesquisa científica, desfrute de belezas cênicas, turismo e lazer, e a regulação climática do planeta (SÃO PAULO, 2010c).

Contudo, levando-se em consideração, principalmente, a relação floresta-água no estabelecimento de critérios de priorização em um projeto de PSA-Água, se faz fundamental a compreensão de suas funções hidrológicas, dentre elas: a proteção dos corpos d'água e a influência na quantidade e na qualidade da água; a redução da taxa de escoamento superficial (runoff) de água nas bacias hidrográficas; e o aumento de recarga do lençol freático.

Com relação a proteção dos corpos d'água, além do papel desempenhado pelas raízes na estabilização das margens, a floresta nesses locais, garante o fornecimento de alimento para a biota aquática e a manutenção da temperatura da água. De acordo com Mantovani et al. (1989), as áreas situadas nas margens dos cursos d'água e reservatórios e nascentes, onde se instalam as matas ciliares, também chamadas de florestas de galeria e matas de várzea, são denominadas zonas ripárias, as quais constituem a parte mais dinâmica da paisagem e são essenciais para a manutenção do equilíbrio ecológico de uma bacia hidrográfica.

Segundo Lima (2008), tais zonas, apesar de estarem intimamente ligadas aos cursos d'água, dificilmente podem ter os seus limites demarcados, os quais, em tese, se estenderiam até o limite da planície de inundação. Em decorrência disso, a vegetação que ocupa esta zona possui alta variação em termos de estrutura, composição e distribuição espacial, inclusive ao longo do curso d'água, não deixando de ocorrerem espécies nativas de terra firme. Tal condição torna as zonas ripárias como importante corredor ecológico para o movimento da fauna e a consequente dispersão vegetal.

Os autores Lima & Zakia (2000), apontam para a importância do efeito tampão das zonas ripárias, que ocorre pela interceptação dos processos hidrológicos predominantes no escoamento superficial, o qual depende da permeabilidade do solo, das práticas de manejo, da declividade, entre outros fatores. Logo, a presença das matas ciliares, ao diminuir a velocidade do escoamento, aumenta a capacidade de armazenamento da água e liberação gradativa para o lençol freático e, conseqüentemente para os corpos d'água. Além disso, as matas ciliares retêm os sedimentos e os nutrientes carregados das partes mais altas do terreno, evitando o assoreamento e a contaminação da água (SÃO PAULO, 2010c).

Com relação ao escoamento superficial, quanto maior e mais avançada a cobertura florestal, maior é a taxa de infiltração da água de chuva no solo, limitando a formação de tal escoamento e promovendo o abatimento dos processos de erosão e sedimentação. Além da interceptação vegetal, a cobertura florestal retém a água e retarda o tempo em que o solo entra em ponto de saturação. De fato, as raízes da vegetação tendem a favorecer a infiltração da água, assim como a sua perda por evapotranspiração, ao passo que a serapilheira fornece proteção contra o impacto das gotas da chuva, reduzindo a compactação e a desagregação, estoca a água e promove a sua redistribuição. Tais condições reduzem o nível da água do solo mais do que qualquer outra cobertura vegetal, possibilitando o retardamento da taxa de escoamento superficial, de modo a minimizar enchentes em pequenas microbacias, assim como a sua redução, incrementando o fluxo de água na época de seca (LIMA & ZAKIA, 2000; LIMA, 2008).

Sabendo-se que o solo florestal apresenta boas condições de infiltração, as áreas florestadas são importantes fontes para a recarga do lençol freático. De acordo com Lino & Dias (2003), em locais onde o lençol freático é superficial (zona ripária, áreas alagadiças etc.) a cobertura florestal provoca, pela evapotranspiração, um rebaixamento do lençol freático. Já em regiões montanhosas, a drenagem mais eficiente da água subsuperficial limita o armazenamento da água subterrânea, sendo que a presença da floresta nestas regiões é responsável pela manutenção de taxas ótimas de infiltração de água no solo e, conseqüentemente, de alimentação do lençol freático. No caso das nascentes, as práticas de remoção da vegetação florestal, tendem a diminuir a infiltração da água no solo, diminuindo a vazão das mesmas em médio e longo prazo.

Diante do exposto, ficam evidentes os serviços ambientais proporcionados pelas florestas e zonas ripárias, demonstrando a relevância de sua preservação. Para tal, se faz necessário o entendimento das condições ecológicas e geomorfológicas locais, visando o planejamento e a indução de estímulos à adoção de práticas de conservação e restauração, assim como de conservação do solo, para as diferentes condições de uso do solo das bacias hidrográficas.

2.1.1. A bacia hidrográfica e o PSA-Água

A preservação florestal nas bacias hidrográficas é especialmente valorizada por agentes econômicos e usuários que necessitam de água em quantidade e qualidade, em decorrência da geração de energia, da agropecuária e do abastecimento público, entre outros usos. Em um sistema de PSA-Água, além do Poder Público, são esses os agentes, em potencial, para a remuneração de práticas de proteção dos recursos hídricos, implicando em custos menores para o fornecimento e utilização dos serviços mencionados (NUSDEO, 2012).

No âmbito de um projeto de PSA-Água, conforme estudos desenvolvidos por Mills & Porras (2002), em um cenário mundial, adota-se a microbacia como área de abrangência, uma vez que esta faz parte da estrutura primária da paisagem, ou seja, é a menor manifestação física que permite quantificar, de forma integrada, o funcionamento da natureza, possibilitando um enfoque sistêmico para as atividades florestais. Infere-se que tal contexto está relacionado a implantação de projetos piloto relacionados as recentes iniciativas de PSA.

De acordo com Lima (2008), a bacia hidrográfica pode ser considerada como um sistema geomorfológico, ou geossistema, aberto, que recebe energia do clima e perde continuamente energia através do deflúvio, que corresponde a produção de água da bacia, apresentando-se como um organismo autônomo, mas ao mesmo tempo, componente de um sistema maior (bacia unitária, microbacia, macrobacia).

O autor ainda esclarece que como um sistema aberto, a bacia hidrográfica pode ser descrita em termos de variáveis interdependentes, e mesmo quando não se encontra perturbada, está em contínua flutuação, num estado de equilíbrio transacional ou dinâmico.

Diante de tal equilíbrio dinâmico: a área da bacia hidrográfica tem influência sobre a quantidade de água produzida como deflúvio; a forma e o relevo atuam sobre o regime desta produção de água e sobre a taxa de sedimentação; e o caráter

e a extensão dos canais (padrão de drenagem) afetam a disponibilidade de sedimentos, assim como a taxa de formação do deflúvio. Muitas destas características físicas da bacia hidrográfica, por sua vez, são em grande parte controladas ou influenciadas pela sua estrutura geológica (LIMA, 2008).

Especificamente com relação a declividade, Lima (2008) afirma que *“quanto maior o declive do terreno, maior será a energia cinética da água. Desse modo, maior o potencial de carregamento de sedimento pelo escoamento superficial, fator que influencia diretamente no processo de erosão”*. Tal característica do meio físico representa um dos fatores principais que regulam o tempo de duração do escoamento superficial e de concentração da precipitação nos leitos dos cursos d’água, ou seja, diz respeito à taxa ou à velocidade do fluxo de água ao longo do canal, assim como ao tempo de residência da água na bacia hidrográfica, influenciando na relação entre a precipitação e o deflúvio (LIMA & ZAKIA, 2000, LIMA, 2008).

A declividade de uma bacia hidrográfica, portanto, tem relação importante com vários processos hidrológicos, tais como a infiltração, o escoamento superficial, a umidade do solo, entre outros, o que demonstra a complexidade da interação entre a água, o relevo e a cobertura florestal (SÃO PAULO, 2010c).

De forma complementar às características físicas de uma bacia hidrográfica, as suas interações com as variáveis resultantes de práticas degradadoras dos recursos hídricos, interferem diretamente na disponibilidade hídrica, induzindo uma mudança compensatória que tende a minimizar os efeitos dos impactos negativos e restaurar o estado de equilíbrio. Tal capacidade inerente aos recursos ambientais existentes em uma bacia hidrográfica é denominada resiliência, a qual é reduzida a medida que os recursos ambientais são consumidos (BRASIL, 2011).

Dessa forma, o manejo ecossistêmico de uma bacia hidrográfica deve levar em conta o seu estado de equilíbrio dinâmico e a contínua interdependência entre os fatores relacionados a tal condição, a fim de que os impactos negativos decorrentes das atividades antrópicas sejam sempre minimizados, ou até mesmo, sejam revertidos, levando-se em consideração a resiliência.

Dentre os impactos negativos sobre uma bacia hidrográfica, principalmente em áreas rurais, destacam-se a fragmentação florestal e a erosão hídrica provocada pelas atividades agrícolas.

A fragmentação florestal ocorre através do desmatamento, e consiste na alteração da paisagem em termos de cobertura e configuração, resultando na

diminuição e no isolamento das unidades de habitat, e na transformação de áreas florestadas em tipos de uso do solo como pastagem, áreas agrícolas, aglomerados urbanos, entre outros. Por consequência, a bacia hidrográfica em área rural passa a apresentar uma paisagem heterogênea, com implicações sobre a diversidade e a dispersão da flora e da fauna nativa e sobre os processos hidrológicos em decorrência de cada uso do solo (SÃO PAULO, 2010c).

Com relação a erosão hídrica, segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2012), a perda da camada superficial do solo é o maior desafio para a sustentabilidade da agricultura no mundo. De acordo com Martins (2001), tal processo erosivo é a principal causa de degradação do solo em ambientes tropicais e subtropicais úmidos. O autor apontou que no estado de São Paulo, 80% da área cultivada sofrem processos erosivos acentuados e, com isso, cerca de 130 milhões de toneladas de solo são levados para os corpos hídricos por ano. Dessa forma, além de representar a diminuição da qualidade dos solos, a erosão e a sedimentação são processos que interferem tanto na qualidade como na quantidade das águas.

Adicionado ao cenário de impactos negativos apresentados, estima-se que no estado de São Paulo o cultivo agrícola consuma cerca de 40% da demanda total de água (Martins, 2001), se tornando um dos grandes demandantes dos recursos hídricos. Contudo, Antoniazzi (2008) destaca que apesar das atividades agrícolas gerarem impactos negativos no ambiente em geral, e nos recursos hídricos em particular, elas podem atuar como conservadora destes recursos. Isto acontece quando são adotadas técnicas compatíveis com a preservação de recursos naturais, tais como a conservação do solo, o manejo integrado de pragas e doenças, a manutenção de vegetação natural nas zonas ripárias, entre outras. Ao utilizar sistemas de produção ambientalmente amigáveis, a agricultura pode produzir, além de alimentos, fibras e energia, adicionalidades aos serviços ambientais.

Diante do exposto, considerando que os grandes fragmentos florestais e as áreas com maior cobertura florestal tendem a estarem localizados em bacias hidrográficas com ocupação tipicamente rural, e que a agricultura é considerada como uma atividade altamente consumidora de água, torna-se relevante a remuneração de produtores rurais para que, além da manutenção das florestas, promovam atividades de uso do solo que exerçam significativa influência sobre a capacidade de infiltração de água no solo.

Nesse contexto, no âmbito de um projeto de PSA-Água, pode-se transacionar sobre as práticas de conservação de remanescentes florestais, de restauração ecológica e florestal, de regeneração assistida e de conservação do solo para a amenização de processos erosivos em áreas prioritárias para a produção de água (VEIGA, 2010). Tais incentivos ambientais, portanto, demonstram dinamismo e contundente potencial como instrumentos econômicos de gestão voltados ao manejo integrado de microbacias hidrográficas.

2.1.2. Critérios de priorização e valoração para PSA-Água – Experiências

De acordo com levantamento de iniciativas promissoras de Pagamentos por Serviços Ambientais para a proteção dos recursos hídricos na Mata Atlântica, até fevereiro de 2010, 40 projetos envolviam 848 prestadores de serviços ambientais e aproximadamente 40 mil hectares (BRASIL, 2011). Sendo assim, visando embasar a metodologia de seleção de critérios para priorização desenvolvida no presente capítulo, serão apresentados abaixo os critérios técnicos que vem sendo utilizados para a priorização e valoração dos pagamentos em alguns desses programas e projetos de PSA-Água no Brasil.

Com relação a priorização de microbacias hidrográficas, o “projeto Oásis”, desenvolvido por uma organização não governamental na Região Metropolitana de São Paulo, em porção da região hidrográfica dos reservatórios Billings e Guarapiranga, definiu que condicionaria seus recursos às microbacias que apresentavam um maior número de características físicas e ambientais que pudessem indicar melhores índices quantitativos e qualitativos de produção hídrica (SÃO PAULO, 2012a).

A metodologia considerou uma relação de sete características identificadoras, e para cada uma, dois indicadores de prioridades (“prioridade 1” e “prioridade 2”), estabelecidos com base em referenciais técnicos produzidos por instituições governamentais e não governamentais na região. Tais características consistem: nos índices pluviométricos relativos a média da região; na predominância de maiores declividades; na maior densidade de drenagem; no maior índice de cobertura vegetal; no maior índice de urbanização; na proximidade com Unidades de Conservação; na contribuição hídrica direta ou indireta à represa Guarapiranga. Dessa forma, a microbacia que apresentasse ao menos cinco indicadores de “prioridade 1” seriam consideradas de maior prioridade, já as que possuísem três

ou quatro indicadores de “prioridade 1” seriam consideradas de prioridade média, e aquelas que apresentassem menos de três indicadores de “prioridade 1” seriam consideradas de baixa prioridade (FERRETTI, 2011).

Os critérios estabelecidos para a valoração se referem aos serviços prestados: pela área natural preservada em relação ao armazenamento de água (R\$99/ha/ano); pela manutenção da qualidade da água (R\$196/ha/ano); e pelo controle de erosão (R\$75/ha/ano), totalizando o valor de R\$370/ha/ano. O cálculo de tais valores se fundamentou, respectivamente: na diferença da infiltração entre florestas e o uso urbano, multiplicada pelo valor de captação de água bruta; na estimativa de produção de poluentes, de aporte de poluentes na represa Guarapiranga e dos custos de tratamento de água; e no valor estimado pelo órgão ambiental estadual para o serviço ambiental de controle de erosão (BRASIL, 2011).

Estabelecidos os valores de referência, para o cálculo do pagamento à cada proprietário, tais valores são multiplicados pelo Índice de Valoração de Mananciais (IVM), que varia de 0 a 1, conforme as características físicas e ecológicas de cada propriedade. Vale destacar que o mesmo projeto vem sendo desenvolvido em Apucarana - PR, onde, pelo fato do projeto atuar junto a propriedades rurais, o valor de referência é o custo de oportunidade da terra e o IVM considera não só o serviço ecossistêmico das áreas naturais, mas também o manejo da propriedade como condicionalidade, e, também, como bonificação, a existência das seguintes características na propriedade (SÃO PAULO, 2012a):

- Existência de Reserva Legal e Áreas de Preservação Permanente - APP, e o seu estado de conservação;
- Conectividade da Reserva Legal com as reservas e APP's das propriedades vizinhas;
- Existência de cobertura florestal que exceda as exigências legais;
- Existência de linhas de quebra vento ou cercas vivas efetuadas com espécies nativas;
- Quantidade de nascentes com matas ciliares protegidas.

No estado do Espírito Santo, foi instituído por lei o programa “ProdutorES de Água”, visando a restauração florestal e a conservação de florestas para a proteção dos recursos hídricos. Inicialmente, foram definidas as áreas prioritárias no interior

das bacias hidrográficas selecionadas para o programa, levando-se em consideração a declividade, a origem e a classificação do solo, e o uso do solo e cobertura vegetal. Após o cruzamento das variáveis, foram definidas as microbacias que agregavam maiores índices de suscetibilidade a erosão.

Após a definição das bacias prioritárias, para o estabelecimento de áreas estratégicas nas quais a floresta em pé produziria com maior significância o serviço ambiental de produção e de melhoria da qualidade da água, foram priorizadas as zonas ripárias, convencionando-se uma faixa de até 100 metros de cada lado de qualquer curso d'água natural. Dessa forma, qualquer fragmento de vegetação, em qualquer estágio de regeneração, que estiver dentro desta faixa, automaticamente é elegível ao PSA, sendo ponderada também pela declividade (SOSSAI, 2011).

Até fevereiro de 2010, o valor do pagamento atingia aproximadamente R\$ 423/ha/ano. Para a definição de tal remuneração, o valor médio do custo de oportunidade no estado foi adequado à valoração apenas do serviço ambiental de incremento da disponibilidade de recursos hídricos e, para a sua indexação, este valor monetário foi convertido no Valor de Referência do Tesouro Estadual (VRTE), que por sua vez, foi incrementado em virtude dos critérios de qualidade da cobertura florestal e da declividade do terreno. Tal índice final integra uma equação de PSA-Água elaborada pelo programa estadual, que também abrange as variáveis apresentadas abaixo. (SOSSAI, 2011):

- Coeficiente de potencial erosivo: referente ao estágio de desenvolvimento da floresta, definido pelos diferentes estágios de regeneração. Determinado em uma escala de 0 a 1, indicando que quanto maior o coeficiente, maior será o potencial erosivo decorrente da cobertura florestal da área;
- Coeficiente de ajuste topográfico: definido pelas faixas de declividade da área, ponderadas em uma escala entre 0 e 1.

O projeto “Produtor de Águas” na bacia hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PdA-PCJ), é um projeto piloto que concentra seus esforços nos problemas de regularidade de fluxo e qualidade da água em microbacias hidrográficas do “Sistema Cantareira”, responsável por boa parte do abastecimento público da Região Metropolitana de São Paulo (SÃO PAULO, 2012a).

Para tal, o projeto emprega um modelo em que os valores de referência são multiplicados pelos hectares dedicados à geração e/ou manutenção de serviços ambientais na propriedade rural, através de três modalidades distintas, visando a definição do valor de PSA a ser pago ao proprietário rural, as quais consistem em (SÃO PAULO, 2012a):

- Práticas que resultem na restauração florestal em APP, visando recompensar financeiramente o proprietário rural que recuperar as APP's de sua propriedade (valores entre R\$ 83,00 a R\$ 125,00 ha/ano);
- Práticas que resultem na conservação de florestas existentes, permitindo a remuneração dos agricultores que conservarem os fragmentos florestais já existentes na propriedade estando estes dentro ou fora da APP (valores entre R\$ 42,00 a R\$ 125,00 ha/ano);
- Práticas que resultem na conservação do solo, viabilizando o pagamento ao proprietário rural que já adota e os que vierem a adotar práticas de conservação de solo em sua área de agricultura e/ou pastagem (valores entre R\$ 25,00 a R\$ 75,00 ha/ano).

No caso do pagamento pela restauração ecológica em APP, tendo em vista que a implantação fica por conta dos parceiros pertencentes ao arranjo institucional, o cálculo é efetuado em função da qualidade da manutenção pós-implantação, avaliada através de critérios previamente estabelecidos, sendo consideradas como “restaurações medianamente cuidadas” e como “restaurações bem cuidadas”. Para efeito do valor a ser pago por hectare de floresta remanescente, este aumenta proporcionalmente com a qualidade das florestas existentes (estágio avançado ou médio e estágio inicial) e inversamente proporcional à porcentagem de APP's com necessidade de restauração. Por fim, o valor pago pela conservação de solo varia em função do Percentual de Abatimento de Erosão (PAE), que é calculado levando-se em conta as perdas de solo antes e após a adoção das práticas de conservação, ou seja, quanto maior o nível de abatimento da erosão, maior o valor pago, conforme os custos esperados das práticas como terraceamento, calagem, pastejo rotacionado, adubação verde, e em seus benefícios futuros. Com exceção das práticas de conservação do solo, os valores de referência para as outras duas

modalidades foram definidos com base no custo de oportunidade dos usos alternativos do solo (TNC, 2010).

É importante salientar que, além do PSA, os agricultores participantes do projeto são beneficiados com a implantação das atividades previstas nos projetos executivos. As instituições envolvidas arcam com os custos dos insumos, mudas e mão de obra para a restauração florestal, com os custos para o manejo visando a conservação dos fragmentos florestais (construção de cercas e aceiros, manejo de espécies exóticas etc.) e com os custos da implantação e manutenção, por dois anos, das bacias de contenção (barraginhas) nos projetos de conservação de solo (TNC, 2010).

No estado do Rio de Janeiro, para fins de implantação de projeto piloto de PSA, foram priorizadas as microbacias detentoras das principais nascentes responsáveis pelos recursos hídricos disponíveis no “Sistema Guandu”, que abastece cerca de 8 milhões de pessoas na Região Metropolitana do Rio de Janeiro”. O projeto denominado “Produtores de Água e Florestas”, considera como prioritárias as APP’s e as áreas interceptoras de umidade (zonas ripárias), remunerando, a manutenção das áreas florestadas (inclusive fora das áreas consideradas prioritárias) e a proteção de áreas de matas ciliares e nascentes, através da promoção gradativa da alteração de usos do solo, amenizando os processos erosivos e visando a recuperação da floresta nativa (BRASIL, 2011).

A valoração do serviço ambiental prestado se baseia no custo de oportunidade local, que é ponderado pelos seguintes fatores (SÃO PAULO, 2012a):

- Quantidade de áreas prioritárias restauradas conforme projetos implantados pelas instituições parceiras nas propriedades, as quais são categorizadas como “bem cuidadas” ou “medianamente cuidadas” pela ação posterior dos proprietários. Nesse quesito, o proprietário deve disponibilizar para restauração, no mínimo, 25% do total da área sem cobertura vegetal em áreas prioritárias. Além disso, os valores de pagamento aumentam quanto mais áreas prioritárias são destinadas à restauração (classes de adesão);
- Quantidade de áreas conservadas, as quais são definidas em ordem decrescente de prioridade, compreendendo: as áreas prioritárias com vegetação em estágio médio/avançado; as áreas prioritárias com vegetação em estágio inicial; áreas comuns com vegetação em estágio médio/avançado;

e áreas comuns com vegetação em estágio inicial. Ainda para efeito de priorização, o valor dessas quatro categorias é maior quando estão inseridas ou estão no entorno de unidades de conservação.

Os valores a serem pagos variam entre R\$ 10,00 e R\$ 60,00 ha/ano e o projeto apresenta um diferencial inovador e coerente com a manutenção dos serviços ambientais, pois com parte dos recursos disponíveis, implantou três unidades demonstrativas de biodigestores, concluídas no ano de 2010, de forma a sanear pontos críticos de despejo de efluentes, mas em situações diversas: unifamiliar, coletivo e para dejetos animais (suínos). O número total de famílias atendidas chega a 100. Além do benefício do saneamento rural, essas unidades são integradas a algumas áreas de restauração ou de sistema agroflorestal, favorecendo todo esse sistema, inclusive com a geração de biogás (BRASIL, 2011).

Diante das experiências apresentadas, pode-se destacar que, independentemente da abordagem, dos arranjos das variáveis, dos indicadores de valoração e dos serviços a serem pagos em cada projeto, os critérios de priorização convergem na escolha das variáveis fundamentais para a produção de água. Além disso, a valoração do PSA-Água costumeiramente contempla os custos de oportunidade nas áreas rurais.

Vale destacar que a diversidade de experiências, seus gargalos e recomendações, demonstram-se fundamentais do ponto de vista da adequação de projetos de PSA-Água à cada realidade, assim como garante oportunidades para a replicação e a criação de outros arranjos, fundamentados em critérios técnico-científicos e levando em consideração as prioridades dos proprietários rurais.

2.2. Geotecnologias aplicadas à gestão de projetos de PSA-Água

Levando em consideração que em projetos de PSA a priorização de áreas é fundamental para garantir a viabilidade econômica e, por consequência, resultar na melhor aplicação dos recursos financeiros e humanos, potencializando os ganhos socioambientais, as geotecnologias demonstram-se de grande relevância.

De acordo com Rosa (2005), as geotecnologias, também conhecidas como geoprocessamento, “são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informação com referência geográfica, constituindo-se como poderosa ferramenta de tomada de decisão”. O autor esclarece que o

geoprocessamento contempla ao menos quatro técnicas voltadas ao tratamento de tais informações espaciais, quais sejam: a coleta (cartografia, sensoriamento remoto, GPS, topografia, levantamento de dados alfanuméricos); o armazenamento (bancos de dados); o tratamento e análise (modelagem de dados, geoestatística, aritmética lógica, funções topológicas, redes etc); e o uso integrado da informação espacial (Sistemas de Informações Geográficas).

Basicamente, o geoprocessamento possibilita que, a partir de um mapa base, informações temáticas sejam “amarradas” à superfície terrestre, através de um sistema de coordenadas geográficas. A representação espacial de tais informações configura um mapa temático, o qual visa atender a necessidade de análises do planejador. Diferentes mapas temáticos podem ser complementares no auxílio a uma tomada de decisão específica (PONZONI & SHIMABUKURO, 2009). Pode-se citar como exemplos de mapas temáticos:

- O mapa de declividade, que tem por objetivo demonstrar as inclinações de uma área em relação a um eixo horizontal. Este mapa temático proporciona informações das formas do relevo, sendo necessário para a delimitação de áreas de preservação, para a geração de mapas de aptidões agrícolas, de riscos de erosão, de restrições de uso e ocupação urbana (projetos urbanísticos), entre outros (GARCIA et al., 2003);
- O mapa de uso do solo e cobertura vegetal, que consiste na reprodução digital e quantificação das estruturas espaciais resultantes do processo antrópico de uso e ocupação do meio físico (agricultura, pastagem, área urbana, entre outros), evidenciando também a distribuição dos diversos tipos de vegetação e demais atributos naturais (SILVA & ZAIDAN, 2004).

Compreende-se, portanto, que as ferramentas disponibilizadas pelas geotecnologias permitem a incorporação de novas visões da realidade ambiental de uma área em estudo. Logo, em decorrência de suas possibilidades técnicas e metodológicas, elas são amplamente empregadas no planejamento territorial e na gestão ambiental, pois incrementam a análise das correlações entre as variáveis naturais e as intervenções e perturbações antrópicas, contribuindo para o desenvolvimento de políticas públicas ambientais (SILVA & ZAIDAN, 2004).

Nesse sentido, sendo o mapeamento de bacias hidrográficas uma ferramenta eficaz para o desenvolvimento de estudos ambientais, o geoprocessamento vem sendo cada vez mais utilizado em projetos de PSA-Água. A sua aplicação consiste, principalmente: na seleção de microbacias prioritárias; na determinação de áreas prioritárias no interior das microbacias; no mapeamento das propriedades rurais; e no monitoramento das ações de restauração (SÃO PAULO, 2012a).

Para a definição de localidades prioritárias, a partir de avaliações em campo e geração de mapas temáticos, são efetuadas composições, a critério do planejador e com base no serviço que se pretende remunerar, buscando-se, através de uma análise integrada da paisagem, verificar e mensurar as áreas que potencialmente oferecem uma maior quantidade de serviços ambientais. Tais rotinas de sistematização e integração de dados geográficos permitem a investigação das relações entre as características físico-bióticas do ambiente e o uso do solo, podendo ser associada, inclusive, com critérios impostos pela legislação (SILVA & ZAIDAN, 2004).

Em uma escala mais detalhada, a coleta de informações espaciais associada à construção de uma base georreferenciada das propriedades participantes, permite uma compreensão dos padrões sociais e fundiários de ocupação do território, assim como do atendimento a legislação ambiental. O mapeamento das propriedades ainda é comumente utilizado para a determinação mais precisa dos planos de ação (projetos) a serem implantados na propriedade como condicionalidade à obtenção dos pagamentos, consistindo, basicamente, na delimitação e quantificação das áreas objeto de conservação e restauração (SÃO PAULO, 2012a).

Além de demonstrar-se fundamental no processo de desenvolvimento de um projeto de PSA, outra aplicação das geotecnologias refere-se ao monitoramento dos serviços ambientais remunerados, como, por exemplo, a verificação do aumento e da qualidade de áreas florestadas, assim como a verificação de eventuais infrações ambientais em áreas prioritárias contratadas ou não. Contudo, o monitoramento dos serviços ambientais a partir das técnicas de coleta de informação espaciais como o sensoriamento remoto, ainda é uma área incipiente, com métodos em desenvolvimento e com altos valores (BRASIL, 2011).

Diante do exposto, se mostra necessário avançar no desenvolvimento e difusão de ferramentas úteis à gestão de projeto de PSA-Água, as quais sejam de fácil operacionalização. Torna-se fundamental também investir na capacitação de

recursos humanos para a utilização das ferramentas, principalmente nos projetos operacionalizados pelo Poder Público local.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Elaboração do produto cartográfico digital

Para a elaboração do produto cartográfico digital necessário à geração dos mapas temáticos, foi utilizado o software AutoCAD Land Development Desktop 2i, no qual foram previamente inseridas, georreferenciadas e unidas as Cartas do Instituto Geográfico e Cartográfico de São Paulo - IGC, resultantes dos aerolevantamentos realizados em 1979, em escala 1:10.000, que compreendem os limites geográficos da microbacia do ribeirão do Murundu (IGC, 1979).

Foram digitalizados: o limite geográfico da bacia hidrográfica; a rede hidrográfica; as curvas de nível em intervalos de 5 metros; os pontos de altimetria relacionados à drenagem da bacia; os pontos cotados; os pontos de nascentes; e a malha viária (estradas). O ordenamento dos canais de drenagem foi realizado conforme classificação proposta por Strahler (1952).

3.2. Delimitação das Áreas de Preservação Permanente de recursos hídricos

Com o auxílio do software Idrisi 32 - Release Two, foi efetuada a delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP) ao redor das nascentes, dos cursos d'água e dos lagos e represas que compõem a rede hidrográfica da microbacia, conforme determinado pela Lei Federal nº 12.651/2012 (Novo Código Florestal). Foram consideradas as seguintes faixas:

- Faixa de 30 metros ao longo dos cursos d'água;
- Faixa de 30 metros ao redor de lagos e reservatórios; e
- Faixa de 50 metros ao redor das nascentes;

Foram importados do AutoCAD Land Development Desktop 2i para o software Idrisi 32 - Release Two, os arquivos vetoriais: de linhas para os cursos d'água; de polígonos para os reservatórios; e de pontos para as nascentes. Em seguida, cada arquivo vetorial foi convertido em imagem ("raster") e, posteriormente, a imagem dos reservatórios foi sobreposta a imagem dos cursos d'água, tendo em vista que a faixa de distância determinada é a mesma. A partir dessa nova imagem gerada, foi

utilizado o operador de distância, denominado “buffer”, que após a definição da metragem de interesse, gerou automaticamente um polígono de contorno da rede hidrográfica da microbacia, com 30 metros. Tal polígono, também denominado como “buffer”, foi gerado no formato de imagem, a partir da localização de cada segmento e de cada vértice das linhas e polígonos.

O mesmo procedimento foi executado com os pontos de nascentes previamente “rasterizados”, para o qual foi modificada a metragem. Os “buffers” gerados consistiram nos círculos cujo raio foi a distância de interesse, 50 metros.

Em seguida, as imagens geradas foram sobrepostas, possibilitando a criação do produto final dos “buffers”.

A combinação entre os “buffers” gerados e os mapas temáticos de uso do solo e cobertura vegetal, e de prioridades, permitiu identificar os usos e a vegetação, assim como as prioridades, nas APP’s (nascentes e faixas ciliares), assim como quantificá-los por categoria, em hectares, através do comando “area”.

Além disso, a partir do produto final dos “buffers”, este foi convertida em arquivo vetorial, permitindo a criação do contorno das Áreas de Preservação Permanente, para utilização como destaque no mapa de declividade.

3.3. Geração do mapa hipsométrico e de declividade

A partir do produto cartográfico digital foram importados do AutoCAD Land Development Desktop 2i para o software Idrisi 32 - Release Two as curvas de nível com espaçamento de cinco metros, os pontos de altimetria relacionados à rede de drenagem da microbacia e os pontos cotados. Inicialmente, para fins de geração do Modelo Digital de Elevação (MDE), o arquivo vetorial das linhas de curvas de nível foi interpolado, através de uma malha triangular que utiliza os vértices das curvas como pontos à interpolar. Para tanto, foi utilizado o comando “TIN Interpolation”. Segundo Jensen (2011), uma rede triangular irregular (TIN) é uma estrutura do tipo vetorial que representa uma superfície por meio de um conjunto de faces triangulares interligadas. Cada um dos três vértices da face do triângulo armazena coordenadas geográficas e o atributo “z” (valor de altitude), permitindo que qualquer ponto de elevação seja estimado na superfície das faces triangulares.

Sequencialmente, para o aprimoramento do MDE, principalmente em razão da existência de áreas planas, o arquivo vetorial com os pontos de altimetria da rede de drenagem e os pontos cotados foram interpolados através do mesmo comando

mencionado, possibilitando a geração do produto final do MDE. A partir de tal produto em formato de imagem, após o recorte da microbacia com a utilização da máscara e da reclassificação das faixas de altimetria (850 - 900m, 900 - 950m, 950 - 1000m e > 1000m), foi possível gerar o mapa hipsométrico, o qual foi sobreposto pelo limite da microbacia e pela rede hidrográfica, vetorizados.

Para a geração do mapa de declividade em porcentagem, a partir do produto final do MDE foi executado, também no Idrisi 32 - Release Two, o comando "slope", que percorre todos os "pixels" da imagem promovendo a aplicação da fórmula do modelo, estimando assim os valores de declividade e resultando no produto em formato de imagem. Em seguida, após o recorte da microbacia com a utilização da máscara, as classes de declividade foram reclassificadas em cinco faixas. A definição de tais faixas respeitou os estudos de capacidade de uso e de aptidão agrícola desenvolvidos por Ross (1994), que estabeleceram, a partir de critérios técnicos de fragilidade, uma categoria hierárquica de classes de declividade. O autor associa valores de limites críticos da geotecnia, indicativos do vigor dos processos erosivos, dos riscos de escorregamentos e/ou deslizamentos e de inundações frequentes. Sendo assim, foram adotadas as seguintes classes de declividade: até 6% grau de declividade (muito baixa); 6 a 12% (fraca); 12 a 20% (média); 20 a 30% (forte); e acima de 30% (muito forte).

3.4. Mapa de uso do solo e cobertura vegetal

3.4.1. Aquisição das imagens de satélite e georreferenciamento

Foram adquiridas gratuitamente junto ao Banco de Imagens da Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - DGI/INPE, as imagens das sete bandas espectrais (1 a 7) do satélite Landsat-5, sensor TM, de órbita/ponto 219/077, obtidas em 24/08/2010. A resolução geométrica das imagens nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 é de 30 metros. Para a banda 6, a resolução é de 120 metros .

Para o georreferenciamento e processamento digital das imagens foi utilizado o software Idrisi 32 - Release Two, disponibilizado pelo laboratório de geoprocessamento da Universidade Estadual Paulista - UNESP Campus Sorocaba. Foi realizado o recorte da cena de interesse (microbacia do ribeirão do Murundu) em cada banda espectral e a composição das mesmas no sistema RGB

(Red/Green/Blue), utilizando-se o arranjo b3B–b5G–b4R, de modo a visualizar os pontos passíveis de identificação no produto cartográfico digital já georreferenciado (imagem de referência).

Foram identificados 17 pontos de controle (pares de coordenadas x e y) distribuídos por toda a área da microbacia, consistindo em confluências de corpos d'água, bifurcações de estradas e reservatórios de água. Em seguida, as bandas espectrais de interesse foram georreferenciadas por meio do processo de reamostragem, que posiciona a nova imagem (bandas) na correta orientação com relação a uma imagem referência.

Foi utilizado o sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum SAD 69, meridiano central 23S, e uma função quadrática para transformação e reamostragem dos valores de brilho dos “pixels” pelo método do vizinho mais próximo (Eastman, 1998). Após serem desprezados 3 (três) pontos de controle, obteve-se um erro médio quadrado (RMS) total de $\frac{1}{2}$ pixel. Ao final, a resolução espacial das imagens foi convertida para 10 x 10 metros.

Para a verificação da acurácia do georreferenciamento foi efetuada a composição no sistema RGB, utilizando-se o arranjo b3B–b4G–b5R (falsa cor natural), e em seguida foi importada da imagem de referência a rede hidrográfica em formato vetor, a qual foi sobreposta a composição. Após tal verificação, foi efetuado o georreferenciamento das demais bandas espectrais.

Em seguida, foi realizada a composição colorida com as imagens das bandas ETM+3, ETM+4 e ETM+5, adotando os filtros azul, vermelho e verde, respectivamente (arranjo b3B–b5G–b4R), para fins de melhor visualização, sobretudo, da cobertura vegetal em suas diferentes fitofisionomias, conforme Ponzoni & Shimabukuro (2009).

Da imagem já composta, foi realizada a manipulação do contraste consistindo numa transferência radiométrica em cada pixel (Bmín/máx: 19/56, Gmín/máx: 34/132, Rmín/máx: 36/81), com o objetivo de aumentar a discriminação visual entre objetos presentes na imagem, visando a classificação digital dos atributos selecionados para a geração do mapa de uso do solo e cobertura vegetal.

3.4.2. Classificação digital supervisionada

Previamente à classificação digital, foram reconhecidos visualmente na composição colorida os padrões de interpretação (cor, tonalidade, textura e forma) e

os objetos homogêneos que poderiam pertencer a uma única classe, visando a constituição da legenda do mapeamento, de acordo com os objetivos pretendidos.

Logo, tendo em vista o mapeamento voltado à verificação das aptidões da microbacia para a implantação de um sistema de PSA-Água, a definição das classes de uso do solo e de cobertura vegetal para a área de estudo obedeceu à seguinte classificação:

- Agricultura: consiste predominantemente na olericultura, que corresponde ao cultivo de certas plantas de consistência herbácea, geralmente de ciclo curto e tratos culturais intensivos, como verduras e legumes. Nessa classe de uso do solo também foram incluídos os solos preparados para o plantio, assim como algumas áreas de fruticultura;
- Silvicultura: atividade econômica que está ligada diretamente com a exploração da madeira em monoculturas da espécie florestal *Eucalyptus* spp. (TEIXEIRA, 2005);
- Campos rurais: identificados em propriedades rurais em que não há agricultura, mas houve intervenção antrópica, onde ocorre vegetação herbácea rala a herbácea arbustiva, homogênea ou heterogênea, geralmente em áreas não manejadas. Tal classe contempla também chácaras e sítios com presença de árvores isoladas, cercas-vivas e gramíneas, constituindo uma cobertura que pode ser quase contínua ou se apresentar sob a forma de tufos, deixando, nesse caso, alguns trechos de solo descoberto (EMPLASA, 2006). Áreas de pastagem foram incluídas nesta classe;
- Instalações urbanas: presença de edificações agrupadas e parcelamentos do solo com ocupações residenciais (TEIXEIRA, 2005);
- Vegetação de várzea (áreas alagadas): vegetação de composição variável que sofre influência dos rios, estando sujeita a inundações periódicas, ocorrendo desde áreas pantanosas até planícies alagáveis mais bem drenadas (IBGE, 2012);

- Mata ciliar: formação florestal edáfica conhecida existente às margens de rios, lagos, lagoas, córregos e nascentes, constituídas pelas mais variadas formações vegetais (METZGER, 2010; IBGE, 2012);
- Vegetação em estágio inicial: vegetação secundária que apresenta estrato herbáceo-arbustivo a arbustivo, homogênea ou heterogênea, podendo ocorrer pequenas árvores (BRASIL, 2013);
- Floresta em estágio médio e avançado: vegetação secundária arbóreo-arbustiva a arbórea densa, homogênea ou heterogênea, com presença de espécies emergentes e mata densa (BRASIL, 2013).

Para a definição das classes de vegetação, adotou-se como referências principais o Manual Técnico da Vegetação Brasileira, elaborado pelo IBGE (2012) e a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 1, de 31 de janeiro de 1994, a qual descreve a vegetação primária e secundária nos estágios pioneiro, inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica. De maneira geral, o conhecimento prévio da microbacia permitiu a determinação das classes com maior precisão, facilitando a classificação digital.

Dessa forma, para a execução do processo de classificação digital, nesse caso, supervisionada, foi criado um arquivo vetorial no qual foram determinadas áreas de treinamento para cada classe de uso do solo e de cobertura vegetal, através da digitalização de polígonos (regiões) sobre a composição colorida (amostras). A digitalização, portanto, consistiu no posicionamento das amostras na cena, procurando abranger “pixels” que compusessem o padrão visual de cada classe de interesse a ser espacializada no mapa temático, visando evitar ao máximo as sobreposições no processo de classificação.

Tal processo de delimitação das áreas de treinamento se fundamenta no reconhecimento da “assinatura espectral”, que corresponde as características espectrais de cada classe, ou seja, é a *“forma típica de um objeto refletir a radiação eletromagnética nele incidente, caracterizada por Fatores de Reflectância”*, a qual é particular ao conjunto de dados em utilização (PONZONI & SHIMABUKURO, 2009).

Tendo em vista que o processo de classificação digital foi fundamentado na interpretação visual, que refletiu o julgamento subjetivo do intérprete quanto à delimitação dos polígonos que apresentavam padrões de tonalidade, textura e cor

similares, para a mitigação de erros, foram utilizados como referência à identificação das diferentes classes: uma composição colorida real da imagem de satélite ALOS, também do ano de 2010, com resolução espacial de 2,5 metros, disponibilizada pela Prefeitura Municipal de Ibiúna; e o software gratuito Google Earth.

3.4.3. Obtenção do mapa temático

A partir da classificação digital supervisionada, ainda com a utilização do software Idrisi 32 - Release Two, as “assinaturas espectrais” de cada classe de interesse foram devidamente identificadas e nomeadas de acordo com a ordem estabelecida no processo de digitalização, visando a diferenciação na legenda, e conseqüentemente, a visualização e a manipulação individual dos polígonos vetorizados. O processamento foi realizado através do comando “makesig”, para todas as bandas espectrais da imagem.

Após a extração das amostras de números digitais existentes nos “pixels” para cada classe de interesse, em cada banda espectral, para a geração da “imagem classificada”, ou mapa temático, as amostras foram informadas ao algoritmo de classificação “pixel a pixel”, que segundo Jensen (2011) utiliza a informação espectral de cada “pixel” para decidir com qual assinatura ele mais se parece, visando criar regiões homogêneas, através da aplicação de conceitos de probabilidade (métodos estatísticos) ou não (métodos determinísticos).

O classificador “pixel a pixel” utilizado foi o classificador por máxima verossimilhança, através do comando “maxlike”, para o qual foram utilizadas probabilidades prévias iguais para cada assinatura, com classificação de todos os “pixels”. De acordo com Eastman (1998), este classificador utiliza parâmetros estatísticos de distribuição dos pixels dentro de uma determinada classe, avaliando a probabilidade de um determinado pixel pertencer a uma categoria e o classifica para a categoria à qual ele tem maior probabilidade de associação.

Após a verificação do produto e comparação com as regiões previamente digitalizadas na composição colorida e nas imagens de referência anteriormente citadas, verificou-se alguns conflitos decorrentes do processo de classificação digital supervisionada, indicando que em algumas amostras foram incluídos “pixels” com “assinaturas espectrais” de classes diferentes daquela que se pretendeu definir. Para confirmação, através do comando “sigcomp”, foi gerado um gráfico de comparação das assinaturas em cada banda espectral, podendo-se destacar

sobreposições ocorrentes, principalmente, entre as classes de cobertura vegetal, agricultura e campo antrópico, em especial na banda 4, do infravermelho próximo.

Visando mitigar tais conflitos, para cada classe de uso do solo e cobertura vegetal, os polígonos vetorizados no processo de digitalização foram “rasterizados”, ou seja, convertidos em imagem e em seguida sobrepostos a imagem classificada, uniformizando a visualização das classes de interesse. Para tal, algumas classes tiveram que ser reclassificadas para fins de posterior composição da legenda.

Em seguida, para a remoção de ruídos (“pixels isolados”) e suavização da imagem classificada, foi utilizado um filtro digital, que consiste em uma operação local que modifica o valor de cada “pixel” da imagem utilizando uma operação de vizinhança, ou seja, uma operação que leva em conta os níveis digitais dos “pixels” vizinhos e o próprio valor digital do “pixel” considerado (JENSEN, 2011).

Foi utilizado o filtro da mediana, onde o valor do “pixel” é substituído pelo valor da mediana dos “pixels” da sua vizinhança, sendo primeiramente aplicada uma janela de tamanho 5 x 5, que compreende uma matriz formada por 5 linhas e 5 colunas de “pixels” vizinhos ao “pixel” a ser substituído, que fica no centro da matriz. A partir do produto gerado, foi novamente aplicado o filtro da mediana com janela de tamanho 5 x 5. Por fim, ao novo produto gerado foi aplicado novamente o filtro da mediana, porém com uma janela de tamanho 3 x 3.

Ao término da aplicação do filtro digital, verificou-se a remoção significativa de ruídos da imagem classificada, sobretudo com relação aos “pixels” com intensidade muito diferente da vizinhança.

Para o recorte da microbacia do ribeirão do Murundu na imagem filtrada, no software AutoCAD Land Development Desktop 2i, através do comando “close”, o limite (divisor de água) da microbacia do ribeirão do Murundu foi fechado como um polígono, o qual foi importado ao software Idrisi 32 - Release Two, e posteriormente “rasterizado”, gerando-se uma imagem da microbacia, denominada como máscara. Em seguida, a máscara foi sobreposta a imagem, através do comando “overlay”, resultando no recorte da microbacia.

3.5. Mapa de prioridades para um projeto de PSA-Água

3.5.1. Utilização do método de tabulação cruzada

Para a geração do mapa temático de prioridades, inicialmente, com a utilização do software Idrisi 32 - Release Two, foi gerado um mapa de classificação cruzada e uma tabela de classificação cruzada, através do processamento das imagens do mapa de declividade e do mapa de uso do solo e cobertura vegetal.

De acordo com os resultados apresentados na tabela de classificação cruzada, verificou-se a distribuição de cada categoria de uso do solo e cobertura vegetal em cada faixa de declividade, destacando-se a concentração da maior quantidade de área e, por consequência, de classes temáticas, nas faixas de declividade 0 - 6% e > 30%.

Após tal verificação, a partir da visualização do mapa de classificação cruzada foram identificadas as categorias resultantes que compreendessem o cruzamento entre cada classe temática e as faixas de declividades 0 - 6% e > 30%, com exceção da vegetação de várzea e a declividade > 30% (que pode ter maior relação com erros na elaboração do mapa de uso do solo e cobertura vegetal). As respectivas faixas de declividade foram atribuídas como prioritárias, levando-se em consideração:

- Para as áreas acima de 30% (muito forte): a avaliação de Ross (1994) referente a suscetibilidade a erosão de tais áreas com relação a aptidão ao uso agrícola, assim como a determinação da Lei Federal nº 6.766/1979 no artigo 3º, inciso III, que impede o parcelamento do solo para fins urbanos, salvo o atendimento de exigências técnicas;
- Para as áreas com declividade entre 0 - 6% (muito fraca): a ocorrência de Áreas de Preservação Permanente, zonas ripárias e planícies fluviais, e a relevância hidrológica e ecológica de tais ambientes (METZGER, 2010). Além disso, a Lei Federal nº 6.766/1979 também disciplina que em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas, não será permitido o parcelamento do solo para fins urbanos. Pode-se destacar, inclusive, que por serem planas, tais áreas acabam sendo objeto de especulação imobiliária e crescimento desordenado, acarretando em inúmeros problemas relacionados à

impermeabilização e ao saneamento básico. Tal faixa de declividade ainda pode estar associada a áreas altas de recarga de nascentes (CALHEIROS et al., 2010).

Diante do exposto, tendo em vista a premissa de que predominam na microbacia a floresta em estágio avançado e médio, assim como a produção agrícola, para fins do estabelecimento de prioridades foram consideradas também a ocorrência de tais classes de interesse na faixa de declividade de 20 - 30%.

Com relação ao ordenamento das classes temáticas prioritárias, de acordo com Ross (1994), as prioridades foram divididas em: 1. Conservação; e 2. Restauração ecológica. Consideraram-se prioritárias à conservação as classes relacionadas à cobertura vegetal, ranqueadas da seguinte forma: floresta em estágio avançado/médio > mata ciliar > vegetação em estágio inicial > vegetação de várzea > zona mista. Para a restauração, as classes de uso do solo foram assim ranqueadas: agricultura > campos rurais > silvicultura > instalações urbanas > zona mista.

As demais faixas de declividade foram cruzadas com cada classe de cobertura vegetal e com cada classe de uso do solo, sendo consideradas como zonas mistas, respectivamente, de conservação e de restauração. Tais áreas demonstram-se relevantes no sentido de, através das Áreas de Preservação Permanente as margens dos corpos d'água, executar a conexão entre as declividades e as classes temáticas consideradas prioritárias.

A partir das definições apresentadas, através do comando "reclass", as categorias da classificação cruzada de interesse foram reclassificadas e ordenadas em ordem decrescente, variando das áreas mais prioritárias para a conservação da vegetação até as áreas mais prioritárias para a restauração, incluindo o manejo e conservação solo, conforme apresentado no quadro 3.

Quadro 3 - Prioridades de conservação e restauração para geração do mapa temático

Prioridade	Categoria de Uso do Solo e Cobertura Vegetal	Classes de Prioridades	Faixas de Declividade				
			0-6%	6-12%	12-20%	20-30%	> 30%
1-Conservação	Floresta em estágio avançado/médio	Prioridade 1.1	X	-	-	X	X
	Mata ciliar	Prioridade 1.2	X	-	-	-	X
	Vegetação em estágio inicial	Prioridade 1.3	X	-	-	-	X
	Vegetação de várzea	Prioridade 1.4	X	-	-	-	-
	Zona mista*	Prioridade 1.5	-	X	X	X	-
2-Restauração	Agricultura	Prioridade 2.1	X	-	-	X	X
	Campo rural	Prioridade 2.2	X	-	-	-	X
	Silvicultura	Prioridade 2.3	X	-	-	-	X
	Instalações urbanas	Prioridade 2.4	X	-	-	-	X
	Zona Mista**	Prioridade 2.5	-	X	X	X	-

* Corresponde a todas as categorias de cobertura vegetal ocorrentes nas declividades intermediárias.

** Corresponde a todas as categorias de uso do solo ocorrentes nas declividades intermediárias

Após a reclassificação, os arquivos de imagem foram sobrepostos consecutivamente até a composição do mapa temático de priorização. Em seguida foi criada a legenda de ordem de prioridades e, posteriormente foi criado um arquivo de palheta, contendo as cores correspondentes a cada classe, incluindo a hidrografia, as estradas e o branco para o fundo.

Para fins de análise do mapa gerado, foi executado o comando “area”, visando obter a área, em hectares, para cada prioridade estabelecida.

Após a obtenção das áreas e conferência com os dados da tabela de classificação cruzada, para melhor visualização, o mapa foi submetido a um filtro da mediana, sendo aplicada apenas uma janela de tamanho 5 x 5.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Produto cartográfico digital e o mapa hipsométrico

De acordo com a classificação proposta por Strahler (1952), o ribeirão do Murundu é um canal de quinta ordem (Figura 8). Além disso, conforme definição de Christofletti (1980), o padrão de drenagem, que compreende o caráter e a extensão dos canais, é dendrítico, o qual predomina na natureza e deriva da interação clima-geologia em regiões de litologia homogênea (LIMA, 2008). No caso das nascentes,

foram identificadas 254 no interior do limite topográfico da microbacia, que, por sua vez, possui uma área aproximada de 4.320 hectares.

Com relação a orientação geral da bacia, a qual está relacionada com as perdas por evapotranspiração devido a sua influência sobre a quantidade de radiação solar recebida pela bacia (TONELLO et al. 2006; LIMA, 2008) a área de estudo drena para o nordeste.

De acordo com as curvas de nível e com as faixas de altimetria, verificou-se que a amplitude altimétrica da microbacia é de 225 metros, variando de 865 metros até 1090 metros. Visualizando no sentido do deflúvio para as nascentes, montante, a área de cada faixa de altimetria determinadas no mapa hipsométrico corresponde a: 1322 hectares (865 - 900 metros); 1409 hectares (900 - 950 metros); 845 hectares (950 - 1000 metros); e 741 hectares (> 1000 metros).

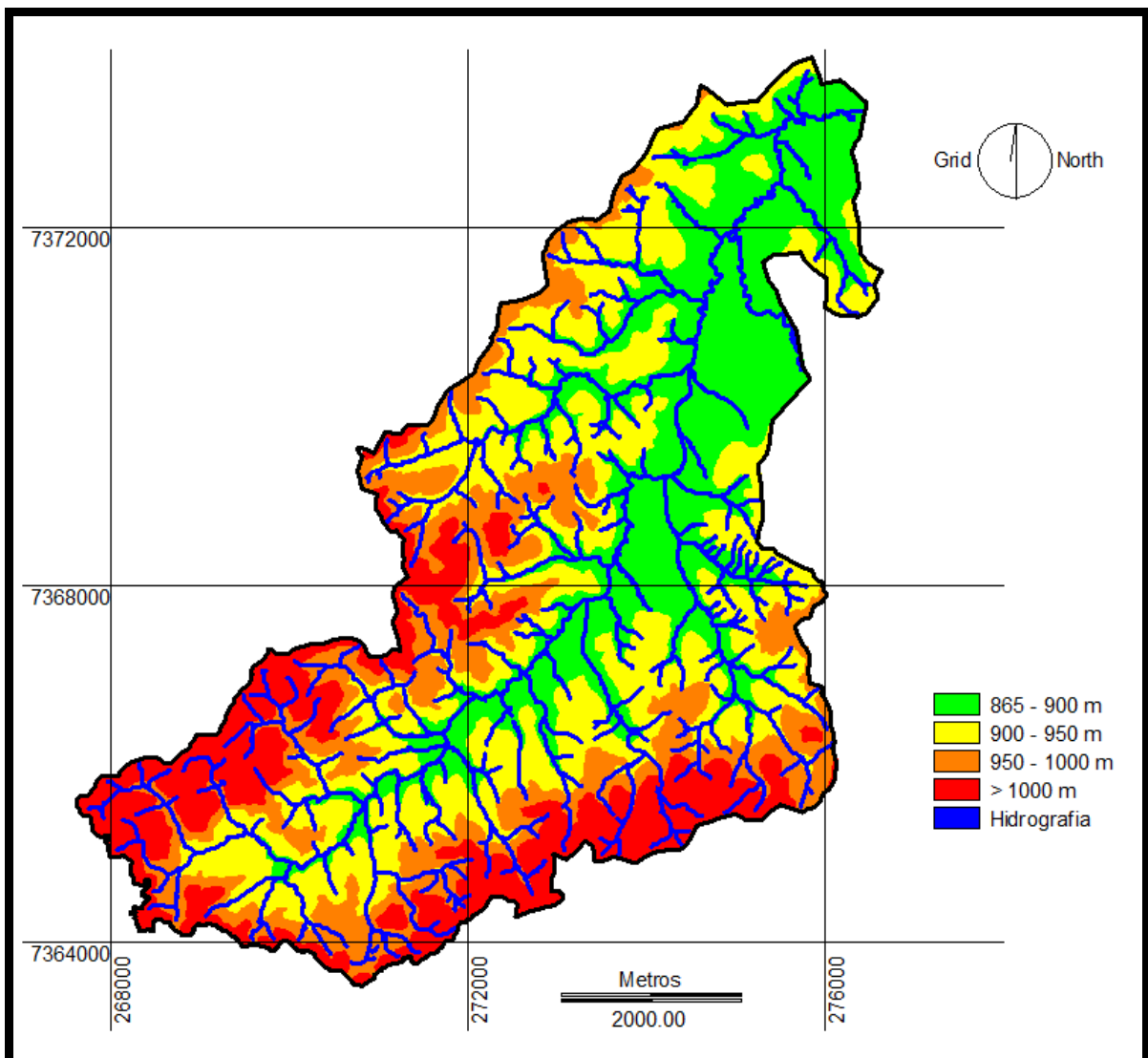


Figura 8 - Mapa hipsométrico da microbacia do ribeirão do Murundu, Ibiúna-SP.

A configuração do relevo ocorrente na área de estudo confere com a divisão geomorfológica para o estado de São Paulo detalhada por Ponçano et al. (1981) e com estudos desenvolvidos por Bernacci et al. (2006). Pode-se afirmar, portanto, que a microbacia pertence ao Planalto Cristalino de Ibiúna, que é uma pequena unidade do relevo paulista compreendida entre a Serra de Taxaquara e a zona serrana de São Roque, ao norte, e nas encostas da Serra de Paranapiacaba, ao sul. Trata-se de um planalto maturamente dissecado, onde as serras mais altas atingem cerca de 1100 metros de altitude e os vales estão entre 850 e 900 metros (PONÇANO et al., 1981).

Destaca-se que as altitudes maiores que 1000 metros estão associadas aos limites topográficos da microbacia que fazem divisa com a microbacia do ribeirão do Salto (LOURENÇO, 2011), a oeste, com a microbacia do ribeirão do Paiol Grande (MANFRÉ et al., 2006), a leste, e com a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Ribeira de Iguape e Litoral Sul, UGRHI – 11, ao sul, coincidindo com o divisor de água da sub-bacia do Alto Sorocaba e conseqüentemente com a Área de Proteção Ambiental (APA) Itupararanga (IPT, 2006).

4.2. Mapa de declividade

Como suporte à análise, reforça-se que a proposta de Ross (1994) com relação as faixas de declividade se fundamentou em valores consagrados em estudos de capacidade de uso e aptidão agrícola, associados com aqueles conhecidos como valores críticos de geotecnia, que indicam: vigor de processos erosivos; riscos de escorregamentos/deslizamentos; e inundações frequentes. Sendo assim tal classificação representa a instabilidade potencial do relevo.

Nesse contexto, a Figura 9 destaca as faixas de declividade da microbacia, as quais seguem relacionadas na Tabela 2, juntamente com as categorias hierárquicas correspondentes e as respectivas áreas quantificadas.

A partir da análise de ambos os resultados, pôde-se verificar a presença significativa de áreas com declividade “muito fraca” (25,6% da área total da microbacia), com destaque às feições existentes ao longo do meandrante ribeirão do Murundu, e na região de sua confluência com o ribeirão do Paiol Grande, a qual coincide com o trecho em que o ribeirão principal se torna de 5ª ordem, conforme classificação adotada. Ross (1992) subdivide tal classe de declividade em planície fluvial (0 - 2%) e em vertente retilínea inferior a 6%.

No caso das áreas consideradas com declividade “fraca”, estas ocorrem em apenas 10,20% da área em estudo. Conforme De Biasi (1970), esta faixa representa o limite máximo para o emprego da mecanização na agricultura.

Já com relação a classe de declividade considerada como “média”, esta representa 18,61% do território da microbacia. De acordo com De Biasi (1970), tais áreas demandam práticas de conservação complexas para a sua utilização.

Por fim, apresentam-se também significativas as categorias de declividade consideradas “forte” e “muito forte”, que totalizam 45,59% da área total da microbacia. Tais classes ocorrem em faixas contínuas e indica que o terreno possui, predominantemente, uma acentuada suscetibilidade a erosão (IPT/DAEE, 1997).

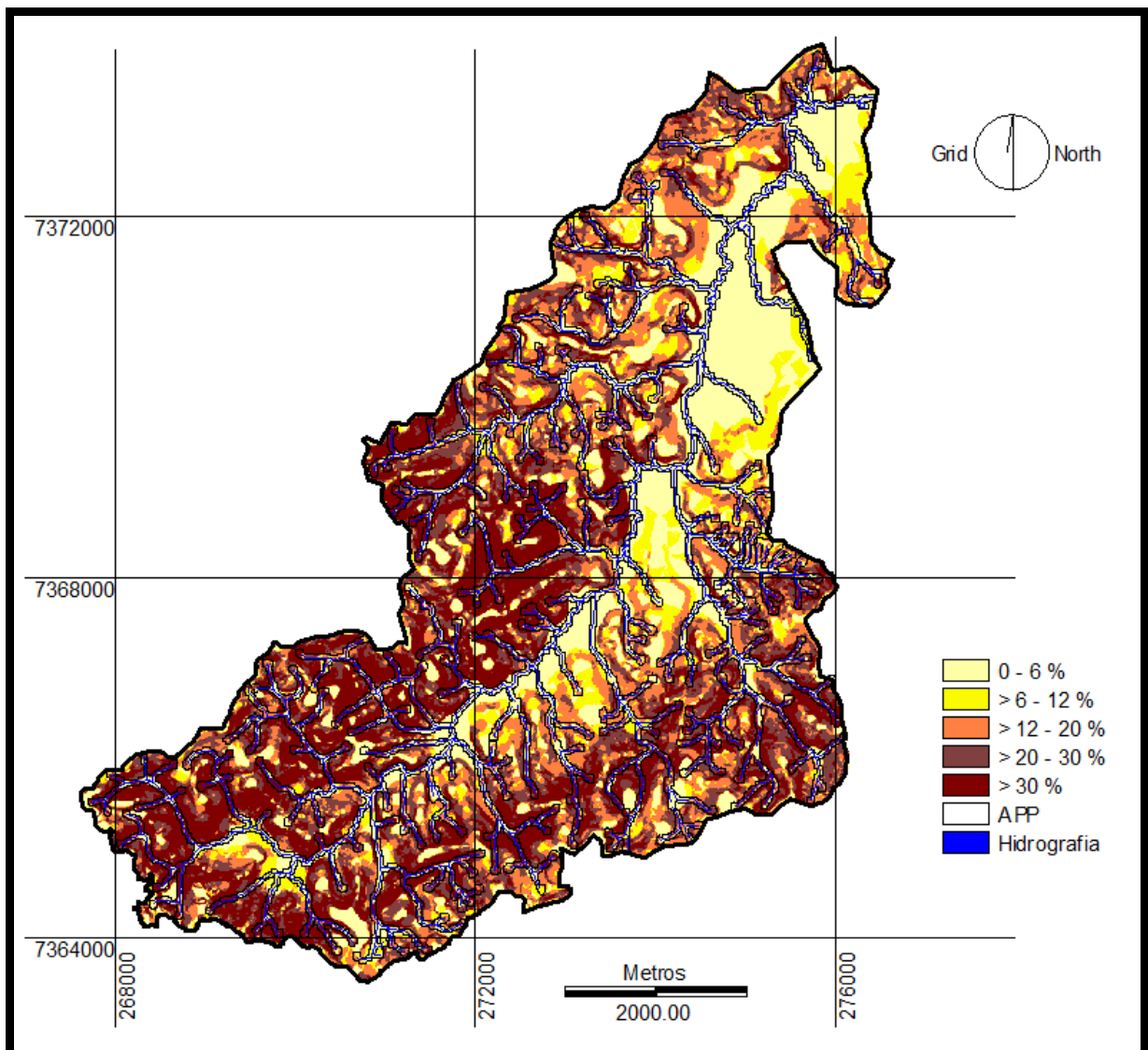


Figura 9 - Mapa de declividade da microbacia do ribeirão do Murundu, Ibiúna-SP.

Tabela 2 - Classes de declividade relacionadas com as categorias hierárquicas e respectivas áreas.

Faixas de Declividade*	Categorias Hierárquicas*	Área (ha)	% da Área Total (4320 ha)
0 - 6%	Muito baixa	1106,18	25,6%
> 6 - 12%	Fraca	440,64	10,20%
> 12 - 20%	Média	804,60	18,61%
> 20 - 30%	Forte	890,72	20,60%
> 30%	Muito forte	1079,59	24,99%

* ROSS (1994).

Durante a elaboração do mapa, verificou-se que a microbacia apresentou poucos valores expressivamente maiores que 30%, atingindo o máximo de 196% em um ponto do território. Contudo, as declividades com valores acima de 100% (45°), atingem apenas 1,28 hectares da microbacia, demonstrando que as classes de declividade propostas por Ross (1994) são adequadas para a seleção de áreas prioritárias.

Tendo como referência o Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo (escala 1:500.000) desenvolvido por Ponçano et al. (1981), verificou-se que as formas de relevo ocorrentes na microbacia são: os Morros Paralelos, a oeste; e os Morros com Serras Restritas, a leste e a sul; e a Planície Aluvial, terreno baixo e mais ou menos plano ao longo do ribeirão do Murundu.

No caso dos relevos de degradação definidos como morros paralelos e morros com serras restritas, a conceituação de Ponçano et al. (1981) é compatível com os atributos verificados nos mapas temáticos já apresentados, pois predominam nas declividades acima de 15% e estão localizados em amplitude altimétrica entre 100 e 300 m. Destacam-se, portanto, a presença de topos arredondados (0 - 6%), vertentes com perfis retilíneos, drenagem de alta densidade e planícies aluvionares interiores restritas.

Diante do exposto e segundo estudos desenvolvidos por Manfré et al. (2006) nas microbacias do ribeirão do Murundu e do Paiol Grande, o valor da declividade média obtido através do comprimento das cotas altimétricas e da área de ambas as bacias é de 21,51%, classificando-as como de “relevo forte ondulado”, que consiste em uma superfície de topografia movimentada, formada por morros e raramente colinas, com declives fortes (EMBRAPA, 1979). Com base neste valor de declividade média, a partir da classificação de Ross (1994), a microbacia apresenta forte instabilidade potencial, associada com média. Ainda com relação aos estudos do autor, o predomínio de Latossolos Vermelho-Amarelos (IPT, 2006) representa classe

de fragilidade ou erodibilidade “média”, considerando o escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais.

Com relação as planícies aluviais, destaca-se a ocorrência da planície fluvial, que conforme Ross & Moroz (1997) são definidas como terreno com declividade inferior a 2%, formados por sedimentos fluviais de idade geológica recente (quaternário) e às margens dos rios, estando sujeitos a inundações periódicas, onde ocorrem sedimentos formados principalmente por areia e argila. Tais locais também estão sujeitas ao assoreamento dos cursos d’água por sedimentos gerados pela erosão a montante, e solapamento das margens dos rios.

De maneira mais abrangente, trata-se de uma planície de inundação dos corpos d’água, a qual pode ser definida e delimitada por critérios diversos, mas constitui formas oriundas da ação fluvial. Esta abrange uma superfície relativamente uniforme, próxima ao rio, sujeita a inundação periódica, recoberta com materiais depositados pelas cheias (agradiação) e composta de material inconsolidado depositado pelo rio em épocas distintas (CHRISTOFOLETTI, 1980). Em razão da faixa de declividade atingir até 6%, pode-se destacar também a presença de terraços fluviais, que consistem em terrenos planos ou levemente inclinados, alçados de poucos metros em relação às várzeas e às margens dos rios (PONÇANO et al., 1981).

Ainda de acordo com Christofolletti (1980), a planície de inundação consiste em uma zona de amortecimento de cheias que funciona como um regulador hidrológico, absorvendo o excesso de água nos períodos de intensas chuvas e consequentes cheias. Além disso, Rocha (2011) afirma que a planície de inundação apresenta direta relação com o canal fluvial e, portanto, o sistema rio-planície de inundação tem como uma de suas principais características um alto grau de dinamismo geomorfológico, determinado pelos processos de erosão e sedimentação. Como uma consequência desses processos, a paisagem é constantemente modificada, e interfere nos processos de sucessão ecológica.

Fundamental observar que estas localidades estão intimamente relacionadas com as zonas ripárias e é onde predominam as Áreas de Preservação Permanente (Figura 9). Além disso, a ocorrência de tais áreas associada a presença também expressiva de declividades com “forte” e “muito forte” instabilidade potencial, totalizam 71,19% da área total da microbacia, representando a possibilidade de intensificação da interferência dos processos erosivos sobre os recursos hídricos.

Sendo assim, diante da contextualização sobre alguns dos parâmetros morfométricos, entre outras características apresentadas, pode-se reforçar que a microbacia do ribeirão do Murundu encontra-se em região estratégica para a implantação de um projeto de PSA-Água, com possibilidades tanto para a priorização de áreas para conservação, como para restauração, privilegiando-se a conservação do solo, conforme os usos e a cobertura vegetal.

4.3. Mapa de uso do solo e cobertura vegetal

Segundo Teixeira (2005), tal configuração se dá provavelmente pelo histórico de ocupação da região, que consistiu na expansão da produção de hortifrutigranjeiros e fornecimento de madeira, lenha e carvão vegetal para o abastecimento das cidades de São Paulo e Rio de Janeiro. Logo, devido a proximidade de São Paulo, houve pleno avanço na comercialização de produtos, assim como o desencadeamento da especulação imobiliária, dada a vocação da região como um polo de lazer.

Em decorrência do histórico de ocupação intimamente relacionado com o desmatamento e a regeneração florestal, pode-se inferir que a microbacia apresenta heterogeneidade entre os usos do solo e a cobertura vegetal fragmentada, corroborando com os estudos desenvolvidos por Metzger & Simonetti (2003). De fato, tal condição pode ser visualizada na Figura 10, juntamente com a Tabela 3, que apresenta a quantificação, em hectares, de cada classe de interesse e a sua respectiva porcentagem de ocorrência no território.

Em linhas gerais, a paisagem é composta principalmente de vegetação natural, totalizando, juntamente com a rede hidrográfica (3,25%), 60,68% da área total da microbacia. Com relação aos usos do solo, que perfazem 39,32% do território, predomina a produção agrícola de olerícolas, incluindo os campos em pousio, seguida dos campos rurais, de manchas de silvicultura e de instalações urbanas, destacando-se a presença significativa das estradas.

Convém esclarecer que a floresta original da região é classificada como floresta ombrófila montana densa (IBGE, 2012) e pode ser considerada transicional entre a floresta atlântica de encosta e a floresta mesófila semidecídua do interior do estado de São Paulo (Aragaki & Mantovani 1998), apresentando elementos da floresta mista, inclusive o pinheiro-do-Paraná, e de cerradão (Aragaki & Mantovani, 1998; Catharino et al., 2006).

Nessa paisagem fragmentada, a vegetação arbórea, que consiste na floresta em estágio avançado e médio, ainda cobre 30,05% do território (1.298,84 hectares) e com base nos estudos desenvolvidos no Planalto de Ibiúna por Bernacci et al. (2006), pode-se inferir que predomina a floresta secundária em estágio médio de regeneração (com cerca de 40 a 80 anos de idade). Contudo, além de representar a maior categoria de interesse, possibilitando, portanto, a aplicação de um projeto de PSA-Água voltado à manutenção da “floresta em pé”, nota-se que é nas áreas mais declivosas que predomina a cobertura florestal, possivelmente pela dificuldade de acesso e instalação de atividades agrícolas convencionais (TEIXEIRA, 2005).

Com relação a mata ciliar, que cobre 8,43% da microbacia (364,45 hectares), sua ocorrência, além das margens de corpos d’água, está principalmente associada ao deflúvio das bacias de 4ª ordem e suas respectivas confluências com o ribeirão do Murundu, conectando-se a um expressivo fragmento remanescente ao longo do trecho de 5ª ordem do ribeirão principal e se estendendo pela planície aluvial até o exutório da microbacia. Apesar da área expressiva, predomina no entorno imediato deste fragmento de relevância o uso agrícola em declividades mais acentuadas e os campos rurais associados a instalações urbanas na planície, o que representa a pressão antrópica sobre tal remanescente, exaltando-o como prioridade em um projeto de PSA-Água.

No que diz respeito a vegetação em estágio inicial, esta apresentou cobertura equivalente a 7,85% da área de estudo (339,12 hectares), geralmente associada à bordaduras e à clareiras abandonadas no interior dos grandes fragmentos da cobertura florestal, com grande potencial para a regeneração assistida e ou enriquecimento vegetal em um projeto de PSA-Água. No entanto, verificou-se também que este tipo de cobertura compõe, em maior quantidade, pequenos fragmentos localizados em áreas de produção agrícola e em campos rurais, o que implica no maior isolamento e no aumento do efeito de borda, representando pressão sobre a regeneração da vegetação Metzger et al. (2002).

Segundo Teixeira (2005), através de estudos sobre a dinâmica da paisagem no Planalto de Ibiúna, a vegetação inicial demonstra-se como indicador de áreas que foram desmatadas e se encontram em regeneração, sobretudo em decorrência do abandono da agricultura em áreas de maior declividade e próximas aos corpos d’água, inclusive para a manutenção da irrigação. Contudo, corroborando com a possibilidade de novos impulsos de desmatamento, foram identificadas manchas de

práticas silviculturais no interior da vegetação inicial, o que representa uma atividade indutora, em potencial, à substituição da cobertura vegetal nativa.

Para a vegetação de várzea, verifica-se que a expressividade de sua ocorrência, perfazendo 11,10% da área da microbacia (479,64 hectares), está principalmente associada à planície fluvial do ribeirão do Murundu e à sua respectiva zona ripária, apresentando-se geralmente contígua à mata ciliar. De acordo com Rocha (2011), a presença de tal vegetação pode ocorrer devido a mudanças no regime hidrológico, incluindo mudanças no aporte de sedimentos e de água, assim como pela presença de barramentos, resultando na alteração da planície de inundação, podendo levar a degradação e a formação de terraços, ou, por outro lado, levar à nova agradação. Nesse sentido, fica nítida a ocorrência de grandes manchas de vegetação de várzea em algumas confluências dos corpos d'água da microbacia, inclusive nas travessias de estradas.

Além dessa configuração, a presença de tal cobertura vegetal pode estar associada à remoção da mata ciliar e a consequente elevação do lençol freático, permitindo a adaptação das espécies vegetais características desses ambientes (LIMA, 2008). Outra razão está relacionada aos pequenos banhados decorrentes de intervenções antrópicas na planície de inundação, como escavação de tanques para irrigação, lazer e estética, inclusive nos trechos de cabeceira de drenagem, nos quais a duração da inundação é muito pequena e também irregular para a demanda produtiva das áreas de produção agrícola. Contudo, apesar da ocorrência da vegetação de várzea, em alguns casos, induzida pelas interferências antrópicas, Metzger (2010) considera como serviço ambiental decorrente, juntamente com as matas ciliares, a fixação dos nitratos oriundos dos campos agrícolas.

Uma justificativa para a grande quantidade de vegetação de várzea na área da microbacia, diz respeito a tipologia de vegetação, a qual está intimamente ligada à presença de água, e, portanto, na composição colorida utilizada para a seleção das classes de interesse, tais áreas assumiram uma coloração escura. Logo, no processo de classificação digital, houve confusão com relação à sombra gerada pelas áreas mais declivosas e áreas onde possivelmente ocorreram queimadas.

Como uso do solo predominante, a agricultura corresponde a 20,36% da área total da microbacia (879,59 hectares), sendo que o estabelecimento dessa atividade econômica dá-se principalmente ao longo das planícies de inundação, em solos de má drenagem (TEIXEIRA, 2005), e em demais áreas menos declivosas. Tal

verificação fica ainda mais clara quando observado o mapa de declividade, no qual as áreas ao norte (na margem esquerda do ribeirão do Murundu) e a leste (na margem direita) apresentam variação da declividade menos abruptas do que a oeste (na margem esquerda), o que não quer dizer que não ocorra a produção agrícola em áreas com declividade mais acentuadas.

O fato de a atividade agrícola prevalecer sobre os outros usos, além de criar a demanda para a implantação de práticas ambientalmente adequadas, explica a grande quantidade de estradas (3,16%), as quais são utilizadas para viabilizar a mecanização, colheita e escoamento da produção. Nesse contexto, o eixo indutor de ocupação da microbacia é a Rodovia Municipal Tancredo de Almeida Neves (IBN-120), única via asfaltada, e que percorre o território de jusante à montante, ao longo das áreas mais planas, principalmente aquelas mais próximas ao ribeirão do Murundu, podendo estar associada aos terraços.

Pode-se verificar também, que associadas as vias de circulação existentes na microbacia ocorrem os campos rurais, abrangendo 13,80% do território em estudo (596,38 hectares), os quais encontram-se distribuídos por toda a área, correspondendo, principalmente, a proliferação de chácaras de lazer nas quais não houve significativa impermeabilização do solo ou que o solo não encontra-se exposto. Destaca-se a ocorrência desses usos em localidades de maior altimetria, nos topos arredondados do relevo, e em áreas mais declivosas, diferentemente das áreas agrícolas, que ocupam a maior parte das áreas mais baixas. Ainda assim, os campos rurais estão presentes nas áreas mais planas.

Contudo, independentemente das faixas de altimetria, os campos rurais representam fatores indutores tanto para o desmatamento de florestas nas áreas mais altas associadas às cabeceiras dos corpos d' água, como à supressão de vegetação de várzea, à drenagem das planícies de inundação e ao aporte de solo exógeno para fins de ocupação com edificações.

Com relação ao desmatamento, além da ameaça da expansão de fronteiras agrícolas, a silvicultura, que corresponde a 1,16% do total da microbacia (50,17 hectares), como já mencionado, se apresenta como atividade econômica em potencial para a ocupação dos campos rurais e de áreas florestadas.

No caso da ocupação das áreas mais planas, além das chácaras de lazer, os campos rurais estão estabelecidos no entorno das áreas de produção agrícola, indicando a possibilidade de expansão de núcleos familiares intimamente ligados à

produção rural, assim como o parcelamento do solo para fins urbanos, que por sua vez também induz o desmatamento.

A intensificação de tal ocupação, portanto, resulta na presença das instalações urbanas, que ainda representam 0,84% da microbacia (36,40 hectares). Destaca-se a significativa ocupação do bairro do Piaí, situado na planície de inundação resultante da confluência do ribeirão do Murundu com o ribeirão Paiol Grande, avançando, inclusive, sobre as margens do afluente. Tal situação problematiza a proteção dos recursos hídricos com relação a demanda por saneamento básico, assim como favorece o risco de inundações. Ainda que esparsas, as demais instalações urbanas como o Loteamento Recanto das Flores e o ainda incipiente bairro do Góes, apresentam-se como possibilidades de consolidação de problemas socioambientais gerados pela interferência nos processos hidrológicos.

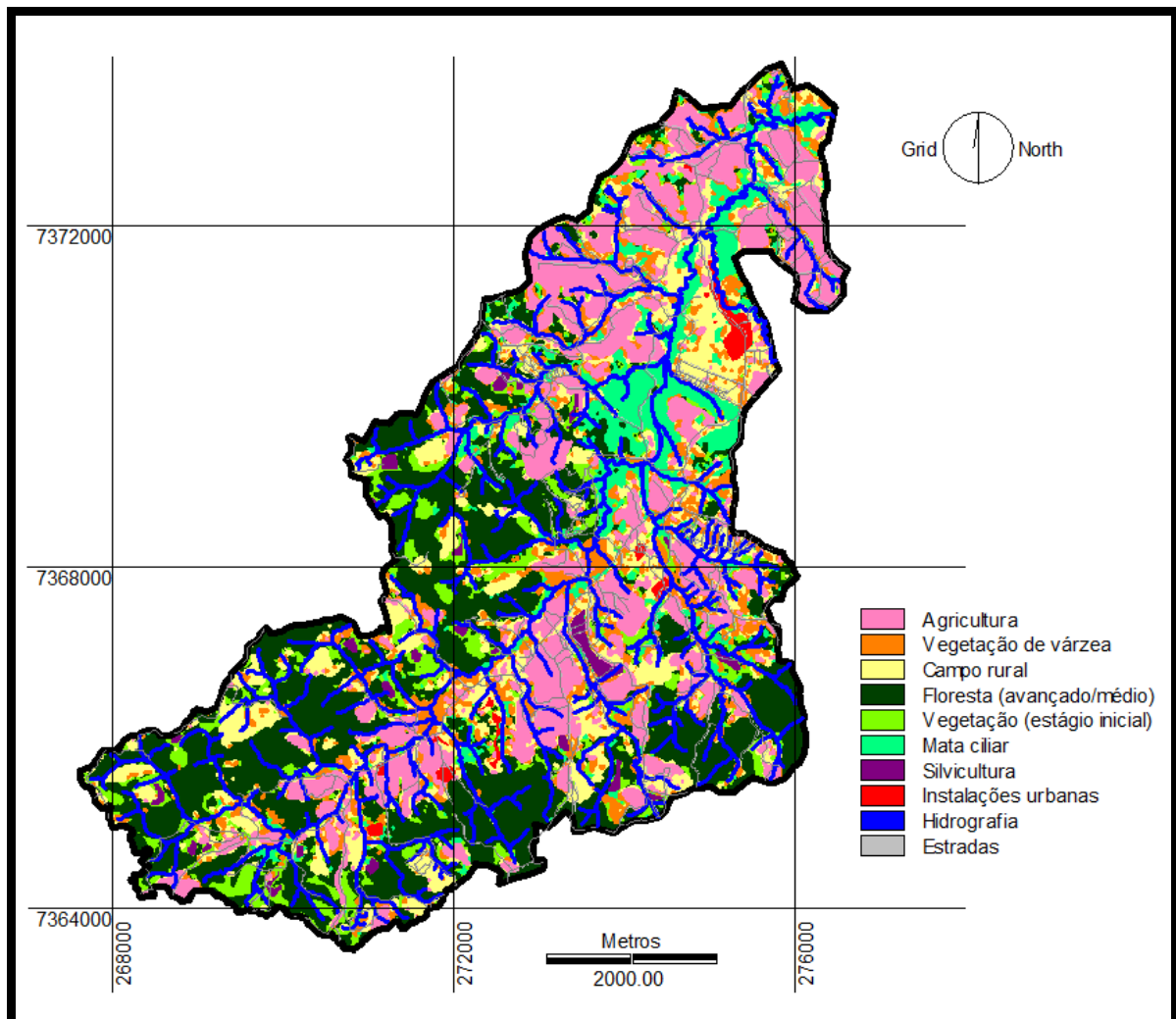


Figura 10 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da microbacia do ribeirão do Murundu, Ibiúna-SP.

Tabela 3 - Classes de uso do solo e cobertura vegetal e respectivas áreas na microbacia do ribeirão do Murundu, Ibiúna-SP

Classe de Uso do Solo e Cobertura Vegetal	Área (ha)	% da Área Total (4320 ha)
Floresta em estágio avançado/médio	1298,84	30,05 %
Mata ciliar	364,45	8,43 %
Vegetação em estágio inicial	339,12	7,85 %
Vegetação de várzea	479,64	11,10 %
Hidrografia	140,41	3,25 %
TOTAL	2622,46	60,68 %
Agricultura	879,59	20,36 %
Campo rural	596,38	13,80 %
Silvicultura	50,17	1,16 %
Instalações urbanas	36,40	0,84 %
Estradas	136,73	3,16 %
TOTAL	1699,27	39,32 %

Diante do cenário apresentado, com base nos estudos desenvolvidos por Teixeira (2005), os quais consistiram na modelagem da dinâmica de uma paisagem do Planalto de Ibiúna nos anos de 1962, 1981 e 2000, pode-se inferir que ao longo do tempo haja a redução expressiva da cobertura florestal e da vegetação inicial, uma constância nas áreas de produção agrícola e o aumento significativo dos campos rurais, das instalações urbanas e da silvicultura.

Nesse sentido, em um contexto local e regional, é possível afirmar que devido a necessidade estratégica de proteção dos recursos hídricos da microbacia e a expressiva cobertura vegetal remanescente associada à pressão dos usos incidentes, evidenciam não somente a aptidão, mas a necessidade de incluir o território em mecanismos de conservação e de restauração ecológica.

Por exemplo, apesar da fragmentação da paisagem existente, estudos desenvolvidos por Bernacci et al. (2006) em fragmentos florestais remanescentes no município de Ibiúna demonstraram a ocorrência de algumas espécies vegetais ameaçadas de extinção, pouco conhecidas ou mesmo inéditas para São Paulo, o que ressalta a importância do PSA-Água não somente para a proteção dos recursos hídricos, mas também para a manutenção da biodiversidade regional.

Fundamental destacar a extrema importância dos remanescentes de mata ciliar para a interceptação dos processos erosivos resultantes do escoamento superficial, influenciando sobre a disponibilidade e a qualidade dos recursos hídricos,

assim como sobre a conectividade hidrológica, que segundo Rocha (2011), representa o sistema rio-planície de inundação e as suas implicações para os padrões de biodiversidade.

Em razão da significância da cobertura vegetal, a execução de Pagamentos por Serviços Ambientais para a manutenção da “floresta em pé” e até mesmo a criação de arranjos para a viabilização de Cotas de Reserva Ambiental (CRA), conforme previsão legal do Novo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), demonstram-se extremamente viáveis para a proteção dos recursos hídricos.

Contudo, a predominância da agricultura representa uma grande possibilidade à implantação do PSA-Água, uma vez que a conservação do solo e a consequente melhoria na produção poderiam garantir um maior envolvimento dos provedores e de suas respectivas propriedades, as quais potencialmente possuirão fragmentos de floresta e/ou vegetação inicial.

Sendo assim, entende-se que o fato de os remanescentes de vegetação estarem sob o domínio privado e sujeitos a diferentes pressões (inclui-se os campos antrópicos e a iminente silvicultura), permitiria a combinação de serviços a serem remunerados (conservação, restauração e conservação do solo), possibilitando o incremento dos pagamentos, a maior atratividade ao provedor e, conseqüentemente, maiores efeitos sobre a proteção dos recursos hídricos. Diante dessa avaliação, a priorização de áreas surge como gargalo para diminuir os custos de transação e potencializar os efeitos de um projeto de PSA-Água.

4.4. Mapa de prioridades

A classificação cruzada (tabela 4) permitiu verificar a distribuição das áreas de cada categoria de uso do solo e cobertura vegetal em cada faixa de declividade.

Obteve-se que a cobertura vegetal (mais a rede hidrográfica) prevalece nas faixas de declividade “muito baixa” (58,52%), “forte” (59,15%) e “muito forte” (78,45%), ao passo que os usos predominam nas faixas de declividade “fraca” (52,67%) e “média” (51,21%), o que demonstra que na microbacia as áreas mais suscetíveis a erosão estão mais protegidas, assim como as localidades mais planas associadas as zonas ripárias.

Diante desse cenário, destaca-se o aumento da cobertura florestal a medida que o terreno se torna mais declivoso (302,85 e 607,33 hectares). Tal condição reforça a dificuldade de intervenção e de estabelecimento de atividades antrópicas

nessas áreas, inclusive atrelada a fiscalização e ao interesse na manutenção dos corpos d'água como fonte de irrigação para a atividade agrícola e abastecimento de residências. Por outro lado, a ocorrência significativa da cobertura florestal nas áreas mais planas (150,43 hectares) pode estar intimamente relacionada às zonas ripárias, podendo, inclusive possuir características de matas ciliares.

Especificamente a categoria de mata ciliar predomina nas áreas mais planas (194,83 hectares), confirmando a sua relação com as planícies de inundação e conseqüentemente com as Áreas de Preservação Permanente. Nesse sentido, apesar da possibilidade de maiores erros na classificação digital, a vegetação de várzea também se destaca nas planícies de inundação (169,43 hectares), geralmente contíguas as matas ciliares. Tal contexto obviamente enseja que a hidrografia predomine nas áreas planas, sobretudo devido a planície fluvial de ribeirão do Murundu.

No caso da vegetação em estágio inicial, a maior presença em áreas com declividades acentuadas (74,25 e 129,16 hectares) também pode se relacionar com a dificuldade de manutenção de atividades agrícolas e conseqüente abandono das mesmas.

Sendo assim, com relação a agricultura, nota-se a diminuição expressiva do uso nas declividades >30% (84,25 hectares), corroborando com o exposto acima. Por outro lado, os campos rurais prevalecem como uso nessa faixa de declividade (114,69 hectares), confirmando a possibilidade de intervenções, principalmente sobre a vegetação inicial, como, por exemplo, a introdução da silvicultura, que, por sua vez, já predomina nas faixas de declividade mais acentuadas (13,31 e 16,86 hectares).

Como apresentado anteriormente, confirma-se também a predominância das instalações urbanas nas áreas mais planas (22,66 hectares). Porém, destaca-se a presença de ocupações, mesmo que pouco expressivas (1,28 hectares), nas faixas de declividade >30%, supostamente em contrariedade com a Lei Federal nº 6766/1979.

No caso das estradas, sua presença significativa nas áreas mais declivosas (24,53 e 15,54 hectares), representa um grande fator indutor do escoamento superficial e de processo erosivos que possam interferir diretamente sobre os recursos hídricos.

Tabela 4 - Dados da tabulação cruzada entre a declividade e o uso do solo e cobertura vegetal

Categoria de Uso do Solo e Cobertura Vegetal (ha)	Faixas de Declividade					TOTAL
	0 - 6%	6 - 12%	12 - 20%	20 - 30%	> 30%	
Floresta em estágio avançado/médio	150,43	65,27	172,96	302,85	607,33	1298,84
Mata ciliar	194,83	47,73	51,45	42,86	27,58	364,45
Vegetação em estágio inicial	54,28	23,42	58,01	74,25	129,16	339,12
Vegetação de várzea	169,43	58,23	92,23	89,63	70,12	479,64
Hidrografia	78,45	13,93	17,95	17,30	12,78	140,41
SUBTOTAL	647,42	208,58	392,60	526,89	846,97	2622,46
%	58,52%	47,33%	48,79%	59,15%	78,45%	60,68%
Agricultura	201,29	138,84	253,60	201,61	84,25	879,59
Campo rural	187,82	66,64	106,38	120,85	114,69	596,38
Silvicultura	4,03	2,98	12,99	13,31	16,86	50,17
Instalações urbanas	22,66	3,85	5,08	3,53	1,28	36,40
Estradas	42,96	19,75	33,95	24,53	15,54	136,73
SUBTOTAL	458,76	232,06	412,00	363,83	232,62	1699,27
%	41,48%	52,67%	51,21%	40,85%	21,55%	39,32%
TOTAL	1106,18	440,64	804,60	890,72	1079,59	4321,73

De acordo com a análise dos resultados apresentados, quando analisada a Tabela 5, a qual corresponde ao cálculo de áreas prioritárias (figura 11) e a sua relação com as áreas de cada categoria de uso do solo e cobertura vegetal, verifica-se, de forma geral, que:

- As áreas prioritárias para conservação representam 67,73% das categorias de cobertura vegetal (incluindo a rede hidrográfica - 3,25% - 140,41 hectares), assim como 41,10% da área total da microbacia, indicando, portanto, que 1776,3 hectares são prioritários para incentivos ambientais; e
- As áreas prioritárias para restauração ecológica, incluindo a conservação do solo, representam 57,16% das categorias de uso do solo, assim como 22,46% da área do território, resultando na quantidade de 971,22 hectares.

Sendo assim, para um cenário de planejamento e implantação de projeto de PSA-Água, ao todo, 2747,52 hectares são considerados prioritários, ou seja, 63,56% da área da microbacia.

Nesse contexto, de acordo com a hierarquização de graus de proteção aos solos pela cobertura vegetal, determinada por Ross (1994), e conforme as

experiências de PSA-Água anteriormente abordadas, segue abaixo o enquadramento de cada prioridade estabelecida, assim como as perspectivas inerentes a prestação de serviços ambientais.

- Grau de proteção “muito alto”: relacionado com a presença de 81,65% da cobertura florestal (Prioridade 1.1 - 1060,61 hectares) e de 61,02% da mata ciliar (Prioridade 1.2 - 222,41 hectares) localizados nas áreas prioritárias, perfazendo 29,7% da área total da microbacia (1283,02 hectares). Tal cenário, portanto, converge para a possibilidade da manutenção da “floresta em pé” como serviço ambiental prioritário, visando o monitoramento e a vigilância para fins de regeneração florestal, assim como possibilitando a exploração não madeireira sustentável (coleta de sementes, por exemplo), entre outros incentivos ambientais (CRA, créditos de carbono etc).
- Grau de proteção “alto”: relacionado com a presença de 54,10% de vegetação inicial (Prioridade 1.3 - 183,44 hectares) e de 35,32% da vegetação de várzea (Prioridade 1.4 - 169,43 hectares) localizados nas áreas prioritárias, totalizando 8,15% da área da microbacia (352,87 hectares). Esta condição ensejaria como garantia da prestação dos serviços ambientais a regeneração assistida, ou até mesmo, o enriquecimento da vegetação inicial (por exemplo, a conservação produtiva), visando, inclusive, a conexão entre fragmentos da cobertura florestal e da mata ciliar, conforme se pode observar na Figura 11. Especialmente com relação a vegetação de várzea, a manutenção da permeabilidade do solo e o manejo de espécies exóticas/invasoras são importantes.
- Grau de proteção “médio”: relacionado com a presença de 50,72% dos campos rurais (Prioridade 2.2 - 302, 51 hectares) e de 41,63% da silvicultura (Prioridade 2.3 - 20,89 hectares) localizados nas áreas prioritárias, totalizando 7,48% da área da microbacia. Com relação aos campos rurais, presume-se a adoção de práticas de conservação do solo (por exemplo, a construção de barraginhas de contenção do escoamento superficial), a manutenção de pastagens cultivadas, o isolamento de APP's, a restauração com espécies produtivas (sistemas agroflorestais), nucleação, chuva de sementes etc. No caso da silvicultura, as atividades relacionadas com o preparo do solo, o corte e a retirada da madeira, constituem as causas principais de alteração da

infiltração. Sendo assim, a preocupação de manutenção de condições ótimas de infiltração durante estas atividades deve estar centrada na manutenção da integridade do piso florestal (LIMA, 2008);

- Grau de proteção “baixo” e “muito baixo a nulo”: relacionada com a presença de 55,38% da agricultura (Prioridade 2.1 - 487,15 hectares) e de 36,4% das instalações urbanas (Prioridade 2.4 - 23,94 hectares) localizadas nas áreas prioritárias, totalizando, juntamente com as estradas (136,73 hectares), 14,98% da área da microbacia. A agricultura como prestadora de serviços ambientais está intimamente relacionada com a adoção de boas práticas agrícolas, que, conforme Antoniazzi (2008), consistem em três grandes grupos, quais sejam: a redução do uso de insumos, principalmente agroquímicos; o controle da erosão e do escoamento superficial (plantio em nível, terraços e barraginhas); e a proteção e/ou restauração de zonas de vegetação para a proteção dos recursos hídricos (em especial as matas ciliares). Tais práticas implicam na diminuição de custos na produção, inclusive devido a otimização na irrigação.

Com relação ao controle da erosão, este também se relaciona com a manutenção das estradas, ensejando a adoção de sistemas de contenção no interior das propriedades rurais, inclusive nas margens das vias utilizadas para a mecanização.

No caso das instalações urbanas, além dos impactos ambientais já mencionados, as atividades de terraplanagem representam ameaça à proteção dos solos e potencial interferência sobre os recursos hídricos. Como possibilidade de manutenção de serviços ambientais, o controle da expansão via determinações de uso e parcelamento do solo, assim como o saneamento rural e o controle do descarte das águas captadas pelos telhados, apresentam-se como práticas a serem integradas a um projeto de PSA-Água.

Ainda com relação a Antoniazzi (2008), a predominância de áreas com grau de proteção do solo “baixo” e “muito baixo a nulo”, são prioritárias à conservação do solo, tendo em vista que os impactos da erosão do solo incidem tanto fora dos corpos d’água (obstrução dos poros do solo) como dentro (eutrofização). Dessa forma, tendo em vista que a adoção de boas práticas resultaria em maior

adicionalidade de serviços ambientais, os incentivos ambientais para restauração devem ser maiores em tais localidades.

Tabela 5 - Dados da distribuição de áreas com relação a cada classe de prioridade

Prioridade	Classes de prioridades	Área total (ha)	Área total da categoria relacionada (ha)	% com relação à categoria correspondente	% com relação à área da microbacia (4320 hectares)
1 - Conservação	Prioridade 1.1	1060,61	1298,84	81,65%	24,55%
	Prioridade 1.2	222,41	364,45	61,02%	5,15%
	Prioridade 1.3	183,44	339,12	54,10%	4,25%
	Prioridade 1.4	169,43	479,64	35,32%	3,90%
	Hidrografia	140,41	140,41	100%	3,25%
	SUBTOTAL	1776,3	2622,46	67,73%	41,10%
	Prioridade 1.5	846,16	2622,46	32,27%	19,58%
	TOTAL	2622,46		100%	60,68%
2 - Restauração	Prioridade 2.1	487,15	879,59	55,38%	11,27%
	Prioridade 2.2	302,51	596,38	50,72%	7,00%
	Prioridade 2.3	20,89	50,17	41,63%	0,48%
	Prioridade 2.4	23,94	36,4	65,76%	0,55%
	Estradas	136,73	136,73	100%	3,16%
	SUBTOTAL	971,22	1699,27	57,16%	22,46%
	Prioridade 2.5	728,05	1699,27	42,84%	16,86%
	TOTAL	1699,27		100%	39,32%

Diante do exposto, a criação das zonas mistas, resultantes dos critérios de priorização propostos, não descarta a relevância de cada uso do solo ou cobertura vegetal no que diz respeito à proteção do solo e, por consequência, aos serviços ambientais hidrológicos prestados. Porém, no âmbito de um projeto de PSA-Água, estas localidades, caso contempladas, resultariam em pagamentos menores. Além de menores, tais pagamentos poderiam variar de acordo com o tipo de uso do solo e de cobertura vegetal, independentemente da declividade, respeitando os mesmos critérios já estabelecidos. Dessa forma, a análise das zonas mistas deve ser efetuada em conjunto com o mapa temático de uso do solo e cobertura vegetal.

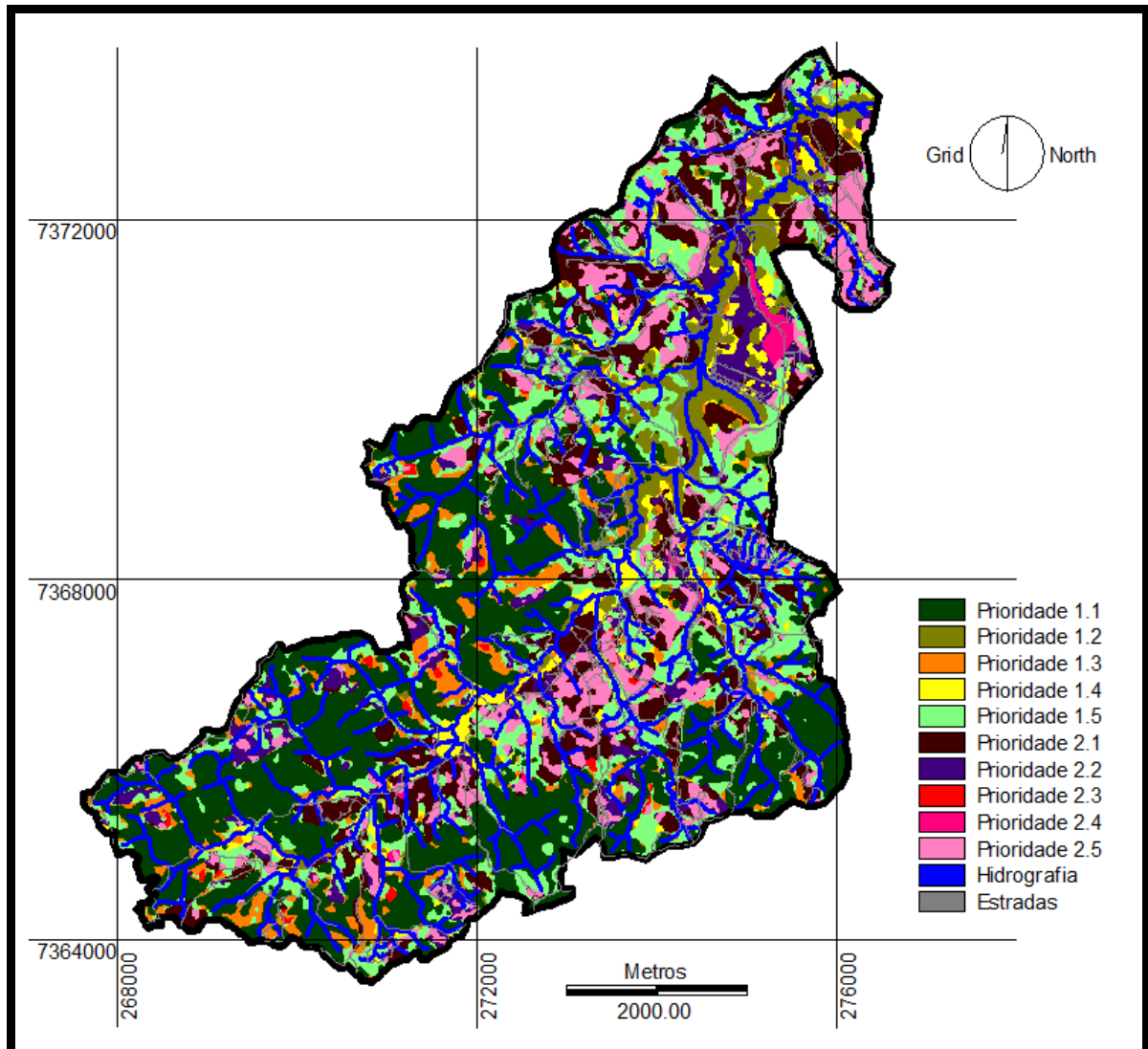


Figura 11 - Mapa de prioridades da microbacia do ribeirão do Murundu, Ibiúna-SP.

No caso das zonas mistas de conservação, que cobrem 19,58% da área da microbacia (Prioridade 1.5 - 846,16 hectares), estas são áreas de extrema importância não somente para a conectividade entre os remanescentes de vegetação nas faixas de declividades prioritárias, assim como para o amortecimento dos impactos negativos oriundos dos usos do solo.

Com relação as zonas mistas de restauração, que cobrem 16,86% da área da microbacia (Prioridade 2.5 - 728,05 hectares), estas são consideradas relevantes, principalmente, para a instalação dos sistemas de contenção do escoamento superficial e infiltração de água no âmbito do planejamento hidroambiental das propriedades rurais. Além disso, seriam as áreas mais propícias para a instalação dos usos do solo, como alternativa à ocupação das faixas de declividades prioritárias.

Considerando que as zonas mistas encontram-se na transição entre as áreas de declividade acentuada e as áreas planas, entende-se que no âmbito de um projeto de PSA-Água, tais zonas teriam o papel principal de conectar as localidades prioritárias, sobretudo, por meio das Áreas de Preservação Permanente, as quais, independentemente da classe de prioridade, imputariam valores maiores aos pagamentos.

4.5. Quantificação de áreas nas APP's de recursos hídricos

A partir da geração dos “buffers” com base nas determinações do Novo Código Florestal, Lei Federal nº 12651/2012, e do respectivo cálculo das Áreas de Preservação Permanente associadas aos recursos hídricos, verificou-se que as APP's totalizam 1014,26 hectares, sendo 182,76 hectares para as nascentes, e 831,50 hectares para as faixas ciliares, correspondendo a 4,23% e 19,24% da área da microbacia, respectivamente (23,47%).

No que diz respeito às condições das APP's com relação ao uso do solo e a cobertura vegetal, apresentadas na Tabela 6 e na Figura 12, estas se encontram predominantemente protegidas, atingindo, juntamente com a hidrografia, 76,50% da área total de preservação permanente (776,15 hectares). Por outro lado, 23,50% das APP's (238,11 hectares) necessitam de restauração.

Destaca-se novamente a presença significativa da cobertura florestal (30,22% - 306,52 hectares) devido à expressividade dos remanescentes na microbacia, da mata ciliar (11,56% - 7,46 hectares), a qual predomina no trecho de 5ª ordem do ribeirão do Murundu, assim como da vegetação em estágio inicial (6,54% - 66,34 hectares). Tal significância reforça a atuação da mata ciliar como filtro de sedimentos, reduzindo também a chegada de defensivos e nutrientes oriundos da agricultura aos corpos d'água. Por outro lado, a forte presença da vegetação de várzea, apesar de seus benefícios, indica também a ocorrência de intervenções sobre os corpos d'água, como barramentos, inclusive provocados pela passagem de estradas (2,75% - 27,88 hectares).

No caso dos usos do solo, a agricultura (9,61% - 97,45 hectares) e os campos rurais (10,49% - 106,31 hectares) prevalecem, indicando que existe uma demanda ao atendimento da legislação ambiental vigente como foco de um projeto de PSA-Água, uma vez que as APP's “invadidas” tornam as propriedades não cumpridoras de sua função socioambiental na proteção dos recursos hídricos

(NUSDEO, 2012). No caso da silvicultura (0,38% - 3,81 hectares) e das instalações urbanas (0,27% - 2,66 hectares), estas ainda são pouco significativas e, portanto, demandam menos esforços para a restauração e/ou para compensação ambiental.

Especificamente com relação as nascentes, 67,43% da APP (123,24 hectares), incluindo a hidrografia, encontram-se protegidos pela cobertura vegetal, enquanto 32,57% estão associados a algum tipo de uso do solo (59,52 hectares).

Diante do exposto, verifica-se que as nascentes, por estarem proporcionalmente menos protegidas, apesar do predomínio da cobertura florestal, demandariam maior prioridade, principalmente para a restauração, com relação as APP's das faixas ciliares dos corpos d'água.

Comparando-se os valores apresentados com os valores totais de cobertura vegetal e de uso do solo na microbacia, respectivamente, 60,68% e 39,32%, verifica-se que as APP's estão mais protegidas do que a área total. Tal cenário indica que mesmo em localidades em que predominam os usos do solo, as APP's foram conservadas. Tal condição possibilita que, no âmbito de um projeto de PSA-Água, sejam efetuados maiores pagamentos aos proprietários que detêm tais áreas protegidas em suas propriedades. Além disso, os esforços de restauração da vegetação seriam menores, possibilitando maiores investimentos nas práticas de conservação do solo.

Tabela 6 - Dados da ocorrência de usos do solo e cobertura vegetal em APP

Categoria de Uso do Solo e Cobertura Vegetal	APP nascentes (ha)	% na APP nascentes (182,76 ha)	APP total (ha)	% na APP total (1014,26 ha)
Floresta em estágio avançado/médio	75,35	41,23%	306,52	30,22%
Mata ciliar	7,46	4,09%	117,34	11,56%
Vegetação em estágio inicial	14,28	7,81%	66,34	6,54%
Vegetação de várzea	15,94	8,72%	145,54	14,34%
Hidrografia	10,21	5,58%	140,41	13,84%
TOTAL	123,24	67,43%	776,15	76,50%
Agricultura	28,65	15,67%	97,45	9,61%
Campo rural	24,41	13,35%	106,31	10,49%
Silvicultura	1,56	0,85%	3,81	0,38%
Instalações urbanas	0	0%	2,66	0,27%
Estradas	4,9	2,7%	27,88	2,75%
TOTAL	59,52	32,57%	238,11	23,50%

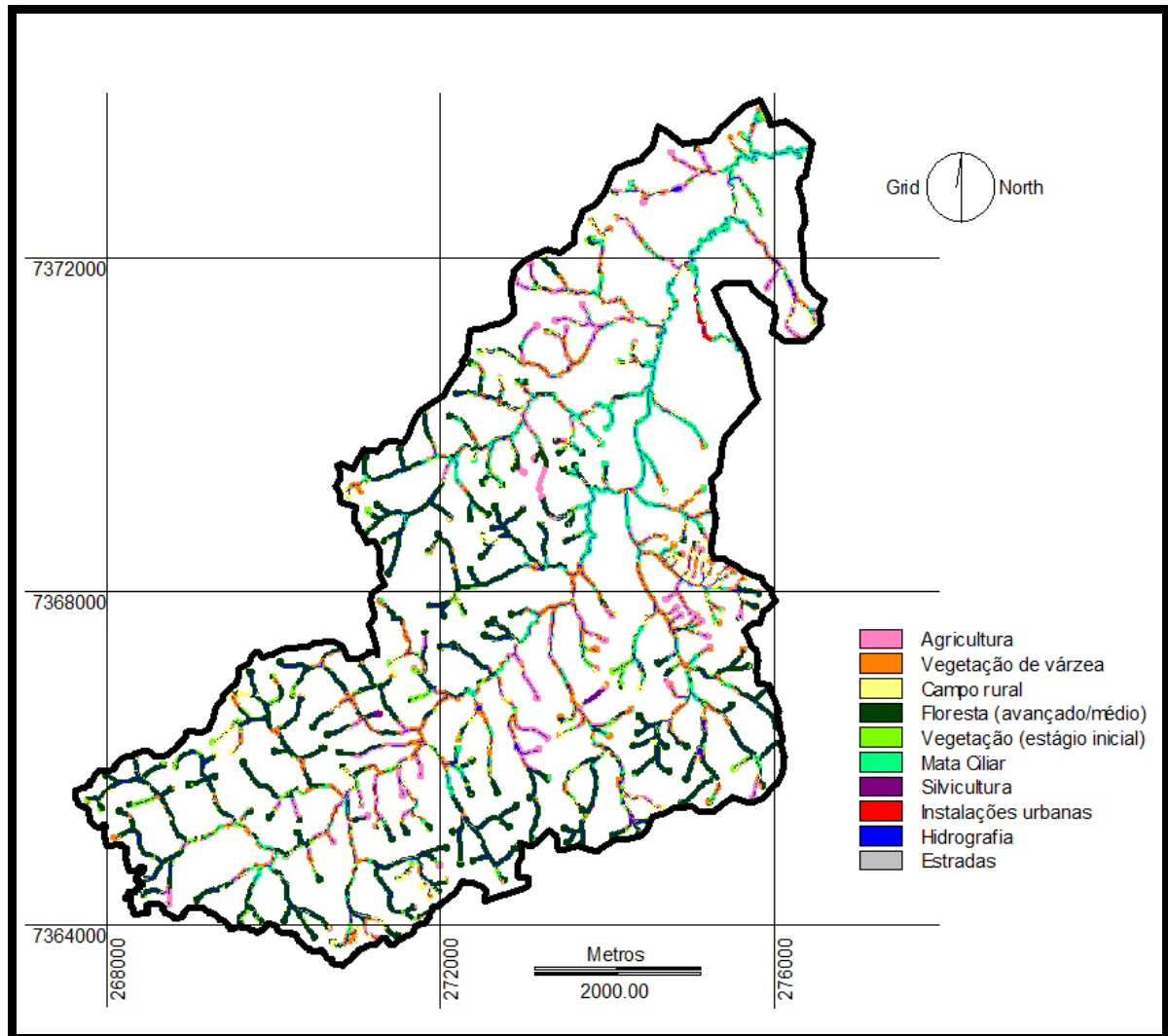


Figura 12 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal em APP da microbacia do ribeirão do Murundu, Ibiúna-SP.

Quando avaliados os valores das APP's consideradas prioritárias (tabela 7 e figura 13), as áreas sujeitas à conservação, incluindo a rede hidrográfica, totalizam 58,13% da área total de preservação permanente (589,66 hectares), ao passo que 14,93% das APP's (151,48 hectares) necessitam de restauração.

Especificamente com relação as nascentes, 54,10% da APP correspondente (98,88 hectares), incluindo a hidrografia, encontram-se em localidades prioritárias à conservação, enquanto 21,52% estão associados a algum tipo de uso do solo em local prioritário à restauração (59,52 hectares). De acordo com tais valores, reforça-se a demanda de esforços para a restauração das APP's prioritárias de nascentes com relação as APP's prioritárias das faixas ciliares dos corpos d'água.

Diante do contexto apresentado, 73,06% da APP total estão em áreas prioritárias (741,14 hectares), demonstrando a relação entre estas localidades

determinadas por lei e as faixas de declividade determinadas como prioritárias no presente estudo. Sendo assim, reforça-se a justificativa de promover maiores incentivos ambientais para essas áreas do que para as áreas comuns.

Para complementar tal análise, os dados de porcentagem de APP prioritária com relação a área total de preservação permanente para cada classe de prioridade correspondente, são de extrema importância para a execução dos esforços principais de conservação e restauração com os maiores ganhos ambientais e sociais. Em outras palavras, tais valores indicam quais seriam as prioridades dentro das próprias prioridades, tendo em vista a necessidade de diminuição dos custos de transação em um projeto de PSA-Água.

Sendo assim, com relação a cobertura vegetal, os maiores impactos resultantes da proteção das zonas ripárias correspondem a conservação da floresta (Prioridade 1.1 - 24,75% - 251,02 hectares), a mata ciliar (Prioridade 1.2 - 8,57% - 86,95 hectares), a vegetação de várzea (Prioridade 1.4 - 7,24% - 73,36 hectares) e a vegetação em estágio inicial (Prioridade 1.3 - 3,73% - 37,92 hectares).

No caso dos usos do solo prioritários à restauração em APP, destacam-se a agricultura (Prioridade 2.1 - 6,24% - 63,27 hectares) e posteriormente os campos rurais (Prioridade 2.2 - 5,56% - 56,45 hectares). Em seguida, demandando maiores esforços de conservação do solo, as estradas (2,75% - 27,88 hectares), e posteriormente as instalações urbanas (Prioridade 2.4 - 0,23% - 2,40 hectares) e a silvicultura (Prioridade 2.3 - 0,15% - 1,48 hectares).

Tabela 7 - Dados da ocorrência de prioridades em APP

Prioridade	Classes de prioridades	APP prioritária nascentes (ha)	% na APP nascentes (182,76 ha)	APP prioritária total (ha)	% na APP total (1014,26 ha)
1 - Conservação	Prioridade 1.1	75,03	41,05%	251,02	24,75%
	Prioridade 1.2	2,79	1,52%	86,95	8,57%
	Prioridade 1.3	8,29	4,53%	37,92	3,73%
	Prioridade 1.4	2,56	1,4%	73,36	7,24%
	Hidrografia	10,21	5,6%	140,41	13,84%
	SUBTOTAL	98,88	54,1%	589,66	58,13%
	Prioridade 1.5	35,34	19,34%	186,49	18,38%
	TOTAL	134,22	73,44%	776,15	76,52%
2 - Restauração	Prioridade 2.1	22,82	12,49%	63,27	6,24%
	Prioridade 2.2	10,87	5,95%	56,45	5,56%
	Prioridade 2.3	0,73	0,4%	1,48	0,15%
	Prioridade 2.4	0	0%	2,40	0,23%
	Estradas	4,9	2,68%	27,88	2,75%
	SUBTOTAL	39,33	21,52%	151,48	14,93%
	Prioridade 2.5	9,21	5,04%	86,63	8,54%
TOTAL	48,54	26,56%	188,56	23,48%	

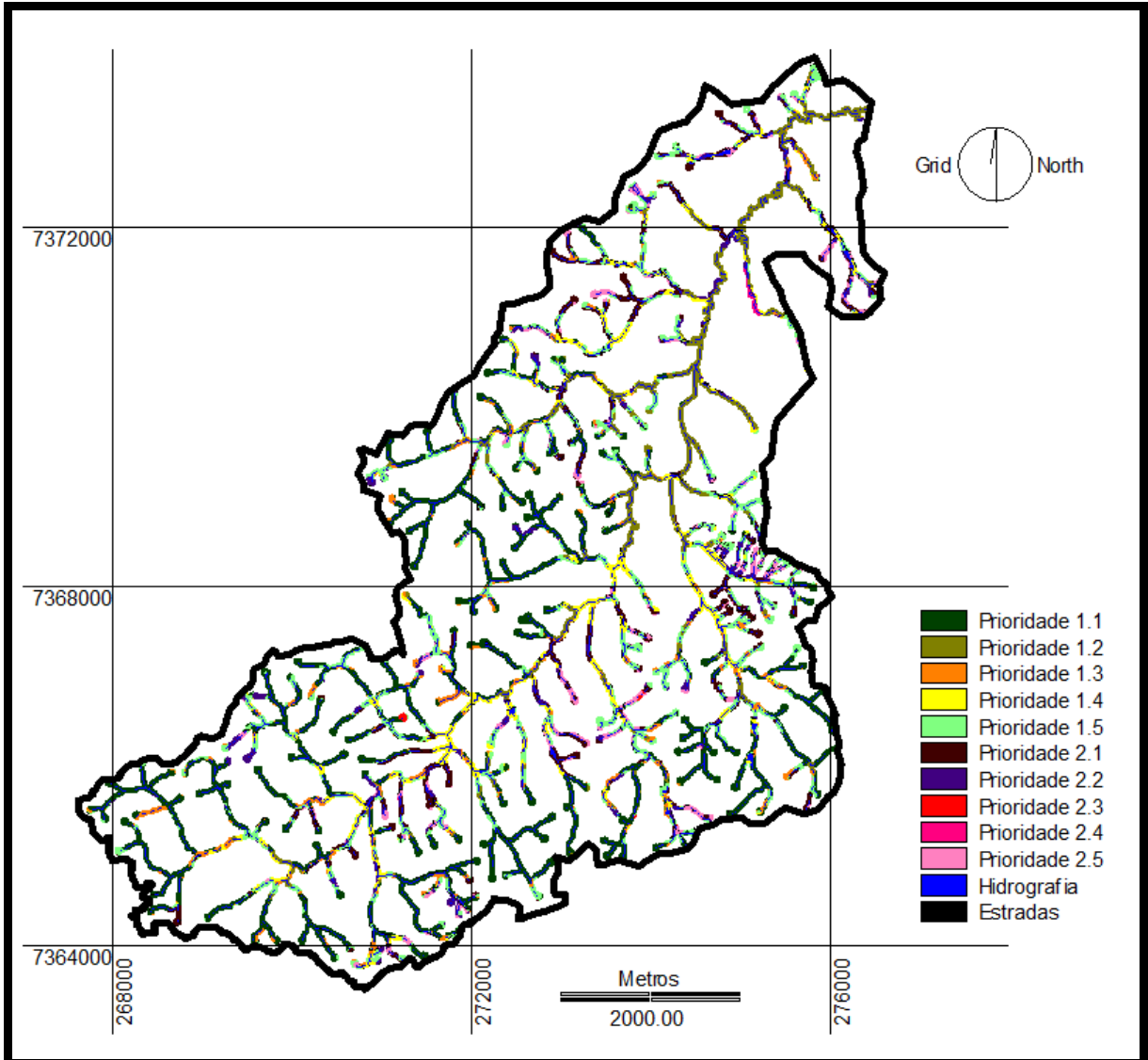


Figura 13 - Mapa de prioridades em APP da microbacia do ribeirão do Murundu, Ibiúna-SP.

Com relação as zonas mistas, as APP's voltadas à conservação cobrem 18,38% da área total (Prioridade 1.5 - 186,49 hectares), ao passo que as áreas para restauração, cobrem 8,54% da área da microbacia (Prioridade 2.5 - 86,63 hectares). Estas últimas, apesar de poderem imputar valores menores de remuneração aos proprietários, devem obrigatoriamente ser restauradas, conforme a recente obrigatoriedade na recuperação de Áreas de Preservação Permanente imposta pelo Novo Código Florestal.

Nesse sentido, no quesito de restauração, os valores de APP prioritárias associadas aos usos do solo (151,48 hectares) quando acrescidos aos valores de APP em zonas mistas de restauração (86,63 hectares), resultam em 238,11 hectares passíveis de serem recuperados ou compensados na microbacia.

Ainda com relação as zonas mistas em APP, mesmo sendo consideradas mais prioritárias do que as áreas comuns, se faz necessária a diferenciação dos valores a serem pagos de acordo com a categoria de uso do solo e cobertura vegetal, independentemente da declividade, por serem protegidas por lei. Logo, aqueles proprietários a montante e nas áreas de planície de inundação seriam mais beneficiados. Sendo assim, espera-se que o proprietário intermediário busque o aprimoramento da proteção do recurso hídrico, podendo destinar mais áreas protegidas à contratação ou até mesmo restaurar áreas maiores do que a legislação obriga, visando aumentar a sua remuneração, gerando uma competição saudável entre os provedores.

4.6. Determinação e quantificação das localidades prioritárias ao PSA-Água

A partir da síntese dos resultados principais, pôde-se criar uma legenda para o uso integrado dos mapas. Foram relacionadas, portanto, a área de cada classe de prioridade, em 4 faixas de localidades prioritárias, determinadas de acordo com as discussões:

- Máxima: Áreas definidas como prioritárias com relação a declividade, localizadas em APP;
- Alta: APP fora das áreas definidas como prioritárias com relação a declividade;
- Média: Áreas definidas como prioritárias com relação a declividade, fora de APP;
- Baixa: Áreas com cobertura vegetal ou sem cobertura vegetal em área comum, ou seja, fora de APP e das áreas definidas como prioritárias com relação a declividade;

A quantificação de áreas em cada faixa prioritária permitiu a criação de uma matriz de prioridades, tanto para conservação como para restauração. Tal quantificação facilita a criação de cenários em potencial para a implantação gradativa do PSA-Água, inclusive possibilitando o estabelecimento de critérios de valoração diferenciados, tanto entre as classes de prioridade como entre as faixas prioritárias, o que auxiliaria na estimativa do montante de recursos a serem disponibilizados para o projeto de PSA-Água.

Desse modo, segue apresentada na Tabela 8 a síntese dos resultados relacionados com as áreas prioritárias para a conservação, os quais indicam que 589,66 hectares representam a faixa de prioridade “máxima”, 186 hectares estão relacionados com a prioridade “alta”, 1186,64 hectares estão na faixa de prioridade “média” e 659,67 hectares se encontram na faixa de prioridade “baixa”.

Totalizando 2622,46 hectares da microbacia (60,68%), a contratação de áreas prioritárias à conservação seria o ponto de partida para estimular a participação dos provedores. Sendo assim, uma vez inseridos no projeto de PSA-Água, os proprietários poderiam estar mais convencidos a, gradativamente, adequarem ambientalmente as suas propriedades e suas atividades produtivas, de preferência com os próprios incentivos recebidos por suas áreas conservadas.

Tabela 8 - Classes prioritárias à conservação e o valor de área em cada localidade prioritária

Prioridade	Classes de Prioridades	Prioridade 1.5		Prioridade 1.5	
		Máxima	Alta	Média	Baixa
		Prioridade em APP (ha)	APP fora de prioridade (ha)	Prioridade fora de APP (ha)	Cobertura vegetal em área comum (ha)
1 - Conservação	Prioridade 1.1	251,02	55,5	809,59	182,73
	Prioridade 1.2	86,95	30,39	135,46	111,65
	Prioridade 1.3	37,92	28,42	145,52	127,26
	Prioridade 1.4	73,36	72,18	96,07	238,03
	Hidrografia	140,41	0	0	0
	SUBTOTAL	589,66	186,49	1186,64	659,67
	TOTAL	2622,46			

Convém reforçar que do ponto de vista ecológico e de geração de serviços ambientais, florestas já estabelecidas, e até mesmo as vegetações em estágio inicial, geram mais benefícios e serviços ambientais de que as florestas implantadas, em processo de restauração (SMA, 2012a). Dessa forma, o ideal seria um maior pagamento para a conservação das florestas do que para a restauração e implantação delas. Entretanto, a partir das ferramentas e dos critérios utilizados pelo presente capítulo, foram quantificadas e analisadas as áreas prioritárias para restauração, incluindo as práticas de conservação do solo, que por sua vez, pode ser uma prática imediata ao invés da implantação de plantios, nucleação etc.

Desse modo, segue apresentada na Tabela 9 a síntese dos resultados relacionados com relação as áreas prioritárias para a restauração, os quais indicam que 151,48 hectares representam a faixa de prioridade “máxima”, 86,63 hectares estão relacionados com a prioridade “alta”, 819,74 hectares estão na faixa de prioridade “média” e 641,42 hectares se encontram na faixa de prioridade “baixa”.

Tabela 9 - Classes prioritárias à restauração e o valor de área em cada localidade prioritária

Prioridade	Classes de Prioridades	Prioridade 2.5		Prioridade 2.5	
		Máxima	Alta	Média	Baixa
		Prioridade em APP (ha)	APP fora de prioridade (ha)	Prioridade fora de APP (ha)	Sem cobertura vegetal em área comum (ha)
2 - Restauração	Prioridade 2.1	63,27	34,18	423,88	358,26
	Prioridade 2.2	56,45	49,86	246,06	244,01
	Prioridade 2.3	1,48	2,33	19,41	26,95
	Prioridade 2.4	2,4	0,26	21,54	12,2
	Estradas	27,88	0	108,85	0
	SUBTOTAL	151,48	86,63	819,74	641,42
	TOTAL	1699,27			

Totalizando 1699,27 hectares da microbacia (39,32%), entende-se que a contratação de áreas prioritárias à restauração seja introduzida gradativamente no projeto de PSA-Água. O ideal seria iniciar um processo de convencimento de cada provedor, primeiramente, através da remuneração das áreas prioritárias à conservação na propriedade, passando pela execução das práticas de conservação do solo, inclusive para preparo do solo para o plantio e outras práticas atreladas a restauração ecológica, que seriam as últimas medidas a serem executadas.

Nesse formato, a priorização fatalmente tornaria um projeto de PSA-Água menos custoso, mais completo e com mais participantes, proporcionando a conexão entre fragmentos florestais e a propagação de práticas de conservação do solo e de restauração ecológica como oportunidades aos proprietários rurais.

De maneira geral, a consideração das APP's como as localidades mais prioritárias demonstra-se como alternativa para a implantação piloto de um PSA-Água, sobretudo visando conectar as localidades mais declivosas com as áreas planas. Por se tratarem de áreas menores, resultariam em menores investimentos iniciais, e ao mesmo tempo viabilizaria o processo de adequação ambiental da

propriedade com relação a legislação. Tal processo de adequação, por sua vez, facilitaria o acesso dos provedores à outros incentivos ambientais.

Apesar de possíveis contrariedades, já que se discute que a conservação e a restauração de APP's são praticas obrigatórias imputadas ao proprietário e, portanto, não geram adicionalidades, entende-se que a remuneração consiste em uma recompensa àqueles que cumpriram a legislação e uma "chance" de promover a restauração, com a aceitação do proprietário. Nesse sentido, a restauração pode ocorrer, inclusive, com a inserção de espécies produtivas, visando, por exemplo, implantar sistemas agroflorestais.

Vale destacar que na microbacia as APP's estão intimamente relacionadas com as planícies aluvionares e, estas, com as áreas de declividades prioritárias, o que favorece a proteção dos recursos hídricos, sobretudo em razão da conectividade entre as áreas prioritárias, proporcionando a recarga hídrica e o melhor desenvolvimento do ciclo hidrológico.

Em relação as áreas prioritárias identificadas fora de Áreas de Preservação Permanente, a utilização das faixas de declividade e da hierarquização de graus de proteção aos solos, ambas determinadas por Ross (1994), apresentam-se condizentes para a priorização proposta, apesar do reconhecimento de que a definição de áreas prioritárias está geralmente atrelada com análises multicriteriais.

Nesse sentido, se fazem necessários maiores estudos, inclusive de campo, para a obtenção de outros fatores que compõem a paisagem, como, por exemplo, a morfologia da bacia hidrográfica, a vulnerabilidade à erosão e as características de fragmentos florestais, visando a geração de novos planos de informação que possam ser processados em ambiente SIG (VALENTE, 2005). Essa perspectiva de enriquecimento aplicada à um sistema de PSA-Água se mostra importante para criar outros níveis de prioridade, visando até mesmo reduzir as áreas à serem remuneradas e os custos de transação, porém, garantindo melhores resultados para a provisão de serviços ambientais.

5. CONCLUSÃO

Com o intuito de traduzir um cenário possível para o planejamento de um projeto de PSA-Água na microbacia do ribeirão do Murundu, o qual se fundamentou na priorização de áreas tanto para a conservação como para a restauração, as

geotecnologias se revelaram uma poderosa ferramenta, possibilitando a geração dos mapas temáticos e o cálculo de áreas.

Por sua vez, a proposta de priorização demonstrou-se viável para a tomada de decisão, podendo ser aplicada para a seleção de áreas entre bacias hidrográficas, no interior de microbacias hidrográficas e até mesmo dentro de propriedades. Nesse último caso, a utilização de imagens com melhor resolução espacial garantiria maior precisão no mapeamento e na quantificação de áreas passíveis de remuneração na propriedade, assim como na elaboração de planos de ação a serem atendidos pelos proprietários como condicionalidade aos pagamentos. Além disso, a aferição das faixas de declividade e dos elementos da paisagem no interior da propriedade são práticas relativamente simples de se obter tecnicamente em campo, do que outras variáveis.

Dessa forma, o mapeamento das propriedades com uma escala detalhada representa uma situação ideal para o planejamento, desenvolvimento e monitoramento de ações no âmbito de um projeto de PSA-Água. No entanto, a questão fundiária ainda é um fator limitante para determinar a titularidade e a demarcação das propriedades rurais, assim como as tecnologias atreladas a medição e georreferenciamento acabam incorporando maiores custos ao projeto.

Diante de tal limitação, é importante ressaltar que o PSA tem utilidade transversal, ou seja, é um mecanismo em potencial para auxiliar na regularização de propriedades rurais, no processo de mapeamento do território, na aplicação do Código Florestal, na conservação dos solos e melhor aproveitamento dos recursos ambientais, e, em alguns casos, na execução de medidas sanitárias em regiões de mananciais (como a instalação de fossas sépticas).

Sendo assim, a sua implementação depende da governança da água, ou seja, da criação de alternativas de arranjos institucionais para o gerenciamento dos recursos hídricos, de forma a contribuir para o desenvolvimento econômico e o bem estar das populações das áreas rurais e a jusante. Isso inclui o envolvimento de pessoal técnico capacitado, a criação de instâncias decisórias que envolvam diferentes níveis de governo e organizações da sociedade, e instâncias de articulação com as localidades prioritárias ao PSA-Água.

Portanto, a articulação entre os diversos atores responsáveis pela gestão dos recursos hídricos, assim como a ampliação do conhecimento técnico e científico

sobre o PSA-Água, são fundamentais para o desenvolvimento de políticas públicas de incentivos ambientais, favorecendo o manejo de bacias hidrográficas.

6. CONCLUSÃO GERAL

Reconhecendo que, na maioria dos casos, os serviços ambientais são bens públicos, os entes federativos devem galgar a manutenção e o aumento dos serviços ambientais. Para tanto, a realidade socioeconômica ambiental e a percepção dos proprietários, juntamente com a priorização de áreas, se demonstraram como elementos balizadores para o planejamento, o estabelecimento de metas e o desenho, inclusive financeiro, de um esquema de PSA-Água.

Dessa forma, considerou-se fundamental a utilização das ferramentas apresentadas em ambos os capítulos deste trabalho, possibilitando uma melhor interação entre beneficiários e provedores para que tenham condições de definir conjuntamente: as condicionalidades; os critérios de valoração; as formas de remuneração; e outros detalhes para a contratação de serviços ambientais.

Logo, diferentemente da remuneração exclusiva para as nascentes, conforme proposta do projeto piloto “Mina d’Água”, a priorização de áreas proposta enseja também a participação dos proprietários que não têm nascentes. Além disso, possibilita uma maior proteção dos recursos hídricos, com destaque para a conservação e a restauração das zonas ripárias e a possibilidade de sua conexão com as localidades de declividades acentuadas, através das APP’s.

Contudo, em termos de priorização, a presença de nascentes nas propriedades poderia imputar maiores valores de remuneração para as APP’s. Nesse caso, segundo Tonello et al. (2006), as nascentes de orientações sul e leste são conservadoras de umidade, ao passo que as de norte e oeste são dispersoras, ou seja, as primeiras produziram mais água e, portanto, seriam mais prioritárias.

Fica evidente, entretanto, que a remuneração pela “floresta em pé” definitivamente se apresenta como perspectiva principal na microbacia do ribeirão do Murundu, assim como a possibilidade de reversão dos valores monetários em outras formas de apoio aos provedores, sobretudo, correspondendo ao atendimento das suas prioridades.

É importante ressaltar que existem interesses econômicos que permeiam as propostas de implantação de PSA e que a adequada compatibilização entre as dimensões legal, financeira, técnica e institucional, portanto, é questão sensível.

Sendo assim, destacar apenas a economia dentre as dimensões pode dar um caráter somente mercadológico ao PSA, em detrimento dos ganhos socioambientais possibilitados por políticas públicas de qualidade. Logo, considera-se fundamental que os projetos de PSA priorizem arranjos institucionais que envolvam a maior quantidade de agentes (governamentais, não governamentais e privados), visando uma gestão compartilhada.

A própria expansão da demanda por serviços ambientais acaba por fomentar o desenvolvimento de mecanismos diferenciados de recompensa aos provedores, assim como de priorização. Para tanto, além dos incentivos ambientais, é fundamental que a sociedade obtenha informações e reconheça a importância dos serviços ambientais.

Diante do exposto, espera-se que o presente trabalho possa contribuir ao aumento do conhecimento disponível com relação ao PSA, permitindo a melhoria contínua de sua gestão e o aprendizado social no processo de sua implementação.

REFERÊNCIAS

ALTMANN, A. Pagamentos por serviços ecológicos: uma estratégia para a restauração e preservação da mata ciliar no Brasil?. 2008. 121 f. Dissertação (Mestrado em Direito) – Universidade de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, 2008. Disponível em: <<http://www.ana.ucs.br/ucs/tpIPOSDireito/posgraduação/strictosensu/direitodissertacoes/dissertação?identificador-260>>. Acesso em: 03 mar. 2011.

ANDRADE, D. C.; FASIABEN, M. C. R. A utilização dos instrumentos de política ambiental para a preservação do meio ambiente: o caso dos Pagamentos por Serviços Ecossistêmicos (PSE). Economia ensaios, Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 113-133, 2009.

ANTONIAZZI, B. L. Agricultura como provedora de serviços ambientais para proteção de bacias hidrográficas. Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária, Campinas, p. 52-63, junho 2008.

ARAGAKI, S.; MANTOVANI, W. Caracterização do clima e da vegetação de remanescente florestal no planalto paulistano (SP). In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 4., 1998, Águas de Lindóia. Anais ... [S.l.]: Aciesp, 1998. v. 104, p. 25-36.

BENJAMIN, A. H. Introdução à Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação. In: Benjamin, A. H. Direito Ambiental das áreas protegidas. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2001. p. 276-316.

BERNACCI, L. C. et al. O efeito da fragmentação florestal na composição e riqueza de árvores na região da Reserva do Morro Grande (Planalto de Ibiúna-SP). Rev. Inst. Flor., São Paulo, v. 18, p. 121-166, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios. Brasília, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Pagamentos por Serviços Ambientais: perspectivas para a Amazônia Legal. 2. ed. rev. Brasília, 2009.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 001, de 31 de janeiro de 1994. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res94/res0194.html>>. Acesso em: 27 jun. 2013.

CALHEIROS, R. de O. et al. Nascentes: produção, captação e cuidados com a água para consumo doméstico. Campinas, SP: FUNDAG, 2010.

CATHARINO, E. L. et al. Aspectos da composição e diversidade do componente arbóreo das florestas da Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. Biota Neotrop, Campinas, v. 6, n. 2, 2006. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v6n2/pt/abstract?article+bn00306022006>>. Acesso em: 13 maio 2013.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA - CEPAGRI. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras_informacoes/clima_muni_228.html> Acesso em: 07 dez. 2012.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1980.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS SOROCABA E MÉDIO TIETÊ - CBH-SMT. Relatório de situação e caracterização geral da bacia hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. Sorocaba, 2000. (Relatório Zero).

DE BIASI, M. Carta de Declividade: confecção e utilização. Geomorfologia, São Paulo, n. 21, p. 8-13, 1970.

EASTMAN, J.R. Manual do Idrisi for Windows: introdução e exercícios tutoriais. UFRGS/ Centro de Recursos Idrisi, Porto Alegre, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Súmula da XX Reunião de levantamento de solos. Rio de Janeiro, 1979.

ENGEL, S.; PAGIOLA, S.; WUNDER, S. Designing payments for environmental services in theory and practice: an overview of the issues. Ecological Economics, Amsterdam, v. 65, n. 4, p. 663-675, 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITES NATIONS. Control of water pollution from agriculture. Rome, 1996. (FAO Irrigation and Drainage Papers, 55). Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/w2598e/w2598e00.htm>>. Acesso em: 25 jan. 2012.

FERRETI, A. Projeto Oasis: Pagamento por Serviços Ambientais. [S.l.: s.n.], 2011. 32 slides, color. (Terceira Conferencia Nacional de PSA).

GARCIA, A. R. et al. Volume de enxurrada e perda de solo em estradas florestais em condições de chuva natural. Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 535-542, 2003.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E. R. et al. The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. Ecological Economics, Amsterdam, v. 69, n. 6, p.1209-1218, 2009.

IBIÚNA (Município). Lei Municipal nº 1236, de 13 de dezembro de 2006: institui o Plano Diretor da Estância Turística de Ibiúna. Ibiúna, 2006.

IBIÚNA (Município). Projeto “Mina d’ Água”: proposta de liberação de crédito não reembolsável ao amparo de recursos do Fundo Estadual de Controle e Prevenção da Poluição - FECOP. Ibiúna, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro, 2012. (Manuais Técnicos em Geociências).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT/DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. 1997. Mapa de erosão do Estado de São Paulo. São Paulo: IPT/DAEE, 1997. Escala 1:1.000.000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. Centro de Tecnologias Ambientais e Energéticas, Laboratório de Recursos hídricos e Avaliação Geoambiental. Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Sorocaba e Médio Tietê – UGRHI 10. São Paulo, 2006. (Relatório Final, Parecer Técnico nº 91 265-205).

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO (São Paulo, SP). São Paulo, Bairro do Cupim. Folha SF-23-Y-C-V-2-SO-E. São Paulo, 1979. 1 mapa. Escala 1:10.000.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO (São Paulo, SP). São Paulo, Bairro do Piaí. Folha SF-23-Y-C-V-4-NO-A. São Paulo, 1979. 1 mapa. Escala 1:10.000.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO (São Paulo, SP). São Paulo, Bairro do Murundu. Folha SF-23-Y-C-V-4-NO-C. São Paulo, 1979. 1 mapa. Escala 1:10.000.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO (São Paulo, SP). São Paulo, Bairro Itaguapeva. Folha SF-23-Y-C-V-3-NE-D. São Paulo, 1979. 1 mapa. Escala 1:10.000.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO (São Paulo, SP). São Paulo, Bairro do Lajeado. Folha SF-23-Y-C-V-3-NE-B. São Paulo, 1979. 1 mapa. Escala 1:10.000.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Divisão de Processamento de Imagens – INPE/DPI. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/>. Acesso em: 04 jan. 2013.

JENSEN, J. R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos Parêntese, 2009.

JODAS, N. Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) como ferramenta efetiva à aplicabilidade do código florestal brasileiro: uma proposta combativa ao projeto de lei nº 1876/99. Relatos da experiência pioneira de PSA no município de Londrina-PR. Revista de Direito Público, Londrina, v. 5, p. 66-80, 2010.

KAWAICHI, Vanessa. A oferta de serviços ambientais na bacia hidrográfica dos rios Sorocaba e Médio Tietê. 2012. 113f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Universidade Federal de São Carlos, Campus Sorocaba, Sorocaba, 2012.

LANDELL-MILLS, N.; PORRAS, I. T. Silver bullet or fools' gold?: A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON VALUATION AND INNOVATIVE FINANCING MECHANISMS IN SUPPPORT OF CONSERVATION AND SUSTAINABLE MANAGEMENT OF TROPICAL FORESTS, 2002, Wageningen. Proceedings... [S.l.: s.n.], 2002. p. 89-92.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. Matas ciliares: conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP/ Fapesp, 2000. p. 33-44.

LIMA, W. P. Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas. Piracicaba: USALQ/USP, 2008. (Apostila).

LINO, C. A.; DIAS, H. Águas e floresta da Mata Atlântica: por uma gestão integrada. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica; Fundação S. O. S Mata Atlântica, 2003.

LOURENÇO, Roberto Wagner (Coord.). Relatório final das atividades realizadas nas bacias hidrográficas do Murundu Paiol e Una. Sorocaba: Universidade Estadual Paulista, campus Sorocaba, 2011.

MANFRÉ, L. A. et al. Potencial de ocorrência de avarias ambientais em bacias hidrográficas com ocupação rural mediante análise morfométrica. Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil, Porto Rico, v. 10, n. 1, p. 23-32, 2009.

MANTOVANI, W. et al. Estudos fitossociológicos de áreas de mata ciliar em Moji-Guaçu, SP. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, São Paulo. Anais... Campinas: Fundação Cargill, 1989. p. 235-267. (Serie Técnico-Científica, 169).

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Técnicas de pesquisa. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1990.

MARQUES, V. K. G. P.; KUSANO, H. R. Estudo de caracterização morfométrica e análise de disponibilidade hídrica do Rio Murundu. 2009. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista, Campus Sorocaba, Sorocaba, 2009.

MARTINS, R. C. Agricultura, gestão dos recursos hídricos e desenvolvimento rural: a convergência necessária. In: Felicidade, N.; Martins, R. C.; Leme, A. A. (Org.). Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil. São Carlos: RiMa, 2001. p. 82-97.

MEDEIROS, R. et al. Contribuição das unidades de conservação brasileiras para a economia nacional: sumário executivo. Brasília: UNEP-WCMC, 2011.

METZGER, J. P. (Coord.). Conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas no Planalto Atlântico de São Paulo. São Paulo, 2002. (Relatório Projeto FAPESP, Proc. 99/05123-4. 1999.)

METZGER, J. P.; SIMONETTI, C. Estrutura da paisagem em Caucaia do Alto. Anexo I. In: METZGER, J. P. Conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas no Planalto Atlântico de São Paulo. São Paulo: [s. n.], 2003. (III Relatório Anual FAPESP, 2003 - Programa BIOTA/FAPESP, Processo No 99/05123-4).

METZGER, J. P. O Código Florestal tem base científica?. Natureza & Conservação, Goiás, v. 8, p. 92-99, 2010.

MORAES, J. Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) como instrumento de política de desenvolvimento sustentável dos territórios rurais: o projeto protetor das Águas de Vera Cruz, RS. Sustentabilidade em Debate, Brasília, v.3, n.1, p. 43-56, 2012.

MOTTA, R. S. da. Economia ambiental. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.

MURADIAN, R. et al. Reconciling theory and practice: An alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. Ecological Economics, Amsterdam, v. 69, n. 6, p. 1202-1208, 2009.

NUSDEO, A. M. de O. Pagamento por Serviços Ambientais: sustentabilidade e disciplina jurídica. São Paulo: Atlas, 2012.

PAGIOLA, S.; PLATAIS, G. Payments for Environmental Services: from theory to practice. Washington D.C.: World Bank, 2007.

PAGIOLA, S. Pagamentos por Serviços Ambientais: experiências e lições. Washington D.C.: World Bank, 2011. 38 slides, color.

PAPP, L. Comentários ao novo Código Florestal Brasileiro: Lei n. 12.651/12. Campinas, SP: Millennium, 2012.

PINTO, L. P. et al. Mata Atlântica Brasileira: os desafios para conservação da biodiversidade de um hotspot mundial. In: ROCHA, C. F. D. et al. (Ed.). Biologia da conservação: essências. Rio de Janeiro: RiMa Editora, 2006. p. 91-118.

PONÇANO, W. L. et al. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. São Paulo, IPT, 1981. 1 mapa. Escala: 1:1.000.000. (IPT, Monografias, 5).

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. São José dos Campos: Parêntese, 2010.

ROCHA, P. C. Sistemas rio-planície de inundação: geomorfologia e conectividade hidrodinâmica. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, v. 1, p. 50-67, 2011.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v. 16, p. 81-90, 2005.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n. 8, p. 63-74, 1994.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia Depto de Geografia FFLCH USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica - Geologia Aplicada - IPT/FAPESP, 1997.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 55.947, de 24 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 13.798, de 9 de novembro de 2009, que dispõe sobre a Política Estadual de Mudanças Climáticas. Diário Oficial do Estado, São Paulo, SP. Seção 1, p. 01.

KUNTSCHIK, D. P.; EDUARTE, M.; UEHARA, T. H. K. Matas ciliares. São Paulo: SMA, 2010c.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Resolução SMA nº 123, de 24 de dezembro de 2010. Define as diretrizes para a execução do Projeto Mina d'Água - Projeto de Pagamento por Serviços Ambientais, na modalidade proteção de nascentes, no âmbito do Programa de Remanescentes Florestais, e revoga a Resolução SMA nº 61, de 24 de junho de 2010. Diário Oficial do Estado, São Paulo, SP. Seção 1, p. 01. Seção 1, p. 24-25.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente/Fundação Florestal. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Itupararanga. Disponível em: <www.fflorestal.sp.gov.br/planodemanejoCompletos.php>. Acesso em: 07 dez. 2011a.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente/Fundação Florestal. Plano de Manejo do Parque Estadual do Jurupará. Disponível em: <www.fflorestal.sp.gov.br/planodemanejoCompletos.php>. Acesso em: 07 dez. 2011b.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente / Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais. Experiências de pagamentos por serviços ambientais no Brasil. Organização. São Paulo, 2012a.

SÃO PAULO (Estado). Portaria CBRN nº13, de 14 de maio de 2012b. Diário Oficial do Estado, São Paulo, SP. Seção 1, p. 01. Seção 1, p. 68.

SAWYER, D. Economia verde e/ou desenvolvimento sustentável. Política Ambiental: economia verde: desafios e oportunidades, Belo Horizonte, n. 8, p. 36-42, jun. 2011.

Disponível em:

<http://www.conservacao.org/publicacoes/files/politica_ambiental_08_portugues.pdf>
. Acesso em: 15 out. 2011.

SHIKI, S.; SHIKI, S. F. N. Os desafios de uma política nacional de Pagamentos por Serviços Ambientais: lições a partir do caso do Proambiente. Sustentabilidade em Debate, Brasília, v. 2, n. 1, p. 99-118, 2011.

SILVA, P. A. L. da. Probabilidade & Estatística. Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso Editores, 1999.

SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T. Geoprocessamento & análise ambiental. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL – SER. The SER primer on ecological restoration. 2004. Disponível em: <<http://www.ser.org>>. Acesso em: 20 jun. 2013.

SOMMERVILLE, M. M.; JONES, J. P. G.; MILNER-GULLAND, E, J. A. Revised Conceptual framework for payments for environmental services. Ecology and Society, Nova Scotia, v. 14, n. 02, art. 34, 2009.

SOSSAI, F. M. Pagamento por serviços ambientais no estado do Espírito Santo: Metodologias para implantação de PSA em recursos hídricos. 2011. 31 slides, color.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. Geological Society of America Bulletin, New York, v. 63, p. 1117-1142, 1952.

TEIXEIRA, A. M. G. Modelagem da dinâmica de uma paisagem do Planalto de Ibiúna (1962-2000) e inferências sobre a sua estrutura futura (2019). 2005. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciências, na Área de Ecologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.

THE NATURE CONSERVANCY – TNC. 2º Relatório Executivo do projeto “Difusão e Experimentação de um Sistema de Pagamentos por Serviços Ambientais para restauração da “saúde ecossistêmica” de microbacias hidrográficas dos mananciais da sub-bacia do Cantareira”. [S.l.: s.n.], 2010.

TONELLO, K. C. et al. Morfometria da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. Revista Árvore, Viçosa (MG), v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006.

VALENTE, R. O. A. Definição de áreas prioritárias para a conservação e preservação florestal por meio da abordagem multicritério em ambiente SIG. 2005.121 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

VAN HECKEN, G.; BASTIAENSEN, J. Payments for ecosystem services: justified or not? A political view. Environmental Science & Policy, Exeter, v.13, n.8, p.785-792, 2010.

VATN, A. An institutional analysis of payments for environmental services. Ecological Economics, Amsterdam, v. 69, n. 6, p. 1245-1252, 2010.

VEIGA, F. Metodologias para implantação de PSA em recursos hídricos. [S.l.]: The Nature Conservancy, 2010. 26 slides, color.

VEIGA, F. C. N.; MAY, P. H. Mercados para serviços ambientais. In: MAY, P. H. (Ed.). Economia do Meio Ambiente: teoria e prática. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier. 2010. p. 33-48.

VERDEJO, M. E. Diagnóstico rural participativo: guia prático. Brasília: MDA/Secretaria da Agricultura Familiar, 2006.

VIDAL, M. M. Produção de serapilheira em floresta Atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos. Revista Brasileira de Botânica, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 521-532, 2007.

WUNDER, S. Payments for environmental services: some nuts and bolts. CIFOR Occasional Paper, Jakarta, n. 42, 2005.

APÊNDICE I - Formulário para entrevistas aos proprietários rurais

Parte I - LEVANTAMENTO DE DADOS SOCIOECONÔMICOS

1) Sexo:

() Masculino.

() Feminino.

2) Qual a sua idade?

_____anos.

3) Nível de escolaridade:

() Não alfabetizado.

() Sabe ler e escrever mas nunca frequentou a escola.

() Fundamental I completo (1ª a 4ª série).

() Fundamental II completo (1ª a 9ª série).

() Ensino médio completo (1º a 3º colegial).

() Superior incompleto.

() Superior completo.

() Técnico.

() Outros: _____

4) Qual é a situação da propriedade?

() Matrícula () Escritura de Venda e Compra () Uso capião () Parente () Caseiro

() Arrendatário. Qual é o valor? R\$_____,__ hectare/alqueire - mês/ano (circular os escolhidos).

() Arrenda. Qual é o valor? R\$_____,__ hectare/alqueire - mês/ano. (circular os escolhidos).

Obs:_____

5) Possui cadastro no INCRA?

() Sim. Está em seu nome? () S () N. Paga o ITR? () S () N.

Qual é o valor anual? R\$_____,_____ ano.

() Não.

6) Possui mapas e/ou plantas da propriedade?

() Sim.

() Não.

7) Pratica a produção rural na propriedade?

() Sim. Beneficia os produtos? () S () N () Em partes

() Não.

8) Qual é a atividade econômica principal desenvolvida na propriedade?

8.1 Quais são os serviços/produtos principais?

9) Quanto dos produtos principais produz em 1 (hum) hectare da propriedade por ano?

_____ano.

10) Por quanto vende a produção de 1 (hum) hectare na propriedade?

R\$ _____, _____ .

11) Para quem comercializa os produtos?

() Consumidor () Associação/Cooperativa () Atravessadores/Beneficiadores () Distribuidor.

Outros: _____

12) Participa de alguma organização, associação/cooperativa, sindicato, certificadoras?

() Sim. Qual(is)? _____. Existem custos/investimentos? R\$ _____, ____ ano/mês

() Não. Gostaria de participar? () S () N

13) Possui familiares na propriedade?

() Sim. Quantos trabalham na propriedade? _____ Quantos trabalham fora? _____

() Não.

14) Possui empregados assalariados na propriedade?

() Sim. Quantos Permanentes? _____ Quantos Temporários? _____

() Não.

15) Nos últimos dois anos qual foi a receita total da sua propriedade?

• 2010 R\$ _____, _____ mês/ano (circular o escolhido).

• 2011: R\$ _____, _____ mês/ano (circular o escolhido).

16) Qual o custo, nos últimos dois anos, com insumos fixos utilizados nas atividades produtivas (mão de obra permanente: empregados, veterinários, agrônomos, etc. - tratores, implementos agrícolas, irrigação, etc.)

2010: R\$ _____, _____ mês/ano (circular o escolhido).

2011: R\$ _____, _____ mês/ano (circular o escolhido).

17) Qual o custo, nos últimos dois anos, com insumos variáveis (fertilizantes, adubos, sementes, mão de obra temporária, e outras despesas) utilizados nas atividades produtivas:

2010: R\$ _____, _____ mês/ano (circular o escolhido). Energia elétrica R\$ _____, ____ mês.

2011: R\$ _____, _____ mês/ano (circular o escolhido). Energia elétrica R\$ _____, ____ mês.

18) Tem interesse em praticar alguma (outra) atividade econômica na propriedade?

Quais? _____

19) Renda familiar adicional:

Qual(is)? _____ R\$ _____, ____ ano/ mês. (circular o escolhido)

20) Já foi autuado por algum órgão ambiental? (Ex: CETESB, DAEE, IBAMA, Polícia Militar Ambiental, CFA, Defesa Agropecuária).

() Sim. Está quitada a pendência? () S () N () Em curso.

() Não.

Parte II - CARACTERÍSTICAS DE USO E COBERTURA NA PROPRIEDADE

1) Qual a área total da propriedade, em hectares ou alqueires:

	Área em hectares	Área em alqueires
Propriedade		
Área de produção		
• Agrícola		
• Silvicultura		
• Criação		
• Outras		
Área coberta por vegetação nativa		
• Floresta protegida		
• Área em regeneração (capoeira)		
• Reflorestamento com árvores nativas		
Demais áreas		
• Construções		
• Terras não aproveitadas		
• Área de Lazer		
• Outras (açude, tanque, várzea)		

2) Sua propriedade está localizada em área de nascente?

() Sim. Quantas? _____

() Não.

2.1 Faz algum tipo de aproveitamento da nascente?

() Sim. Qual(is)? _____

() Não.

3) Possui trecho de corpo d' água (rio) em sua propriedade?

() Sim. Quantos? _____ Qual é o comprimento total? _____.

() Não. (Responder questão 3.3 em diante)

3.1 Faz algum tipo de aproveitamento diretamente do curso d'água?

() Sim. Qual(is)? _____

() Não.

3.2 A mata ciliar está protegida?

() Sim.

() Não. Utiliza como área produtiva? Quanto? _____ Qual tipo de uso? _____

() Desconhece

3.3 Existe barramento?

() Sim. Possui outorga? () S () N () Desconhece - Faz captação? () S () N

Finalidade _____

() Não.

3.4 Existe tanque escavado?

() Sim. Possui outorga? () S () N () Desconhece - Faz captação? () S () N

Finalidade _____

() Não.

3.5 Existe captação de água subterrânea?

() Sim. Possui outorga? () S () N () Desconhece

Finalidade _____

() Não.

4) Possui reserva legal?

() Sim. Está averbada? () S () N - Está vegetada? () S () N - Qual outro tipo de uso? _____

() Não.

() Desconhece

5) Tipo de cultivo agrícola

() Convencional. () Orgânico. Outro(s) _____

5.1 Gostaria de mudar para a produção orgânica, ou outra? () S () N**6) As técnicas de produção adotada na atividade agrícola, ou outras, na propriedade, nos últimos dois anos, (2010 e 2011) causaram:**

() Queimadas. Obs: _____

() Desmatamentos. Obs: _____

() Alteração de cursos d'água. Obs: _____

() Intervenções em nascentes. Obs: _____

() Erosão no solo. Obs: _____

() Assoreamento de recursos hídricos. Obs: _____

() Geração ou economia de recursos financeiros. Qual atividade?

() Outro: _____

7) Nos últimos dois anos, obteve:

Acompanhamento técnico? () S () N. Foi contratado () S R\$ _____, _____ () N

Qual finalidade? _____

8) É beneficiário de algum programa ou projeto do Governo (Bolsa família, PRONAF etc):

() Sim. Qual(is)? _____ R\$ _____, _____. (circular o escolhido).

R\$ _____, ____ mês / ano (circular o escolhido). R\$ _____, ____ mês / ano (circular o escolhido).

() Não.

Parte III - PERCEPÇÃO COM RELAÇÃO AS POSSIBILIDADES DE INCENTIVO NO ÂMBITO DE UM PROJETO DE PSA

- 1) **Com relação aos recursos naturais existentes na propriedade:**
 Muito Importantes Importantes Pouco Importantes Sem nenhuma importância
- 2) **Tem conhecimento sobre o que é o Pagamento por Serviço Ambiental - PSA?**
 Sim.
 Não. (Ir até o final da última página para ler uma definição sobre o que é PSA!)
- 3) **Tem interesse em obter (mais) conhecimento sobre o assunto?**
 Sim.
 Não.
- 4) **Qual o principal meio pelo tomou (ou gostaria de tomar) conhecimento sobre PSA?**
 Televisão, jornal, revista, internet (meios de comunicação de massa).
 Associações, sindicatos, cooperativas ou outras entidades de representação.
 Profissional habilitado e projetos relacionados.
 Outro. _____
- 5) **Tem interesse em participar de um projeto de PSA?**
 Sim.
 Não.
 Depende:

- 6) **Em ordem de prioridade. Para você, quais seriam os maiores benefícios de um projeto de PSA? (Utilizar 1º, 2º, 3º...)**
 Proteção do meio ambiente
 Auxiliar os proprietários provedores de serviços ambientais (“vendedor”).
 Auxiliar as pessoas beneficiadas pelos serviços prestados. (“comprador”)
 Sugere alguma outra possibilidade?

- 7) **Em ordem de prioridade, caso estivesse participando como provedor de serviços ambientais em um projeto de PSA, quais destes incentivos aceitaria receber? (Utilizar 1º, 2º, 3º, 4º, 5º, 6º)**
 Materiais e assistência técnica para a melhoria (ou geração) da prática econômica existente ou à ser implantada (agricultura ou outra).
 Desconto no Imposto Territorial Rural – ITR.
 Adequação da propriedade (Outorgas de água, averbação de reserva legal, mapeamento e medições, regularização da propriedade/posse) – Sugere outra? _____
 Pagamento de uma quantia em dinheiro.
 Fornecimento de equipamentos e mudas para plantio de vegetação nativa.
 Apoio ao desenvolvimento de turismo na propriedade.
 Sugere alguma outra possibilidade?

8) Em ordem de prioridade, caso estivesse participando como provedor de serviços ambientais em um projeto de PSA, você preferiria receber: (Utilizar 1°, 2°, 3°, 4°)

- Por nascente existente na propriedade.
- Pela quantidade de floresta protegida.
- Para recuperar as áreas degradadas, incluindo matas ciliares.
- Para adotar uma produção rural que proteja mais o meio ambiente.

9) Em ordem de prioridade, caso estivesse participando como provedor de serviços ambientais em um projeto de PSA, quais destas práticas estaria disposto à cumprir? (Utilizar 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6°)

- Alterar prática de uso da água (mais econômica).
- Adotar práticas e técnicas de cuidado adequado com o solo.
- Substituir prática econômica em áreas legalmente protegidas (mata ciliar) por atividade de menor impacto ambiental negativo.
- Conservar/recuperar nascentes.
- Preservar a vegetação nativa existente na propriedade (Floresta protegida).
- Recuperar áreas degradadas (pastagem vazia, áreas abandonadas, mata ciliar, outras).

10) Quanto você esperaria receber como Pagamento por Serviço Ambiental (em dinheiro)?

Por nascente R\$ _____, _____ ano / mês (circular o escolhido).

Por de floresta nativa protegida R\$ _____, _____ hectare / alqueire - ano / mês (circular os escolhidos).

11) Caso recebesse o pagamento em dinheiro, escolha 3 (três) investimentos prioritários?

- (1°) _____
- (2°) _____
- (3°) _____
- Outros: _____

12) Teria o interesse em criar uma Reserva Particular protegida por lei?

- Sim. Qual incentivo esperaria receber? _____
- Não.
- Depende: _____

Para orientação: Conceito de PSA - Pagamentos por Serviços Ambientais podem ser definidos como um acordo voluntário entre pelo menos um provedor e um beneficiário, de um serviço ambiental claramente definido – ou de um tipo de uso do solo que produza tal serviço. Em outras palavras, trata-se de um instrumento econômico que procura atribuir valor aos benefícios gerados por ecossistemas e fomentar a oferta desses benefícios através de pagamentos, diretamente em dinheiro, ou não, aos agentes (pessoas) que contribuam para a provisão dos mesmos (IBIÚNA, 2011, p. 1).