



**SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTOS  
DE LENÇÓIS PAULISTA - SAAELP**



## **RELATÓRIO DE ATIVIDADES – FINAL**

**PROJETO: “DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO RIO LENÇÓIS”  
SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE LENÇÓIS  
PAULISTA - SAAE**

**MUNICÍPIO: LENÇÓIS PAULISTA  
BACIA HIDROGRÁFICA: Tietê Jacaré**

**SINFEHIDRO TJ-220**

NOVEMBRO/2012

## SUMÁRIO

EQUIPE TÉCNICA.....	1
1 INTRODUÇÃO.....	2
2. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	3
2.1 Embasamento Teórico.....	3
3. MATERIAL E METODO.....	6
3.1 Material.....	6
3.1.1 Localização Geográfica.....	6
3.1.2 Relevo .....	8
3.1.3 Geologia .....	8
3.1.4 Classes de Solo .....	9
3.1.5 Clima .....	10
3.1.6 Cobertura Vegetal.....	10
3.1.7 Materiais Utilizados.....	11
3.1.7.1 Cartas IGC.....	11
3.1.7.2 Mapa de solos IAC.....	12
3.1.7.3 Imagens do Satélite ALOS (Advanced Land Observing Satellite) ...	12
3.1.7.4 Programas.....	13
3.2 METODOLOGIA.....	14
3.2.1 Base de dados.....	14
3.2.1.1 Formação da base de dados no SIG.....	14
3.2.1.2 Dados de Precipitação e Temperatura.....	15
3.2.1.3 Dados de Vazão.....	15
3.2.2 Elaboração do Diagnóstico Ambiental e dos recursos hídricos.....	16
3.2.2.1 Balanço Hídrico.....	16
3.2.2.2 Medição da Vazão.....	17
3.2.2.3 Atualização da rede de drenagem.....	20
3.2.2.4 Caracterização da bacia.....	20
3.2.2.4.1 Caracterização Fisiográficas da Sub-Bacia.....	20
3.2.2.5 Mapa de declividade e Mapa Hipsométrico.....	23
3.2.2.6 Mapa de uso e ocupação.....	23
3.2.2.7 Geração de APP.....	24
3.2.2.8 Metodologia de cruzamentos de mapas.....	24

3.2.2.9 Mapa de Capacidade de uso.....	24
3.2.2.10 Mapa de conflitos de usos.....	25
4.RESULTADOS .....	26
4.1 Diagnóstico ambiental.....	26
4.1.1 Balanço hídrico.....	26
4.1.2 Vazão.....	33
4.1.3 Caracterização da Bacia.....	36
4.1.4 Solos.....	40
4.1.5 Imagem ALOS.....	41
4.1.6 Atualização da Rede de drenagem.....	42
4.1.7 APP.....	44
4.1.8 Mapa de Uso e Ocupação.....	45
4.1.9 Mapa de Capacidade de Uso.....	46
4.1.10 Mapa de Conflitos de Usos e Conflito em APP.....	47
5. CONCLUSÃO.....	49
6. RECOMENDAÇÕES.....	50
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	51



# Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

## DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO RIO LENÇÓIS

**PROJETO: “DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO RIO LENÇÓIS”**

**INTERESSADO: Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Lençóis Paulista - SAAE**

**MUNICÍPIO: Lençóis Paulista**

**BACIA HIDROGRÁFICA: Tietê Jacaré**

**SINFEHIDRO TJ-220**

O Diagnóstico Ambiental do Rio Lençóis, representa o produto final do projeto FEHIDRO, onde são apresentadas as atividades realizadas até o momento conforme processo 19/2011, Dispensa de licitação 04/2011, Contrato nº 24/11 firmado entre o SAAELP - Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Lençóis Paulista e a FEPAF - Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais para o projeto com contrato FEHIDRO nº 055/2011, código do empreendimento – 2010-TJ-220, Diagnóstico Ambiental do Rio Lençóis.

### **EQUIPE TÉCNICA:**

**Coordenação:** Dr<sup>a</sup>. Célia Regina Lopes Zimback – Eng<sup>a</sup> Agrônoma

**Técnico Responsável:** MSc. Leslie I. Serino Castro – Tecnóloga Fluvial

### **Serviços Técnicos:**

- MSc. Ana Paula Barbosa – Eng<sup>a</sup> Agrônoma
- MSc. Anderson Antônio da Conceição Sartori – Eng<sup>o</sup> Agrônomo
- MSc. Fabio Ávila Nossack – Eng<sup>o</sup> Florestal

### **Estagiários:**

- Paulo Fernando Azevedo – Tecnólogo Ambiental
- Bruno Guimarães Ubiali – Eng<sup>o</sup> Agrônomo
- Mariana Hashimoto Possari – Eng<sup>a</sup> Agrônoma
- Thatiana Seminotti Felski – Eng<sup>a</sup> Agrônoma
- Rafael Brasilio Ferraregi – Tecnólogo Ambiental
- Jonathas Armon Francisco Camargo – Tecnólogo Ambiental



# Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

## 1.INTRODUÇÃO

Para o planejamento e gerenciamento de uma sub-bacia é fundamental a elaboração de estudos e pesquisas sobre as potencialidades e limitações da mesma, gerando diagnósticos precisos de sua área.

Para garantir que o planejamento ambiental otimizado da gestão de conflitos de uso na área da bacia seja implementado, é necessário o uso de tecnologias como, por exemplo, o Sistema de Informação Geográfica (SIG) seja utilizado como ferramenta de apoio para a tomada de decisão. Os diagnósticos de sub-bacias disponíveis são elaborados por órgãos governamentais estaduais ou federais considerando bacias hidrográficas médias e grandes e, dessa forma, não se dispõe de informações precisas da área da sub-bacia. Muitas informações importantes são perdidas pela escala em que se realizam tais estudos.

Com o objetivo de elaborar um diagnóstico ambiental para o planejamento e gestão eficiente dos recursos naturais na bacia do Rio Lençóis – SP será criado um banco de dados a partir de um estudo detalhado de suas características como: solo, dados hidrometeorológicos, declividade, uso do solo e rede de drenagem, gerando informações atualizadas e com melhor resolução que as existentes.

A bacia hidrográfica, através da rede de drenagem fluvial, integra grande parte das relações causa-efeito que devem ser tratadas na sua gestão e, portanto, um diagnóstico preciso é necessário. A bacia do Rio Lençóis, que é uma bacia regional, pois atravessa sete municípios: Agudos, Borebi, Lençóis Paulista, Areiópolis, Macatuba, São Manoel e Igarapu do Tietê, necessita conhecer todas essas relações para que possa implementar uma gestão dos conflitos de sua área, sejam de uso do solo ou das águas.

Por iniciativa do diretor do SAAELP – Serviço de Abastecimento de Água e Esgoto de Lençóis Paulista, o Sr. José Antônio Marise, foi realizada uma reunião inicial com a comunidade de Lençóis Paulista, que ocorreu no dia 28 de junho, no Centro de Atendimento ao Cidadão que fica localizado à Rua Anita Garibaldi, 821, para apresentar as atividades que seriam desenvolvidas para a Elaboração do Diagnóstico do Rio Lençóis. Tal apresentação teve o objetivo de informar a população, além de fomentar sua participação através de sugestões e orientações sobre trabalhos de campo.



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

Participaram da reunião autoridades e representantes de organizações não governamentais que atuam no município, além de representantes das empresas parceiras do projeto e associações de produtores rurais. A apresentação foi elaborada pela equipe responsável pela execução do projeto e disponibilizada para o SAAELP.

Para dar início às atividades desenvolvidas pelo projeto foi realizada uma reunião com o responsável pelo projeto junto ao SAAE e a equipe executora do projeto pela FEPAF – GEPAG – Grupo de Estudos e Pesquisas Agrícolas Georreferenciadas. Nesta reunião foram definidas as especificações dos equipamentos adquiridos pelo SAAE para o andamento dos trabalhos. A partir desta definição o SAAE ficou responsável pelo andamento do processo de compra. Também foi realizada uma reunião com o Diretor da Casa da Agricultura de Lençóis Paulista e com o Gerente Florestal da Lwarcel Celulose Ltda. para colher informações acerca das áreas da bacia.

## **2. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E DOS RECURSOS HÍDRICOS**

### **2.1. Embasamento Teórico**

Para elaboração de um diagnóstico ambiental dos recursos naturais em uma sub-bacia é necessário que seja criado um banco de dados a partir de um estudo detalhado de suas características como: solo, dados hidro meteorológicos, declividade, uso do solo, rede de drenagem, que garanta a geração de informações confiáveis e precisas.

A gestão ambiental e dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica visa garantir rentabilidade aos agricultores, gerar empregos e arrecadação aos municípios, barrar a exclusão social e o êxodo rural, sempre preservando o meio ambiente, promovendo a recuperação das áreas degradadas, bem como a qualidade e a quantidade das águas. Para garantir o planejamento e gestão eficientes minimizando os conflitos de uso na área da bacia é necessário que tecnologias como, por exemplo, o Sistema de Informação Geográfica (SIG) seja utilizado como ferramenta de apoio para a tomada de decisão (CASTRO, 2008).

Os diagnósticos de sub-bacias disponíveis são elaborados por órgãos governamentais estaduais ou federais considerando bacias hidrográficas médias e grandes e,



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

dessa forma, não se dispõe de informações precisas da área da sub-bacia. Muitas informações importantes são perdidas pela escala em que se realizam tais estudos.

Sheng (1990) propõe 4 níveis para organização de estudos e planejamentos em sub-bacias:

1. Nível Nacional – onde ocorrem estudos mais abrangentes, de áreas maiores, e por isso feito através de fotos aéreas e imagens de sensoriamento remoto, que podem identificar os usos da terra e da água, que são as principais causas da degradação ambiental;
2. Nível Regional – devem ocorrer estudos mais detalhados que no nível nacional, porém não tão específico como no nível seguinte. Tais estudos seriam dirigidos ao planejamento e desenvolvimento regional de longo prazo;
3. Nível da Sub-bacia – estudos detalhados com coleta de dados pontuais, pois uma sub-bacia é uma unidade funcional, onde as variáveis existentes em sua área se influenciam mutuamente;
4. Nível da Propriedade Rural ou Comunidade – por estarem dentro da área da sub-bacia, são necessários estudos e planejamentos para o desenvolvimento de grupos de fazendeiros ou comunidades. O principal objetivo é demonstrar que através do gerenciamento das propriedades e comunidades será possível o desenvolvimento e a conservação da área da sub-bacia.

O relatório final do Plano de Bacias do Comitê de Bacia Hidrográfica – Tietê-Jacaré, Relatório Zero, oferece um panorama da situação da UGRHI 13, unidade em que está localizada a sub-bacia do Rio Lençóis no que se refere ao meio físico, biodiversidade, socioeconômica, recursos hídricos, áreas protegidas por lei e áreas degradadas. Apresenta dados gerais da bacia, adquiridos por levantamentos junto a prefeituras e órgãos afins, bem como de vasta revisão bibliográfica, compondo importante fonte de informações sobre a bacia do Tietê – Jacaré, FEHIDRO (2000), enquadrando-se dessa forma ao nível regional definido por Sheng. Esse relatório é atualizado anualmente pela Secretaria Estadual de Recursos Hídricos Saneamento e Obras através do Relatório de Situação que obtém os dados da mesma forma citada.

Para implantar um Sistema de Gestão Ambiental, é necessário diagnosticar os aspectos ambientais relevantes e tais diagnósticos devem ser feitos de forma sistemática,



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

coordenada e integrada, buscando identificar as possíveis fontes de alteração ambiental. Fazer o controle periódico dessas fontes é importante para reduzir sua ação e prevenir acidentes, sempre segundo a legislação vigente, evitando então passivos ambientais e contribuindo para a qualidade do meio ambiente, bem como para uma melhor administração geral (PORTO; TEIXEIRA, 2002).

As características físicas de uma bacia hidrográfica determinam seu comportamento, ou seja, a maior ou menor possibilidade de ocorrência de danos ambientais. Para quantificar e qualificar esse comportamento são utilizados alguns parâmetros como: o comprimento da vazão superficial, a densidade de drenagem, o índice de circularidade, o índice de forma, a declividade média da bacia e o coeficiente de rugosidade. A partir desses parâmetros pode-se estabelecer critérios para o manejo da área da sub-bacia (ROCHA, 1991).

Outro aspecto relevante na análise de uma bacia hidrográfica é o regime hidrológico que ocorre em sua área, e que irá determinar o balanço hídrico da sub-bacia. A precipitação pluviométrica abastece a sub-bacia, e fenômenos básicos como evapotranspiração, evaporação, infiltração, escoamento superficial, retiram a água do sistema (PISSARRA; POLITANO, 2003).

Os parâmetros físicos de uma bacia são elementos de grande importância em seu comportamento hidrológico. De fato, existe uma estreita correspondência entre o regime hidrológico e esses parâmetros sendo, portanto, de grande utilidade prática o conhecimento dos mesmos, pois ao estabelecerem-se relações e comparações entre eles e dados hidrológicos conhecidos em determinada região, pode-se determinar indiretamente os valores hidrológicos em seções ou locais de interesse nos quais falem dados ou em regiões onde, por causa de fatores de ordem física ou econômica, não seja possível a instalação de estações hidrométricas (VILLELA; MATTOS, 1975).

Martins et al. (2005) utilizaram os parâmetros fisiográficos juntamente com informações do uso da terra e ocupação humana para determinar o grau de deterioração de uma sub-bacia e propor um zoneamento ambiental. Os resultados obtidos permitiram avaliar a deterioração ambiental da sub-bacia e abrir possibilidades para elaborar prognósticos para um maior equilíbrio no futuro manejo da sub-bacia e de sua preservação





# Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

tendo, como pressuposto, o equilíbrio possível entre o desenvolvimento com a preservação ambiental.

O manejo integrado de uma sub-bacia, segundo Rocha (1991), consiste na elaboração e aplicação dos sete diagnósticos básicos: Físico-conservacionista, Sócio econômico, Ambiental, Água, Fauna, Vegetação, Solo, e dos sub diagnósticos, os quais levantam todos os problemas da bacia, e integram conclusões e recomendações para a recuperação da área.

O uso de um recurso ambiental raramente ocorre de forma isolada. A gestão dos recursos hídricos tem repercussões no uso do solo, e vice-versa. Desta forma, as águas não podem ser geridas de forma isolada, mas sua gestão deve ser articulada no quadro da gestão de todos os recursos ambientais, que deve ser realizada pelo ordenamento territorial. Alguns recursos ambientais, como o solo, podem ser geridos com razoável eficiência através da admissão da propriedade privada. Isto decorre de que a maioria das consequências de uma boa ou má gestão como é espacialmente limitado atingindo via de regra a própria área onde se verifica, ou seja, a propriedade agrícola. No caso dos recursos hídricos isto geralmente não ocorre pelo fato de ser um recurso fluido e móvel. A poluição de um rio pode ser causada a montante de um rio e as consequências são sofridas nas propriedades a jusante deste mesmo rio (LANNA, 2004).

## **3. MATERIAL E METODO**

### **3.1 Material**

#### **3.1.1 Localização Geográfica**

O Estado de São Paulo está dividido em 22 Unidades de Gestão de Recursos Hídricos - UGRHI que correspondem às divisões de bacias hidrográficas. A bacia Tietê-Jacaré, que é a UGRHI 13, está localizada na porção centro oeste do Estado de São Paulo e abrange 34 municípios. A bacia do Rio Lençóis faz parte da sub-bacia 4 na nova divisão da bacia Tietê-Jacaré, e sua área está compreendida entre as coordenadas UTM 699.037; 7.477.195 e 753.726; 7.515.834, que formam seu retângulo envolvente, com 942,532 km<sup>2</sup>. É



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

uma bacia regional, pois sua rede de drenagem abrange os municípios de Agudos, onde nasce e se estende pelos municípios de Borebi, Lençóis Paulista, Areiópolis, Macatuba, São Manoel e Igarapu do Tietê, onde desagua no Rio Tietê.

O rio Lençóis cuja antiga denominação do rio era *Água de Lençóis* é uma unidade hídrica Estadual, localizada no interior do Estado de São Paulo, sendo uma sub-bacia hidrográfica pertencente a grande Bacia do Tietê-Jacaré. A bacia do rio Lençóis é uma bacia regional, pois sua rede de drenagem abrange os municípios de Agudos, onde nasce e se estende pelos municípios de Borebi, Lençóis Paulista, Areiópolis, Macatuba, São Manoel e Igarapu do Tietê, onde desagua no Rio Tietê. Sua área é de aproximadamente 94.000 hectares.

A bacia do Rio Lençóis tem início no município de Agudos com o Córrego Taperão e somente após receber as águas do Córrego do Serrinha, passa a ser denominado Rio Lençóis, que dá o nome à bacia. Possui diversos afluentes de sua nascente até sua foz e estão descritos abaixo:

### **Afluentes margem esquerda:**

- Córrego dos Cochos, Córrego Monjolinho, Córrego do Bobirão, Córrego Corvo Branco, Córrego Cateto, Córrego Violeta ou Córrego do Boa Vista, Córrego da Iara e Córrego Santana ou Jurema.

### **Afluentes margem direita:**

- Córrego das Antas, Ribeirão São Mateus, Córrego da Estiva, Ribeirão Faxinal, Córrego do Marimbondo, Ribeirão da Prata, Córrego do Cachoeirinha, Ribeirão da Barra, Ribeirão da Fatura (Córrego do Corguinho), Córrego da Areia Branca, Córrego do Coqueiro, Córrego da Grama e Ribeirão Paraíso.

O Rio Lençóis atravessa a área urbana do município de Lençóis e serve de manancial de abastecimento. Em 2010 entrou em operação a Estação de Tratamento de Esgoto de Lençóis Paulista, obra coordenada pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Lençóis Paulista - SAAE que está tratando o esgoto da cidade de Lençóis Paulista e permitirá que o Rio Lençóis inicie o processo de despoluição.



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

### 3.1.2 Relevô

A bacia encontra-se na unidade morfoestrutural denominada Planalto Residual de Botucatu, onde predominam formas de relevo denudacionais, cujo modelado constitui-se por colinas com topos amplos convexos (vales com entalhamento de 20 a 40 m e dimensão interfluvial variando de 250 a 3750 m) e tabulares (os vales que chegam ao entalhamento de 20 m e a dimensão interfluvial de 750 a 1750 m). Predominam as altimetrias entre 600 a 900 m e as vertentes apresentam predominantemente declives entre 10 e 20%.

A litologia nesta área é basicamente constituída por arenitos e lâminas de argilito e siltitos, onde se desenvolve preferencialmente Latossolos Vermelho-escuro. É uma área dispersora de drenagem por constituir terrenos elevados de borda da Bacia do Paraná.

As formas de dissecação média, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, caracterizando-se, portanto, por uma área susceptível a atividades erosivas, sobretudo nos setores mais inclinados das vertentes. Descrições segundo IPT (1981).

### 3.1.3 Geologia

Na região de estudo, segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT (1981) afloram duas formações geológicas: na parte mais alta acompanhando o divisor de águas da bacia aparecem arenitos mais resistentes ao intemperismo, pertencentes ao Grupo Bauru (Formação Marília e Formação Adamantina) e ao Grupo São Bento (Formação Serra Geral).

A **Formação Marília**, segundo IPT (1981), apresenta-se composta por arenitos de grosseiros a conglomeráticos, com grãos angulosos, teor de matiz variável, seleção pobre, ricos em feldspatos, minerais pesados e minerais instáveis. Ocorrem em bancos maciços de aproximadamente 180 m de espessura, raramente apresentando estratificação cruzada de médio porte, com seixos concentrados nos estratos, algumas camadas de lamitos vermelhos e calcários. São característicos da unidade, nódulos carbonáticos, que aparecem dispersos nos sedimentos e cimento carbonático.



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

A formação **Adamantina**, sobreposta à anterior é encontrada predominantemente nas superfícies elevadas dos interflúvios. O contato superior da formação Santo Anastácio com a base da formação Adamantina se dá predominantemente de forma transicional e interdigitada. As rochas são constituídas predominantemente por arenitos são em geral brandas, apresentando baixas resistências mecânicas; porém, quando cimentadas esta condição é alterada, passando a ter maiores coerências e resistências.

Verifica-se que na localidade das nascentes a montante da Bacia do Rio Lençóis há ocorrência de basaltos da Formação Marília e nas áreas mais arenosas a Formação Adamantina.

A formação **Serra Geral** (Jksg) é composta por um conjunto de rochas basálticas toleíticas, dispostas em camadas sub-horizontais, contendo intercalações de arenitos eólicos, entre os derrames (arenitos intertrapianos). Também podem ocorrer intrusões, associadas a mesma atividades vulcânica, principalmente na forma de diques verticais de composição diabásica, cortando portanto os próprios derrames. Os basaltos são rochas predominantemente duras e compactas, com textura de granulação muito fina, enquanto que os diabásios muito semelhantes, são diferenciados principalmente pela granulação maior; ambas possuem coloração que varia de cinza escura a preta.

### 3.1.4 Classes de Solo

De acordo com Oliveira et al. (1999), a área é composta das seguintes classes de solos: Latossolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo e Nitossolo Vermelho.

Os Argissolos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B (EMBRAPA, 2006).

Os Latossolos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300cm, se o horizonte A apresenta mais que 150cm de espessura (EMBRAPA, 2006).



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

Os Nitossolos são solos com 350 g/kg ou mais de argila, constituídos por material mineral que apresentam horizonte B nítico imediatamente abaixo do horizonte A ou dentro dos primeiros 50 cm do horizonte B, com argila de atividade baixa ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, dentro de 150cm da superfície do solo (EMBRAPA, 2006).

### 3.1.5 Clima

A classificação climática objetiva caracterizar em uma grande área ou região zonas com características climáticas homogêneas. A classificação do clima também pode ser feita para localidades específicas, levando-se em conta tanto as características da paisagem natural (vegetação zonal), baseando-se no fato da vegetação ser um integrador dos estímulos do ambiente, como também os índices climáticos (baseados nas normais climatológicas).

Para definição do clima da região da bacia do Rio Lençóis foi utilizada a classificação climática de Koeppen, que é baseada no pressuposto de que a vegetação [natural](#) de cada grande região da Terra é essencialmente uma expressão do clima nela prevalecente. Cada grande tipo climático é denotado por um código, constituído por letras maiúsculas e minúsculas, cuja combinação denota os tipos e subtipos considerados.

Na bacia do Rio Lençóis o tipo dominante é o Cwa , que é caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.

### 3.1.6 Cobertura Vegetal

Na porção rural de sua área de drenagem, a bacia possui em sua maioria o cultivo de cana de açúcar e eucalípito devido à existência de usinas de açúcar e álcool e da empresa de papel e celulose Lwarcel.



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

### 3.1.7 Materiais Utilizados

#### 3.1.7.1 Cartas IGC

Foram selecionadas 48 cartas planialtimétricas do IGC, escala 1: 10.000, formato digital, que compõem a área da bacia do Rio Lençóis. Na Tabela 1 verifica-se sua identificação pelo Mapa Índice do IGC (ID), o nome da carta e a especificação da folha.

Tabela 1. Identificação das cartas do Levantamento Planialtimétrico do IGC.

Nº	ID	Nome	Folha
1	66-67	Córrego Taperão	SF-22-Z-B-I-4-SE-F
2	66-68	Agudos II	SF-22-Z-B-III-3-SO-E
3	66-69	Córrego do Pelintra	SF-22-Z-B-II-3-SO-F
4	66-73	Fazenda Tuncum	SF-22-Z-B-II-4-SO-F
5	67-67	Córrego Cabreúva	SF-22-Z-B-IV-2-NE-B
6	67-68	Fazenda Serrinha	SF-22-Z-B-V-1-NO-A
7	67-69	Rio Lençóis	SF-22-Z-B-V-1-NO-B
8	67-73	Bairro da Usina	SF-22-Z-B-V-2-NO-B
9	67-74	Igaraçu do Tietê	SF-22-Z-B-V-2-NE-A
10	68-67	Córrego Campinho	SF-22-Z-B-IV-2-NE-D
11	68-68	Borebi	SF-22-Z-B-V-1-NO-C
12	68-69	Ribeirão São Mateus	SF-22-Z-B-V-1-NO-D
13	68-70	Lençóis Paulista I	SF-22-Z-B-V-1-NE-C
14	68-71	Lençóis Paulista II	SF-22-Z-B-V-1-NE-D
15	68-72	Fazenda Irara	SF-22-Z-B-V-2-NO-C
16	68-73	Água de Lençóis	SF-22-Z-B-V-2-NO-D
17	69-68	Fazenda Noiva da Colina	SF-22-Z-B-V-1-NO-E
18	69-69	Fazenda Santa Irene	SF-22-Z-B-V-1-NO-F
19	69-70	Lençóis Paulista III	SF-22-Z-B-V-1-NE-E
20	69-71	Lençóis Paulista IV	SF-22-Z-B-V-1-NE-F
21	69-72	Alfredo Guedes	SF-22-Z-B-V-2-NO-E
22	69-73	Paranhos	SF-22-Z-B-V-2-NO-F
23	69-74	Ribeirão Santo Antonio	SF-22-Z-B-V-2-NE-E
24	70-68	Água do Caboblo	SF-22-Z-B-V-1-SO-A
25	70-69	Ribeirão do Faxinal	SF-22-Z-B-V-1-SO-B
26	70-70	Fazenda Santa Tereza	SF-22-Z-B-V-1-SE-A
27	70-71	Ribeirão da Prata	SF-22-Z-B-V-1-SE-B
28	70-72	Bairro da Fartura	SF-22-Z-B-V-2-SO-A
29	70-73	Areiópolis I	SF-22-Z-B-V-2-SO-B



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

30	70-74	Água da Figueira	SF-22-Z-B-V-2-SE-A
31	71-69	Fazenda Graminha	SF-22-Z-B-V-1-SO-D
32	71-70	Boqueirão	SF-22-Z-B-V-1-SE-C
33	71-71	Córrego Pirapetinga	SF-22-Z-B-V-1-SE-D
34	71-72	Fazenda Santa Bárbara	SF-22-Z-B-V-2-SO-C
35	71-73	Areiópolis II	SF-22-Z-B-V-2-SO-D
36	71-74	Fazenda São João do Baracat	SF-22-Z-B-V-2-SE-C
37	71-75	Fazenda São João do Araquá	SF-22-Z-B-V-2-SE-D
38	72-70	Fazenda Rocleivan	SF-22-Z-B-V-1-SE-E
39	72-71	Vargem Limpa	SF-22-Z-B-V-1-SE-F
40	72-72	Fazenda São João da Bela Vista	SF-22-Z-B-V-2-SO-E
41	72-73	Fazenda Santa Emília	SF-22-Z-B-V-2-SO-F
42	72-74	São Manuel I	SF-22-Z-B-V-2-SE-E
43	72-75	São Manuel II	SF-22-Z-B-V-2-SE-F
44	73-71	Fazenda Zilo	SF-22-Z-B-V-3-NE-B
45	73-72	Fazenda Palmeira da Serra	SF-22-Z-B-V-4-NO-A
46	73-73	Fazenda Quatis	SF-22-Z-B-V-4-NO-B
47	73-74	Fazenda Bonfím	SF-22-Z-B-V-4-NE-A
48	73-75	Bairro Igualdade	SF-22-Z-B-V-4-NE-B

### 3.1.7.2 Mapa de solos IAC

Os dados sobre os tipos de solo existentes na área da bacia do rio Lençóis foram obtidos pelo Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo. Convênio EMBRAPA – Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Est. De São Paulo, Coordenadoria da Pesquisa Agropecuária, Instituto Agrônomo – Divisão de Solos, seção de Pedologia. Escala: 1:100.000 – 1982.

### 3.1.7.3 Imagens do Satélite ALOS (Advanced Land Observing Satellite)

O satélite ALOS foi lançado em 24 de janeiro de 2006 pela Japan Aerospace Exploration Agency – JAXA, no centro espacial de Tanegashima (Japão). Desenvolvido para fomentar pesquisas científicas e aplicadas na área de sensoriamento remoto e prover o Japão e países da Ásia do Pacífico com dados cartográficos que pudessem oferecer subsídios



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

ao estudo de temas ligados ao desenvolvimento sustentável, monitoramento de desastres naturais e recursos naturais.

Três sensores estão à bordo do ALOS: o radiômetro PRISM (Panchromatic Remote-Sensing Instrument for Stereo Mapping) capaz de adquirir imagens tridimensionais detalhadas da superfície terrestre; o radiômetro multiespectral AVNIR-2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer-type 2) voltado aos mapeamentos de uso e cobertura das terras e o sensor de microondas PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) capaz de obter imagens diurnas e noturnas sem a interferência de nebulosidade.

Originalmente a elaboração deste diagnóstico foi prevista utilizando as Imagens ALOS PRISM, que eram fornecidas pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, aos órgãos públicos a um custo subsidiado. Porém com o término do prazo do convênio existente entre o IBGE e a empresa fornecedora das imagens, o IBGE não está mais disponibilizando tais imagens. Desta forma o custo inicial para aquisição previsto na planilha orçamentária ficou defasado. Buscou-se então uma parceria com a empresa Lwarcel Celulose Ltda. que disponibilizou o uso das imagens para este estudo, por possuí-las em seu acervo.

### 3.1.7.4 Programas

Para a elaboração deste trabalho foram utilizados Sistemas de Informação Geográfica por se tratar de uma ferramenta do geoprocessamento de grande aplicabilidade para a espacialização, caracterização e representação de dados georreferenciados, o que permite realizar análises complexas, ao integrar e realizar o cruzamento dos dados de diversas fontes para viabilizar a utilização dos mesmos na elaboração de planos de informação para planejamentos ambientais e de recursos hídricos.

Priorizou-se a utilização de sistemas livres pelo fácil acesso, embora os programas ainda apresentem algumas dificuldades de operação, o que não interfere com a qualidade dos resultados.

Foram utilizados os programas gvSIG e SPRING. O primeiro é um projeto *Open Source* desenvolvido em java para a gestão integral da informação geográfica. Tem sua origem no contexto de migração para software livre de todos os sistemas informáticos do





## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

Departamento de Infraestrutura e Transportes da Generalitat Valenciana – Espanha. Começou a ser desenvolvido em 2004 e recebeu financiamento da União Europeia através do Primeiro Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER). Já o SPRING - Sistema de **P**rocessamento de **I**nformações **G**eorreferenciadas é um *software* brasileiro para Sistemas de Informações Geográficas (SIG) que foi criado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e faz parte de um projeto da Divisão de Processamento de Imagens (DPI) do INPE com a participação de outras entidades que contribuíram para o desenvolvimento de seu código também apoiando financeiramente.

### 3.2 METODOLOGIA

#### 3.2.1 Base de dados

##### 3.2.1.1 Formação da base de dados no SIG

Para o planejamento e gerenciamento de uma sub-bacia é fundamental a elaboração de estudos e pesquisas sobre as potencialidades e limitações da mesma, gerando diagnósticos precisos de sua área.

O projeto foi iniciado com a formação da base de dados que consistiu no tratamento e importação para o SIG, de mapas cartográficos e imagens.

Foram importadas para o gvSIG as cartas planialtimétricas do IGC, onde foi realizada a correção geométrica e a vetorização das feições presentes em cada carta (rede de drenagem e curvas em nível). Esse procedimento possibilitou a realização do traçado do divisor de águas da bacia e a elaboração do MNT – Modelo Numérico do Terreno, que é uma representação matemática da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real. Também foi importado para o SIG o mapa de solos do IAC, da região da bacia do rio Lençóis.

As imagens foram trabalhadas para a montagem do mosaico da bacia, para que fosse realizada a atualização de toda rede de drenagem, bem como o mapeamento em tela do uso e ocupação na área da bacia.



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

Também integra a base de dados a localização dos pontos de coleta de dados de precipitação e temperatura e os pontos de medição das vazões de cheia e de estiagem.

### 3.2.1.2 Dados de Precipitação e Temperatura

A dificuldade na obtenção de dados de precipitação e temperatura na área da bacia do rio Lençóis é muito grande. As estações administradas pela ANA – Agência Nacional das Águas, que ficam dentro da área da bacia do Rio Lençóis e foram consideradas para coleta de dados no início da pesquisa, possuem dados com muitas falhas e as estações estão desativadas. Por esse motivo, as informações referentes aos dados de volume pluviométrico e temperaturas média, necessários para o cálculo do Balanço Hídrico, foram coletadas em três estações: da empresa Lwarcel dentro da área da bacia, IPMET –UNESP Bauru, mais próximo à cabeceira e da Usina de açúcar e álcool Raizen – próximo à foz da bacia. Foram utilizados os dados referentes ao ano de 2011.

Para a espacialização dos volumes pluviométricos foram utilizados os dados de pluviômetros espalhados pela área da bacia que foram cedidos pela ASCANA – Associação dos Plantadores de Cana.

### 3.2.1.3 Dados de Vazão

O uso de um recurso ambiental raramente ocorre de forma isolada. A gestão dos recursos hídricos tem repercussões no uso do solo, e vice-versa. Desta forma, as águas não podem ser geridas de forma isolada. Neste diagnóstico foram realizadas medições diretas das vazões dos corpos de água que compõem a bacia do Rio Lençóis no período de estiagem e de cheia. Embora essa medição direta não forneça muitas informações relevantes do ponto de vista de uma análise hidrológica, ela será de suma importância, uma vez que a bacia não possui nenhum posto de controle fluviométrico. Através dessas medições poderemos verificar qual a contribuição de cada afluente e a variação de nível nas estações de cheia e estiagem.



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

### 3.2.2 Elaboração do Diagnóstico Ambiental e dos recursos hídricos

O diagnóstico ambiental foi realizado para compor os indicadores de Estado, pois forneceu a situação atual de toda bacia do rio Lençóis. Foram utilizadas técnicas de geoprocessamento e um SIG garantindo a quantificação e mapeamento da área.

#### 3.2.2.1 Balanço Hídrico

O balanço hídrico, a partir de dados de precipitação e temperatura fornece estimativas da evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM), podendo ser elaborado desde a escala diária até a mensal.

Para a obtenção do balanço hídrico da bacia do Rio Lençóis foi utilizado um programa desenvolvido por Rolim et al. (2008). Os programas foram desenvolvidos no ambiente Excel onde o usuário poderá entrar com os dados, modificar/criar gráficos e inserir equações. Os programas possuem a capacidade de realizar cálculos em qualquer quantidade e passo de tempo desejado.

Para o cálculo do Índice de Umidade foi necessário obter-se os índices Hídrico e de Aridez, sendo que o Índice Hídrico associa o excedente e a evapotranspiração potencial e o Índice de Aridez associa a deficiência e a evapotranspiração potencial.

Pelos resultados do balanço hídrico na bacia do Rio Lençóis foi possível extrair os índices de aridez, hídrico e de umidade. Para o Índice Hídrico foi utilizada a equação:

$$I_h = (EXC/ETP) * 100$$

onde:

- $I_h$  = Índice Hídrico;
- EXC = Excedente Hídrico (obtido pelo balanço hídrico);
- ETP = Evapotranspiração Potencial ( obtida pelo balanço hídrico);

e o resultado é dado em porcentagem.

O Índice de aridez é obtido pela equação:



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

$$Ia = (DEF/ETP) * 100$$

onde:

- Ia = índice de Aridez;
- DEF = Déficit hídrico (obtido pelo balanço hídrico);
- ETP = Evapotranspiração Potencial ( obtida pelo balanço hídrico);

e o resultado também é dado em porcentagem. O Índice de Umidade será calculado a partir dos índices Hídricos e de Aridez dado por:

$$Im = Ih - Ia$$

onde:

- Im = Índice de Umidade;
- Ih = Índice Hídrico;
- Ia = índice de Aridez.

### 3.2.2.2 Medição da Vazão

Após a definição dos pontos para realização das medições das vazões em tela foi realizada uma expedição de reconhecimento em campo no dia sete de outubro de 2011 e a equipe contou com o apoio logístico do Sr. José Aloisio Portes, técnico júnior da Lwarcel Celulose Ltda.. As medições foram realizadas em 14 pontos e alguns precisaram ser realocados por motivos de acessibilidade.

O método utilizado para a medição direta da vazão, conforme denominado em hidrometria, foi o da integração do diagrama de velocidades. Esse método baseia-se na igualdade da cinemática dos fluidos, e é o método usado na hidrometria de rios naturais. O emprego desse método envolve a determinação da velocidade média, determinando-se a velocidade em diversos pontos verticais de uma seção transversal, multiplicando-a pela área de influência, que fornecerá as vazões parciais que, somadas resultarão na vazão total (BARTH et al. ,1987).

As velocidades foram medidas com o uso do molinete que é um equipamento que contém uma hélice que gira quando é colocada no sentido do fluxo da água. O princípio

mais utilizado é que a rotação da hélice em torno do eixo abre e fecha um circuito elétrico, contando o número de voltas durante um intervalo de tempo fixo, obtendo-se assim uma relação entre a velocidade do fluxo e a rotação da hélice (PEREIRA et al.,2006).

O método para determinação da vazão consiste nos seguintes passos, segundo Studart (2008):

1. Divisão da seção do rio em certo número de posições para levantamento do perfil de velocidades;
2. Levantamento do perfil de velocidades;
3. Cálculo da velocidade média de cada perfil;
4. Determinação da vazão pelo somatório do produto de cada velocidade média por sua área de influência (Figura 1).



Figura 1. Traçado do perfil da seção transversal para medição da vazão com molinete.

Para estimar o número de pontos verticais e horizontais para serem efetuadas as medições das velocidades, serão utilizadas tabelas de Dnaee (1977) e Parigot (1948), citados por Barth et al (1987), que determinam os pontos de acordo com a profundidade e largura do curso de água, Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2. Número de posições verticais de acordo com a profundidade.

PROFUNDIDADE (M)	POSIÇÃO NA VERTICAL EM RELAÇÃO À h	Nº PONTOS
0,15 - 0,60	0,6h	1
0,6 - 1,20	0,2 e 0,8h	2
1,20 - 2,0	0,2; 0,6 e 0,8h	3
2,0 - 4,0	0,2; 0,4; 0,6 e 0,8h	4
> 4,0	S; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8h e F	5

S = superfície; F = fundo; h = profundidade

Tabela 3. Formula para cálculo das velocidades médias nas verticais.

Nº PONTOS	Velocidade média na vertical
1	$V = V_{0,6}$
2	$V = (V_{0,2} + V_{0,8}) / 2$
3	$V = (V_{0,2} + 2V_{0,6} + V_{0,8}) / 4$
4	$V = (V_{0,2} + 2V_{0,4} + 2V_{0,6} + V_{0,8}) / 6$
5	$V = (V_S + 2(V_{0,2} + V_{0,4} + V_{0,6} + V_{0,8}) + V_f) / 10$

Tabela 4. Distâncias entre as verticais de acordo com a largura do rio.

Largura do rio m	Distâncias entre verticais m
$\leq 3,00$	0,30
3,00 – 6,00	0,50
6,00 – 15,00	1,00
15,00 – 50,00	2,00
50,00 – 80,00	4,00
80,00 – 150,00	6,00
150,00 – 250,00	8,00
$\geq 250,00$	12,00

O equipamento utilizado para as medições das vazões foi um micro molinete modelo FP 101-201 Flow Probes, marca Global Water de propriedade da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP de Botucatu (Figura 2).



Figura 2. Equipamento utilizado para medição das vazões.



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

No período de estiagem foram realizadas medições nos dias 27/10/2011, nos pontos onde não seria necessário o uso de embarcação e no dia 07/11/2011, nos pontos onde foi necessária a utilização de embarcação. Para a medição do dia 07/11/2011 houve a colaboração de funcionários do SAAE que acompanharam a equipe e emprestaram o barco e da FATEC – JAHU que cedeu as roupas e equipamentos complementares para a realização das medições. As medições do período de cheia foram realizadas nos dias 14 e 15 de março nos mesmos pontos realizados anteriormente.

### **3.2.2.3 Atualização da rede de drenagem**

A atualização da rede de drenagem foi executada sobrepondo-se a vetorização dos rios realizada pelas cartas do IGC – 1980, sobre as imagens de 2010. Pela edição vetorial pode-se traçar a nova configuração dos rios da bacia do rio Lençóis.

### **3.2.2.4 Caracterização da bacia**

#### **3.2.2.4.1 Caracterização Fisiográficas da Sub-Bacia**

As características físicas de uma sub-bacia é o que a diferencia ou aproxima de outras, e dessa forma possibilita a definição de padrões de comportamentos de drenagem, que poderão ser utilizados para a gestão de sua área (ROCHA, 1997).

As características que foram estimadas nesse trabalho são: área de drenagem, forma da bacia determinada pelos: coeficientes de compacidade e de forma, densidade de drenagem, declividade média e sinuosidade do curso de água e perfil longitudinal do rio.

#### **a) Área de Drenagem**

A área de drenagem da bacia do rio Lençóis foi determinada através da delimitação do divisor de águas, conforme descrito acima, e servirá como elemento básico para o cálculo das outras características físicas.



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

### b) Coeficiente de Compacidade

A forma de uma sub-bacia pode ser definida pelo Coeficiente de Compacidade que é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da bacia, e é dado pela equação:

$$Kc=0,28* (P/ \sqrt{A})$$

onde: P – perímetro, e A – Área da bacia.

### c) Fator de Forma

O fator de forma relaciona a largura média e o comprimento axial da bacia e também irá indicar sua propensão à enchente. Desta forma temos:

$$Kf = A/L^2$$

onde: A= área da bacia

L= comprimento da bacia

### d) Padrões e Densidade de Drenagem

O padrão de drenagem é um indicador das características do escoamento de uma precipitação. Alguns parâmetros foram desenvolvidos para representar os padrões de drenagem, como é o caso da ordem dos cursos de água que definem o grau de ramificação.

A densidade de drenagem define se uma bacia é bem drenada e relaciona a soma dos comprimentos dos cursos de água e a área da bacia hidrográfica. Assim densidade de drenagem é dada por:

$$D = \Sigma l (R, C, T) / A (5)$$

Onde: D = densidade de drenagem, em km/ha

A = área da sub-bacia, em ha

$\Sigma l (R, C, T)$  = somatório dos comprimentos das ravinas, canais e tributários na sub-bacia, em Km.





## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

### f) Sinuosidade do Curso de Água

Este índice é dado pela relação entre o comprimento do rio principal ( $L_p$ ) e o comprimento, em linha reta, da foz à nascente ( $L_r$ ). Essa informação possibilita análises com relação ao arraste de partículas sólidas e possíveis áreas de assoreamento

$$\text{Sin} = L_p / L_r$$

### g) Perfil Longitudinal do Rio

Ao analisar o perfil longitudinal, é possível constatar sua declividade ou gradiente altimétrico, pois se trata de uma relação visual entre a altitude e o comprimento de um determinado curso d'água. O perfil longitudinal de um rio está intimamente ligado ao relevo, pois corresponde à diferença de altitude entre a nascente e a confluência com um outro rio. A velocidade do escoamento de um rio depende da declividade da calha fluvial ou álveo: quanto maior a declividade, maior a velocidade do escoamento e mais pronunciados e estreitos serão os hidrogramas das enchentes. Foi considerada a declividade média, obtida dividindo-se o desnível entre a nascente e a foz pela extensão total do curso d'água principal.

$$S = \frac{H}{L}, \text{ onde:}$$

S declividade média, em m/km;

H diferença entre cotas do ponto mais afastado e o considerado, em m;

L comprimento axial da bacia, ou, comprimento total do curso d'água principal, em m.

### h) Declividade Média da Sub-Bacia

A declividade média de uma sub-bacia também determina maior ou menor velocidade de escoamento superficial. Para o cálculo da declividade média utilizou a equação abaixo:



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n l_{cn} \times \Delta h}{A} \times 100$$

Onde: H = declividade média (%);

$\sum_{i=1}^n l_{cn}$  = somatório dos comprimentos de todas as curvas de nível, na sub-bacia (hm);

$\Delta h$  = equidistância das curvas de nível (hm);

A = área da sub-bacia (ha).

Um valor alto para H indica uma declividade média alta e uma resposta rápida da bacia a uma precipitação.

### 3.2.2.5 Mapa de declividade e Mapa Hipsométrico

A geração de grades de Declividade ou TIN – Triangular Irregular Network depende também da existência de uma categoria do modelo numérico no banco de dados, a partir do qual foram gerados os mapas de declividade e hipsométrico. Tanto a declividade quanto a exposição são calculadas a partir de derivadas parciais de primeira e segunda ordem obtidas de uma grade (retangular ou triangular) resultante dos valores de altitude da superfície. Os produtos obtidos a partir de grades (triangulares ou retangulares) estão distribuídos por funções, disponíveis a partir do menu principal do SIG SPRING, e requerem que o plano de informação contenha a representação Grade ou Tin, disponível no “Painel de Controle”.

### 3.2.2.6 Mapa de uso e ocupação

O mapa de uso e ocupação do solo foi obtido pela classificação em tela, a partir das imagens ALOS de 2010. Os usos foram definidos da seguinte forma: cana de açúcar, pastagem, silvicultura, vegetação nativa, cultura perene, cultura anual, municípios, edificação, mata ciliar e água.

A partir dessa classificação foi gerado o mapa de usos da área da bacia do rio Lençóis.



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

### 3.2.2.7 Geração de APP

Foram geradas as Áreas de Preservação Permanente - APP na rede de drenagem atualizada, nos cursos de água, bem como nas nascentes que devem apresentar APP diferenciada, segundo o Código Florestal de 2012. Utilizou-se para tanto a ferramenta “Buffer”, do SEXTANTE no gvSIG.

### 3.2.2.8 Metodologia de cruzamentos de mapas

Um Sistema de Informação Geográfica, além de permitir a criação de um banco de dados georreferenciado, possibilitando a obtenção de várias informações importantes, também permite que essas informações sejam cruzadas gerando resultados essenciais ao planejamento de forma rápida e precisa.

Para realizar esse cruzamento de mapas no gvSIG foram utilizadas as ferramentas do SEXTANTE,

### 3.2.2.9 Mapa de Capacidade de uso

Para auxiliar na formação do diagnóstico ambiental foi gerado pelo SIG um mapa de capacidade do uso da terra tendo como base o sistema de classificação de terras em capacidade de uso desenvolvido por Lepsch et al. (1991), para atender planejamentos de práticas de conservação do solo através de correlações passíveis de compreensão e elaboração de soluções no que diz respeito ao manejo do uso de áreas de ocupação humana baseando-se no uso dos solos. O princípio deste sistema de classificação é a seleção de áreas e técnicas de uso da terra mais recomendadas e adaptadas para o meio físico, preservando o melhor possível os recursos ambientais e buscando a estabilidade estrutural dos solos, sem perder sua capacidade produtiva. Lepsch et al. (1991) hierarquizaram as categorias do sistema de classificação em capacidade de uso da seguinte forma:

Grupos de capacidade de uso (A, B e C). São estabelecidos com base nos tipos de intensidade de uso das terras.



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

- Classes de capacidade de uso (I a VIII). São baseadas no grau de limitação de uso;
- Subclasses de capacidade de uso (IIe, IIIe, IIIa, etc.). São baseadas na natureza da limitação de uso que podem ser referentes a solos (s), erosão (e), água (a) e climáticas (c).
- Unidades de capacidade de uso (IIe-1, IIe-2, etc.). São baseadas em condições específicas que afetam o uso ou manejo da terra.

Serão consideradas as seguintes classes de uso do solo para classificação de terras no sistema de capacidade de uso:

- GRUPO A – terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre, comportando as classes de capacidade de uso I, II, III e IV.
- GRUPO B – terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para pastagens ou reflorestamento e/ou vida silvestre, compreendendo as classes de capacidade de uso V, VI e VII.
- GRUPO C – terras não adequadas para cultivos anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento, porém, apropriadas para proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água, comportando apenas a classe VIII.

### **3.2.2.10 Mapa de conflitos de usos**

O mapa de conflitos de usos foi gerado com o cruzamento do mapa de usos e o mapa de capacidade de uso. Também foi gerado um mapa específico de conflito em APP.

## 4.RESULTADOS

### 4.1 Diagnóstico ambiental

Neste item serão apresentados os resultados que compõem o Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Lençóis conforme segue.

#### 4.1.1 Balanço hídrico

A Figura 3 mostra a localização das estações cujos dados foram utilizados e a Tabela 5 demonstra os dados de precipitação e temperatura referentes aos três postos de coleta no período de janeiro a dezembro de 2011 e a média das estações.

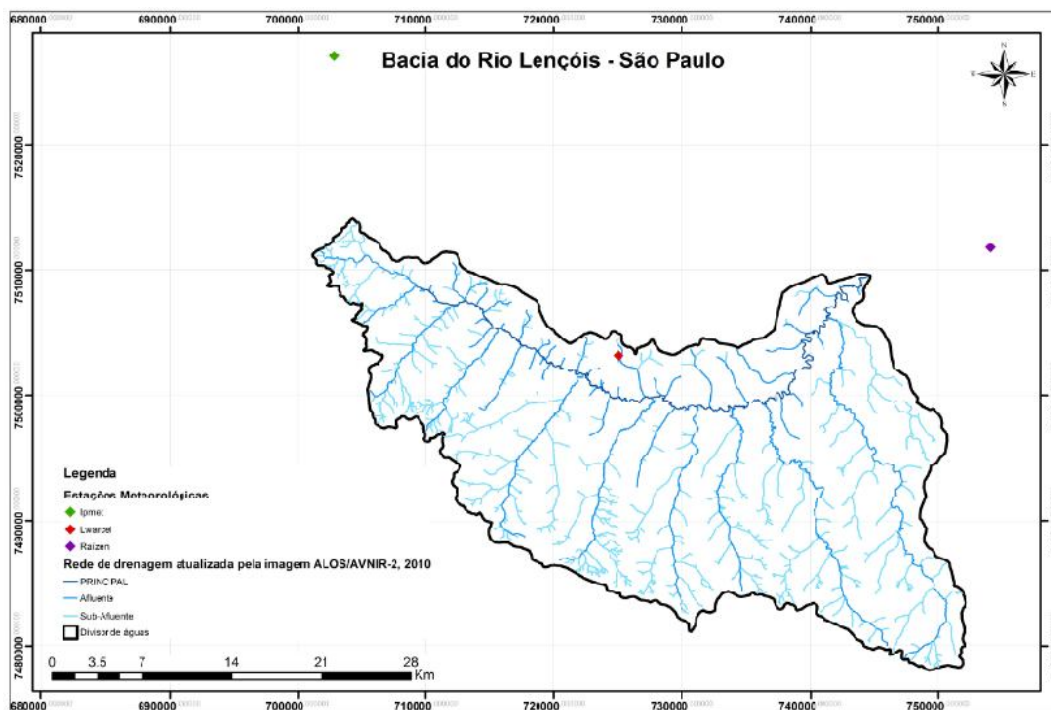


Figura 3. Estações com dados de Precipitação e Temperatura, IPMET, Lwarcel e Raizen.

Pode-se perceber, pela Figura 3 que apenas uma estação encontra-se dentro do limite da bacia. Este fato deve-se a dificuldade de obtenção de dados suficientes para



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

elaboração do balanço hídrico na bacia. Estas estações: IPMET, Lwarcel e Raízen são as únicas nas proximidades da área que possuem dados de precipitação e temperatura e mesmo assim não contam com series históricas, o que prejudica os estudos e pesquisas que precisam ser desenvolvidos para gerar informações.

**Tabela 5.** Dados de P e Tm no período de janeiro a dezembro de 2011.

IPMET		Lwarcel		Raízen		Médias	
P	Tm	P	Tm	P	Tm	Pm	Tm_m
493	25,40	465	25,26	461,40	25,00	473,13	25,22
172	25,60	146	26,43	160,20	24,90	159,40	25,64
144	23,30	233	22,71	200,00	22,70	192,33	22,90
89	23,10	128	24,05	108,40	22,20	108,47	23,12
23	19,40	5	20,00	24,40	18,40	17,47	19,27
45	17,80	70	17,67	48,80	16,50	54,60	17,32
8	20,10	5	19,85	7,20	19,30	6,73	19,75
40	21,20	38	21,68	40,60	20,10	39,53	20,99
3	22,40	2	23,07	3,00	20,80	2,67	22,09
209	23,20	332	24,32	179,20	22,40	240,07	23,31
110	22,80	208	24,43	135,80	22,20	151,27	23,14
181	24,60	165	25,59	124,40	24,20	156,80	24,80

Observa-se, pelos dados da Tabela 5, que os valores de P e Tm nos três postos de coleta apresentaram comportamento semelhante. Desta forma foi considerada a média dos postos para definir o Balanço Hídrico - BH na bacia. Foram elaborados os cálculos do BH para cada posto e, posteriormente, calculado o BH da média, onde foi verificada a semelhança de comportamento.

As Figuras de 4 a 7 mostram os gráficos obtidos a partir do BH nos três postos de coleta e com a média.

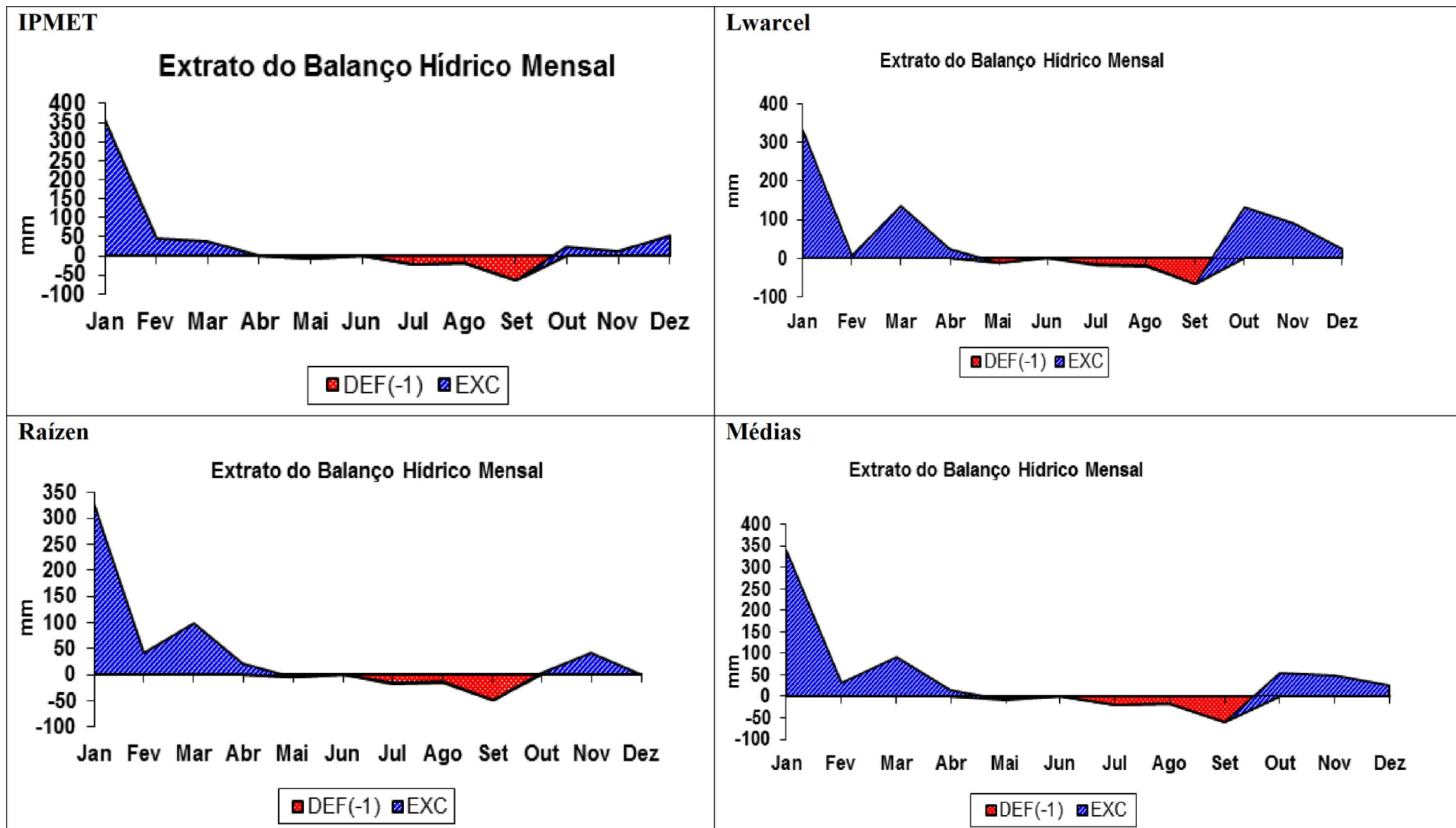


Figura 4. Extrato do BH mensal no ano de 2011 na bacia do Rio Lençóis, SP.

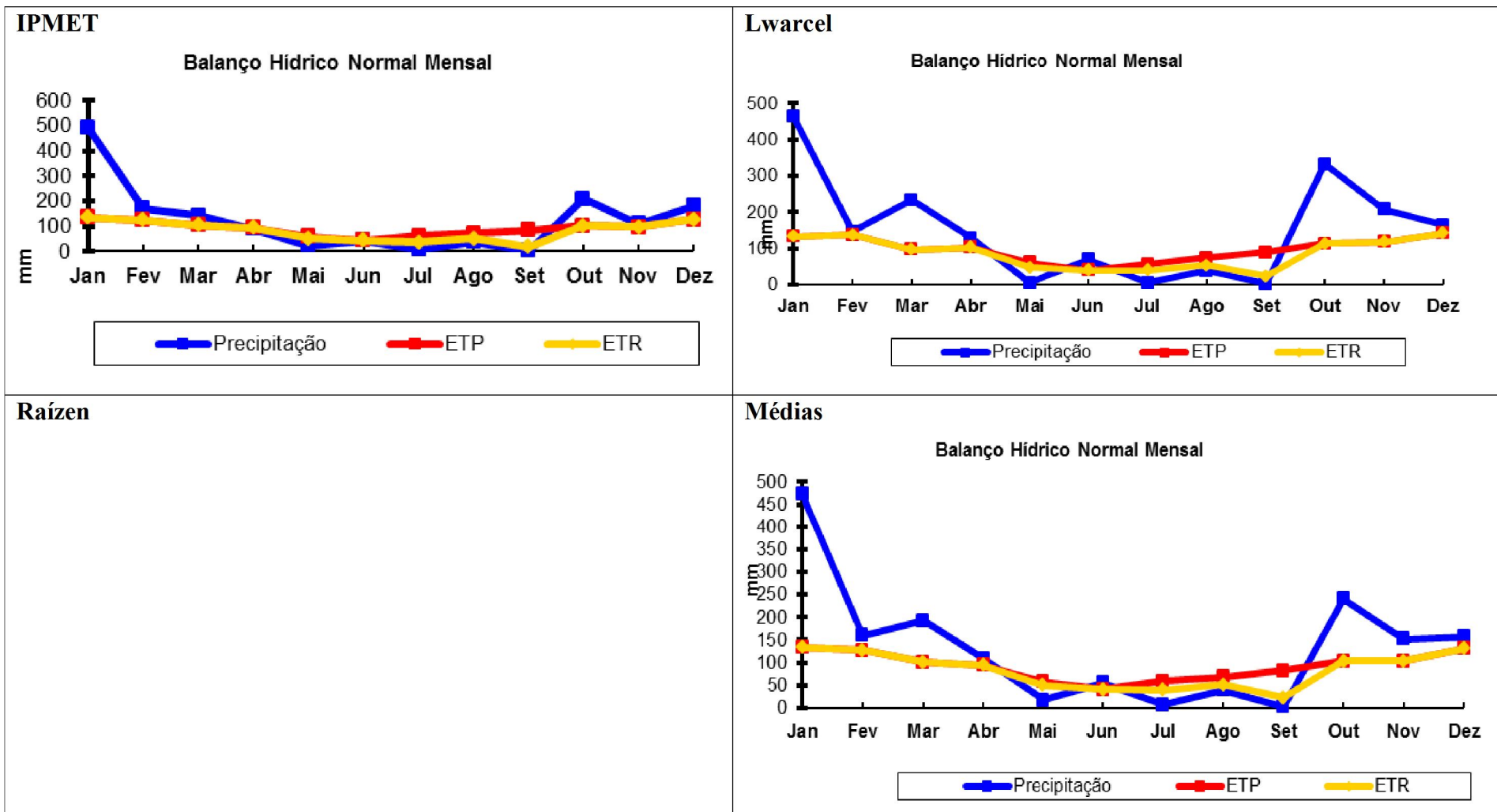


Figura 5. BH normal mensal no ano de 2011 na bacia do Rio Lençóis, SP.



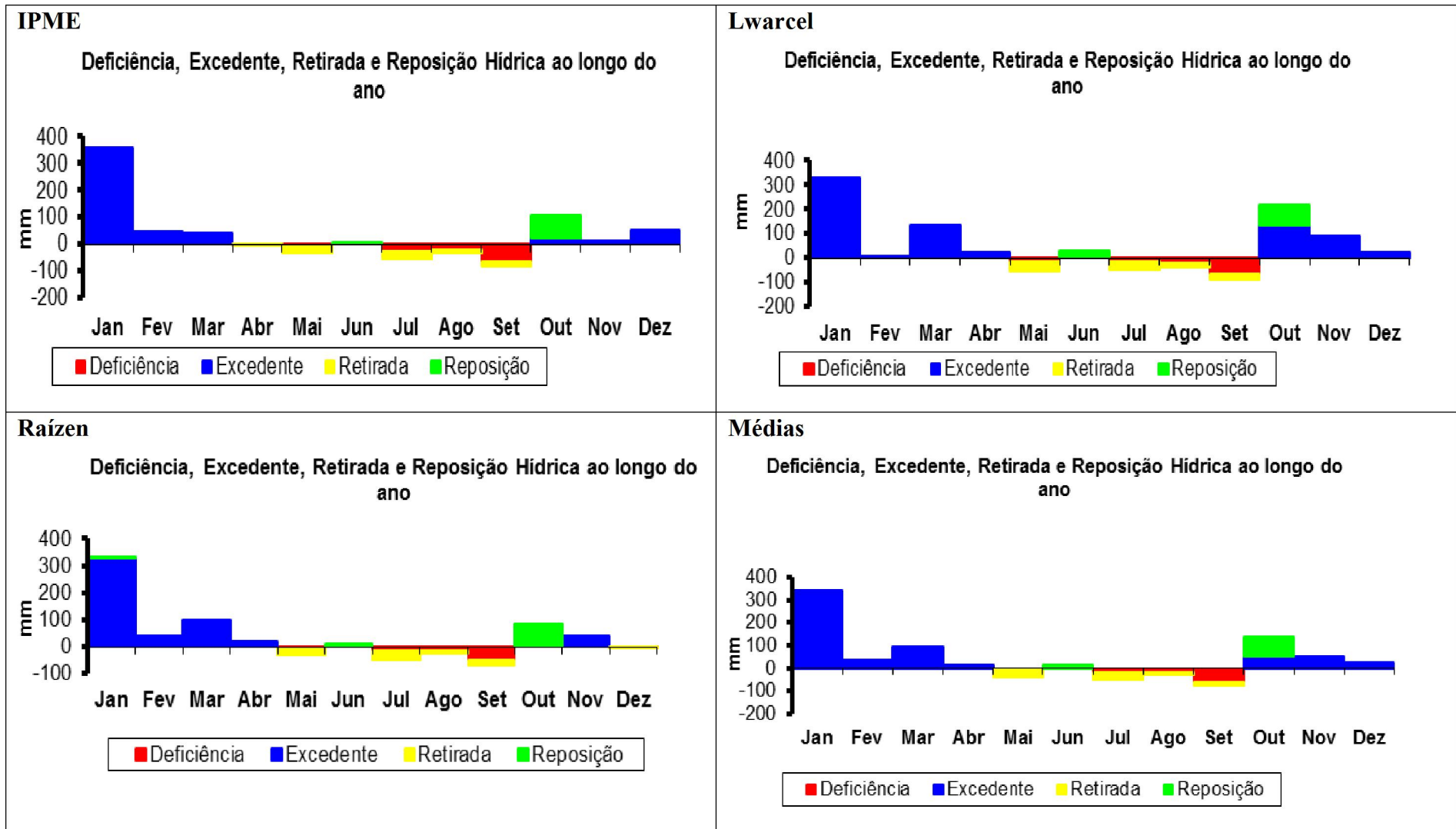
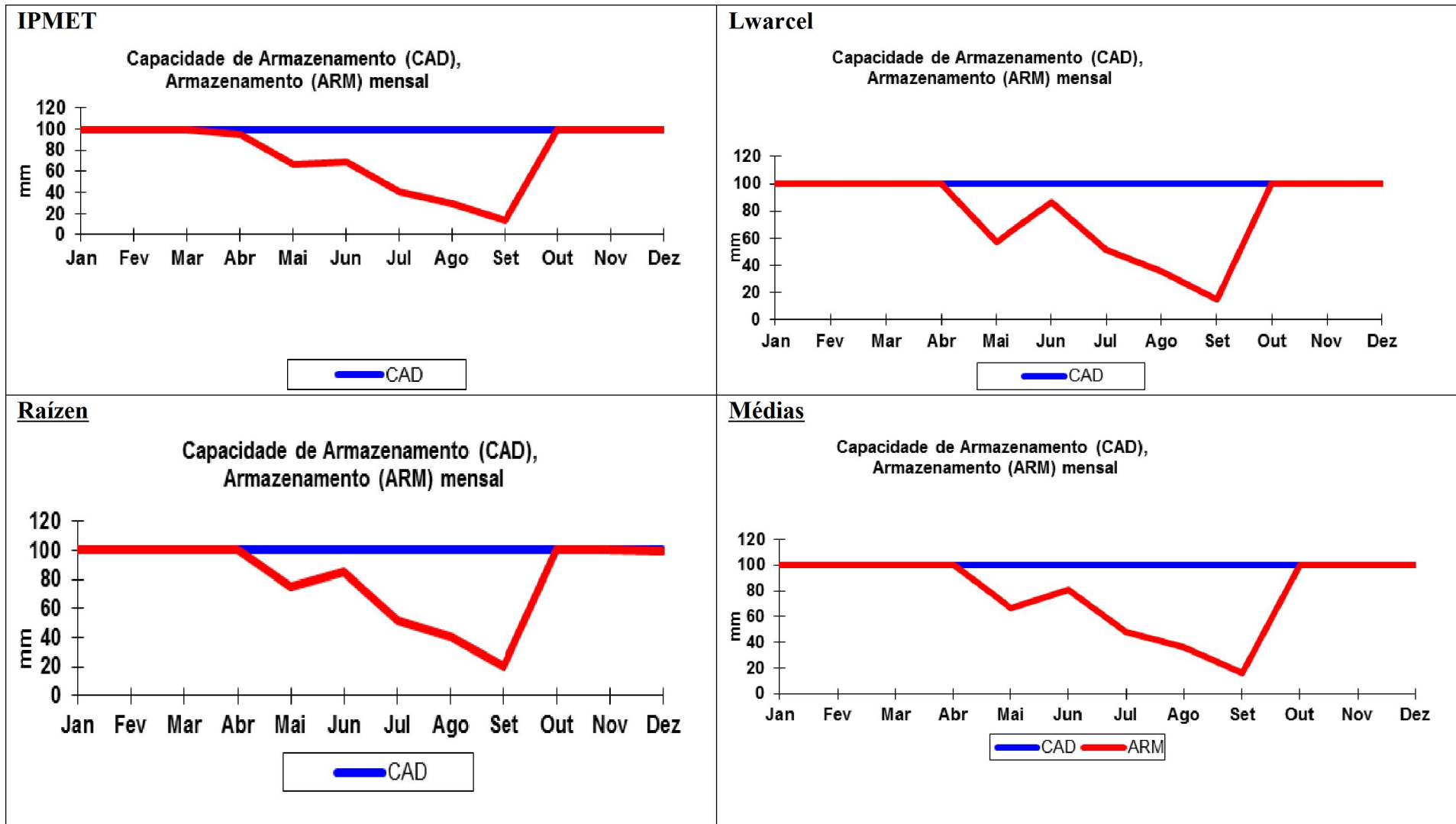


Figura 6. Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição hídrica ao longo do ano de 2011 na bacia do Rio Lençóis, SP.



**Figura 7.** Capacidade de Armazenamento – CAD e armazenamento mensal – ARM, no ano de 2011 na bacia do Rio Lençóis, SP



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

O balanço hídrico em toda a bacia apresenta-se de forma semelhante, e confirma o clima predominante, pois de outubro a março há ocorrência de chuvas e de abril a setembro é o período de estiagem. Em outubro inicia-se a reposição de água no solo e dependendo da quantidade de precipitação, ainda em outubro há um excedente hídrico que perdura até março ou abril, quando começa a retirada desse excedente e por volta do mês de julho até setembro irá ocorrer a deficiência hídrica.

Pelos valores de déficit e excedente hídricos e evapotranspiração potencial foram calculados os índices: hídrico, de aridez e de umidade. A Tabela 6 demonstra os valores encontrados e estão plotados no gráfico da Figura 8.

Tabela 6. Valores para os índices: Hídrico, Aridez e Umidade durante o ano de 2011 na bacia do rio Lençóis – SP.

Mês	Ih	Ia	Iu
Jan	254,2868	0	254,2868
Fev	25,61677	0	25,61677
Mar	91,30694	0	91,30694
Abr	15,05513	0	15,05513
Mai	0	12,32425	-12,3242
Jun	0	0	0
Jul	0	32,66632	-32,6663
Ago	0	24,83299	-24,833
Set	0	72,76051	-72,7605
Out	51,7526	0	51,7526
Nov	47,03596	0	47,03596
Dez	19,24686	0	19,24686
<b>TOTAL</b>	<b>54,99859</b>	<b>9,35276</b>	<b>45,64583</b>

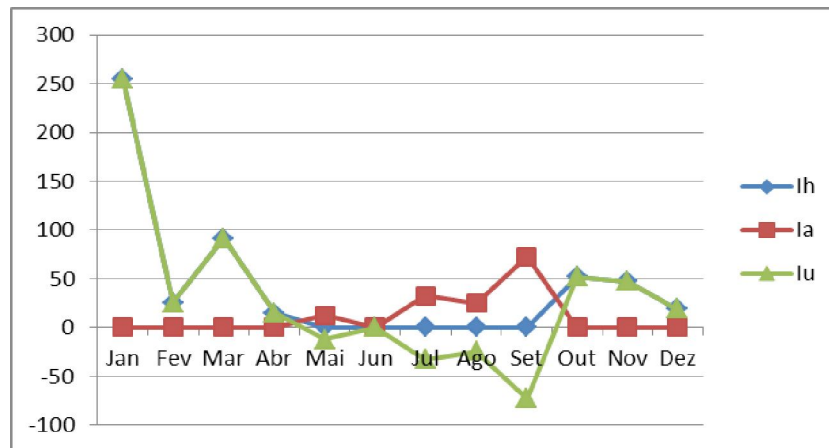


Figura 8. Gráfico com os índices: Hídrico, Aridez e Umidade durante o ano de 2011 na bacia do rio Lençóis – SP.

Os resultados para os índices anuais são:

- Ih = 55 %
- Ia = 9 %
- Iu = 46 %

#### 4.1.2 Vazão

As medições realizadas foram prejudicadas pelo acesso aos locais de medição e também pelas datas das coletas. Alguns pontos não foram obtidas medidas e outros foram realocados.

A Figura 9 demonstra os pontos onde foram efetuadas as medições e a Tabela 7 evidencia os resultados obtidos nas medições e as variações do período de estiagem e chuva.

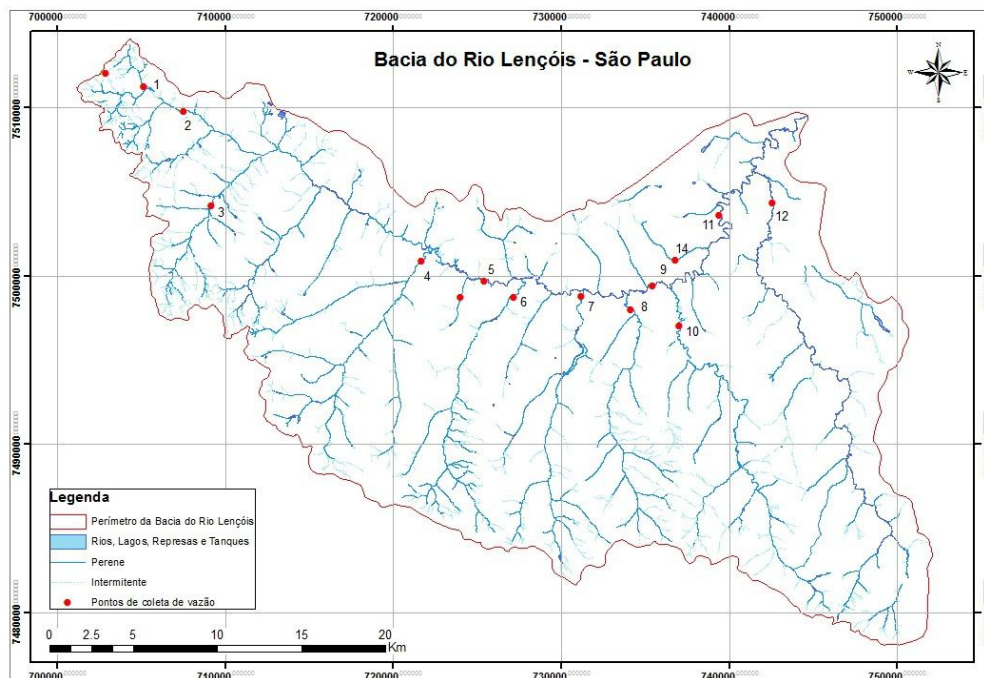


Figura 9. Rede de drenagem da Bacia do Rio Lençóis – SP. Com os pontos onde foram realizadas as medições das vazões.

Tabela 7. Relação dos pontos onde foram realizadas as medições das vazões na bacia do Rio Lençóis - SP.

Ponto	Córrego/rio	DATA	Q m³/s	média	DATA	Q m³/s	média	Variação %
1	Córrego do Taperão	out/11	0,010		mar/12	0,000		
2	Córrego do Taperão	out/11	0,910		mar/12	0,150		
3	Córrego das Antas	out/11	0,470		mar/12	0,296		
4	Córrego Faxinal	out/11	0,290		mar/12	0,940		3,241
5	Rio Lençóis	out/11	0,000		mar/12	2,680		
6	Córrego da Prata	out/11	0,000		mar/12	1,460		
7	Córrego Barra Grande	out/11	0,000		mar/12	0,660		
8	Ribeirão Fartura	out/11	1,400		mar/12	2,530		1,807
9	Rio Lençóis	out/11	1,560		mar/12	7,783		4,989
10	Córrego Areia Branca	out/11	1,410		mar/12	8,060		5,716
11	Rio Lençóis	out/11	0,000		mar/12	0,000		
12	Ribeirão Paraíso	out/11	2,390		mar/12	0,000		
13	Foz do Rio Lençóis	out/11	8,720		mar/12	19,490		2,235
14	Córrego Boa Vista	out/11	0,070		mar/12	0,000		



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

Pela Tabela 7 observa-se que alguns pontos ficaram sem resultado, pois no período de estiagem houve a ocorrência de chuvas logo após as primeiras medições e desta forma optou-se pela não realização das medidas seguintes que alterariam os resultados. No período de chuva, alguns locais apresentaram difícil acesso e outros, como é o caso do ponto 1, não foi possível a realização de medida. Isso se deveu ao fato do local apresentar muitas nascentes próximas e desta forma o molinete não conseguiu fazer a leitura do fluxo, pela interferência das correntes. A opção para o preenchimento dessas leituras seria a verificação do percentual de variação da vazão nos corpos de água que compõem a bacia. Não foi possível esse preenchimento, pois fica demonstrado pelos resultados que existe uma grande variação de vazão em cada córrego que compõem a bacia do rio Lençóis.

O ponto 3 foi medido mais de uma vez em datas diferentes e o resultado inconsistente permaneceu, com uma medida maior na estação de estiagem ( $0,470\text{m}^3/\text{s}$ ) em comparação com a estação chuvosa ( $0,296\text{m}^3/\text{s}$ ). Este ponto merece um estudo mais detalhado, pois o córrego das Antas corta o município de Borebi e recebe toda carga de efluente doméstico do município. Talvez isso tenha alterado o resultado deixando-o contraditório ou na ocasião da segunda medição, na estação chuvosa estivesse ocorrendo a retirada de água. O mesmo ocorreu no ponto dois, que apresentou  $0,91\text{m}^3/\text{s}$  na medição de outubro e  $0,15\text{m}^3/\text{s}$  na medição de março que também foi repetida por mais duas vezes e a inconsistência permaneceu.

Vale ressaltar a variação ocorrida no ponto 10 que foi quase seis vezes maior que a medição da estiagem. Por ocasião da medição, no dia 15 de março, ocorreu uma chuva de 92 mm a montante, medida no pluviômetro da ASCANA denominado Boa Esperança. A mesma variação foi verificada no ponto 9 no rio Lençóis, porém quando foi efetuada a medição não havia a ocorrência de chuva, o que demonstra uma grande variação naquele ponto. Já em sua foz o volume medido foi mais que o dobro de uma estação para outra indo de  $8,72\text{m}^3/\text{s}$  em outubro na estiagem para  $19,49\text{m}^3/\text{s}$  em março.

Em anexo encontra-se um relatório fotográfico das medições das vazões.

### 4.1.3 Caracterização da Bacia

Para a extração dos parâmetros para caracterização da bacia foi gerado o MNT, Figura 10. A Tabela 8 demonstra a quantificação das faixas hipsométricas.

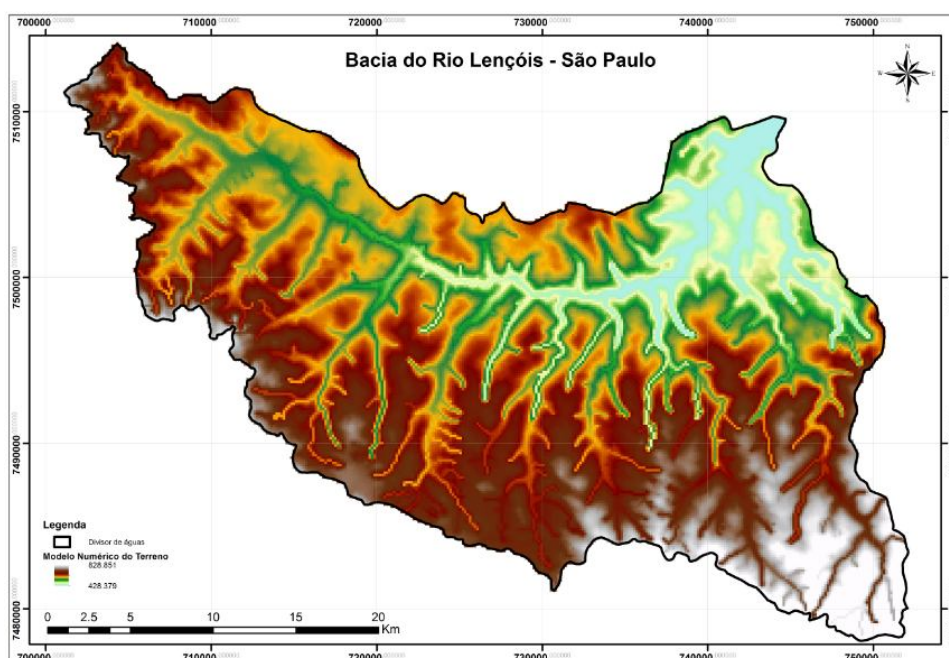


Figura 10. Modelo Numérico do Terreno da área da Bacia do Rio Lençóis – SP.

Tabela 8. Hipsometria da área da bacia do Rio Lençóis – SP.

FAIXA ALTIMÉTRICA	ÁREA – km <sup>2</sup>	%
430-470	4,945	0,53
470-510	22,755	2,42
510-550	79,434	8,46
550-590	125,493	13,36
590-630	263,458	27,69
630-670	240,339	25,59
670-710	130,632	13,92
710-750	50,269	5,35
750-790	19,585	2,08
790-830	5,585	0,59
830-870	0,037	0,01
<b>TOTAL</b>	<b>942,532</b>	<b>100</b>

Pela quantificação das áreas verifica-se que há a ocorrência maior das faixas de altitude de 590 a 760m, que correspondem a 53,3% da área da bacia. A segunda maior ocorrência fica com as faixas de altitude de 550 a 590 (13,4%) e 670 a 710 (13,9%).

Também foi gerado o mapa de declividade da bacia demonstrado pela Figura 11 e a Tabela 9, que demonstra as quantificações das ocorrências.

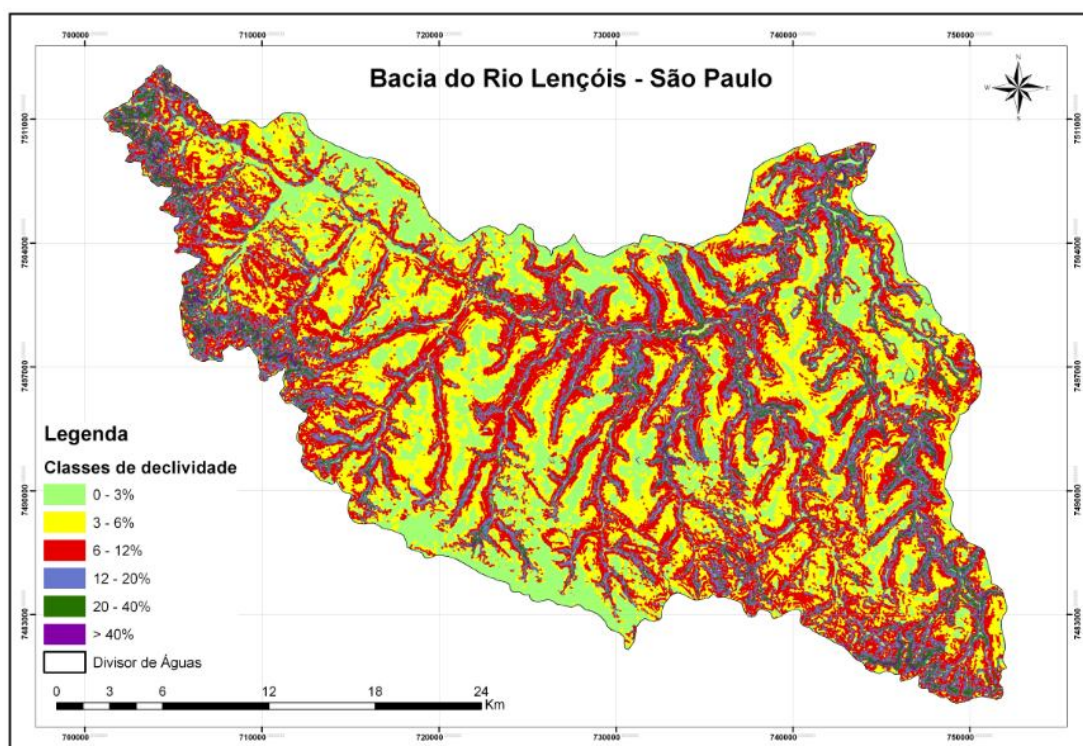


Figura 11. Mapa de declividade da área da Bacia do Rio Lençóis – SP.

Tabela 9. Faixas de declividade encontradas na área da bacia do Rio Lençóis – SP.

FAIXA DECLIVIDADE-%	ÁREA – km <sup>2</sup>	%
0 – 3	239,176	25,38
3 – 6	276,820	29,37
6-12	305,498	32,41
12-20	94,862	10,06
20-40	23,761	2,52
>40	2,414	0,26
<b>TOTAL</b>	<b>942,532</b>	<b>100</b>

A faixa de declividade com maior incidência é a que está entre 6-12% com 32,4% e as faixas com porcentagens de declividades menores (0-3 e 3-6%) somam 54,75% da área da bacia.





## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

A Tabela 10 evidencia as características da bacia do Rio Lençóis em seus aspectos morfométricos.

**Tabela 10.** Características físicas da bacia do Rio Lençóis - SP.

<b>Características Morfométricas</b>	<b>Valores /Unidades</b>
Área de drenagem (A)	942,532 km <sup>2</sup>
Perímetro (P)	184,585 km
Comprimento do canal principal (Lp)	78,078 km
Comprimento Axial (L)	40,117 km
Altitude mínima	428,37 m
Altitude máxima	828,85 m
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,683
Fator de Forma (Kf)	0,585
Sinuosidade	1,946
Declividade média	7,175 %
Declividade média do rio Lençóis	0,0027 m/km
Ordem da bacia	5 <sup>a</sup>
Densidade de drenagem (Dd)	1,091 km/km <sup>2</sup>
Densidade de drenagem atual (Dd_at)	0,985 km/km <sup>2</sup>

O fator de forma e o coeficiente de compacidade demonstram qual a tendência de enchente após a precipitação em uma sub-bacia. Uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com maior fator de forma. Portanto pelo resultado obtido para o fator de forma de 0,585 na bacia do Rio Lençóis, pode-se dizer que a área é pouco sujeita a enchentes. O coeficiente de compacidade é um número adimensional, assim como o fator de forma, e que varia com a forma da bacia, independentemente do seu tamanho. Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular. No caso da sub-bacia estudada, o coeficiente de compacidade foi definido pelo valor 1,683, que define também a baixa probabilidade de ocorrência de enchentes.

O valor obtido para a densidade de drenagem na sub-bacia (1,091 km/km<sup>2</sup>), através das medidas extraídas das cartas do IGC, a coloca como uma bacia de drenagem média/baixa para pouco drenada, uma vez que os limites para pouco e muito drenadas estão entre 0,5 e 3,5 km/km<sup>2</sup>, respectivamente. O resultado da densidade de drenagem atualizada (0,985 km/km<sup>2</sup>) pelas imagens de satélite de 2010 classifica a bacia mais para baixa



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

densidade de drenagem. Em ambas as situações confirmam-se mais uma vez a pequena predisposição para ocorrência de enchentes. Pela atualização da drenagem também se verifica que a mesma encolheu aproximadamente 20% no período de 1980 (IGC) a 2010 (imagens ALOS).

O padrão de drenagem é um indicador das características do escoamento de uma precipitação. Alguns parâmetros foram desenvolvidos para representar os padrões de drenagem, como é o caso da ordem dos cursos de água, que pelas leis de Horton determinam que a ordem do curso de água é uma medida da ramificação dentro de uma bacia. A bacia do Rio Lençóis pela classificação citada se apresenta como de 5ª ordem.

O índice de sinuosidade de um curso de água é dado pela relação entre o comprimento do rio principal ( $L_p$ ) e o comprimento, em linha reta, da foz à nascente - Talvegue. Desta forma quanto mais aproximar-se de 1 o valor obtido, menor será a sinuosidade do rio, e portanto maior a velocidade de escoamento das águas no leito do rio. O Rio Lençóis apresenta um índice de sinuosidade de 1,946 confirmando a baixa propensão à enchentes, porém essa informação também possibilita análises com relação ao arraste de partículas sólidas e possíveis áreas de assoreamento e pelo índice obtido pode-se dizer que o rio é propenso à possuir tais áreas que configuram os seus meandros.

A declividade média de uma sub-bacia determina maior ou menor velocidade de escoamento superficial. Portanto ela determinará o maior ou menor grau de erosão, associada a cobertura vegetal, tipo de solo e tipo de uso da terra (ROCHA, 1991). A declividade média na bacia é de 7,175 % é considerado moderado. Um valor alto para  $H$  indicaria uma declividade média alta e uma resposta rápida da bacia a uma precipitação.

Ao analisar o perfil longitudinal, é possível constatar sua declividade ou gradiente altimétrico, pois se trata de uma relação visual entre a altitude e o comprimento de um determinado curso d'água. O perfil longitudinal de um rio está intimamente ligado ao relevo, pois corresponde à diferença de altitude entre a nascente e a confluência com um outro rio. A velocidade do escoamento de um rio depende da declividade da calha fluvial ou álveo: quanto maior a declividade, maior a velocidade do escoamento e mais pronunciados e estreitos serão os hidrogramas das enchentes. Foi considerada a declividade média, obtida dividindo-se o desnível entre a nascente e a foz pela extensão total do curso d'água principal,

que neste caso obteve-se uma declividade de 0,00279 m/m ou 2,79 m/km indicando uma declividade média do rio principal também moderada.

#### 4.1.4 Solos

O mapa de solos foi gerado a partir do Levantamento Pedológico do Estado de São Paulo – IAC, pois o projeto não previu um levantamento detalhado da área da bacia. Este mapa além de compor uma base com o recorte da bacia serviu para a elaboração do mapa de classes de usos segundo a classificação de Lepsch et al. (1991).

A Figura 12 e Tabela 11 demonstram os tipos de solos encontrados na área da bacia.

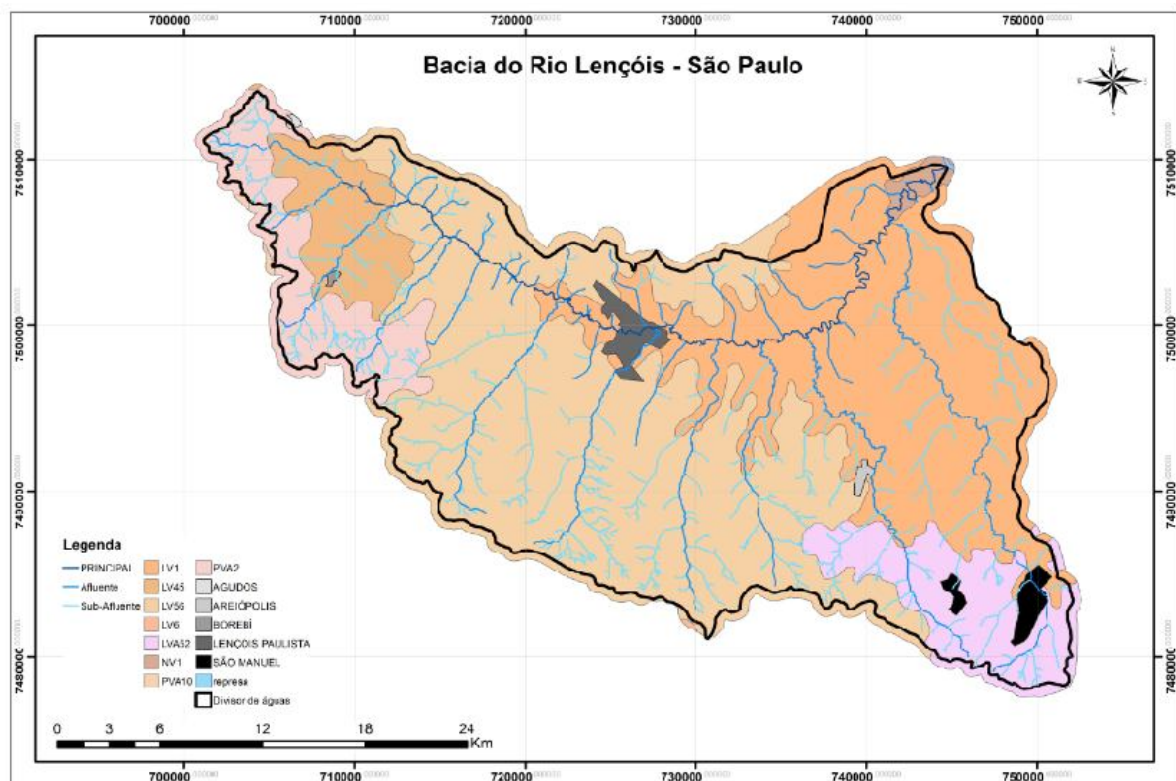


Figura 12. Mapa de solos da área da Bacia do Rio Lençóis – SP.



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

Tabela 11. Quantificação das ocorrências dos tipos de solo na área da bacia do Rio Lençóis-SP.

TIPO	DESCRIÇÃO	ÁREA Km <sup>2</sup>	%
LV1	Latossolos Vermelhos eutroféricos e distroféricos A moderado textura argilosa relevo plano e suave ondulado.	307,565	32,75
LV6	Latossolos Vermelhos eutroféricos e distroféricos relevo plano e suave ondulado + Nitossolos Vermelhos eutroféricos relevo suave ondulado e ondulado ambos A moderado e A chernozômico textura argilosa.	0,291	0,03
LV45	Latossolos Vermelhos distróficos A moderado textura média relevo plano e suave ondulado.	53,712	5,72
LV52	Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos + Latossolos Vermelhos distróficos ambos textura média relevo suave ondulado + Argissolos Vermelhos-Amarelos distróficos textura arenosa/média e média relevo suave ondulado e ondulado todos A moderado.	79,666	8,48
LV56	Latossolos Vermelhos distróficos + Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos ambos A moderado textura média relevo plano e suave ondulado.	428,310	45,61
NV1	Nitossolos Vermelhos eutroféricos + Latossolos Vermelhos eutroféricos ambos A moderado textura argilosa relevo suave ondulado e ondulado.	6,097	0,65
PVA2	Argissolos Vermelhos-Amarelos eutróficos ou não A moderado textura arenosa/média e média relevo suave ondulado e ondulado.	66,891	7,12
<b>TOTAL</b>		<b>942,532</b>	<b>100</b>

Observando a Figura e Tabela 11 se percebe a predominância do Latossolo Vermelho e suas subclasses em 90% da área da bacia e do restante, 7% é Argissolo e menos de 1% é Nitossolo que ocorre na área bem próxima da foz.

### 4.1.5 Imagem ALOS

Para o mapeamento do uso e cobertura da Bacia do Rio Lençóis, bem como da atualização de sua rede de drenagem foi utilizado um mosaico composto de três cenas do sensor AVNIR-2, referentes às seguintes datas conforme Tabela 12:

Tabela 12. Datas de passagem do satélite ALOS/AVNIR-2

Cena	Data
ALAV2A225294050	14/04/2010
ALAV2A225294060	19/03/2010
ALAV2A202684060	16/03/2011

O sensor AVNIR-2 é um radiômetro que opera nas regiões do visível e infravermelho, desenvolvido para mapeamentos temáticos, com ênfase em uso e cobertura das terras. Este sensor apresenta 4 bandas espectrais (B1: 0,42-0,50  $\mu\text{m}$ , B2: 0,52-0,60  $\mu\text{m}$ , B3: 0,61-0,69  $\mu\text{m}$ , B4: 0,76-0,89  $\mu\text{m}$ ); resolução espacial de 10 metros; resolução radiométrica de 8 bits.

As imagens foram trabalhadas para a montagem do mosaico da bacia, Figura 13, para que fosse realizada a atualização de toda rede de drenagem, bem como o uso e ocupação da área.

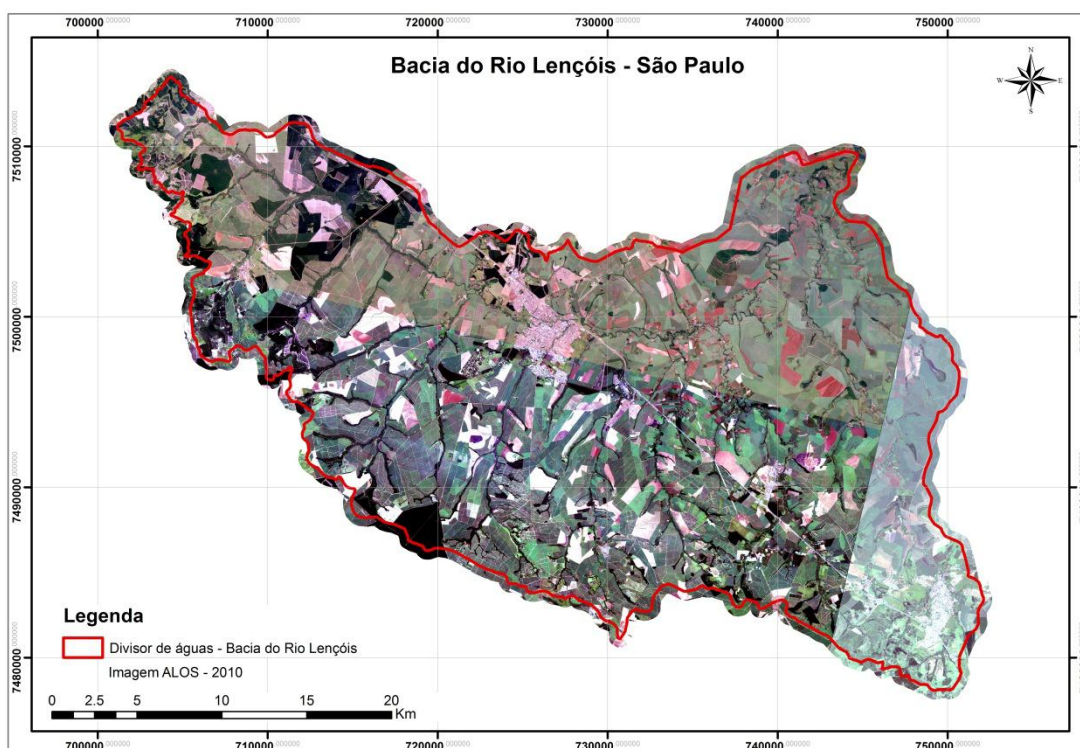


Figura 13. Recorte da Bacia do Rio Lençóis – SP a partir das Imagens ALOS – 2010.

#### 4.1.6 Atualização da Rede de Drenagem

A rede de drenagem da área da bacia do Rio Lençóis foi vetorizada a partir das cartas do IGC, conforme dito anteriormente e foram atualizadas pelas imagens de satélite ALOS AVNIR-2 de 2010. Primeiramente foi feita a atualização em tela e

posteriormente os dados foram confirmados a campo e através de informações das pessoas que possuem conhecimento da área.

As nascentes foram localizadas pela imagem ALOS e onde persistiu dúvida foram eliminadas com pesquisa de campo e relatos dos proprietários das áreas.

A Figura 14 e Tabela 13 demonstram os corpos de água que encolheram ou sumiram durante o período de 1980 (IGC) e 2010 (ALOS).

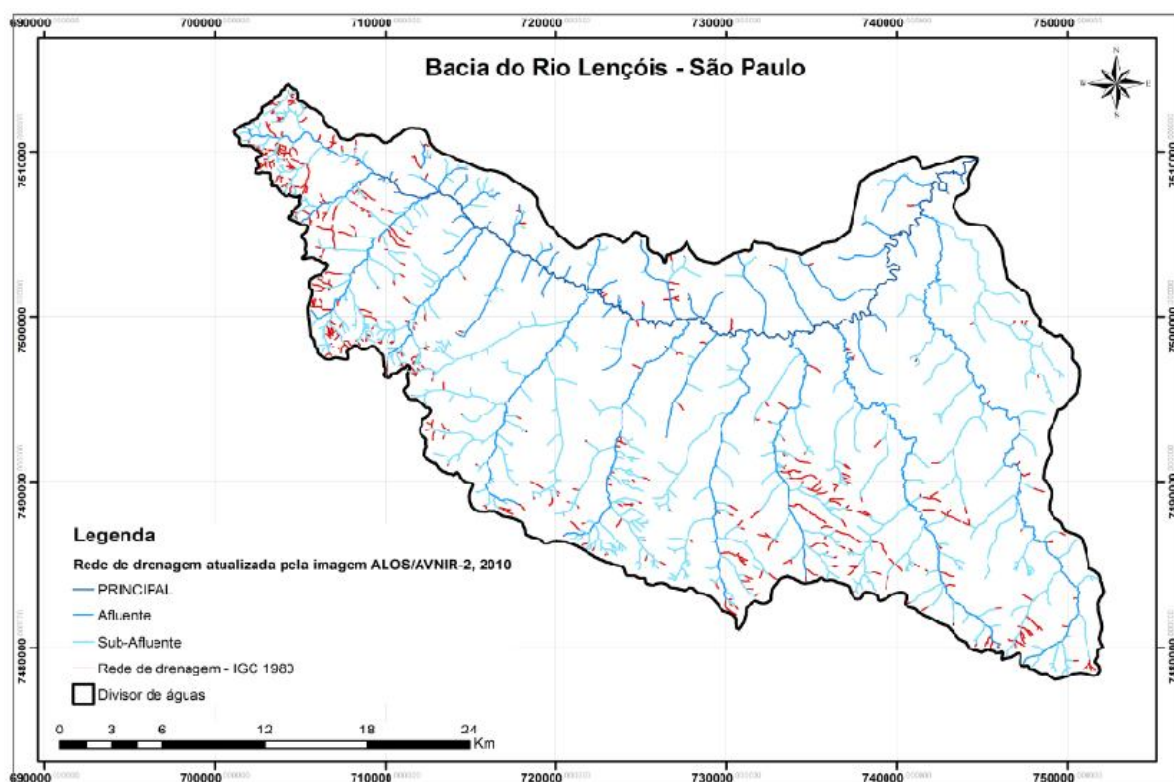


Figura 14. Atualização da Rede de Drenagem da Bacia do Rio Lençóis – SP.

Pela atualização da rede de drenagem pode-se constatar a perda de 20% do comprimento total da rede de drenagem, que correspondem a 174,821 km.

Tabela 13. Atualização do comprimento da rede de drenagem na bacia do Rio Lençóis – SP.

Comprimento total dos canais IGC 1980 (Lt)	1.028,479 km
Comprimento total dos canais atualizada - 2010 (Lt at)	853,658 km
Perda de comprimento dos canais	174,821 km
Perda de comprimento dos canais em porcentagem	20 %

#### 4.1.7 APP

A partir da rede de drenagem atualizada foi gerada a APP, de acordo com a legislação vigente. A Figura 15 demonstra a APP na área da bacia do Rio Lençóis.



Figura 15. APP da área da bacia do Rio Lençóis – SP.

Pela APP gerada foi constatada uma área total, incluindo nascentes (50m) e margens (30m) de 56, 466 km<sup>2</sup>.

#### 4.1.8 Mapa de Uso e Ocupação

A Figura 16 e Tabela 14 trazem os usos identificados pela classificação em tela da imagem ALOS de 2010.

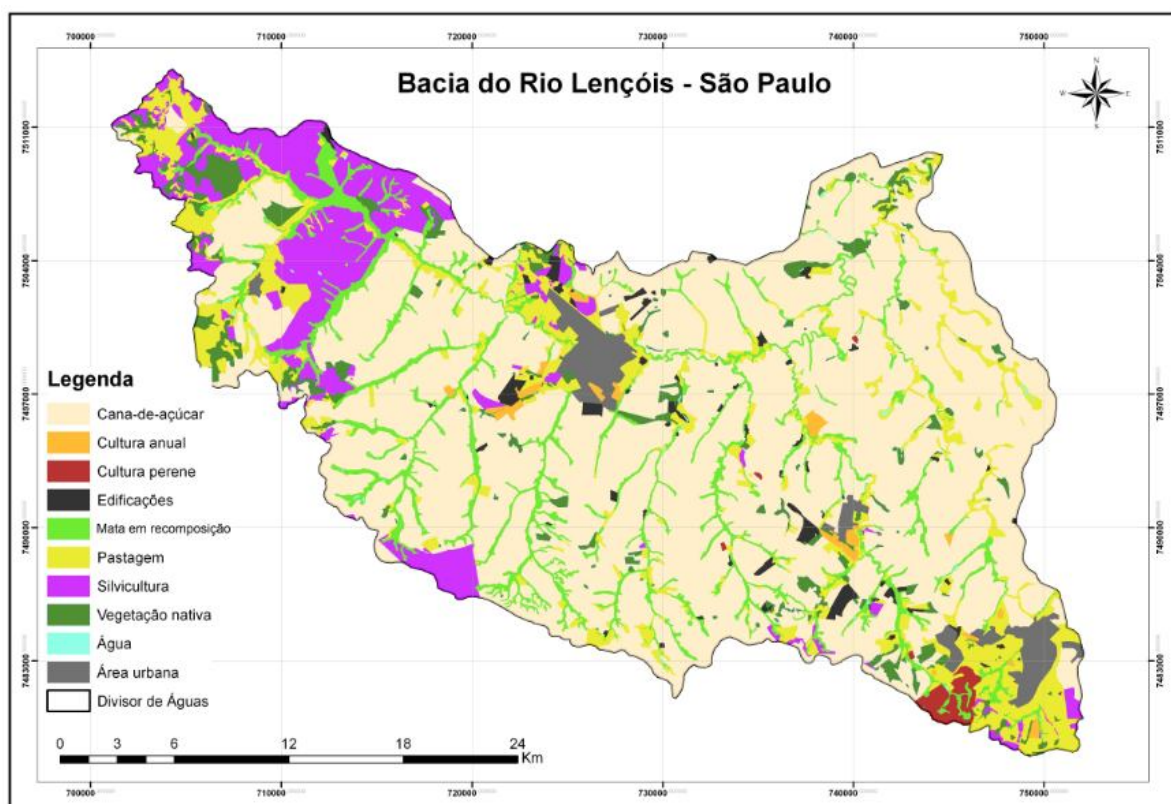


Figura 16. Mapa de uso e ocupação da área da bacia do Rio Lençóis – SP.

Tabela 14. Quantificação dos usos encontrados na área da bacia do Rio Lençóis – SP.

USO	ÁREA – km <sup>2</sup>	%
Área Urbana Consolidada	27,216	2,888
Edificações Rurais	10,659	1,131
Silvicultura	81,157	8,611
Cana de Açúcar	609,661	64,683
Vegetação Nativa	36,839	3,909
Mata em recomposição	73,380	7,785
Cultura Anual	6,431	0,682
Cultura Perene	5,095	0,541
Pastagem	90,903	9,645
Água	1,190	0,126
<b>TOTAL</b>	<b>942,532</b>	<b>100</b>

Pode-se constatar a grande predominância da cultura da cana de açúcar na área da bacia (64,68%) e apenas 10% da área com mata nativa e em recomposição.





## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

A Tabela 15 demonstra os usos que ocorrem especificamente nas áreas que correspondem à APP das nascentes.

A Tabela 15 demonstra os usos encontrados por área em nascentes.

USOS DO SOLO	ÁREA – km <sup>2</sup>
Área Urbana de Lençóis Paulista	0,02
Área Urbana de São Manoel	0,04
Silvicultura	0,45
Cana de Açúcar	1,28
Vegetação Nativa	0,48
Mata Ciliar	1,30
Cultura Anual	0,01
Cultura Perene	0,01
Edificações	0,01
Pastagem	0,84
<b>TOTAL</b>	<b>4,44</b>

Dos 4,44 km<sup>2</sup> de APP junto às nascentes, apenas 1,78 km<sup>2</sup> apresentam vegetação adequada, ou seja 40%..

### 4.1.9 Mapa de Capacidade de Uso

A Figura 17 e Tabela 16 estão evidenciando as classes de capacidade de uso do Grupo A – I, II, III e IV encontradas na área da bacia do Rio Lençóis, que consideram o tipo de solo e a declividade da área.

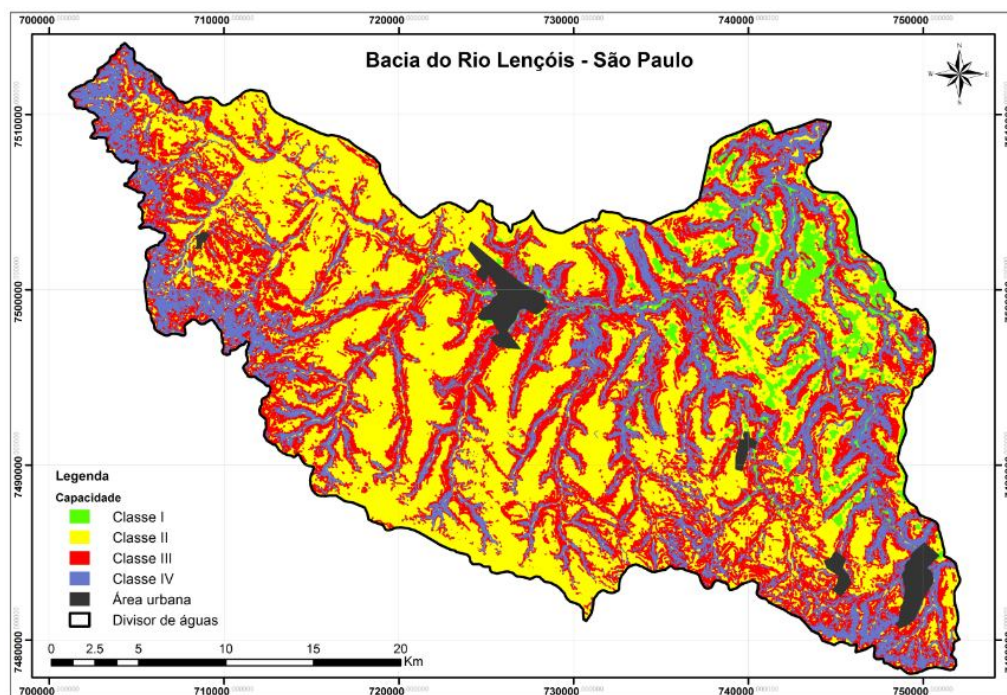


Figura 17. Classes de capacidade de uso do solo segundo Lepsch et al. (1991) na bacia do Rio Lençóis – SP.

Tabela 16. Classes de capacidade de uso do solo segundo Lepsch et al. (1991) na bacia do Rio Lençóis – SP.

CLASSE DE USO	ÁREA – km <sup>2</sup>	%
Classe I	55,124	5,85
Classe II	461,127	48,92
Classe III	307,622	32,64
Classe IV	118,659	12,59
<b>TOTAL</b>	<b>942,532</b>	<b>100</b>

Há a predominância da classe II (48,92%) seguida da classe III (32,64%).

#### 4.1.10 Mapa de Conflitos de Usos e Conflito em APP

A Figura 18 e Tabela 17 evidenciam as áreas onde ocorrem conflitos de uso na bacia do Rio Lençóis.

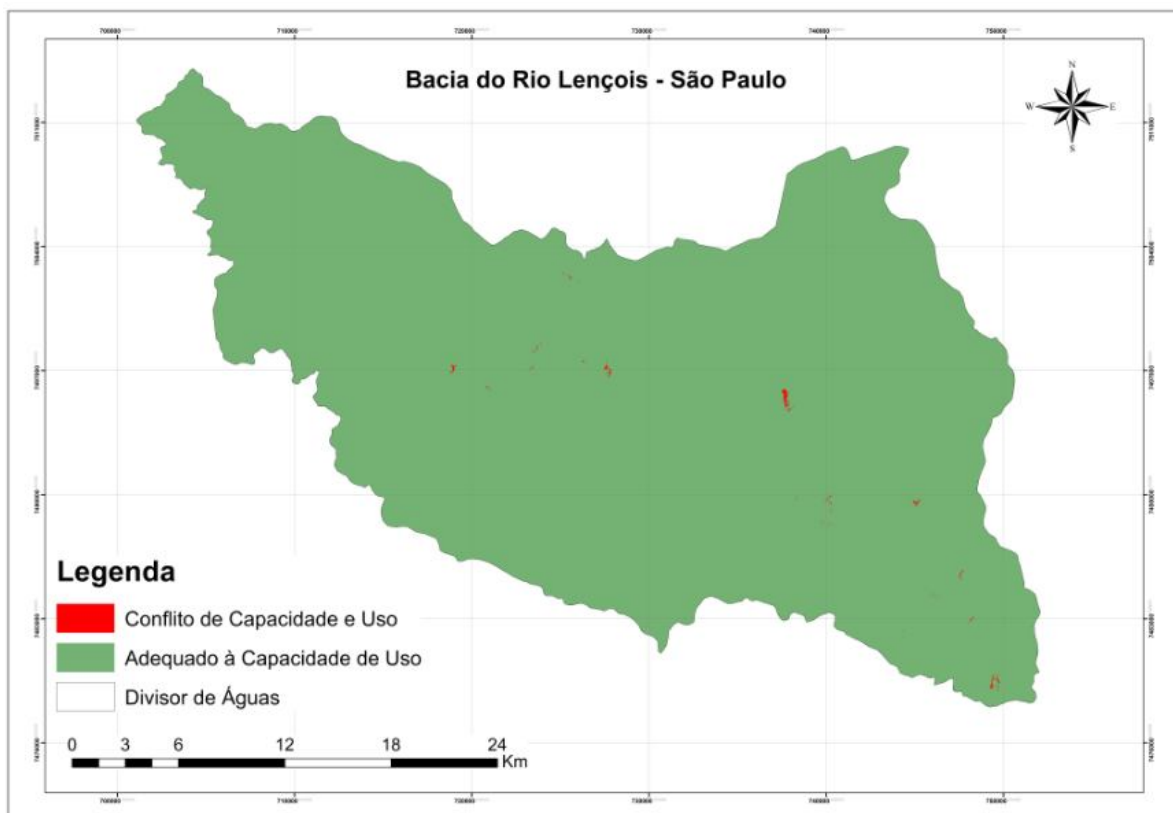


Figura 18. Conflito de usos em função das classes existentes na área da bacia do rio Lençóis – SP.

Tabela 17. Conflito de usos em função das classes existentes na área da bacia do rio Lençóis – SP.

USO	ÁREA – km <sup>2</sup>	%
Conflito de Capacidade de uso	6,148	0,65
Adequado à Capacidade de uso	936,384	99,35
<b>TOTAL</b>	<b>942,532</b>	<b>100</b>

Percebe-se que os usos estão adequados com apenas uma pequena porção (0,65%) em desacordo.

A Figura 19 e Tabela 18 estão demonstrando quanto da área de preservação permanente na área da bacia encontra-se degradada.

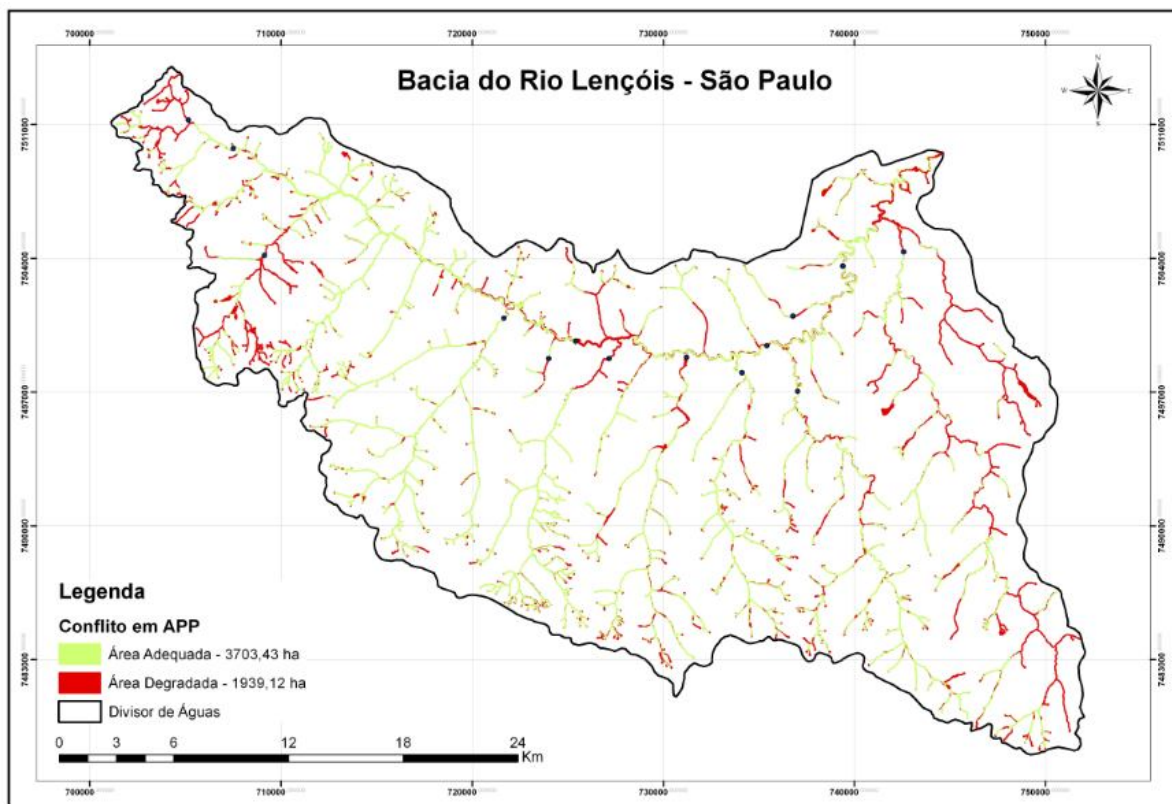


Figura 19. Conflito de uso em APP pela falta de mata ciliar na bacia do Rio Lençóis – SP.

Tabela 18. Conflito de uso em APP pela falta de mata ciliar na bacia do Rio Lençóis – SP.

USO	ÁREA – km <sup>2</sup>	%
Adequado	37,074	65,67
Degradado	19,391	34,34
<b>TOTAL</b>	<b>56,466</b>	<b>100</b>

Pode-se afirmar que dois terços da APP (65,67%) encontram-se vegetada adequadamente e apenas um terço (34,34%) encontra-se em situação de degradação.

## 5.CONCLUSÃO

A utilização de um SIG permitiu a formação de uma base de dados segura e atualizável, permitindo ao município a ampliação de suas análises de acordo com suas necessidades, pois foram capacitados os funcionários do SAAELP para que possam dar



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

continuidade à ampliação dessa base de dados. Em anexo estão o conteúdo do curso de capacitação, a lista de presença e a cópia dos certificados.

A bacia do Rio Lençóis apresenta o uso do solo em área rural adequado em 99% de sua extensão. Porém as margens e nascentes dos córregos estão desprovidas de proteção em 34% da APP delimitada. Esse fato contribui para o assoreamento dos corpos de água, bem como para as grandes diferenças de vazões apuradas nos períodos de chuva e estiagem, que em alguns pontos, como por exemplo, em sua foz que o volume medido foi mais que o dobro de uma estação para outra indo de 8,72m<sup>3</sup>/s em outubro na estiagem para 19,49m<sup>3</sup>/s em março.

### 6.RECOMENDAÇÕES

Por se tratar de uma bacia regional é de suma importância que os governos municipais, das cidades que integram a bacia articulem a criação de um consórcio para recuperação das áreas degradadas. Essa ação poderá ser revertida em benefício da população, pois estará promovendo a preservação dos recursos hídricos.

Outra recomendação é que possam ser instaladas estações fluviométricas para um melhor controle da variação das vazões nos corpos de água que formam a bacia, pois desta forma a base de dados hidrológica seria mais segura possibilitando estudos mais detalhados uma vez que o município de Lençóis Paulista capta água do Rio Lençóis para abastecimento urbano.

Botucatu, 13 de novembro de 2012.

---

Prof. Dr. Edson Luiz Furtado  
FEPAF - Presidente

---

Prof. Dr<sup>a</sup> Célia R. Lopes Zimback  
Coordenadora do GEPAG



## Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

CNPJ. 50.786.714/0001-45

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

### 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARTH, F.T.; POMPEU, C. T.; FILL, H. D.; TUCCI, C. E. M.; KELMAN, J.; BRAGA JR.,B. P. F. Informações Hidrológicas. In: BARTH, F.T.; POMPEU, C. T.; FILL, H. D.;

TUCCI, C. E. M.; KELMAN, J.; BRAGA JR.,B. P. F. **Modelos para Gerenciamento de Recursos Hídricos**. São Paulo: Nobel, 1987. Cap. 2, p. 95-210.

CASTRO, L. I. S. **Diagnóstico Ambiental na Sub-bacia do Ribeirão Pouso Alegre com a utilização de um Sistema de Informação Geográfica**. 2008. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Unesp, Botucatu, 2008.

FEHIDRO, CBH Tietê – Jacaré. Relatório zero. São Paulo.  
<[http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/sigrh\\_home\\_colegiado.exe?COLEGIADO=FEHIDRO](http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/sigrh_home_colegiado.exe?COLEGIADO=FEHIDRO)>. Acesso em: 08/2000.

INSTITUTO de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT): **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, Escala: 1000000. 1981.

LANNA, A.E. **Gestão de Recursos Hídricos**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. 2004.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI Jr., R., BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175 p.

Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo. Convênio EMBRAPA – Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Est. De São Paulo, Coordenadoria da Pesquisa Agropecuária, Instituto Agrônomo – Divisão de Solos, seção de Pedologia. Escala: 1:100.000 – 1982.

MARTINS, F. B.; ROCHA, J. S. M.; ROBAINA, A. D.; KURTZ, S. M. J. M.; KURTZ, F. C.; GARCIA, S. M.; SANTOS, A. H. O.; DILL, P. R. J.; NOAL, T. N. Zoneamento Ambiental da Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (Rs) (estudo de caso). **Cerne**, Lavras, n. , p.315-322, 14 jul. 2005.



**Fundação de Estudos e Pesquisas  
Agrícolas e Florestais**

**CNPJ. 50.786.714/0001-45**

Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780 - Cep. 18610-307 - BOTUCATU-SP  
Fone (14) 3811-7127 - Tel/Fax: (14) 3882-6300 e-mail: [fepaf@fepaf.org.br](mailto:fepaf@fepaf.org.br)

---

PEREIRA, R.S.; SILVA NETO, A.; TUCCI, C.E.M.. **Princípios da Hidrometria.**

Disponível em: <<http://www.iph.ufrgs.br/posgrad/disciplinas/hip01/Cap13Hidrometria.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2006.

PISSARRA, T.C.T.; POLITANO, W. A Bacia Hidrográfica no Contexto do Uso do Solo com floresta. In: FUNESP, Editora (Comp.). **Manejo e Recuperação Florestal.** Jaboticabal: Ed. Funesp, 2003. p. 24-54.

PORTO, M.M.; TEIXEIRA, S.G. **Portos e Meio ambiente.** São Paulo: Ed. Aduaneira Ltda., 2002.

ROCHA, J.S.M. **Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas.** Santa Maria, RS: Imprensa Universitária, UFSM, 1991.

ROCHA, J.S.M. **Manual de Projetos Ambientais.** Santa Maria, RS: Imprensa Universitária, UFSM, 1997.

EMBRAPA - Convenção de cores para mapas/cartas de solos - Segundo Nível Categórico (Sistema PANTONE, CMYK, RGB e HSV - p/ ArcView)2ª Edição  
[http://www.cnps.embrapa.br/sibcs/download/padrao\\_cores.pdf](http://www.cnps.embrapa.br/sibcs/download/padrao_cores.pdf) ACESSO 30/06/2012

ROLIM, G. S., SENTELHAS, P. C., BARBIERI, V. (1998) Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n.1, p133-137.  
Disponível em: <<http://www.sbagro.org.br/rbagro/pdfs/artigo199.pdf>>. Acesso em: março/08

STUDART, T.M.C.. **Hidrologia.** UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Disponível em:<<http://www.deha.ufc.br/ticianap/posgraduacao.html>>. Acesso em: 28 abr. 2008.

SHENG, T.C.. **Watershade Managment Field Manual: Watershade Survey and Planing.** Colorado- Usa: Food And Agriculture Organization Of The Un, 1990.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo: Ed. Mc Graw Hill, 1975.