UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS BOTUCATU

SISTEMA INTEGRADO PARA O PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO MUNICÍPIO DE LENÇÓIS PAULISTA – SP

LESLIE IVANA SERINO CASTRO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU – SP
Dezembro – 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS BOTUCATU

SISTEMA INTEGRADO PARA O PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO MUNICÍPIO DE LENÇÓIS PAULISTA – SP

LESLIE IVANA SERINO CASTRO

Orientadora: PROFª. DRª. CÉLIA REGINA LOPES ZIMBACK
Co-orientador: PROF. DR. SÉRGIO CAMPOS
Co-orientadora: PROFª. DRª. ILZA MACHADO KAISER

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia –(Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU – SP
Dezembro – 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Castro, Leslie Ivana Serino, 1961-
C355s Sistema integrado para o planejamento e gestão de recursos hídricos no município de Lençóis Paulista – SP / Leslie Ivana Serino Castro. – Botucatu : [s.n.], 2012
x, 147 f. : il. color., gráfs., tabs., maps.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2012
Orientador: Célia Regina Lopes Zimback
Co-orientadores: Sérgio Campos
Ilza Machado Kaiser
Inclui bibliografia

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Indicadores ambientais. 3. Políticas públicas. I. Zimback, Célia Regina Lopes. II. Campos, Sérgio. III. Kaiser, Ilza Machado. IV. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. V. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: **"SISTEMA INTEGRADO PARA O PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO MUNICÍPIO DE LENÇÓIS PAULISTA-SP"**

ALUNA: LESLIE IVANA SERINO CASTRO

ORIENTADORA: PROFª DRª CÉLIA REGINA LOPES ZIMBACK
CO-ORIENTADOR: PROF. DR. SÉRGIO CAMPOS
CO-ORIENTADORA: PROFª DRª ILZA MACHADO KAISER

Aprovado pela Comissão Examinadora

PROFª DRª CÉLIA REGINA LOPES ZIMBACK

PROF. DR. SÉRGIO LÁZARO DE LIMA

PROF. DR. CAETANO HENRIQUE GROSSI

PROF. DR. OSMAR DELMANTO JÚNIOR

PROF. DR. LUÍS GUSTAVO FREDIANI LESSA

Data da Realização: 07 de dezembro de 2012.

OFEREÇO

Ao meu marido Francisco pelo apoio, companheirismo e incentivo, e aos meus filhos Caio, Otávio e Fábio pela compreensão, estímulo e inspiração.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Gostaria de lembrar e agradecer a todos os que me auxiliaram nesta fase tão importante de minha vida profissional e que em diversos momentos compartilharam seus conhecimentos e contribuíram para realização deste trabalho.

À Professora Dra. Célia Regina Lopes Zimback pela orientação e colaboração na realização deste trabalho sempre com muita disposição e, sobretudo por me aceitar como orientada e acreditar em mim.

Ao Professor Dr. Sérgio Campos e à Professora Drª Ilza Machado Kaiser, que me co-orientaram transmitindo seus conhecimentos para a elaboração do trabalho.

À Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA/UNESP – campus Botucatu, por me oferecer a oportunidade de participar do Curso de Pós-Graduação e de aperfeiçoar meus conhecimentos.

Ao Departamento de Recursos Naturais - Ciência do Solo e Departamento de Engenharia Rural, seus professores e funcionários pela constante convivência, pelo ótimo tratamento e amizade que recebi.

Aos colegas do GEPAG – Grupo de Estudos e Pesquisas Agrárias Georreferenciadas que por varias vezes estiveram comigo no laboratório de Geoprocessamento e apoiaram este trabalho.

Às funcionárias da seção de Pós-Graduação pela eficiência no atendimento prestado.

Aos funcionários do Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação pelos serviços prestados.

Ao Sr. José Antônio Marise, Diretor do Serviço de Autônomo de Água e Esgotos de Lençóis Paulista – SAAE-LP, o Sr. Quirino Cochi Junior, funcionário do SAAE-LP e o Sr. Benedito Luiz Martins, Diretor de Agricultura e Meio Ambiente de Lençóis Paulista, pelo apoio dado a este estudo através das informações sobre o município e que auxiliaram na formulação deste trabalho.

Aos amigos conquistados durante todo o curso, enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE FIGURAS..... IX
LISTA DE TABELAS..... XI
RESUMO..... 1
SUMMARY..... 3
1. INTRODUÇÃO..... 5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 8
2.1 Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos..... 8
2.2 Legislação Ambiental, de Saneamento e Habitacional 10
2.3 Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH..... 12
2.4 Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA 14
2.5 Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento– SNIS 15
2.6 Geoprocessamento..... 16
2.7 SIG – Sistema de Informação Geográfica..... 17
2.8 Sensoriamento Remoto..... 18
2.9 Diagnóstico Ambiental e dos Recursos Hídricos 19
2.10 Diagnóstico da Gestão Municipal..... 22
2.11 Sistema Integrado de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos..... 24
2.12 Metodologia PER, PEIR ou FPEIR..... 29
2.12.1 PER - Pressão, Estado, Resposta..... 29
2.12.2 PEIR – Pressão, Estado, Impacto, Resposta..... 30
2.12.3FPEIR – Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto, Resposta..... 31
2.13 Sistemas de Indicadores..... 35
3. MATERIAL E MÉTODOS..... 38
3.1Área de Estudo..... 38
3.1.1 Localização Geográfica..... 39
3.1.2 Área de drenagem..... 42
3.1.3 Relevo..... 42

3.1.4 Geologia..... 43
3.1.5 Classes de Solos..... 44
3.1.6 Clima..... 44
3.1.7 Cobertura Vegetal..... 45
3.1.8 Aspectos da Gestão Municipal..... 45
3.2 Materiais utilizados..... 46
3.2.1 Cartas IGC..... 46
3.2.2 Mapa de solos IAC..... 47
3.2.3 Imagens do Satélite ALOS (Advanced Land Observing Satellite) …… 48
3.2.4 Equipamentos..... 49
3.2.5 Programas..... 49
3.2.6 Planos 49
3.3Metodos..... 50
3.3.1 Escolha dos indicadores..... 51
3.3.2 Indicador de Força Motriz..... 54
3.3.3 Indicadores de Pressão..... 54
3.3.4 Indicadores de Estado e Impacto..... 55
3.3.5 Indicadores de Resposta..... 55
3.3.6 Formulação dos Indicadores..... 55
3.3.7 Formação da base de dados no SIG..... 58
3.3.8 Dados sobre planos..... 58
3.3.9 Elaboração do Diagnóstico Ambiental e dos recursos hídricos..... 58
3.3.9.1 Mapa de Declividade e Mapa Hipsométrico..... 59
3.3.9.2 Mapa de uso e ocupação..... 59
3.3.9.3 Geração de APP..... 59
3.3.9.4 Metodologia de cruzamentos de mapas..... 59
3.3.9.5 Mapa de Capacidade de uso..... 60
3.3.9.6 Mapa de conflitos de usos..... 60
3.3.9.7 Balanço Hídrico..... 60
3.3.9.8 Disponibilidade de Água..... 61

3.3.9.9 Atualização da rede de drenagem..... 62
3.3.9.10 Caracterização fisiográfica da sub bacia..... 62
3.3.10 Diagnóstico da gestão municipal..... 65
3.3.11 Composição do sistema de avaliação ambiental e de RH para planejamento e gestão municipal 66
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 67
4.1 Diagnóstico ambiental..... 67
4.2 Disponibilidade de Água Subterrânea..... 67
4.3 Disponibilidade de águasuperficial..... 69
4.4 Balanço hídrico..... 74
4.5 Caracterização da Bacia..... 82
4.6 Solos..... 88
4.7 Elaboração do mosaico..... 90
4.8 Atualização da rede de drenagem..... 91
4.9 APP..... 94
4.10 Mapa de uso e ocupação..... 96
4.11 Mapa de capacidade de uso..... 98
4.12 Mapa de conflitos de usos e conflito em APP..... 100
4.13 Diagnóstico da gestão municipal..... 104
4.13.1 Área urbanizada X Área de expansão..... 104
4.13.2 Disposição de resíduos..... 108
4.13.3 Demanda de água..... 110
4.13.4 Sistema de Abastecimento de Água – SAA..... 112
4.13.5 Qualidade da água bruta..... 112
4.13.6 Qualidade da água tratada..... 116
4.13.7 Esgotamento sanitário..... 117
4.13.8 Drenagem urbana..... 118
4.13.9 Projeções..... 119
4.14 Elaboração do Sistema Integrado para Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos - SIPGRHI..... 121

4.14.1 Indicador de Força Motriz – IFM..... 122
4.14.2 Indicador de Pressão Ambiental – IPA..... 123
4.14.3 Indicador de Estado Ambiental – IEA..... 127
4.14.4 Indicador de Impacto Ambiental – IIA..... 130
4.14.5 Indicador de Resposta Ambiental – IRA..... 132
4.14.6 Consolidação do SIPGA..... 135
4.15.Considerações Finais..... 136
5.CONCLUSÕES..... 138
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 140

LISTA DE FIGURAS

Página

1-Estrutura conceitual do Modelo PER da OCDE..... 30
2-Estrutura conceitual do modelo Pressão-Estado-Resposta-Efeitos proposto pela USEPA..... 31
3-Estrutura conceitual do modelo DPSIR proposto pela AEA..... 32
4-Relacionamento de indicadores no modelo FPEIR..... 33
5-Fluxograma de Interação entre Componentes Urbano-Ambientais da Matriz F-P-E-I-R..... 34
6- Área do município de Lençóis Paulista – SP, nas UGRHIs 13 e 17..... 40
7- Localização da Bacia do Rio Lençóis e limites dos municípios da UGRHI 13 – SP.. 41
8- Rede de drenagem da Bacia do Rio Lençóis – SP. Com os pontos onde foram realizadas as medições das vazões..... 70
9- Bacia de captação no Rio Lençóis – SP..... 73
10- Estações com dados de Precipitação e Temperatura, IPMET, Lwarcel e Raízen..... 75
11- Extrato do BH mensal no ano de 2011 na bacia do Rio Lençóis, SP..... 77
12- BH normal mensal no ano de 2011 na bacia do Rio Lençóis, SP..... 78
13- Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição hídrica ao longo do ano de 2011 na bacia do Rio Lençóis, SP..... 79
14- Capacidade de Armazenamento – CAD e armazenamento mensal – ARM, no ano de 2011 na bacia do Rio Lençóis, SP..... 80
15- Gráfico com os índices: Hídrico, Aridez e Umidade durante o ano de 2011 na bacia do rio Lençóis – SP..... 81
16- Modelo Numérico do Terreno da área da Bacia do Rio Lençóis – SP..... 83
17- Mapa de declividade da área da Bacia do Rio Lençóis – SP..... 85
18- Mapa de solos da área da Bacia do Rio Lençóis – SP..... 89
19- Recorte da Bacia do Rio Lençóis – SP a partir das Imagens ALOS – 2010..... 92
20- Atualização da Rede de Drenagem da Bacia do Rio Lençóis – SP..... 93
21- APP da área da bacia do Rio Lençóis – SP..... 95
22- Mapa de uso e ocupação da área da bacia do Rio Lençóis – SP..... 97

23- Classes de capacidade de uso do solo segundo Lepschet al. (1991) na bacia do Rio Lençóis – SP..... 99
24- Conflito de usos em função das classes existentes na área da bacia do rio Lençóis – SP..... 101
25-Conflito de uso em APP pela falta de mata ciliar na bacia do Rio Lençóis – SP..... 103
26- Mapa de Zoneamento Urbano do Município de Lençóis Paulista – SP. Fonte: Plano Diretor Municipal..... 105
27- Faixas de consumo considerados para o calculo de demanda de água..... 111
28- Parâmetros da CETESB para qualidade da água..... 113
29- Resultado do monitoramento da qualidade da água no Rio Lençóis em 2009..... 113
30- Parâmetros de qualidade de água bruta – 2001 a 2010..... 115

LISTA DE TABELAS

Página

1-Identificação das cartas do Levantamento Planialtimetrico do IGC..... 46

2- Datas de passagem do satélite ALOS/AVNIR-2..... 48

3- Resumo dos critérios utilizados para escolha dos indicadores ambientais..... 51

4- Indicadores escolhidos para avaliação da situação ambiental no município de Lençóis Paulista – SP..... 53

5- Critérios para atribuição de valores aos indicadores ambientais..... 57

6- Relação dos pontos onde foram realizadas as medições das vazões na bacia do Rio Lençóis – SP..... 71

7- Dados de P e Tm no período de janeiro a dezembro de 2011..... 74

8- Valores para os índices: Hídrico, Aridez e Umidade durante o ano de 2011 na bacia do rio Lençóis – SP..... 81

9-Hipsometria da área da bacia do Rio Lençóis – SP..... 82

10- Faixas de declividade encontradas na área da bacia do Rio Lençóis – SP..... 84

11- Características físicas da bacia do Rio Lençóis – SP..... 86

12- Quantificação das ocorrências dos tipos de solo na área da bacia do Rio Lençóis-SP..... 90

13- Atualização do comprimento da rede de drenagem na bacia do Rio Lençóis – SP... 94

14- Quantificação dos usos encontrados na área da bacia do Rio Lençóis – SP..... 96

15- Usos encontrados nas nascentes da bacia do Rio Lençóis – SP..... 98

16- Classes de capacidade de uso do solo segundo Lepsch et al. (1991) na bacia do Rio Lençóis – SP..... 100

17- Conflito de usos em função das classes existentes na área da bacia do rio Lençóis – SP..... 102

18- Conflito de uso em APP pela falta de mata ciliar na bacia do Rio Lençóis – SP..... 102

19- Áreas definidas pelo zoneamento urbano do Plano Diretor de Lençóis Paulista – SP..... 107

20- Resumo dos tipos de resíduos e quantidades para o município de Lençóis Paulista. 109

21- Faixas de consumo considerados para o calculo de demanda de água..... 110

22- Valores de qualidade da água bruta de jan/2001 a jan/2010..... 116

23- Análise da qualidade da água distribuída à população de Lençóis Paulista – SP..... 117
24- Projeção de crescimento populacional e de loteamentos no município de Lençóis Paulista – SP..... 120
25- Evolução da demanda pela água no município de Lençóis Paulista – SP..... 121
26- Pesos definidos para cada índice que compõem os indicadores..... 122
27- Valores correspondentes para formulação do Indicador de Força Motriz..... 123
28- Valores correspondentes para o Índice de Aumento de Consumo de Água para formulação do Indicador de Pressão Ambiental..... 124
29- Valores correspondentes para o Índice de Aumento de Geração de Esgoto para formulação do Indicador de Pressão Ambiental..... 125
30- Valores correspondentes para o Índice de Aumento de Geração de Resíduo para formulação do Indicador de Pressão Ambiental..... 126
31- Valores correspondentes para o Índice de Aumento de Impermeabilização do Solo para formulação do Indicador de Pressão Ambiental..... 127
32- Valores correspondentes para o Índice de Cobertura Vegetal para formulação do Indicador de Estado Ambiental..... 128
33- Valores correspondentes para o Índice de Quantidade de Água para formulação do Indicador de Estado Ambiental..... 129
34- Valores correspondentes para o Índice de Qualidade da Água para formulação do Indicador de Estado Ambiental..... 130
35- Valores correspondentes para o Índice de Interferência no Uso do Solo para formulação do Indicador de Impacto Ambiental..... 131
36- Valores correspondentes para o Índice de Interferência no Uso dos Recursos Hídricos para formulação do Indicador de Impacto Ambiental..... 131
37- Índice de Ações Político Administrativas (IAPA)..... 133
38- Valores correspondentes para o Índice de Ações Político Administrativas para formulação do Indicador de Resposta Ambiental..... 134
39- Resumo dos valores e pesos para cada índice..... 135
40- Valores para cada indicador..... 135
41- Classificação geral do município de Lençóis Paulista – SP..... 136

RESUMO

O planejamento e a gestão sustentável de um município requerem ações que priorizem a qualidade de vida e a recuperação e conservação dos recursos naturais. Para que isso ocorra o município deve ter instrumentos que lhe confiram o direito de exercer tais ações como, por exemplo, o Plano Diretor e os Planos Setoriais. Porém esses planos devem ser compatibilizados com os planos regionais, estaduais e federais, além de serem elaborados prevendo-se o controle social através da criação de conselhos municipais. Para a elaboração dos planos municipais, que irão nortear o desenvolvimento do município e fornecer informações para a formulação de políticas publicas é de suma importância que sejam elaborados sobre uma base de dados primários e seguros. Por essa razão, este estudo propôs a formulação de indicadores ambientais elaborados com a utilização da metodologia proposta pela Agência Europeia do Ambiente – AEA, a metodologia Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto e Resposta - FPEIR. Foi utilizado como base de dados, o diagnóstico ambiental elaborado com a utilização de um Sistema de Informação Geográfica - SIG que forneceu agilidade e precisão ao processo. A área de estudo considerada foi o município de Lençóis Paulista - SP, que possui uma boa base de dados obtidos pelo Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Lençóis. O diagnóstico foi elaborado com recursos do Fundo Estadual para Recursos

Hídricos - FEHIDRO, tendo como tomador o Serviço de Abastecimento de Água e Esgoto de Lençóis Paulista - SAAELP. Pelo diagnóstico foram formulados os indicadores de Estado e Impacto. O indicador de Força Motriz foi considerado como sendo o desenvolvimento urbano e foi obtido por projeções de crescimento da população. Para os indicadores de Pressão foram obtidas informações contidas no Plano Diretor do município e em seu Plano de Saneamento, que possui um diagnóstico detalhado sobre a situação da água, esgoto, resíduo e drenagem, como determina a Lei 11.445/07, além da Política de Meio Ambiente e questionamentos junto aos diversos setores da prefeitura. Os resultados obtidos foram satisfatórios demonstrando que a metodologia utilizada é de grande importância na avaliação dos recursos hídricos, no âmbito municipal, pois proporciona uma base segura para tomada de decisão buscando a adequação ambiental e o desenvolvimento sustentável. Com a utilização da metodologia FPEIR pode-se analisar a sustentabilidade do município como um todo e ao mesmo tempo avaliar as partes, ou seja, em qual setor está ocorrendo problemas significativos e direcionar as ações para corrigi-los.

Palavras chave: Indicadores Ambientais, Desenvolvimento Sustentável, Políticas Públicas.

INTEGRATED SYSTEM OF PLANNING AND MANAGEMENT OF WATER RESOURCES FOR THECITY OF LENÇÓIS PAULISTA–SP.

Botucatu, 2012.147p.

Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: LESLIE IVANA SERINO CASTRO

Adviser: CÉLIA REGINA LOPES ZIMBACK

Co-Adviser: SÉRGIO CAMPOS; ILZA MACHADO KAISER.

SUMMARY

The planning and sustainable management of a municipality require actions that prioritize the quality of life and the restoration and conservation of natural resources. For this to occur the municipality must have instruments conferring the right to pursue such actions as, for example, the Master Plan and sectorial plans. But these plans should be made consistent with regional, state and federal plans, as well as being prepared providing social control through the establishment of municipal councils. For the development of municipal plans, which will guide the development of the municipality and provide information for the formulation of public policy it is extremely important that they are developed on a data base and primary insurance. Therefore, this study proposed the formulation of environmental indicators developed using the methodology proposed by the European Environment Agency-EEA, methodology Driving Force, Pressure, State, Impact and Response-FPEIR. Was used as the data base, the environmental diagnosis developed with the use of a Geographic Information System - GIS that provided agility and precision to the process. The study considered the municipality of Lençóis Paulista - SP, which has a good data base obtained by the Environmental Diagnosis Lençóis River Basin. The diagnosis was established with funds from the State Fund for Water Resources-FEHIDRO, with the borrower Service Water Supply and Sewerage Lençóis Paulista - SAAE-LP. Diagnosis were formulated by the state and impact indicators. The Driving Force indicator was considered as urban development and was obtained by projections of population growth. For indicators of pressure were obtained

information contained in the Master Plan of the city and its Plan of Sanitation, which has a detailed diagnosis on the state of water, sewage, waste and drainage, as determined by Law11.445/07, and Policy Environment and questions from the various sectors of the city. The results were satisfactory showing that the methodology used is of great importance in the assessment of water resources at the municipal level, it provides a reliable basis for decision-making seeking environmental compliance and sustainable development. Using the methodology FPEIR can analyze the sustainability of the municipality as a whole and at the same time evaluate the parties, that is in which sector is experiencing significant problems and direct actions to correct them.

Key words: Environmental Indicators, Sustainable Development, Public Policy.

1. INTRODUÇÃO

Em menos de um século nota-se que a interferência do homem sobre o meio ambiente, pelo ritmo acelerado da urbanização e desenvolvimento tecnológico imprimiu uma grande mudança de perfil social e econômico. As transformações trouxeram benefícios, mas também geraram um processo de degradação ambiental acentuada e dos recursos hídricos, gerando sérios problemas relacionados à ocupação do espaço físico e a qualidade de vida das pessoas.

A questão das interfaces entre saneamento, desenvolvimento econômico e urbano, preservação dos recursos naturais e recursos hídricos, pela multidisciplinaridade envolvida, requer um sistema integrado para planejamento e gestão de políticas públicas que ocorra no âmbito municipal, definindo sua área de atuação, porém, respeitando as legislações e competência estadual e federal. A complexidade de se considerar um espaço geográfico amplo determina a busca de uma delimitação geográfica mais restrita que contenha a maioria das relações causa-efeito, sem se tornar de complexa operacionalidade. A bacia hidrográfica como a unidade ideal de planejamento e gestão tem sido frequente, devido ao papel integrador das águas, porém caberá ao município a compatibilização das

ações dentro de seus limites, para auxiliar em sua gestão e integrar suas ações às do órgão competente pela gestão dos recursos hídricos, no caso o Estado.

As relações de conflitos entre os atores refletem a complexidade na Gestão e Planejamento dos recursos hídricos em um município e, para tanto, é de fundamental importância a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos e o estabelecimento de políticas públicas que contemplem uma visão sistêmica destes problemas, direcionando as ações políticas, econômicas, sociais e ambientais para uma visão de desenvolvimento sustentável.

Os diversos sistemas analisados durante esta pesquisa demonstraram que embora estejam prevendo integração das informações, eles limitam-se a determinado setor de atuação, seja pela qualidade da água, gestão administrativa do abastecimento público de água e esgotamento sanitário ou questões ambientais mais amplas.

Também a integração entre as esferas responsáveis e suas respectivas competências, município, estado e federação, deixa a desejar criando, desta forma, uma lacuna de informação, uma vez que a maioria dos municípios não dispõe de ferramentas adequadas e material humano capacitado para geração de informações seguras e precisas para alimentar os diversos sistemas criados nas esferas estadual e federal. Esta situação impacta também na falta de planos diretores municipais e os Planos Setoriais como de saneamento, de habitação, dificultando o planejamento e gestão integrada do meio ambiente e dos recursos hídricos.

Outro fator referente às dificuldades do planejamento e gestão integrada pelo município é o fato de que quando o município possui um Plano Diretor ou Plano de Saneamento, este não engloba a área rural e, desta forma, considera o município como urbano e não integralmente em todo seu território. Este fato leva a uma falta de compatibilização com os planos existentes nos âmbitos estadual e federal, como por exemplo com o plano de bacia.

Para que o município tenha um planejamento e gestão integrada de seu território é necessária que primeiramente considere a área urbana e rural para análise, pois os recursos hídricos são gerados no campo. A área urbana encontra-se consolidada e é sua expansão que deve ser considerada neste planejamento de forma integrada, para uma gestão de forma sustentável. Para isso será necessária a elaboração de diagnósticos detalhados dos aspectos ambientais, dos recursos hídricos, da forma de gestão utilizada pelo município utilizando para tanto de tecnologia adequada e equipe multidisciplinar.

Este estudo teve como objetivo a sistematização de dados para utilização como ferramenta ao planejamento e gestão municipal dos recursos hídricos, com a proposta de indicadores ambientais utilizando a metodologia FPEIR – Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto e Resultado, que é a mesma utilizada pela Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos do Estado de São Paulo para elaboração do Relatório de Situação das UGRHIs – Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos, visando desta forma a compatibilização entre estado e município.

Esta metodologia prevê a utilização de indicadores ambientais para auxiliar na formulação de políticas públicas e os indicadores de estado foram extraídos do diagnóstico ambiental da bacia do Rio Lençóis, elaborado com técnicas de geoprocessamento. Foi delimitado como área de aplicação deste estudo o município de Lençóis Paulista por ser o município com maior área dentro da bacia (51,7%) e por ter parte de seu abastecimento público de água sendo realizado por captação superficial do Rio Lençóis.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

Para uma adequada gestão federal, estadual, municipal, pública ou privada, é obrigatória a elaboração de um planejamento que passa pela identificação dos problemas, definição de objetivos, metas, diretrizes e construção de cenários que nortearão as decisões.

O planejamento é a preparação para a gestão futura e a gestão é a efetivação, ao menos em parte, das condições que o planejamento realizado no passado ajudou a constituir e longe de serem concorrentes ou intercambiáveis, planejamento e gestão são distintos e complementares (SOUZA, 2002).

A gestão ambiental deve ser entendida como o conjunto de procedimentos que visam conciliar desenvolvimento e qualidade ambiental e encontra na legislação e na política ambiental seus instrumentos, sempre com a participação da sociedade gerando suas ferramentas de ação. Assim, a gestão pode ser entendida como a prática do planejamento, devido aos elementos contidos dentro de um sistema de gestão (SOUZA, 2000).

Gestão de recursos hídricos é o "conjunto de ações que visam ao aproveitamento múltiplo e racional dos recursos hídricos, com atendimento satisfatório de todos os usos e usuários, em quantidade e padrões de qualidade. Essas ações visam, ainda, controle, conservação, proteção e recuperação desses recursos, com distribuição equitativa dos custos entre usuários e beneficiários" (FEHIDRO, 2000).

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 (LANNA, 2004).

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 gestão dos recursos hídricos é atualmente um dos pontos mais polêmicos e constitui um grande desafio, por ser um tema bastante complexo, envolvendo muitas variáveis e muitos conflitos de seus usos (LANNA, 2004).

Barbosa et al.. (2009) descreveram os instrumentos legais para o gerenciamento de recursos hídricos que são: (a) os planos de recursos hídricos, (b) o enquadramento dos corpos de água em classes, (c) a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, (d) a cobrança pelo uso de recursos hídricos, (e) a compensação aos municípios e (f) o rateio dos custos de obras. Tais instrumentos devem ser utilizados em conjunto dentro de uma visão integrada dos recursos em uma bacia hidrográfica, considerada a unidade territorial de gerenciamento, com o objetivo de assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; de promover a utilização racional dos Recursos Hídricos assim como propiciar instrumentos para a prevenção e a defesa contra eventos hidrólogos críticos.

Ao longo do tempo vem sendo criadas e utilizadas novas tecnologias que possibilitam a mensuração e espacialização de situações reais, como é o caso dos Sistemas de Informação Geográfica, que embasam muitos outros sistemas de apoio a decisão. Essa ferramenta, no entanto ficaria subutilizada sem o devido planejamento que vem sendo construído através de políticas públicas que contem em suas diretrizes a elaboração de planos no âmbito federal, estadual e municipal. Os próximos tópicos apresentam a legislação, o

geoprocessamento e a elaboração de diagnóstico ambiental como instrumentos para compor um sistema integrado para o planejamento e gestão ambiental e de recursos hídricos e suas articulações com o município.

2.2 Legislação Ambiental, de Saneamento e Habitacional

A legislação brasileira tem formulado politicas públicas com o objetivo de inserir a elaboração de planos nas esferas federal, estadual e municipal para que o desenvolvimento ocorra em todas as instâncias de forma integrada, promovendo um melhor entendimento da interação entre o desenvolvimento urbano e o meio ambiente com informações atuais e confiáveis que auxiliem no planejamento e na gestão. Diversas Leis disciplinam o planejamento ambiental e de recursos hídricos. Tais Leis serão tratadas com um olhar de como esses instrumentos de gestão devem ser compatibilizados para a gestão dentro dos limites municipais.

De acordo com a Constituição de 1988 e com o Estatuto da Cidade – Lei Federal nº. 10.257, de 10 de julho de 2001, que estabelece diretrizes gerais da política urbana, os Planos Diretores são obrigatórios para cidades com população acima de 20.000 habitantes, além de ser obrigatório para municípios situados em regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas; em áreas de interesse turístico; ou em áreas sob influência de empreendimentos de grande impacto ambiental.

Segundo o Estatuto da Cidade, asdiretrizes de políticas urbanas a serem aplicadas nos municípios brasileiros são definidas de modo geral, e questões importantes para a vida nas cidades brasileiras são objetos desta Lei como a regularização fundiária, em especial nas áreas de baixa renda; o uso e a ocupação do solo urbano e a habitação em especial em áreas subutilizadas situadas dentro da cidade; a relação entre a cidade e o campo, onde se constrói a expansão urbana, muitas vezes sem controle; a relação entre a cidade e seu meio ambiente, para garantir segurança e qualidade do habitat; as parcerias entre setores público e privado nas intervenções urbanísticas, etc.

Para Costa (2009), paralelamente ao Plano Diretor, as cidades também tem a obrigação de implementar os Planos Setoriais como o Plano de Saneamento, o Plano de Habitação de Interesse Social.

A Lei 11.445/2007 introduziu o conceito de saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais urbanas, de forma integrada, colocando a obrigatoriedade de todos os municípios serem responsáveis pela elaboração de seus planos. Então, caberá ao município, de acordo com a Lei 11.445/07, compatibilizar seus planos com os planos de bacia, além do Plano Diretor que define a lei de zoneamento e impõe as limitações quanto aos recursos hídricos e as questões ambientais.

A Secretaria Nacional de Habitação do Ministério das Cidades coordenou a elaboração do Plano Nacional de Habitação - PlanHab, um dos instrumentos para a implementação da nova Política Nacional de Habitação - PNH, previsto na Lei 11.124/05, que estruturou o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social – SNHIS, que pretendeu implementar um conjunto de ações capazes avançar no sentido de atingir o principal objetivo da PNH que é a universalização do acesso à moradia para todo cidadão brasileiro (MINISTÉRIO DAS CIDADES,2009).

Alguns problemas enfrentados pelos municípios com relação à falta de planejamento como, por exemplo, a falta de compatibilização temporal entre a elaboração do Plano Diretor com os Planos Setoriais, falta de compatibilização das projeções de crescimento populacionais dos planos, a falta de compatibilização entre a destinação do uso do solo para efeito de previsão de disponibilidade hídrica no atendimento das demandas de água e a falta de planejamento das obras infraestruturais que induzem o crescimento como as aberturas de vias, definição de tipo de pavimentação, comprometem a gestão dos recursos hídricos (COSTA, 2009).

O governo de São Paulo lançou em 2007 o Município Verde, que a partir de 2009 passou a integrar mais fortemente a questão dos recursos hídricos e passou a ser denominado Município Verde Azul, que tem como objetivo descentralizar a política ambiental, ganhando eficiência na gestão ambiental e valorizando a base da sociedade. A gestão ambiental compartilhada cria uma responsabilidade mútua, estimulando o desenvolvimento da competência gerencial nos municípios. Ao Estado cabe prestar colaboração técnica e treinamento às equipes locais. Nesse processo, é fundamental a participação da Câmara de Vereadores e das entidades civis, Conselhos Ambientais, outras representações ambientalistas e de representação da cidadania. A adesão dos municípios do

Estado de São Paulo ao Projeto Município Verde Azul se da a partir da assinatura de um Protocolo de Intenções que propõe 10 Diretivas Ambientais. Fica estabelecida a parceria com a Secretaria de Estado do Meio Ambiente que orienta, segundo critérios específicos a serem avaliados ano a ano, quais as ações necessárias para que o município seja certificado como Município Verde Azul. As 10 Diretivas são: Esgoto Tratado, Lixo Mínimo, Recuperação da Mata Ciliar, Arborização Urbana, Educação Ambiental, Habitação Sustentável, Uso da Água, Poluição do Ar, Estrutura Ambiental e Conselho de Meio Ambiente, onde os municípios concentram os seus esforços na construção de uma agenda ambiental efetiva (SMA, 2012).

O governo federal instituiu através de leis próprias o SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, o SISNAMA – Sistema Nacional de Meio Ambiente, o SNIS – Sistema Nacional de Informações em Saneamento como forma de obter informações para elaboração e revisão de suas políticas públicas e planos nacionais.

2.3 Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), criado pela Lei nº 9.433/97, estabeleceu um arranjo institucional claro e baseado em novos princípios de organização para a gestão compartilhada do uso da água. Estabelece os instrumentos da Política, entre os quais se destacam os Planos de Recursos Hídricos. São definidos como planos diretores que visam fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o Gerenciamento dos recursos hídricos (art. 6º), devendo ser elaborados por bacia hidrográfica (Plano de Bacia), por Estado (Planos Estaduais) e para o País (Plano Nacional), conforme o art. 8º da referida lei. Tem como principais atribuições:

- Conselhos - subsidiar a formulação da Política de Recursos Hídricos e dirimir conflitos;
- MMA/SRHU - formular a Política Nacional de Recursos Hídricos e subsidiar a formulação do Orçamento da União;
- ANA - implementar o Sistema Nacional de Recursos Hídricos, outorgar e fiscalizar o uso de recursos hídricos de domínio da União;

- Órgão Estadual - outorgar e fiscalizar o uso de recursos hídricos de domínio do Estado;
- Comitê de Bacia - decidir sobre o Plano de Recursos Hídricos (quando, quanto e para quê cobrar pelo uso de recursos hídricos);
- Agência de Água - escritório técnico do comitê de Bacia.

(MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012)

Esta Lei prevê a participação indireta do município através dos Comitês de Bacia Hidrográfica – CBH, pois no estado de São Paulo, a bacia hidrográfica foi adotada como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento, pela Lei nº 9.034 de 27/12/94 que dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH - SP, em concordância com a Política Nacional de Recursos Hídricos, a coloca como a área ideal para a realização de pesquisas e estudos relacionados ao manejo e conservação do solo e da água, pela interação das variáveis que a compõem. A mesma Lei em seu Art. 11º, diz que o gerenciamento dos recursos hídricos deverá ser feito segundo orientações estabelecidas pelos planos de bacias hidrográficas, a serem desenvolvidos em conformidade com o artigo 17 da Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, e com esta Lei, que define que cada UGRH – Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, pelos seus respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica – CBH formalizará o Plano de Bacia que determina as diretrizes para a gestão efetiva e participativa dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, de modo a garantir os usos múltiplos de forma adequada e sustentável. Também, a legislação paulista reconhece que atividades múltiplas dão origem a impactos diferenciados sobre os recursos hídricos e desta forma para a cobrança do uso da água considera a quantidade demandada e a qualidade dos efluentes lançados pelos usuários.

A mesma Lei, sobre o conteúdo dos Planos de Recursos Hídricos é especificado no art. 17, onde se lê: “diretrizes gerais, a nível regional, capazes de orientar os planos diretores municipais, notadamente nos setores de crescimento urbano, localização industrial, proteção dos mananciais, exploração mineral, irrigação e saneamento, segundo as necessidades de recuperação, proteção e conservação dos recursos hídricos das bacias ou regiões hidrográficas correspondentes”.

2.4 Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA

O Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA foi instituído pela Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto 99.274, de 06 de junho de 1990, sendo constituído pelos órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios e pelas Fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental, e tem a seguinte estrutura:

- Órgão Superior: O Conselho de Governo;
- Órgão Consultivo e Deliberativo: O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA;
- Órgão Central: O Ministério do Meio Ambiente - MMA;
- Órgão Executor: O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA;
- Órgãos Seccionais: os órgãos ou entidades estaduais responsáveis pela execução de programas, projetos e pelo controle e fiscalização de atividades capazes de provocar a degradação ambiental;
- Órgãos Locais: os órgãos ou entidades municipais, responsáveis pelo controle e fiscalização dessas atividades, nas suas respectivas jurisdições.

A atuação do SISNAMA se dará mediante articulação coordenada dos Órgãos e entidades que o constituem, observado o acesso da opinião pública às informações relativas às agressões ao meio ambiente e às ações de proteção ambiental, na forma estabelecida pelo CONAMA. Cabe aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios a regionalização das medidas emanadas do SISNAMA, elaborando normas e padrões supletivos e complementares. Os Órgãos Seccionais prestarão informações sobre os seus planos de ação e programas em execução, consubstanciadas em relatórios anuais, que serão consolidados pelo Ministério do Meio Ambiente, em um relatório anual sobre a situação do meio ambiente no País, a ser publicado e submetido à consideração do CONAMA, em sua segunda reunião do ano subsequente (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012).

2.5 Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, apoia-se em um banco de dados administrado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental - SNSA, que contém informações de caráter operacional, gerencial, financeiro e de qualidade, sobre a prestação de serviços de água e de esgotos e sobre os serviços de manejo de resíduos sólidos urbanos. Em relação aos serviços de água e de esgotos, os dados são atualizados anualmente para uma amostra de prestadores de serviços do Brasil, desde o ano-base de 1995. No caso dos serviços de manejo de resíduos sólidos, os dados são também atualizados anualmente para uma amostra de municípios brasileiros, desde o ano-base de 2002 (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2012).

No âmbito estadual também foram criadas as políticas de Meio Ambiente, de Recursos Hídricos e de Saneamento que por sua vez forçaram os municípios a sua adequação.

No planejamento dos recursos hídricos não é possível indicar uma única solução, pois se trata de tarefa extremamente complexa que requer a participação de todos os atores nas diversas etapas do processo de planejamento que deve ser evolutivo. No caso brasileiro, existem dificuldades adicionais inerentes ao processo de planejamento, como a falta de regulamentação das leis e a pouca experiência com o desenvolvimento deste instrumento. Como o planejamento é uma atividade dinâmica, mesmo considerando as deficiências ela é extremamente importante, pois poderá sofrer ajustes ao longo do tempo. Portanto, é urgente e indispensável que o aproveitamento e utilização dos recursos hídricos sejam feitos de forma mais eficiente e eficaz. Para isso, as atividades de planejamento são fundamentais e a elaboração dos atuais planos, desde que sejam atualizados e tenham continuidade, poderá ser um grande passo em direção a gestão global dos recursos hídricos (LANNA et al., 2009).

Um plano deve seguir um roteiro básico de acordo com seu escopo sendo os requisitos básicos para elaboração de um plano, de acordo com as legislações já citadas (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2012).

- Formação do Grupo de Trabalho e Mobilização Social;

- Diagnóstico Técnico-Participativo;
- Estabelecer diretrizes e metas;
- Elaborar a prospectiva e planejamento estratégico;
- Definir programas, projetos e ações para alcance do cenário de referência – curto, médio e longo prazo;
- Elaboração do texto final do plano;
- Minuta de projeto de lei do Plano.

Um aspecto importante, verifica do após a consulta ao site do Ministério das Cidades, é que na elaboração dos planos: Diretor, de Saneamento e de Habitação pelo município, é necessário, também, a criação dos respectivos conselhos que acompanharão todo o processo. Adicionalmente é orientado que todas as informações contidas nos diagnósticos para elaboração dos planos devem gerar um banco de dados com técnicas de geoprocessamento. Referente ao meio ambiente e recursos hídricos, embora não haja a obrigatoriedade da elaboração dos planos municipais, a criação dos conselhos é igualmente necessária, estimulando a participação de todos os seguimentos da sociedade.

2.6 Geoprocessamento

O termo geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. As ferramentas computacionais para geoprocessamento permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Em geoprocessamento, o espaço geográfico é modelado segundo duas visões complementares: os modelos de campos e objetos. O modelo de campos enxerga o espaço geográfico como uma superfície contínua, sobre a qual variam os fenômenos a serem observados segundo diferentes distribuições. O modelo de objetos representa o espaço geográfico como uma coleção de entidades distintas e identificáveis. No universo de representação, definem-se as possíveis representações geométricas que podem estar associadas às classes do universo conceitual.

Inicialmente devem-se considerar as duas grandes classes de representações geométricas: representação vetorial e representação matricial (CÂMARA et al., 2006).

Santos (2001), analisando conceitos de geoprocessamento e dos SIGs e de suas tendências à aplicação no gerenciamento de bacias hidrográficas, concluiu que as ferramentas contidas em um SIG são capazes de acelerar as análises de dados, além de serem de extrema importância no processo de diagnóstico, planejamento, projeto e gestão do espaço.

Os dados tratados em Geoprocessamento têm como principal característica a diversidade de fontes geradoras e de formatos apresentados. Entretanto, os sistemas se restringem a tratar um ou mais dos seguintes tipos de dados: temáticos, cadastrais; redes, imagens e numéricos (CÂMARA et al., 2006).

2.7 SIG – Sistema de Informação Geográfica

Um SIG pode ser definido como a ligação técnica e conceitual das ferramentas desenvolvidas pela informática para capturar, armazenar e processar dados e apresentar informações espaciais georreferenciadas. Para a formação de um banco de dados para um SIG, os mesmos são coletados através de mapas cartográficos, dados de campo como tipo de solo, precipitação, imagens de satélite, fotografias aéreas, que serão armazenados e manipulados segundo a informação que se deseja obter (LOPES; FERREIRA, 2005).

Um SIG compreende quatro elementos básicos que são: máquina, programas, dados e profissionais. O software de SIG é desenvolvido em níveis sofisticados para as mais variadas funções. Já o dado é um elemento fundamental, tendo que ser a sua coleta bastante criteriosa, e finalmente o profissional responsável pela implementação e uso do SIG que deverá ser adequadamente treinada e com uma visão global das questões envolvidas no projeto. É através da interação dos quatro elementos de um SIG que se pode perceber a abrangência de suas aplicações, tais como atualizações florestais; administração municipal e planejamento urbano; mapeamento de solos; monitoramento de bacias hidrográficas; gestão de redes de distribuição de água e coleta de esgoto e muitas outras. Os dados coletados são importados para o SIG para formar um modelo de dados. Um modelo de dados é um conjunto de ferramentas conceituais utilizado para descrever como a realidade geográfica será representada no sistema. Aspecto fundamental no projeto de um SIG, o modelo descreve como

a realidade geográfica será representada no computador. Nenhuma outra decisão limita tanto a abrangência e o crescimento futuro do sistema quanto a escolha do modelo de dados. O processo de modelagem é a forma que se dispõe para traduzir o mundo real em outros domínios (CÂMARA; MEDEIROS, 2006).

2.8 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto pode ser definido como sendo a forma de obter informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com o mesmo. Neste sentido, tem-se o sensoriamento remoto como uma importante ferramenta de trabalho nas análises ambientais, encaixando-se nos mais variados tipos de pesquisa das diversas áreas do conhecimento, desde o monitoramento de queimadas, ao uso e ocupação do solo, controle de qualidade de água, planejamento urbano, entre outros (ROSA, 2003).

Para Sausen (2011), os dados de sensoriamento remoto tem se mostrado extremamente úteis para estudos e levantamentos de recursos naturais, principalmente por:

- sua visão sinótica - sua resolução temporal que permite a coleta de informações em diferentes épocas do ano e em anos distintos, o que facilita os estudos dinâmicos de uma região;
- sua resolução espectral que permite a obtenção de informações sobre um alvo na natureza em distintas regiões do espectro, acrescentando assim uma infinidade de informações sobre o estado dele;
- sua resolução espacial, que possibilita a obtenção de informações em diferentes escalas, desde as regionais até locais, sendo este um grande recurso para estudos abrangendo desde escalas continentais, regiões até um quarteirão.

Os produtos de sensoriamento remoto utilizados são as fotografias aéreas, imagens de satélite e imagens de radar. Os satélites, dependendo do tipo de sensor podem capturar diversas situações para desenvolvimento de uma infinidade de estudos e pesquisas que vão desde o monitoramento, passando pela meteorologia até a identificação de teor de salinidade das águas.

2.9 Diagnóstico Ambiental e dos Recursos Hídricos

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 regionais e nacionais, 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.

Sheng (1990) propôs quatro 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 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - 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).

Desta forma enquadrando-se ao nível regional definido por Sheng (1990), esse relatório deverá ser 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, 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, 1997).

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

O manejo integrado de uma sub-bacia, segundo Rocha (1997), 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).

2.10 Diagnóstico da Gestão Municipal

Um diagnóstico da gestão municipal fornece informações de como está estruturada essa gestão e como o gestor lida com os impactos causados pelo desenvolvimento urbano. Além de lidar com o desenvolvimento propriamente dito, o gestor público deve considerar, em maior ou menor escala, dependendo de como o município está estruturado, problemas relativos a falta de recursos financeiros e falta de pessoal capacitado em seu quadro permanente. O município precisa lidar em sua gestão, entre outras leis, com a legislação ambiental brasileira que prevê a licença ambiental para novos empreendimentos específicos, mas não considera o efeito conjunto dos impactos da urbanização. A lei de recursos hídricos do Brasil prevê o domínio e a gestão federal e estadual, mas não define a função do município, onde este impacto é gerado (TUCCI; MELLER, 2012).

A Lei 11.445/2007, Lei de Saneamento coloca o município como responsável pela gestão do abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana que, desta forma esta tratando da qualidade e quantidade da água, mas deixa claro que os recursos hídricos é tratado por lei específica (MINISTÉRIO DAS CIDADES,2009).

A gestão das ações dentro do ambiente urbano pode ser definida de acordo com a relação de dependência da água através da bacia hidrográfica ou da jurisdição administrativa Municipal, Estadual ou Federal. A gestão dos recursos hídricos é realizada através da bacia hidrográfica, no entanto a gestão do uso do solo é realizada, pelo município ou grupo de municípios em uma região Metropolitana (TUCCI; MELLER, 2012).

Para Moisés (2009), o município brasileiro participa de processos mais gerais, cuja dinâmica lhe escapa ao controle direto como: acelerado processo de urbanização; pressão social sobre a oferta de infraestrutura e serviços públicos e sobre espaços adequados à ocupação e uso entre outros, e esse quadro geral coloca tanto desafios quanto oportunidades. Depende do tamanho e porte populacional do município, sua situação geográfica, geopolítica e

ambiental, seu perfil de atividades produtivas, uma avaliação particular do município e de seu entorno regional, para evidenciar suas vantagens comparativas e competitivas.

Para Pinto (2009), o estudo das interferências do crescimento urbano na gestão dos recursos hídricos e a necessidade de compatibilizar as ações de desenvolvimento e meio-ambiente são de extrema importância. Em seu trabalho buscou identificar quais os instrumentos de planejamento urbano previstos no Estatuto das Cidades estão sendo utilizados pelo Município de Queimados (contribuinte a bacia do rio Guandu), avaliando a efetividade desses instrumentos no controle do uso do solo e os possíveis impactos na conservação e proteção dos recursos hídricos, a organização institucional da prefeitura em relação ao planejamento do uso do solo, a análise dos instrumentos e possíveis interfaces com a gestão dos recursos hídricos e ainda identificar lacunas existentes no que se refere ao assunto abordado. Concluiu que cabe ao município além de outras ações, as funções de planejamento, fiscalização e fomento que estão relacionadas com: ordenamento territorial, proteção dos recursos naturais e meio ambiente e regulação de atividade econômica. Portanto é de fundamental importância a integração entre as políticas de planejamento e gestão de recursos hídricos bem como do uso e ocupação do solo urbano, no sentido de coibir os processos de degradação dos mananciais, como no de se evitar, ou atenuar, os problemas urbanos decorrentes do desequilíbrio do regime hidrológico urbano.

O processo da gestão municipal deveria buscar a descentralização, entendido tanto sob o aspecto administrativo, quanto participativo com a delegação de responsabilidade ao âmbito local do governo que provocaria uma mudança de comportamento da sociedade civil, o que significará em uma maior aproximação entre o governo e a população, para permitir a identificação das necessidades. Esta mudança de conduta, mais participativa, resultaria em mudanças de demandas, organização das pessoas e até de estilo de vida (FRANCO, 2012).

O município também deve prever, em seu planejamento e gestão municipal, a questão referente à cobrança pelo uso da água, contida no Plano Estadual de Recursos Hídricos e aplicada no nível dos comitês de bacia.

Os Comitês de Bacias Hidrográficas – CBH foram criados para ser um instrumento de gestão regional de bacias hidrográficas delimitadas pela sua área de abrangência. Os CBH possuem muitas falhas em sua estrutura, aplicabilidade, sistema de

informações e participação pública, além de serem conhecidos por uma pequena quantidade de pessoas envolvidas diretamente na luta pela melhor gestão dos recursos e não, ao contrário do que prega o Princípio da Participação Pública, por toda a população abrangida (BARBOSA et al., 2009).

Tucci e Meller (2012) afirmaram que a construção global da estrutura de gestão esbarra em algumas dificuldades como:

1. A limitada capacidade dos municípios para desenvolverem a gestão, que a solução estaria no apoio das esferas estadual e federal para capacitação municipal;
2. O sistema de gestão das bacias ainda não é uma realidade consolidada em todo o país e esta consolidação depende da evolução da gestão no país;
3. A reduzida capacidade de financiamento das ações pelos municípios que dependerá também do desenvolvimento de um programa a nível federal e mesmo estadual com um fundo de financiamento para viabilizar as ações.

Martins e Valêncio (2003) analisaram como a situação atual da agricultura estadual poderá ser alterado diante da política de valoração dos recursos hídricos no Estado de São Paulo discutindo sobre a pertinência da cobrança pelo uso da água como política que, no interior do sistema de gestão dos recursos hídricos no Estado, possa alterar certas práticas produtivas na agricultura e analisaram a resistência que os usuários agrícolas já manifestaram à tal política com base na pressão deste segmento sobre o poder legislativo estadual que é o responsável pela gestão dos recursos hídricos. A discussão no nível municipal fica submetida ao estado.

2.11 Sistema Integrado de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

A gestão de recursos hídricos faz-se em um ambiente de múltiplos usuários e de conflitos de uso, requerendo complexos sistemas tecnológicos e gerenciais de regulação e uma base legal adequada a lhe dar suporte (NASCIMENTO; HELLER, 2009).

Os setores sociais, econômicos, políticos e ambientais caracterizam-se como principais atores de conflitos pelo uso da água, e, assim, são de fundamental importância à elaboração de políticas públicas que mitiguem os impactos sócio ambientais provocados pelo desenvolvimento econômico. Neste sentido, as políticas públicas devem ser direcionadas,

abrangendo a participações dos atores, a fim de direcionar suas estratégias, a partir de um processo de gestão integrado no âmbito municipal, estadual e federal. No âmbito municipal, os planos diretores devem contemplar outros fatores, não somente deter-se a questões urbanísticas. No entorno municipal, os planos devem ser integrado com o abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e de resíduos sólidos (LISBÔA et al., 2010).

Nascimento e Heller (2009) afirmaram que na interface entre saneamento e recursos hídricos surgem problemas relativos à ciência, tecnologia e inovação, sobre aspectos como o controle de perdas, a gestão da demanda, a melhoria da eficiência de coleta e de tratamento de esgotos domésticos, a implementação de sistemas de reuso de água, a minimização do lançamento de resíduos sólidos em cursos d´água, o controle da contaminação da água subterrânea, o controle da poluição difusa de origem pluvial, o aprimoramento da gestão de resíduos sólidos. Estes temas reforçam o imperativo da integração das dimensões de quantidade e de qualidade de água na gestão de recursos hídricos tanto quanto nas ações de saneamento, no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), tanto quanto no Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA). A demanda por água de abastecimento é gênese de conflitos pelo uso de recursos naturais. Com o crescimento populacional e a industrialização, mananciais de abastecimento de água mais próximos à zona urbana tornam-se insuficientes ou têm a qualidade das águas deterioradas pela própria expansão urbana. Surgem, em consequência, conflitos pelo uso da água e restrições de uso do solo e de outros recursos naturais em áreas externas e relativamente distantes da área urbana.

Veiga et al., 2012 afirmaram que não existe uma fórmula matemática precisa que forneça a densidade ideal de um território. Uma serie de condicionantes deve ser analisado conjuntamente com a densidade populacional, para promover um habitar de qualidade. O crescimento desordenado aumenta a pressão nos remanescentes naturais, e os resultados estarão expressos na redução das áreas verdes, das matas ciliares e ocupação de áreas de conflito de uso, contribuindo para a redução da qualidade de vida nas áreas urbanas

O Ministério das Cidades através da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental - Programa de Modernização do Setor Saneamento-PMSS - Unidade de Gerenciamento do Programa - UGP/PMSS, elaborou o GSAN - Sistema de Gestão Integrada de Serviços de Saneamento. Este sistema foi concebido porque havia sido

identificadas inconsistências nas informações contidas no SNIS, que são fornecidas pelas prestadoras de serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto. O sistema foi criado para auxiliar os municípios a terem um maior controle quantitativo e qualitativo em sua gestão administrativa e comercial (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2009).

Barbosa et al. (2009) apresentaram uma nova visão de gerenciamento de recursos hídricos, transformando cada município em um Sistema de Gerenciamento Ambiental (SGA) em Área de Preservação Ambiental Municipal (APAM) estabelecida em cada município em todo o seu território municipal, onde cada gestão hídrica é uma fórmula integrada de gerenciamento, onde os seus integrantes são, invariavelmente, os próprios conhecedores ou moradores no próprio espaço físico-geográfico.

O mesmo estudo, ao buscar em meio eletrônico, trabalhos sobre sistemas integrados para planejamento e gestão ambiental e de recursos hídricos, encontrou diversas empresas comerciais que desenvolvem tais sistemas integrados para gestão dos serviços de saneamento, mas levando em conta em seus softwares somente mapeamentos para o cadastro de redes de água, esgoto e drenagem e informação geográfica de apoio a gerência administrativa, comercial e operacional.

Outro projeto que tem por objetivo a integração de informações para gestão foi desenvolvido pensando na qualidade da água buscando o desenvolvimento de um sistema computacional em plataforma georreferenciada, utilizando indicadores da qualidade da água e aplicando a tecnologia de telemetria para aquisição remota de dados dos parâmetros estabelecidos, realizando e disponibilizando em tempo real o controle dinâmico da qualidade da água, tendo como meta principal proporcionar informação contínua e em tempo real, por meio da internet sobre a qualidade da água distribuída (PIRES et al., 2012).

Ao analisar a Micro bacia Hidrográfica do Ribeirão Lindóia, Zona Norte de Londrina-PR, Araújo e Pinese (2012) mostraram as diferentes abordagens e concepções que são trabalhadas as micro bacias como unidades de recorte espacial para o planejamento, manejo e gestão ambiental e formularam uma Matriz de Impacto Ambiental para servir de instrumento ao planejamento e gestão da área.

O sistema AcquaGIS, desenvolvido por Oliveira (2009), permite uma visão digital de áreas geográficas, e é voltado para empresas de Água e Saneamento que buscam soluções baseadas em Geoprocessamento, para melhor monitoramento e manejo dos

recursos naturais renováveis e não renováveis, permitindo que as informações obtidas possam ser utilizadas no planejamento e desenvolvimento do mesmo. Mais uma vez o sistema se limita a informações administrativas e comerciais, embora cite o melhor monitoramento e manejo dos recursos naturais.

O SIGAU - Sistema Integrado de Gestão do Ambiente Urbano desenvolvido por Rosseto (2003) fornece um instrumento para a gestão urbana que integra aspectos nas práticas administrativas e incorpora efetivamente a dimensão social e a ambiental ao processo, direcionando os municípios para o desenvolvimento sustentável. Possui um enfoque importante que é a participação das comunidades envolvidas nos processos de planejamento e gestão urbana de forma estratégica. O SIGAU, a partir da definição de fatores críticos na gestão urbana, incorpora indicadores sociais, ambientais, físico-espaciais e econômicos, utilizando uma estrutura multinível de avaliação, que agrega informações de distintas naturezas possibilitando a identificação do ponto de sustentabilidade em que se encontra cada subsistema observado ou a cidade como um todo.

O projeto GEO Cidades foi criado pelo PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, com o objetivo fundamental de definir uma padronização metodológica para o desenvolvimento de avaliações mais precisas sobre o estado do meio ambiente em áreas urbanizadas, a partir de determinantes específicos.

Conceição (2008) utilizou a metodologia do projeto GEO Cidades, que oferece uma visão integrada de indicadores sociais e ambientais associados à denominada matriz PEIR - **P**ressão, **E**stado, **I**mpacto e **R**esposta, com o objetivo de elaborar um diagnóstico urbano-ambiental de áreas da cidade do Rio de Janeiro e estruturar uma base e banco de dados, promovendo a visão integrada de políticas públicas associadas ao gerenciamento costeiro, com ênfase para o Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro (PMGC) e seus instrumentos, aliado ao Plano Diretor da cidade. Esse estudo concluiu que a metodologia GEO Cidades tem-se configurado em uma interessante proposta de análise, potencialmente indicada para o balizamento das fases de um planejamento ambiental, pois além de permitir a ciclicidade do processo, gera subsídios para a tomada de decisão.

Pompermayer (2003), em seu estudo afirmou que existem várias técnicas e instrumentos de auxílio à tomada de decisão em gestão de recursos hídricos e propôs, como instrumento de auxílio à decisão, o uso de indicadores de sustentabilidade

ambiental associado a técnicas de análise multicritério. Seu principal objetivo foi formular um procedimento multicritério como instrumento de auxílio à tomada de decisão na gestão de recursos hídricos e a simulação do seu uso em uma bacia hidrográfica. Utilizou como base um diagnóstico da área de estudo e em uma estrutura conceitual de indicadores denominada Pressão-Estado-Resposta e foram selecionados vinte indicadores de sustentabilidade. Foi realizada uma classificação das sub-bacia que integram a área de estudo por ordem de preferência e/ou necessidade em relação a categorias de intervenção pré-estabelecidas. A proposta de indicadores selecionada e o método multicritério utilizado (ELECTRE III) foram bastante adequados ao caso estudado.

Coelho (2008) elaborou o IGSA - Indicador Global de Avaliação da Sustentabilidade Ambiental de Empreendimentos com a intenção de avaliar a sustentabilidade e adequação de novos empreendimentos imobiliários em Portugal, preocupado com o desenvolvimento urbano desordenado que é considerado um problema grave para a sustentabilidade ambiental global no país. Este índice utiliza a metodologia FPEIR – Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto, Resposta e gera um índice global a partir dos indicadores considerados, possibilitando desta forma uma avaliação criteriosa do empreendimento, adequada às exigências legais tornando-o assim sustentável e gerando uma ferramenta eficiente para que os órgãos ambientais possam ter segurança na hora do licenciamento.

A Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento do Estado de São Paulo, responsável pela gestão dos recursos hídricos no estado e pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos através do CORHI – Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos adotou em 2005 a metodologia FPEIR para geração dos Relatórios de Situação das UGRHIs como forma de padronização das informações contidas nos planos de bacias cuja formulação é de responsabilidade dos Comitês de Bacias Hidrográficas - CBH. Os Planos de Bacia contêm as informações que subsidiam os Relatórios de Situação de cada UGRHI que são formulados a partir da metodologia FPEIR. Foram adotados diversos indicadores que tem com o objetivo sinalizar o estado (como se encontra) de um aspecto ou a condição de uma variável, comparando as diferenças observadas no tempo e no espaço. Os indicadores podem ser tão variados quanto os fenômenos, processos e fatos que eles monitoram, provêm de diferentes fontes e têm três funções básicas – quantificação, simplificação da informação e comunicação – contribuindo, deste modo, para a percepção dos progressos alcançados e

despertar a consciência da população (SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS, 2012).

2.12 Metodologia PER, PEIR ou FPEIR

O planejamento é essencial para a administração dos recursos naturais. Este planejamento deve estar embasado em avaliações periódicas que permitam alterações de estratégias ou continuidade das ações a fim de se atingir os objetivos e metas iniciais. O acompanhamento e a avaliação periódica são elementos críticos para qualquer plano de recursos hídricos e ambientais.

2.12.1 PER - Pressão, Estado, Resposta

Este método foi utilizado originalmente por Statistic Canadá em 1979, sendo posteriormente adaptado no início da década de 1990, pelas Nações Unidas para a elaboração de manuais de estatísticas ambientais, concebidos para serem integrados aos sistemas de contabilidade física e econômica. Este modelo é uma ferramenta analítica que classifica a informação sobre os recursos naturais e ambientais e suas relações com as atividades sociais e econômicas (COELHO, 2008)

Kraemer (2004) descreveu que o modelo PER – Pressão, Estado, Resposta, utilizado pela OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico baseia-se na ideia de que as atividades humanas exercem pressões sobre o meio ambiente e afetam a sua qualidade e a quantidade de recursos naturais (estado); a sociedade responde a estas mudanças, adotando políticas ambientais, econômicas e setoriais (resposta). Este modelo apresenta a vantagem de evidenciar estes elos e ajudar os tomadores de decisão e o público a perceber a interdependência entre as questões ambientais e as outras (sem, todavia, esquecer que existem relações mais complexas nos ecossistemas e nas interações meio ambiente-sociedade). A Figura 1ilustra a estrutura conceitual do modelo PER.

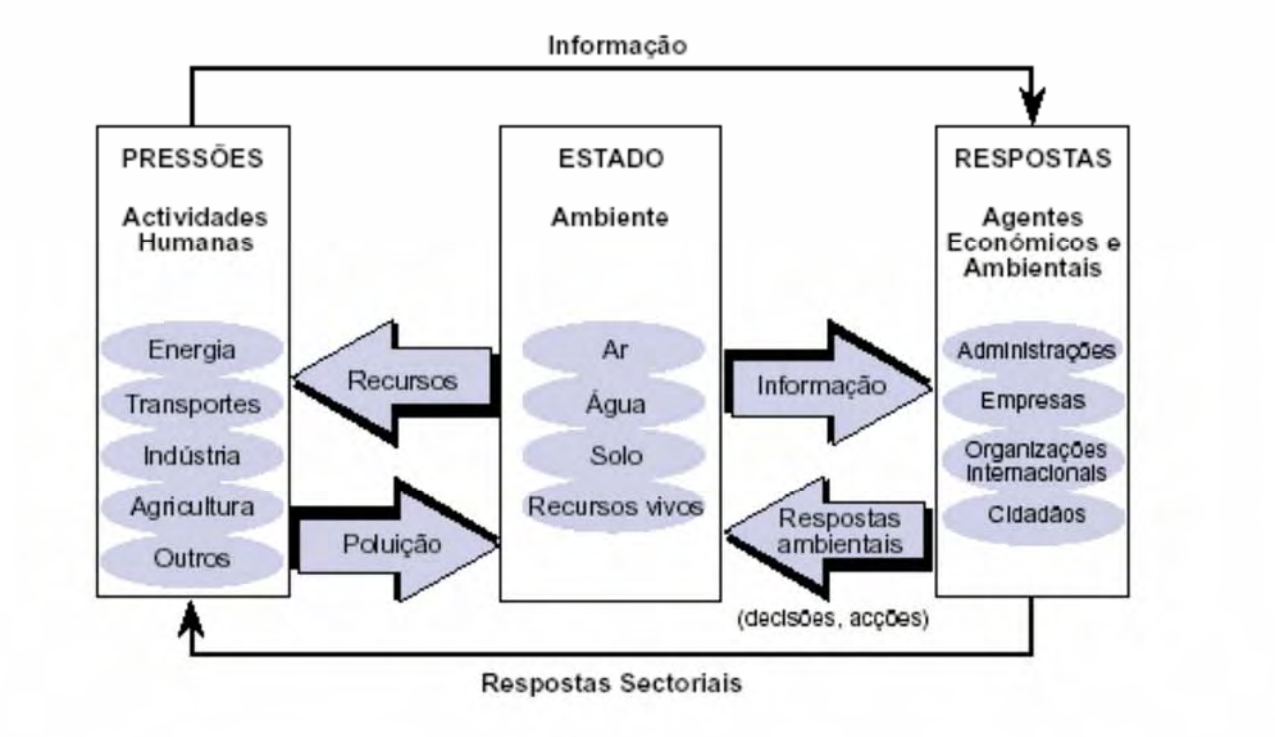


Figura 1.Estrutura conceitual do Modelo PER da OCDE. Fonte: Kraemer, 2004

2.12.2 PEIR – Pressão, Estado, Impacto, Resposta

A Agência de Proteção do Ambiente Norte-Americana (USEPA – United Station Environment Protetion Agency),através de estudos na área de indicadores e índices ambientais, elaborou uma modificação do modelo PER que insere o Efeito como nova categoria de indicadores. Esta categoria está relacionada com a utilização de indicadores para avaliar as relações existentes entre variáveis de pressão, estado e resposta aumentando a eficiência para gestão de política ambiental. A Figura 2 demonstra a estrutura deste modelo (KRAEMER, 2004).

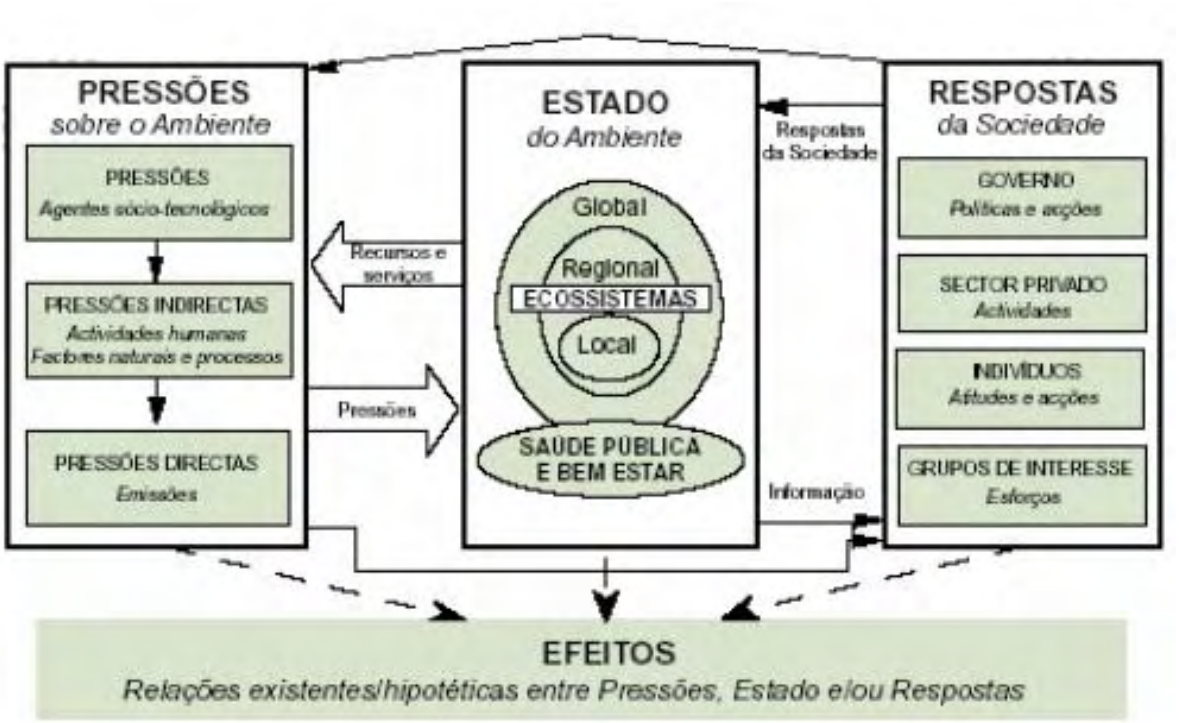


Figura 2. Estrutura conceitual do modelo Pressão-Estado-Resposta-Efeitos proposto pela USEPA. Fonte: Kraemer, 2004

2.12.3 FPEIR – Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto, Resposta

A Agência Européia do Ambiente – AEA propõe um modelo conceitual, denominado DPSIR, segundo o qual considera que as Atividades Humanas (D-Driving forces), nomeadamente as indústrias e os transportes, produzem Pressões (P – Pressures) no ambiente, tais como emissões de poluentes, as quais vão degradar o Estado do Ambiente (S – State of the environment), que por sua vez poderá originar Impacto na saúde humana e nos ecossistemas, levando a que a sociedade emita Resposta (R – Responses) através de medidas políticas, tais como normas legais, taxas e produção de informação, as quais podem ser direcionadas a qualquer compartimento do sistema. Pela Figura 3pode-se observar a estrutura deste modelo (BRAGA et al., 1998).

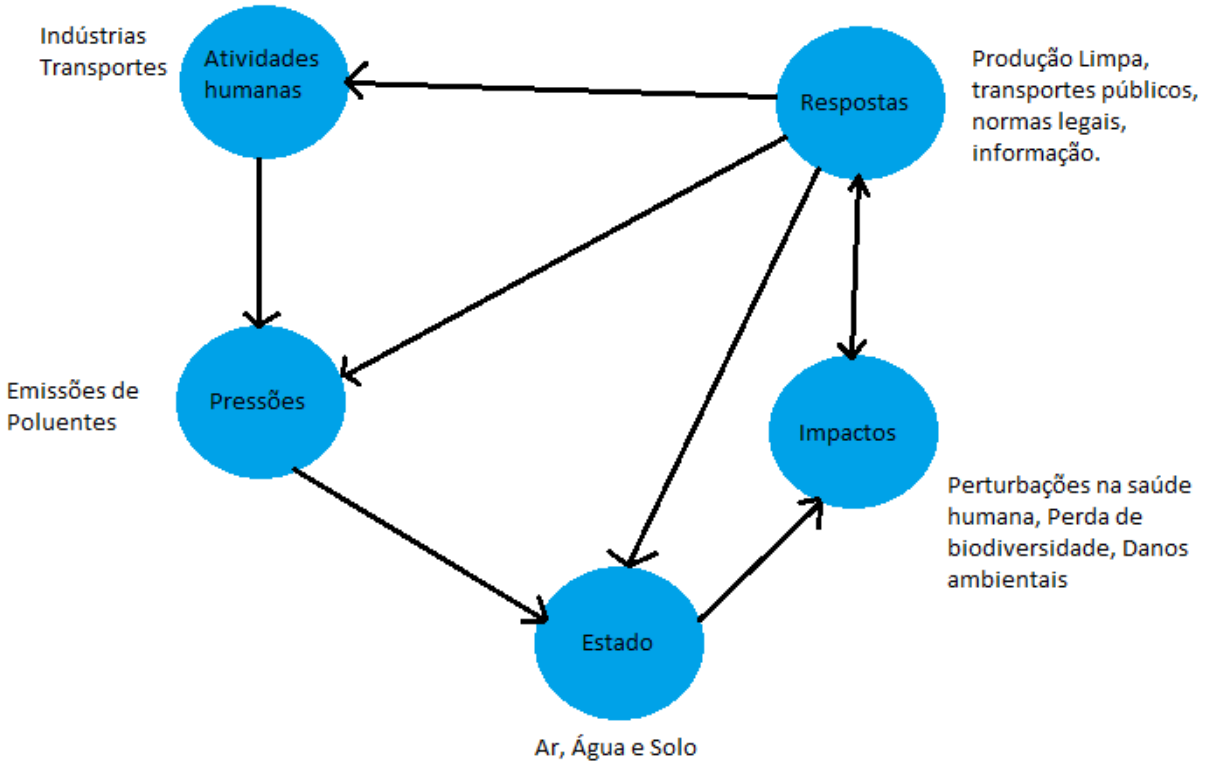


Figura 3. Estrutura conceitual do modelo DPSIR proposto pela AEA. Adaptado de: Kraemer, 2004.

A tradução do modelo DPSIR é o modelo FPEIR – Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto, Resposta que é o modelo adotado para análise dos indicadores dos Relatórios de Situação das UGRHI. Os indicadores utilizados estão distribuídos nas categorias de Força-Motriz, Pressão, Estado, Impacto e Resposta e a estrutura da Força-Motriz é relativa às atividades humanas, que por sua vez produzem Pressões no meio ambiente e que podem afetar seu Estado, que poderá gerar Impactos na saúde humana e nos ecossistemas, levando a sociedade a emitir Respostas por meio de medidas, que podem ser direcionadas a qualquer compartimento do sistema. A Figura 4mostra a relação dos indicadores considerados nesta metodologia (SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS, 2012).

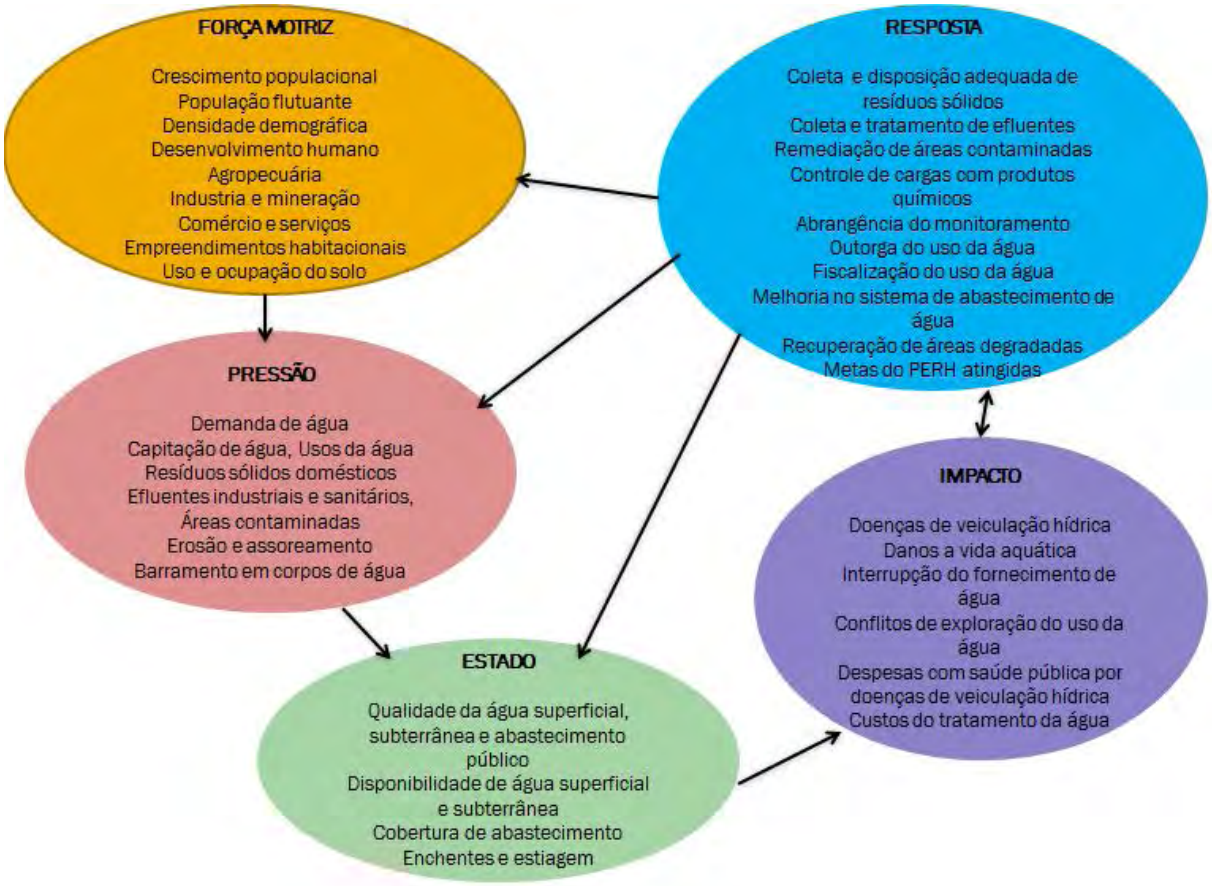


Figura 4. Relacionamento de indicadores no modelo FPEIR. Adaptado do site do CBH-LN.

Esta nova metodologia é a mesma utilizada pela Agência Ambiental Européia (EEA) na elaboração de seus relatórios de Avaliação do Ambiente Europeu, descrito anteriormente e propicia a compreensão dos problemas e fenômenos urbano-ambientais por meio da identificação e caracterização de indicadores ambientais e suas relações com os diferentes recursos ambientais envolvidos (ar, água, solo, biodiversidade e ambiente construído), configurando a chamada Matriz FPEIR.

O fluxograma da Figura 5 ilustra a importância de se avaliar o estado do meio ambiente de forma integrada e sequencial sugerida pela matriz apresentada, que produz informações valiosas na ordenação de políticas públicas.



Figura 5. Fluxograma de Interação entre Componentes Urbano-Ambientais da Matriz F-P-E-I-R. Fonte: Geo Cidade (2001).

2.13 Sistemas de Indicadores

Alguns países envolvidos com produção estatística, em particular a Europa, iniciaram o avanço na construção de indicadores desde os anos 70 tentando construir um subsistema específico sobre o meio ambiente. Após uma série de reuniões, nas décadas de 70 e 80, foram estabelecidas diretrizes gerais para as estatísticas, do meio ambiente de interesse dos países europeus voltando-se para o desenvolvimento de indicadores ambientais. O Canadá por sua vez, um dos países de vanguarda na área das estatísticas ambientais, criou e divulgou, sistematicamente, um conjunto de indicadores ambientais. O envolvimento do Escritório de Estatística das Nações Unidas (EENU) na área das estatísticas ambientais teve início em 1979 por recomendação da Comunicação de Estatística, da ONU, que em sua primeira reunião em 1984 elaborou o "Esquema para o Desenvolvimento de Estatísticas Ambientais12" (EDEA), após amplo levantamento das principais preocupações dos países interessados. Posteriormente, considerando que as estatísticas ambientais devem cobrir tanto o meio ambiente natural como o construído pelo homem, o EENU, em 1988, produziu dois relatórios técnicos, com base no EDEA: "Conceitos e Métodos de Estatísticas do Meio Ambiente Natural"13 (EAN) e "Estatísticas de Assentamentos Humanos"14(EAH) e foi instituído o Grupo Intergovernamental para o Avanço das Estatísticas Ambientais (COELHO, 2008).

Os indicadores têm sido utilizados por diversos organismos e instituições voltados para causas ambientais e com os mais diversos objetivos, entre eles o mapeamento, a avaliação ambiental, o monitoramento do estado do meio ambiente, com relação ao desenvolvimento sustentável. Os indicadores permitem a quantificação e simplificação de fenômenos facilitando assim a compreensão de realidades complexas.

De acordo com o IBGE (2012), a construção de indicadores de desenvolvimento sustentável no Brasil integra-se ao conjunto de esforços internacionais para concretização das ideias e princípios formulados na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992, no que diz respeito à relação entre meio ambiente, sociedade, desenvolvimento e informações para a tomada de decisões.

A OCDE tem a definição de indicador como sendo um parâmetro ou valor calculado a partir dos parâmetros, fornecendo ou descrevendo as indicações do estado de um fenômeno, bem como do meio ambiente ou de uma zona geográfica, de uma amplitude superior às informações diretamente ligadas ao valor de um parâmetro (TOLEDO, 2005)

Bellen (2007) afirmou que o termo indicador é originário do Latim *indicare*, que significa descobrir, apontar, estimar. Essa é a função dos indicadores, ou seja, informar sobre o progresso em direção a uma determinada meta, por exemplo, o desenvolvimento sustentável. Também pode ser entendido como um recurso para deixar mais perceptível uma tendência ainda não identificada e suas principais funções são: avaliar condições e tendências, comparar lugares ou situações, avaliar tendências em relação a metas e objetivos, alertar sobre desvios de metas e antecipar futuras condições.

Para que seja possível desenvolver um município sustentável com políticas públicas voltadas para os aspectos de preservação ambiental, social e econômica são necessárias informações geradas a partir de indicadores que reflitam as condições locais, transformando dimensões qualitativas em quantitativas facilitando a compreensão por parte da sociedade envolvida na avaliação. A gestão desta política pública por programas inseridos nos planos de governos (federal, estadual e municipal) deve buscar uma sintonia que pode resultar em maior eficácia e efetividade dos objetivos e metas dos programas (SILVA; LIMA, 2010).

Garcias (2011) sugeriu como principal indicador de qualidade ambiental urbana seja adotada a qualidade das águas dos rios urbanos atribuindo ao seu aspecto visual a condição de bom ou ruim e, desta forma, a população também conseguiria entender o processo para participar ativamente do planejamento de um programa de controle e preservação ambiental urbana.

Coelho (2008) afirmou que para o "Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável"– SIDS em Portugal, o objetivo fundamental que suporta o monitoramento do estado do ambiente e da sustentabilidade é a melhoria da qualidade das decisões na gestão da sustentabilidade e para isso são necessárias relações mais estreitas entre os resultados do monitoramento da sustentabilidade e as respostas políticas dos gestores. Os indicadores de desenvolvimento sustentável constituem um instrumento fundamental no contexto da avaliação do desempenho da sustentabilidade ao nível dos países, das regiões, das

comunidades locais, das atividades econômicas, das organizações públicas e privadas, de políticas, missões, projetos, atividades, produtos e serviços.

Magalhães Junior (2007) utilizou a metodologia do Projeto GEO Brasil (FPEIR) para estudar a bacia do Rio Maranhão definindo os indicadores para gestão dos recursos hídricos nos diversos municípios que compõem a bacia. Foram definidos indicadores demográficos, de proteção da cobertura vegetal e uso do solo, de desenvolvimento humano, de pressões sobre a disponibilidade hídrica, de pressão sobre a qualidade da água, de desempenho das políticas públicas e de desempenho técnico do setor de água e esgoto. A escolha dos indicadores e seus respectivos pesos foram atribuídos pela aplicação da matriz Delphi que consiste em entrevistas e reuniões com especialistas de cada área para definição da matriz. Na conclusão de seu trabalho elencou os indicadores potencialmente úteis para a gestão das águas no Brasil e reportou a necessidade de acesso às informações sobre a situação dos recursos hídricos que ainda é muito precária. A base de dados é insatisfatória, porque mesmo com os avanços tecnológicos e investimentos no monitoramento, a transmissão das informações para operacionalização pelos Comitês de Bacias não é adequada. Cita ainda cinco fatores decisivos para a manutenção desta situação que são: interesse político, econômico e social, integração institucional e sociedade da informação em rede, capacitação e mobilização dos decisores e democratização de informações, estrutura financeira e prioridades de gestão.

Sobre as metodologias aplicadas para elaboração de modelos de indicadores Coelho (2008) fez alguns comentários a respeito:

1. Não existe o modelo de um sistema, existem sim modelos que expressam diferentes pontos de vista, ideias e objetivos e, desta forma, podem e devem ser aplicados consoante o estudo, caso a caso;
2. Todo o modelo é uma simplificação da realidade e, portanto, requer a seleção de alguns fatores que o modelador julga relevante para a compreensão do sistema;
3. Todo o modelo é imperfeito e pode ser melhorado, pois o trabalho de modelação é dinâmico e nunca está completo;
4. Um bom modelo é aquele que atinge, junto aos seus utilizadores, os objetivos definidos pelo modelador. Definir de uma maneira clara os objetivos a serem atingidos e os usos, podem determinar o sucesso ou o fracasso de um modelo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

A área de estudo compreende a bacia do Rio Lençóis, mais especificamente o município de Lençóis Paulista, pois o sistema proposto tem como unidade de gestão o município. O município tem sua localização em duas UGRHIs - Unidades de Gestão de Recursos Hídricos, que são a UGRHI 13 e 17, porém a porcentagem maior de sua área está na UGRHI 13 que compreende a bacia do Rio Lençóis. Lençóis Paulista foi escolhido entre os municípios da bacia, pois ocupa uma extensão de 485,343 km² dentro da bacia do Rio Lençóis. Essa área representa 51,7% da área da bacia, enquanto o restante, 48,3% é divido entre os outros seis municípios que a integram. Além deste fato, a escolha do município de Lençóis Paulista deve-se ao fato do município apresentar uma boa base de dados, construída através da elaboração do "Diagnóstico Ambiental na Bacia do Rio Lençóis". Este diagnóstico foi realizado com recursos do FEHIDRO – Fundo Estadual para os Recursos Hídricos, tendo como tomador o Serviço de Abastecimento de Água e Esgoto, que possui parte de seu abastecimento de água pela captação superficial no Rio Lençóis. O município de Lençóis Paulista também possui uma base legal de planejamento, como o Plano Diretor e o

Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB, além de ter implantado as normas ISO 9.000 para adequação do sistema de abastecimento (SAAE) como um todo. Desta forma, o sistema foi elaborado para o município de Lençóis Paulista, porém alguns indicadores deverão considerar as condições da bacia a montante da captação.

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 divisão da bacia Tietê-Jacaré e sua área está compreendida entre as coordenadas UTM 22k 699.037; 7.477.195 e 753.726; 7.515.834, que formam seu retângulo envolvente, com 942,532 km².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 Igaraçu do Tietê, onde desagua no Rio Tietê. O município de Lençóis Paulista também tem parte de sua área na UGRHI 17, que é bacia do Médio Paranapanema.

As Figuras 6 e 7 demonstram a localização do município nas UGRHIs 13 e 17 e a bacia do Rio Lençóis dentro da UGRHI 13 com as divisões municipais.

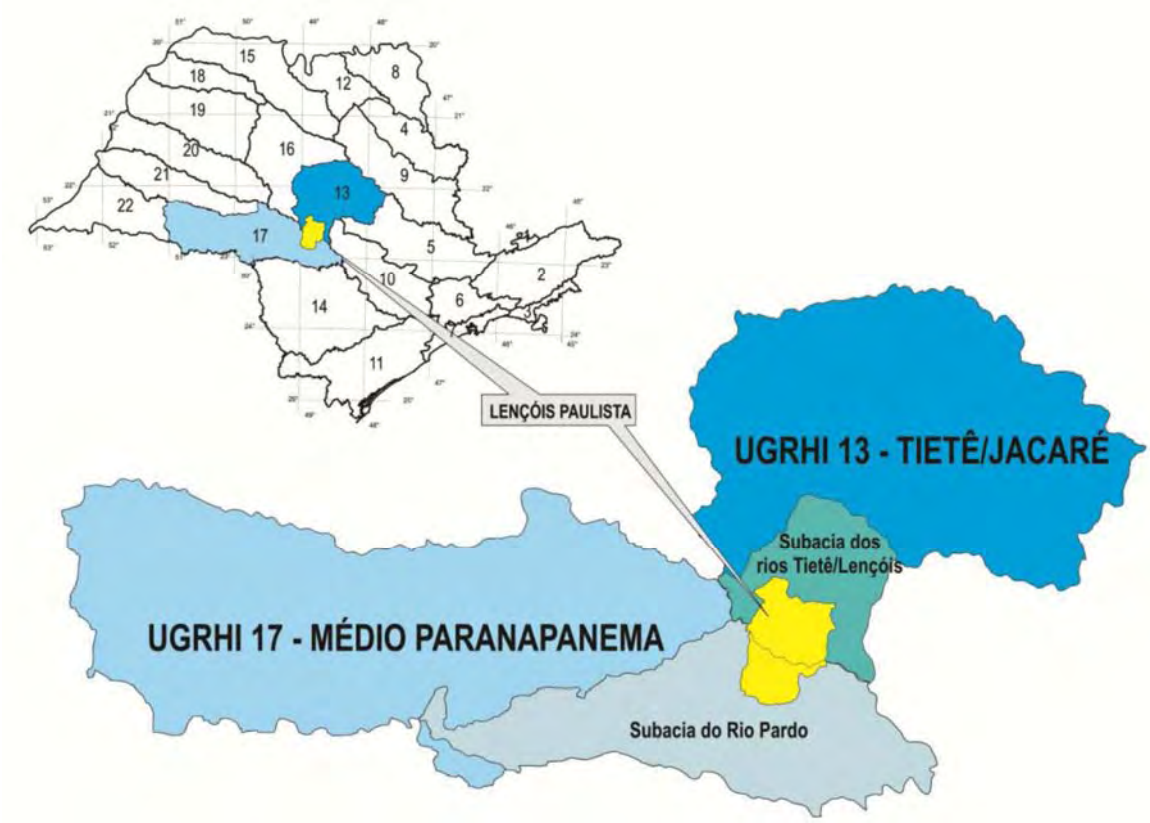


Figura 6. Área do município de Lençóis Paulista – SP, nas UGRHIs 13 e 17. Fonte: PMSB.

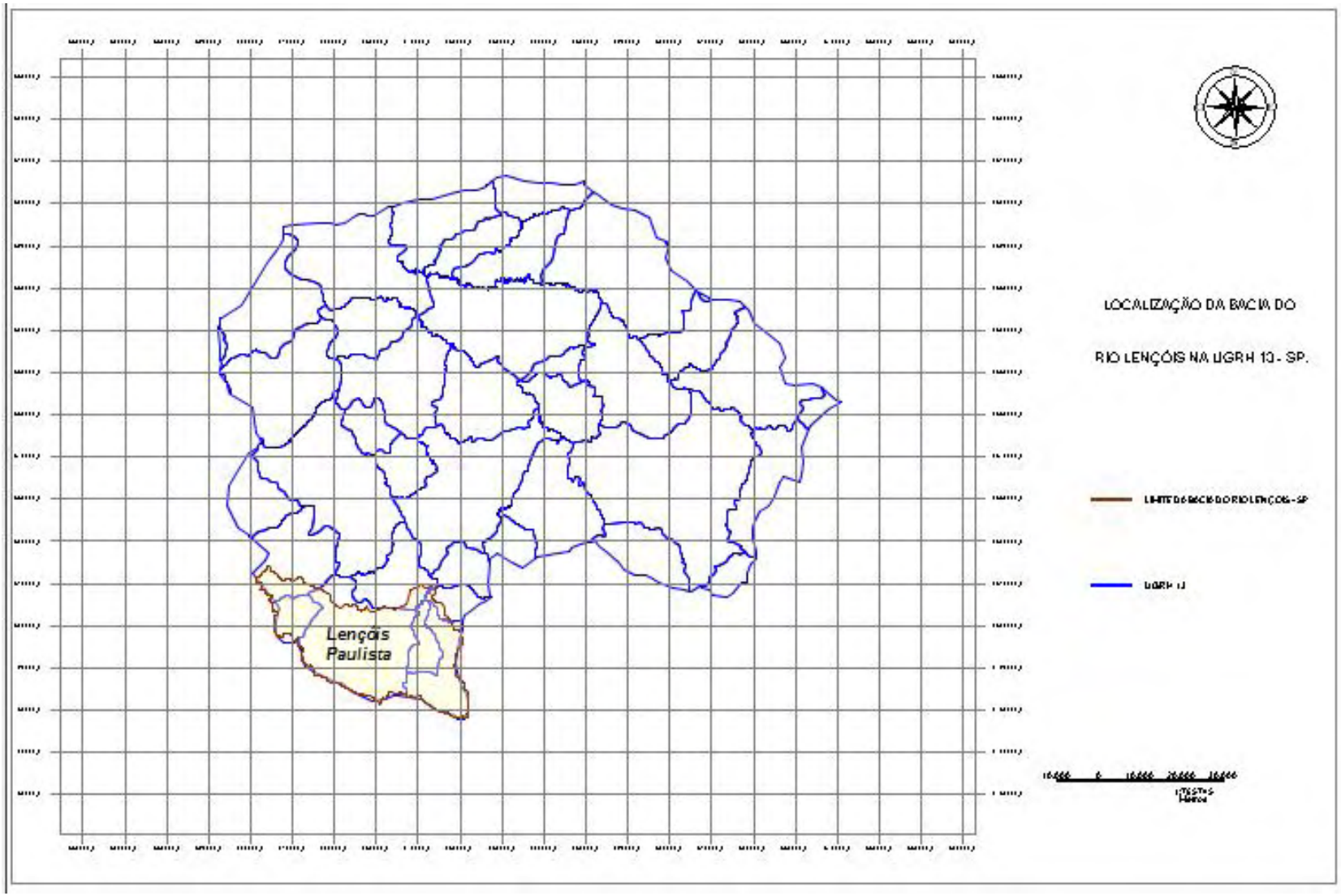


Figura 7. Localização da Bacia do Rio Lençóis e limites dos municípios da UGRHI 13 – SP.

3.1.2 Área de drenagem

A sub-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 muitos deles atravessam áreas urbanas dos municípios.

O Rio Lençóis atravessa a área urbana do município de Lençóis Paulista e serve de manancial de abastecimento. Em 2010 entrou em operação a Estação de Tratamento de Esgoto de Lençóis Paulista, que permitirá que seja iniciado o processo de despoluição doRio Lençóis.

São seus afluentes na margem esquerda: Córrego dos Cochos, Córrego Monjolinho, Córrego do Bobirão, Córrego Corvo Branco, Córrego Cateto, Córrego Violeta (Córrego do Boa Vista), Córrego da Iara e Córrego Santana ou Jurema.

São seus afluentes na 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 Fartura (Córrego do Corguinho), Córrego da Areia Branca, Córrego do Coqueiro, Córrego da Grama e Ribeirão Paraíso.

3.1.3 Relevo

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 750 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 suscetível a atividades erosivas, sobretudo nos setores mais inclinados das vertentes (IPT, 1981).

3.1.4 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 as rochas basálticas pertencentes 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.

A Formação Adamantina, sotoposta à anterior é encontrada predominantemente nas superfícies elevadas dos interfluvios. 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 serra Geral e nas áreas mais arenosas os arenitos da Formação Adamantina.

A formação Serra Geral 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.

3.1.5 Classes de Solos

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).

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).

3.1.6 Clima

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.

3.1.7 Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal original da região pertence às seguintes tipologias: cerrados, cerradões, matas ciliares e formações vegetais associadas aos banhados. A região passou por extenso desmatamento, inicialmente, devido à criação de gado e plantações de café e, mais recentemente, em função da cultura da cana-de-açúcar e de plantações de pinus e eucalipto. Apesar desse fato, ainda ocorrem algumas áreas pequenas que apresentam cobertura vegetal natural de grande importância, associada, em geral, a fundos de vales e planícies fluviais, além dos remanescentes de matas mesófilas localizadas em colinas suaves (SAAELP,2011).

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

3.1.8 Aspectos da Gestão Municipal

De acordo com o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE de 2010, o município de Lençóis Paulista possui uma população de 61.428 habitantes. Possui área territorial de 809 km² e integra a microrregião de Bauru. As principais atividades agrícolas são: Cana-de-açúcar, Milho, Feijão e Madeira (IBGE, 2012).

De acordo com informações extraídas do site oficial da prefeitura municipal de Lençóis Paulista (www.lencoispaulista.sp.gov.br), a gestão do município tem como lema se tornar cada vez melhor, promovendo a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável e para isso tem como objetivos a defesa do interesse público, com ética, legalidade e transparência, o compromisso com a qualidade do serviço público, atingindo os resultados planejados com otimização de recursos. Busca também a valorização do servidor público, incentivando seu desenvolvimento pessoal e profissional, em ambiente de trabalho adequado.

O município possui Lei Orgânica, Plano Diretor, Lei de Zoneamento, Politica de Meio Ambiente, Plano Municipal de Saneamento e uma política de desenvolvimento econômico visando atrair investimentos para o município que, embora não seja uma Lei específica, está bem definida através de ações e leis sobre o assunto. O município

também estimula o controle social através dos diversos conselhos como o de Meio Ambiente, Saneamento, Saúde, Educação e outros. Outra ação do município no sentido de buscar o equilíbrio entre desenvolvimento e qualidade de vida da população é a adesão ao programa estadual MVA – Município Verde e Azul que auxilia na formulação de estratégias para adequação do município à legislação ambiental.

3.2 Materiais utilizados

3.2.1 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 pode ser verificada sua identificação pelo Mapa Índice do IGC (ID), o nome da carta e a especificação da folha.

Tabela 1. Identificação das cartas do Levantamento Planialtimetrico 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	Igaraçú 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

Continuação:

Nº	ID	Nome	Folha
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 Antônio	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
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 Emilia	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 Bonfim	SF-22-Z-B-V-4-NE-A
48	73-75	Bairro Igualdade	SF-22-Z-B-V-4-NE-B

3.2.2 Mapa de solos IAC

As classes 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 Agronômico – Divisão de Solos, Seção de Pedologia, Escala: 1:100.000 de 1982.

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

Três sensores compõem o satélite 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 (AdvancedVisibleandNearInfraredRadiometer-type2) voltado aos mapeamentos de uso e cobertura das terras e o sensor de micro ondas PALSAR (Phased Arraytype L-band Synthetic Aperture Radar) capaz de obter imagens diurnas e noturnas sem a interferência de nebulosidade.

Para o mapeamento do uso e cobertura do solo 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 a Tabela 2:

Tabela 2. 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-2é 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 µm, B2: 0,52-0,60 µm, B3:

0,61-0,69 µm, B4: 0,76-0,89 µm); resolução espacial de 10 metros; resolução radiométrica de 8 bits.

3.2.4 Equipamentos

Para a medição de vazão nos corpos de água foi utilizado um micro molinete modelo FP 101-201 Flow Probes, marca Global Water de propriedade da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP de Botucatu.

3.2.5 Programas

Para a elaboração deste trabalho foram utilizados Sistemas de Informação Geográfica – SIG 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 interferiu com a qualidade dos resultados.

Foram utilizados os programas gvSIG 1.10 e SPRING 5.2.2. O primeiro é um projeto de código aberto desenvolvido para a gestão integral da informação geográfica. Tem sua origem no contexto de migração para software livre de todos os sistemas informáticos do Departamento de Infraestrutura e Transportes da Generalitat Valenciana – Espanha. O SPRING - **S**istema de **Pr**ocessamento de **In**formações **G**eorreferenciadas é um *software* brasileiro para SIG, criado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

3.2.6 Planos

Para a elaboração do sistema foi consultado o plano da bacia Tietê Jacaré – UGRHU 13 e os planos municipais. O plano de bacia e os planos municipais foram

utilizados para embasar as informações sobre a formulação de indicadores e a forma de gestão do município.

3.3 Metodologia

A avaliação da situação ambiental feita através da elaboração de planos, por exemplo, o plano de recursos hídricos em nível regional e nacional, tem sua base de informações em dados secundários fornecidos pelos municípios e órgãos estaduais e/ou federais. Esta base de dados muitas vezes defasadas ou inconsistentes leva a uma problemática antiga que é a degradação da paisagem, do ambiente urbano e o comprometimento dos recursos naturais. Para que se consigam bons resultados na busca da sustentabilidade é preciso decisões rápidas e concretas apoiadas em dados seguros e mais atuais possíveis.

Desta forma é necessária a preparação e o tratamento da informação para a tomada das decisões que devem considerar, neste processo de avaliação, alguns critérios segundo Partidário (2000):

1. O valor da avaliação deve ser otimizado face às restrições orçamentais e de tempo;
2. Os resultados da avaliação devem ser apresentados em formato facilmente assimilável;
3. A metodologia deve ser inteligível para não técnicos;
4. Os métodos usados devem ser compatíveis com o processo de tomada de decisão;
5. A análise deve ser capaz de identificar e descrever todos os objetivos diretos ou indiretamente importantes para o processo de tomada de decisão;
6. Todos os grupos ou setores envolvidos no processo de tomada de decisão devem ser reconhecidos na avaliação;
7. A avaliação deve estar estruturada de tal forma que não exclua automaticamente valores que podem ser marcantes no processo.

Um sistema de indicadores ambientais define os temas e os parâmetros que são prioridade para fazer a avaliação do desempenho ambiental em um município. A seguir serão descritos como foram escolhidos e formulados os indicadores para este estudo.

3.3.1 Escolha dos indicadores

Um município que possua instrumentos de planejamento e gestão sustentável é aquele que, levando em conta suas infraestruturas municipais reduz significativamente ou até mesmo elimina o impacto negativo causado ao meio ambiente e usuários pelas ações de desenvolvimento, criando uma comunidade que consegue um arranjo adequado entre o local e o regional.

Coelho (2008) afirma que não existe o modelo de um sistema, mas sim modelos que expressam diferentes pontos de vista, ideias e objetivos e devem ser aplicados consoante ao estudo caso a caso. Neste trabalho foram elaborados os indicadores que mais interessavam ao planejamento e gestão no município do porte de Lençóis Paulista e suas características. Na definição de um sistema de indicadores é importante que sejam analisados, em termos sistêmicos, as relações que se estabelecem entre os vários elementos do sistema a ser estudado, tendo atenção aos efeitos possíveis sobre o ambiente dessas interações, para desta forma identificar quais os indicadores mais apropriados para o planejamento e gestão do município, não esquecendo a questão colocada anteriormente da capacitação dos municípios para tal tarefa.

Para a elaboração do Sistema Integrado de Planejamento e Gestão Ambiental foi utilizada a metodologia Força-Motriz, Pressão, Estado, Impacto e Resposta (FPEIR) e com os seguinte indicadores, conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Resumo dos critérios utilizados para escolha dos indicadores ambientais

PROBLEMA	INDICADOR	DESCRITOR AMBIENTAL	DESCRIÇÃO
Desenvolvimento Urbano	Força Motriz	Crescimento da população	Área urbana consolidada/Área de expansão urbana
Aumento do consumo de água	Pressão	Disponibilidade X Demanda	Aumento do nº de ligações
Aumento na geração de esgoto	Pressão	Capacidade de tratamento	Projeção da vida útil da ETE

Continuação:

PROBLEMA	INDICADOR	DESCRITOR AMBIENTAL	DESCRIÇÃO
Aumento na geração de resíduos	Pressão	Como é disposto	Tipo de destinação
Aumento da impermeabilização do solo	Pressão	Expansão urbana	Nº de loteamentos Tamanho dos lotes
Cobertura Vegetal	Estado	Situação das APP e uso do solo	área adequada X Área degradada
Quantidade de água	Estado	Água superficial disponível	Q7,10 Água capitada
Qualidade da água	Estado	Tipo de tratamento	Qualidade da água distribuída
Interferência no uso do solo	Impacto	Áreas de expansão urbana	Diminuição de áreas vegetadas
Interferência no Recurso Hídrico	Impacto	Áreas de expansão urbana	Assoreamento Alteração do regime hídrico

A escolha dos indicadores da Tabela 3 consistiu nos indicadores mais relevantes para uma administração municipal que tem sob sua responsabilidade o aumento populacional que demanda por moradia, água potável, afastamento e tratamento dos efluentes gerados, disposição adequada dos resíduos gerados, questões referentes à drenagem urbana, tudo isso sem deixar o município perder a qualidade ambiental devendo para tanto atender à legislação ambiental, dos recursos hídricos e de saneamento.

Os indicadores foram selecionados considerando-se o uso e ocupação do solo e a água, pois estas variáveis se relacionam e reagem conforme as modificações impostas pela ação antrópica.

Para a formulação dos indicadores relativos ao uso e ocupação do solo foram feitas as perguntas:

1. Na área urbana, qual a taxa de impermeabilização do solo?
2. Como está o uso do solo no município? Está adequado à capacidade de uso?
3. Como estão as áreas de Preservação Permanente?
4. A coleta de resíduos abrange todo o município?

5. A destinação final dos resíduos domésticos e dos outros tipos de resíduos é adequada?

Para compor os indicadores referentes à água foram feitas as perguntas:

1. Qual a disponibilidade de água – superficial e subterrânea atualmente explorada?
2. Qual a condição ambiental dos mananciais de água superficial?
3. Os mananciais suportam o aumento de demanda?
4. Como está o Sistema de Abastecimento de Água – SAA com relação à: tratamento adequado garantindo a qualidade, pontos de controle de qualidade da água, controle de perdas no sistema, capacidade de tratamento?
5. Os efluentes recebem tratamento antes de serem devolvidos aos corpos receptores?
6. A eficiência desse tratamento está adequada?
7. Qual a capacidade da ETE – Estação de Tratamento de Esgoto?
8. A montante da captação existe lançamentos que comprometem a qualidade da água?

Na Tabela 4 estão evidenciados os indicadores ambientais selecionados e que são referentes ao uso e ocupação do solo e recursos hídricos.

Tabela 4. Indicadores escolhidos para avaliação da situação ambiental no município de Lençóis Paulista – SP

Força Motriz	**Pressão**	**Estado**	**Impacto**	**Resposta**
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO				
Aumento da População	- Taxa de impermeabilização do solo - Área de supressão de vegetação - Resíduos sólidos gerados	- Uso e ocupação do solo - Capacidade de uso do solo - Área urbana consolidada - Área de preservação permanente - APP degradada/preservada	- Ocupação desordenada - Áreas de inundações - Conflito de uso do solo - Conflito de uso em APP - diminuição de áreas de recarga do aquífero	- APP (mata ciliar) recuperada - Banco de dados com SIG - Lei de Zoneamento - Plano Diretor - Plano de Saneamento - Atuação dos Conselhos municipais
ÁGUA				
Aumento da População	- Aumento da demanda por água - Aumento da	- Oferta de água: superficial e subterrânea - Qualidade da água:	- Diminuição da capacidade hídrica - Incidência de	- Cadastramento dos poços e captações do município

	geração de efluente	superficial e subterrânea - Lançamento de efluentes - Áreas irrigadas - Eficiência do sistema de abastecimento e tratamento de esgoto	doenças de veiculação hídrica - Eutrofização do corpo receptor de água - Necessidade de tratamento maior da água - Falta de água	- Banco de dados com SIG - Ações de fiscalização - Instrumentos de punição – Multas - Ações educativas

3.3.2 Indicador de Força Motriz

Para este indicador foi considerado o desenvolvimento urbano impulsionado pelo crescimento da população e será o mesmo para o uso e ocupação do solo e para os recursos hídricos. O indicador de Força Motriz foi calculado com dados de projeção populacional e dado de expansão urbana contida no Plano Diretor Municipal.

3.3.3 Indicadores de Pressão

Os indicadores de pressão para o uso e ocupação do solo foram escolhidos para traduzir quais as demandas mais significativas que contribuem para as alterações ambientais. Dessa forma foram consideradas:

1. a taxa de impermeabilização do solo que traduz a expansão urbana e a implantação de novos conjuntos habitacionais e distritos industriais;
2. quanto esta expansão está provocando a supressão de cobertura vegetal;
3. quanto esta sendo gerado de resíduo sólido.

A taxa de impermeabilização, as áreas de supressão de cobertura vegetal e a geração de resíduos foram obtidas por dados fornecidos pelo município de Lençóis Paulista.

Os indicadores de pressão para a água foram obtidos também por informações fornecidas pelo município através dos dados de seu Plano de Saneamento que foi concluído recentemente e são eles:

1. Aumento da demanda pela água, pois os usos múltiplos devem priorizar o consumo humano;

2. Aumento na geração de efluente, pois o aumento da demanda pela água impacta diretamente neste indicador.

3.3.4 Indicadores de Estado e Impacto

Os indicadores de Estado e os de Impacto foram obtidos através do diagnóstico ambiental apoiado por um SIG que garantiu agilidade e precisão na quantificação das variáveis estudadas para o uso e ocupação do solo e recursos hídricos além de permitir a formação de uma base de dados atualizável para o município, que disporá desta ferramenta para futuras ampliações desta base de dados e de suas analises. As informações referentes a esses indicadores também foram obtidos pelas informações contidas no Plano de Saneamento do município.

3.3.5 Indicadores de Resposta

Os indicadores de resposta foram escolhidos a partir de ações contidas em planos municipais, que responderiam de forma adequada aos impactos sofridos pela pressão, para que ao longo do tempo o processo de planejamento e gestão avalie se as ações contidas nos planos estão sendo cumpridas de forma eficiente. Dentre os indicadores de Resposta foi incluído o que avalia as informações geradas pela criação de um banco de dados com SIG pela eficiência e precisão que proporcionam, além de criar para a administração pública uma ferramenta de sistematização da informação eficiente.

3.3.6 Formulação dos Indicadores

Para formulação dos indicadores foi utilizada a metodologia descrita por Coelho, 2008 que utilizou um indicador/índice global para a avaliação da sustentabilidade de novos empreendimentos. Neste estudo se adaptou esta metodologia para a avaliação da gestão ambiental em um município. Desta forma o índice total é formado pela soma dos valores parciais de cada ação multiplicada pelos pesos definidos conforme a expressão 1.

$$V(ta) = v1(a).w1 + v2(a).w2 + v3(a).w3 + ... + vn(a).wn \quad \textbf{(1)}$$

Onde:

V(ta) – Valor Total da ação a;

v1(a), v2(a), ... vn(a) – Valor parcial da ação “a” nos critérios 1, 2, ..., n;

w1, w2, ..., wn – Pesos ou Taxas de Substituição dos critérios 1, 2, ..., n.

O peso (taxa de substituição) de um critério é a sua importância no modelo, ou de forma mais simples, a sua taxa de substituição no modelo. Neste trabalho, foram atribuídos pesos aos indicadores descritos a partir de pesquisas bibliográficas e opiniões de especialistas que descrevem graus de importância à cada indicador avaliado, bem como as avaliações feitas pelos planos de bacias. Desta forma, a atribuição dos pesos variou de acordo com o indicador/índice que representa a unidade do valor total.

Também segundo Coelho (2008)foram estipuladas as seguintes regras para os indicadores:

1. A soma dos pesos ou taxas de substituição devem ser igual a 1;
2. O valor parcial de uma ação com impacto no nível Bom é igual a 100 em todos os critérios;
3. O valor parcial de uma ação com impacto no nível Neutro é igual a 0 em todos os critérios;
4. O valor global de uma ação com todos os impactos no nível Bom é 100 (já que o somatório dos pesos é 1 e os valores parciais de uma ação com impacto no nível Bom é 100 para todos os critérios);
5. O valor global de uma ação com todos os impactos no nível Neutro é 0 (já que o somatório dos pesos é 1 e os valores parciais de uma ação com impacto no nível Neutro é 0 para todos os critérios).

Para cada indicador foi aplicada a tabela de valores equivalentes que seguiu a definição da Tabela 5.

Tabela 5. Critérios definidos para atribuição de valores aos indicadores ambientais

SITUAÇÃO	AÇÃO	VALORES
Ótima	Totalmente adequada	100
Bom	Adequada com alguma restrição	80
Regular	Consolidada buscando adequações	60
Ruim	Inadequada passível de recuperação	30
Péssima	Inadequada sem possibilidade de recuperação	0

Para cada indicador foi gerado um valor ou faixa de valor, que corresponde ao valor da ação equivalente. Para cada ação foi definido um valor que corresponde aos critérios da situação correspondente. Desta forma para o valor de cada ação encontrado pelos parâmetros analisados e, enquadrando-os aos valores referidos, pode ser encontrado o valor do indicador. Esses valores serão multiplicados pelos pesos atribuídos, expressão 1, e somados para que se chegue ao valor total de avaliação, tendo então os valores parciais que permitirão saber quais áreas são prioritárias para intervenção e como está o município frente às questões ambientais e dos recursos hídricos.

A expressão 2 demonstra a forma de cálculo do Indicador Geral final:

$$\mathbf{IG = (IFM \times P1_{IG}) + (IPA \times P2_{IG}) + (IEA \times P3_{IG}) + (IIA \times P4_{IG}) + (IRA \times P5_{IG})} \quad \mathbf{(2)}$$

Onde:

IG= Indicador/Índice Geral

IFM=Indicador de Força Motriz

IPA=Indicador de Pressão Ambiental

IEA=Indicador de Estado Ambiental

IIA=Indicador de Impacto Ambiental

IRA= Indicador de Resposta Ambiental e

$P1_{IG;}$ $P2_{IG;}$ $P3_{IG}$; $P4_{IG}$e $P5_{IG}$= Pesos do Indicador Geral

Sendo:

$P1_{IG} = P2_{IG} = P3_{IG} = P4_{IG} = P5_{IG} = 0{,}20$

3.3.7 Formação da base de dados no SIG

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 MNE – Modelo Numérico de Elevação, 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.

3.3.8 Planos

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre as legislações e as elaborações dos planos pertinentes, quais sejam: Plano de Bacia do Tietê-Jacaré, Plano Diretor do Município de Lençóis, Política Ambiental e Plano de Saneamento Básico Municipal.

Essa pesquisa foi realizada para que fosse verificada a compatibilização desses planos e suas relações com as áreas ambientais e de recursos hídricos, uma vez que os planos determinam áreas de expansão urbana, taxa de crescimento da população e esses fatores tem impacto direto sobre os recursos naturais e a área rural.

3.3.9 Elaboração do Diagnóstico Ambiental e dos recursos hídricos

O diagnóstico ambiental foi realizado para compor os indicadores de Estado e de Impacto, 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.

3.3.9.1 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. Estes mapas serviram para a extração de alguns parâmetros de caracterização da bacia, que compuseram de forma indireta os indicadores de Estado e Impacto. Também formaram a base para a geração do mapa de capacidade de uso do solo.

3.3.9.2 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, mata ciliar, cultura perene, cultura anual, área urbana consolidada, edificações rurais, vegetação nativa e silvicultura. A partir dessa classificação foi gerado o mapa de usos da área da bacia do Rio Lençóis.

3.3.9.3 Geração de APP

Foram geradas as Áreas de Preservação Permanente - APP pela rede de drenagem atualizada, nos cursos de água, bem como nas nascentes que devem apresentar APP diferenciada, segundo o Código Florestal Lei nº 12.727/2012. Utilizou-se para tanto a ferramenta Buffer, do gvSIG.

3.3.9.4 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. O cruzamento de mapas foi realizado no gvSIG.

3.3.9.5 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. Foram consideradas as capacidades de uso do Grupo A, Classes I, II, III e IV que referem-se ao cruzamento das informações de solo e declividade.

3.3.9.6 Mapa de conflitos de usos

O mapa de conflitos de usos foi gerado com o cruzamento do mapa de uso no local e o mapa de capacidade de uso. Também foi gerado um mapa específico de conflito em APP.

3.3.9.7 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. Estes dados foram utilizados para composição dos indicadores de forma indireta.

Para a obtenção do balanço hídrico da bacia do Rio Lençóis foi utilizado um programa desenvolvido por Rolim et al. (1998). 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:

$$Ih=(EXC/ETP)*100 \quad (3)$$

onde:

- Ih = 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:

$$Ia= (DEF/ETP)*100 \quad (4)$$

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:

$$Im=Ih-Ia \quad (5)$$

onde:

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

3.3.9.8 Disponibilidade de Água

A disponibilidade de água foi verificada pela $Q_{7,10,}$ que representa a vazão mínima anual de 7 dias consecutivos com 10 anos de período de retorno, da vazão regionalizada do DAEE – Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. Também foram realizadas medições diretas de vazão nos corpos de água da bacia. A medição teve como objetivo a verificação da variação das vazões nos períodos de cheia e estiagem e foi agregado aos indicadores de estado e impacto. 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. As velocidades foram medidas com o uso do molinete que é um equipamento que contém um hélice que gira quando é colocada no sentido do fluxo da água.

3.3.9.9 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.

3.3.9.10 Caracterização fisiográfica 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. Esses parâmetros formaram a base de dados para os indicadores de uso e ocupação de forma indireta.

a) Área de Drenagem

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

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:

$$Kc=0,28* (P/ \sqrt{A}) \quad (6)$$

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

c) Fator de Forma

Outro índice indicativo de maior ou menor tendência à enchente é o fator de forma, que é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia. Mede-se o comprimento da bacia pela distância da foz até a nascente do rio principal. A largura média é obtida dividindo-se a área da bacia pelo seu comprimento. Desta forma temos:

$$Kf = A/L^2 \quad (7)$$

onde: A - área da bacia

L - comprimento da bacia

d) Padrões de drenagem 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:

$$D = \Sigma \ell (R, C, T) / A \quad (8)$$

Onde: D - densidade de drenagem, em km/km²

A - área da sub-bacia, em km²

Σℓ (R, C, T) - somatório dos comprimentos das ravinas, canais e tributários na sub-bacia, em Km.

e) Sinuosidade do Curso de Água

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

$$Sin = \frac{Lp}{Lr} \tag{9}$$

f) 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.

$$S = \frac{H}{L} \tag{10}$$

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.

g) 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:

$$H = \left(\frac{\sum_1^n 1\ cn \times \Delta h}{A}\right) \times 100 \quad (11)$$

Onde: H - declividade média (%);

$\sum_1^n 1\ cn$- somatório dos comprimentos de todas as curvas de nível, na sub-bacia (hm);

Δh- 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.

3.3.10 Diagnóstico da gestão municipal

Foi realizado um levantamento sobre o Plano Diretor e Lei de Zoneamento do município de Lençóis Paulista para serem mapeadas as áreas de expansão previstas e as restrições de zoneamentos impostas pela lei. Também foi analisado o Plano de Saneamento do município que define diretrizes relativas ao abastecimento de água e esgotamento sanitário, bem como drenagem e resíduos. Além desses planos também foi analisada a Política de Meio Ambiente do município. Tais consultas foram realizadas por entender que os aspectos da gestão municipal obrigatórios pela legislação federal, estadual e municipal é que formam a base do planejamento e gestão municipal e fornecem informações para a construção dos indicadores.

Pelos dados que constam nos planos municipais com projeções de crescimento populacional, definições de áreas de expansão urbana, demandas pela água e os dados fornecidos pelos departamentos municipais sobre o sistema de abastecimento de água pode-se elaborar um mapeamento que auxiliou na determinação dos índices e a construção da matriz FPEIR.

3.3.11 Composição do sistema de avaliação ambiental e de RH para planejamento e gestão municipal

A compilação de todos os dados sobre os indicadores escolhidos e seus respectivos pesos e valores, que gerou um indicador geral final foi executada em planilhas Excel que permitem a avaliação da gestão ambiental municipal para ajustes de planejamento e formulação de políticas públicas adequadas.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Diagnóstico ambiental

Serão apresentados a seguir os resultados obtidos pelo diagnóstico ambiental elaborado a partir da tecnologia de geoprocessamento que garantiu uma maior agilidade e precisão na aquisição e geração das informações e possibilitou a atribuição de valores, diretos e indiretos aos indicadores de Estado e Impacto.

4.2 Disponibilidade de Água Subterrânea

As informações que seguem foram extraídas do PMSB do município de Lençóis Paulista – SP, segundo o qual a extração de água subterrânea pelo município ocorrem em três aquíferos existentes na área que são:

a) **Aquífero Bauru:** Aquífero de natureza intergranular, livre e semi confinado, equivale às ocorrências das rochas sedimentares permeáveis das formações Adamantina e Marília. Tem importante papel na manutenção do fluxo de base dos

córregos e rios da região sendo que o seu contato inferior com as rochas basálticas, propicia a ocorrência de nascentes à meia encosta, alimentadas por esse aquífero. Possui 10 poços outorgados que correspondem a uma vazão total de 97,9 m³/h.

b) **Aquífero Serra Geral:** Aquífero do tipo fissural, livre e semi confinado, com forte anisotropia, equivale às ocorrências de fraturas e fissuras da rocha basáltica da formação homônima, camadas entre derrame, por vezes preenchidas com arenitos. Esse aquífero é, em geral, explorado de forma conjunta com outros aquíferos (Bauru ou Guarani) dificultando a avaliação da sua capacidade de produção em separado. O Aquífero Serra Geral apresenta na área, poços com valores de capacidade de produção bastante variáveis, sendo que o valor médio é da ordem de 15 m3/h. Os dados disponíveis de profundidade do nível estático nos poços existentes possibilitaram evidenciar o abatimento piezométrico decorrente da intensa explotação na área urbana e distrito industrial que possui 49 poços com outorga de direito de uso da água captada do Aquífero Serra Geral, com vazão total autorizada de 891,40 m3/h.

c) Aquífero Guarani: Aquífero de natureza intergranular e eventualmente fissural, equivale às ocorrências em sub-superfície das formações Botucatu e Pirambóia, semi-confinado e confinado. O Aquífero Guarani se apresenta confinado na área do município de Lençóis Paulista e não possui recarga, ou seja, a água retirada não é reposta por água nova proveniente da infiltração profunda da água pluvial. A área de recarga está localizada a mais de 40 km. Considerando que a cota piezométrica na área de recarga seria 100 m, os valores de condutividade hidráulica resultam em velocidade de fluxo da água da ordem 1,0 m/ano, ou seja, o período de tempo necessário para a agua que se infiltra na área de recarga chegar a Lençóis Paulista é da ordem de 40.000 anos. Nessa condição a reposição da água extraída é feita por meio da transferência de água das áreas vizinhas e tem como consequência desse efeito o abatimento piezométrico, ou seja, a queda progressiva do nível piezométrico resultante da extração da água.

A consequência imediata do abatimento piezométrico é o aumento do consumo de energia elétrica necessária para o bombeamento da água até a superfície. Diversos autores descrevem as consequências do abatimento piezométrico quando esse atinge níveis críticos, podendo causar sismos e a degradação da qualidade da água. Portanto, existe uma necessidade imperiosa de controlar os abatimentos piezométricos. Existem 17 poços que possuem outorga de direito de uso da água captada do Aquífero Guarani, localizados na sub-bacia do Rio Lençóis com vazão total autorizada que equivale a 1.870 m³/h e os principais usuários são: a empresa Lwarcel (70%) e SAAE (25%). As características de condições de ocorrência e de qualidade natural da água impõem que o aproveitamento da água do Aquífero Guarani privilegie o consumo humano considerando-a uma reserva estratégica para as futuras gerações e reduzindo gradualmente os usos para fins sanitários e higiênicos, perdas na rede de abastecimento e usos industriais.

A estimativa da vazão disponível para aproveitamento subterrâneo (Qsub) a partir da metodologia que utiliza o valor de Q7,10, indicou o valor de 38.088 m3/h para a UGRHI 13 (Plano de Bacia Tietê-Jacaré, 2008).A área da UGRHI 13 é de 11.803,87 km2 e o valor especifico é de 3,23 m3/h/km2. Foi considerada uma área de 50 km2 ao redor da cidade de Lençóis Paulista que resultaria numa vazão disponível equivalente de 160 m3/h, que é significativamente inferior à vazão de explotação atual de 1.870 m³/h.

4.3 Disponibilidade de água superficial

A bacia do Rio Lençóis, sob o aspecto do saneamento básico possui grande importância, pois o município possui a captação de água para o sistema de abastecimento público da sede municipal e também utiliza o Rio Lençóis como corpo receptor dos esgotos sanitários e efluentes industriais.

Foram realizadas medições diretas de vazão em 14 pontos da bacia do Rio Lençóis, conforme demonstrado pela Figura 8. Algumas medições foram prejudicadas pela dificuldade de acesso aos locais e também pelas datas das coletas, que não foram obtidas medidas.

A Tabela 6 evidencia os resultados obtidos nas medições e as variações do período de estiagem e chuva.

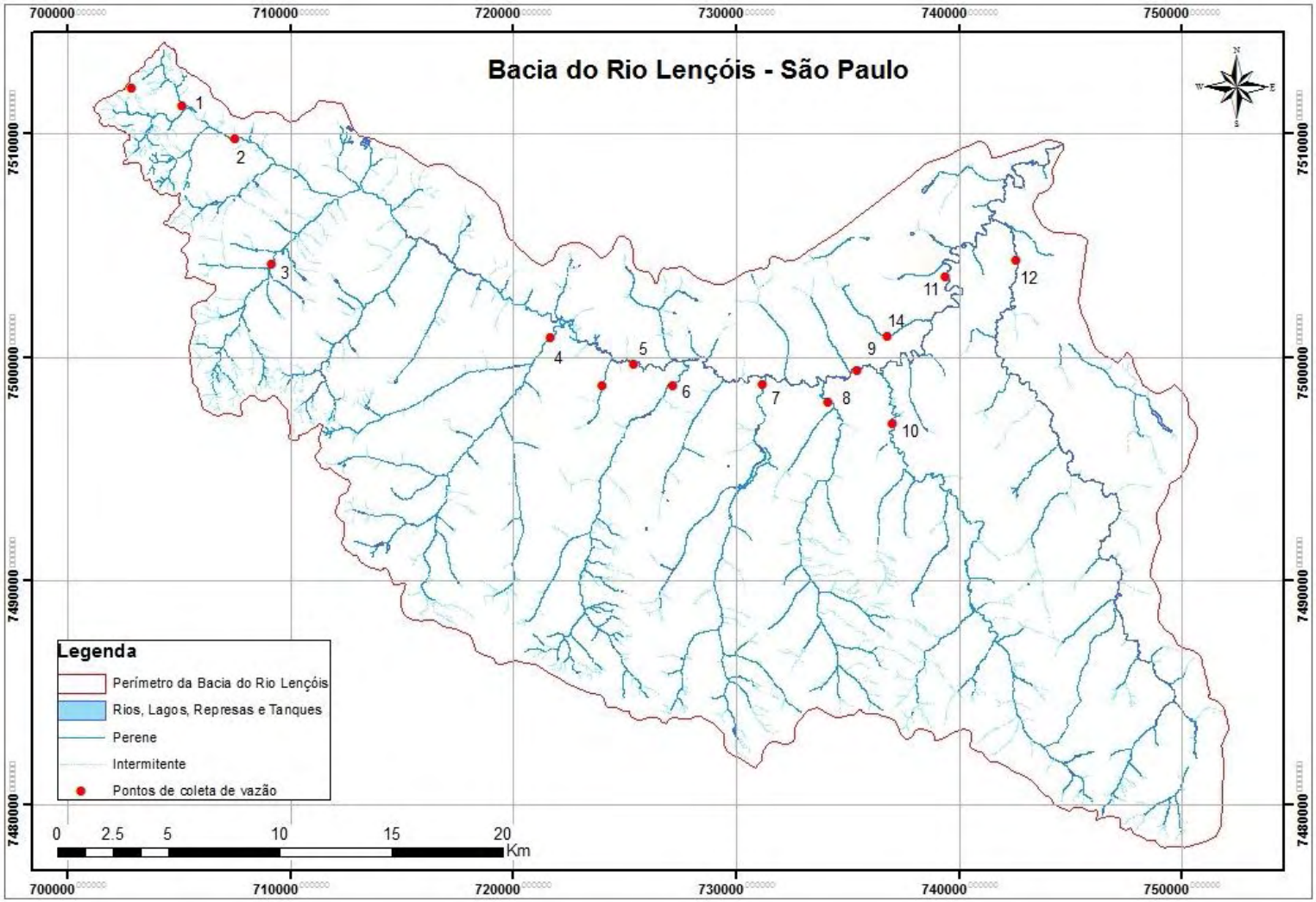


Figura 8. Rede de drenagem da Bacia do Rio Lençóis – SP. Com os pontos onde foram realizadas as medições das vazões.

Tabela 6. Relação dos pontos onde foram realizadas as medições das vazões na bacia do Rio Lençóis - SP

Ponto	Córrego/rio	DATA	Q média m³/s	DATA	Q média m³/s	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	

Pela Tabela 6 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 (0,470m³/s) em comparação com a estação chuvosa (0,296m³/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 0,91m³/s na medição de outubro e 0,15m³/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 (5,716%) 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 8,72m³/s em outubro na estiagem para 19,49m³/s em março.

Estas medições foram importantes para verificação da variação da vazão entre as estações chuvosa e de estiagem, pois alguns pontos evidenciaram uma grande variação. Para verificação da disponibilidade efetiva optou-se pelo uso da vazão regionalizada obtida no DAEE – Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. No ponto próximo à captação (ponto 5) que foi medido somente em março de 2012 (Tabela 6), foi apurada uma vazão de cheia de 2,680 m³/s. No mesmo ponto, a vazão regionalizada pelo DAEE apresenta uma Q_m= 2,6 m³/s. Para efeito de disponibilidade de água superficial será considerada a $Q_{7,10}$ que representa a vazão mínima anual de 7 dias consecutivos com 10 anos de período de retorno e foi verificada no ponto da captação uma $Q_{7,10}$= 1,073 m³/s.

Pelos resultados obtidos fica clara a necessidade de instalação de postos pluviométricos na área da bacia para que essas medidas tenham uma maior confiabilidade e precisão. A Figura 9 evidencia a bacia até o ponto de captação.

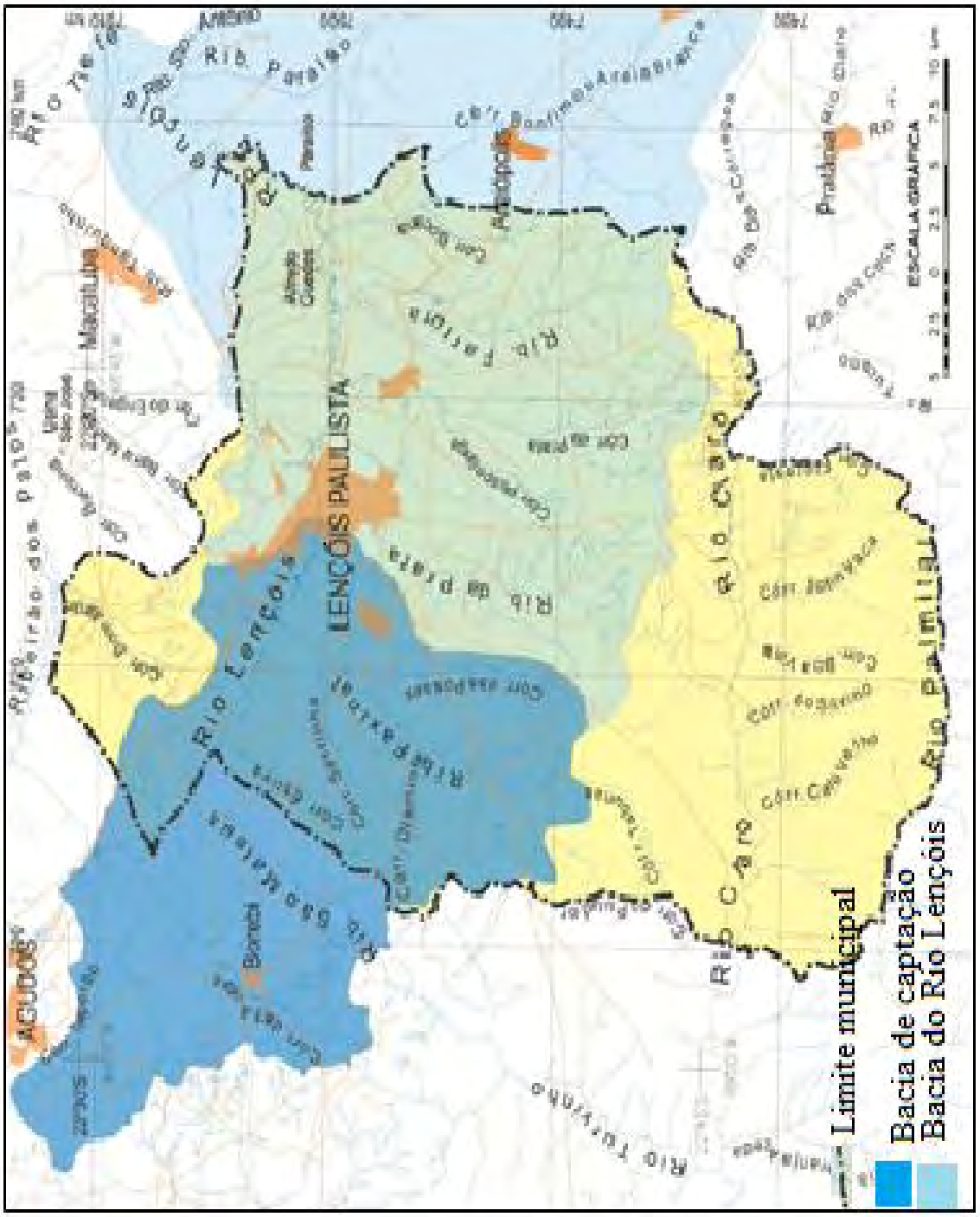


Figura 9. Bacia de captação no Rio Lençóis – SP. Fonte – PMSB, 2012

73

4.4 Balanço hídrico

A Figura 10 mostra a localização das estações cujos dados foram utilizados e a Tabela 7 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.

Pode-se perceber, pela Figura 10, que apenas uma estação encontra-se dentro do limite da bacia. Este fato deve-se a dificuldade de obtenção de dados suficientes para 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 7. Dados de Precipitação - P e Temperatura Média - Tm no período de janeiro a dezembro de 2011.

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

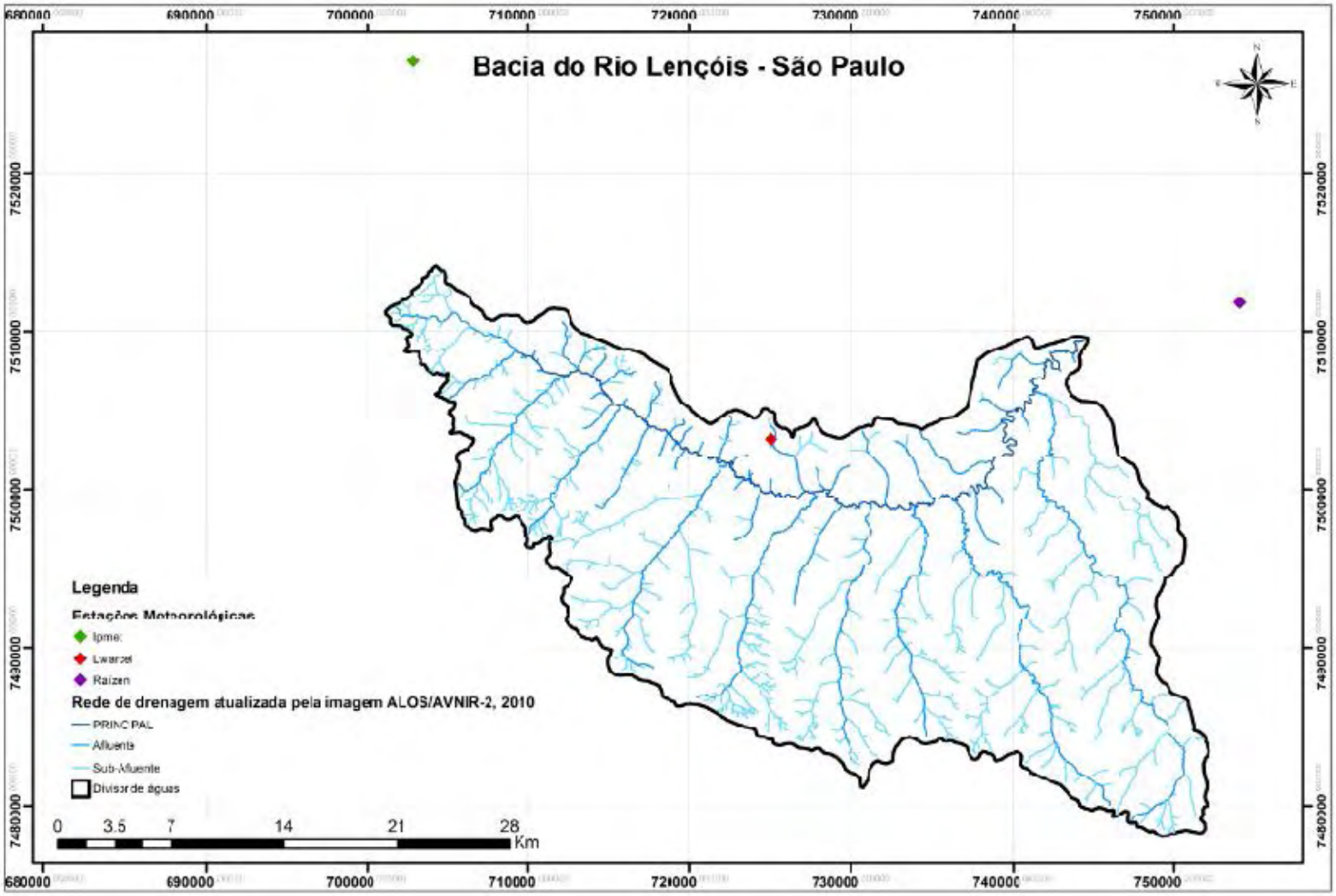


Figura 10. Estações com dados de Precipitação e Temperatura, IPMET, Lwarcel e Raízen

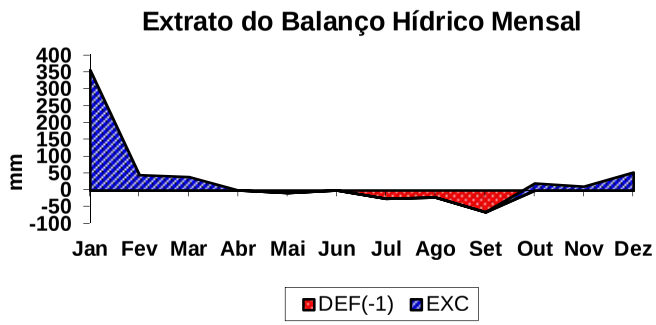
75

Observa-se, pelos dados da Tabela 7, 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.

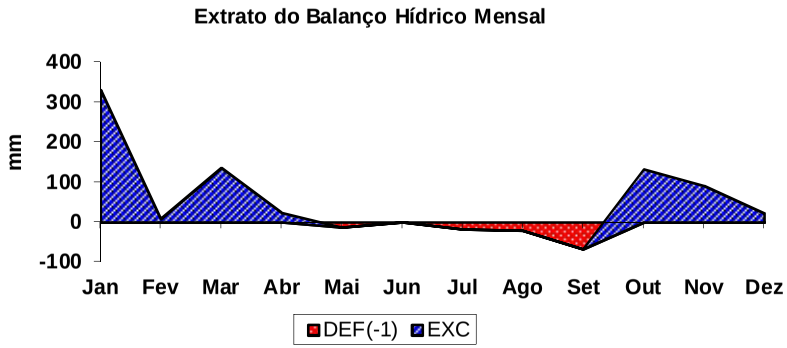
As Figuras de 11 a 14 mostram os gráficos obtidos a partir do BH nos três postos de coleta e com a média.

O balanço hídrico em toda a bacia apresentou-se de forma semelhante e confirmou o clima predominante, pois de outubro a março houve ocorrência de chuvas e de abril a setembro foi o periodo de estiagem. Em outubro iniciou-se a reposição de água no solo e dependendo da quantidade de precipitação, ainda em outubro houve um excedente hídrico que perdurou até março ou abril, quando começou a retirada desse excedente, pela evapotranspiração e vegetação, e por volta do mês de julho até setembro ocorreu a deficiência hidrica.

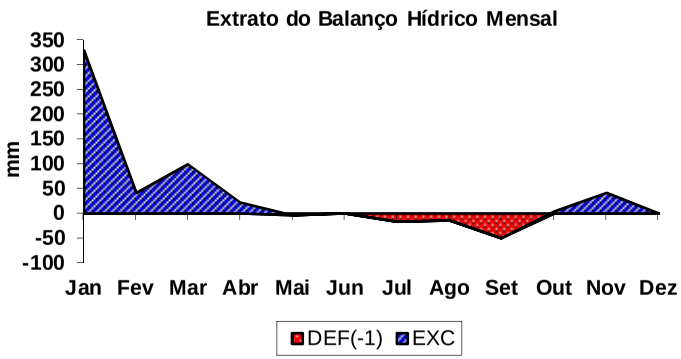
IPMET



Lwarcel



Raízen



Médias

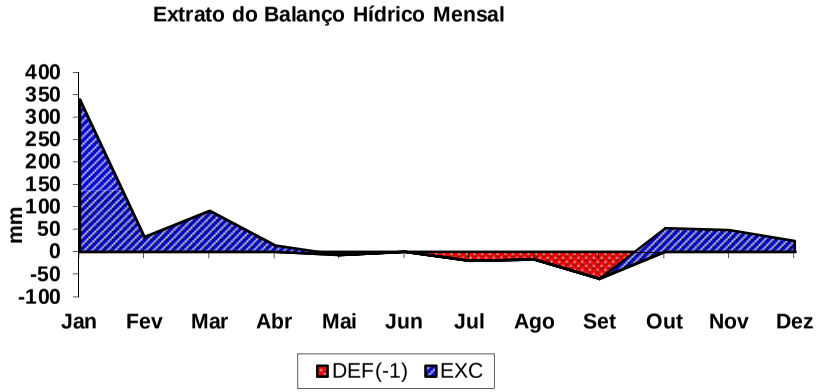


Figura 11**.** Extrato do BH mensal no ano de 2011 na bacia do Rio Lençóis, SP.

77

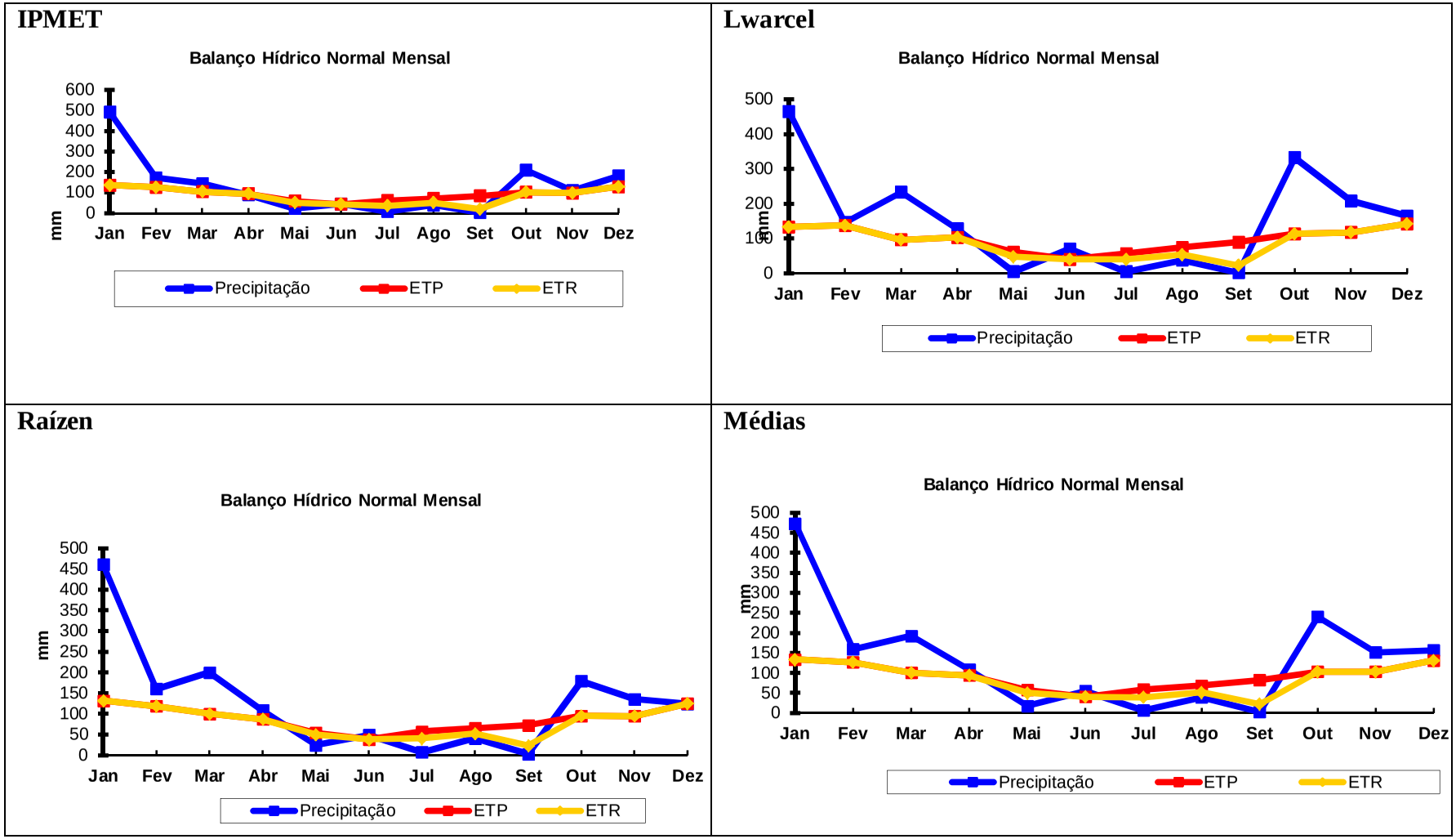


Figura 12. BH normal mensal no ano de 2011 na bacia do Rio Lençóis, SP.

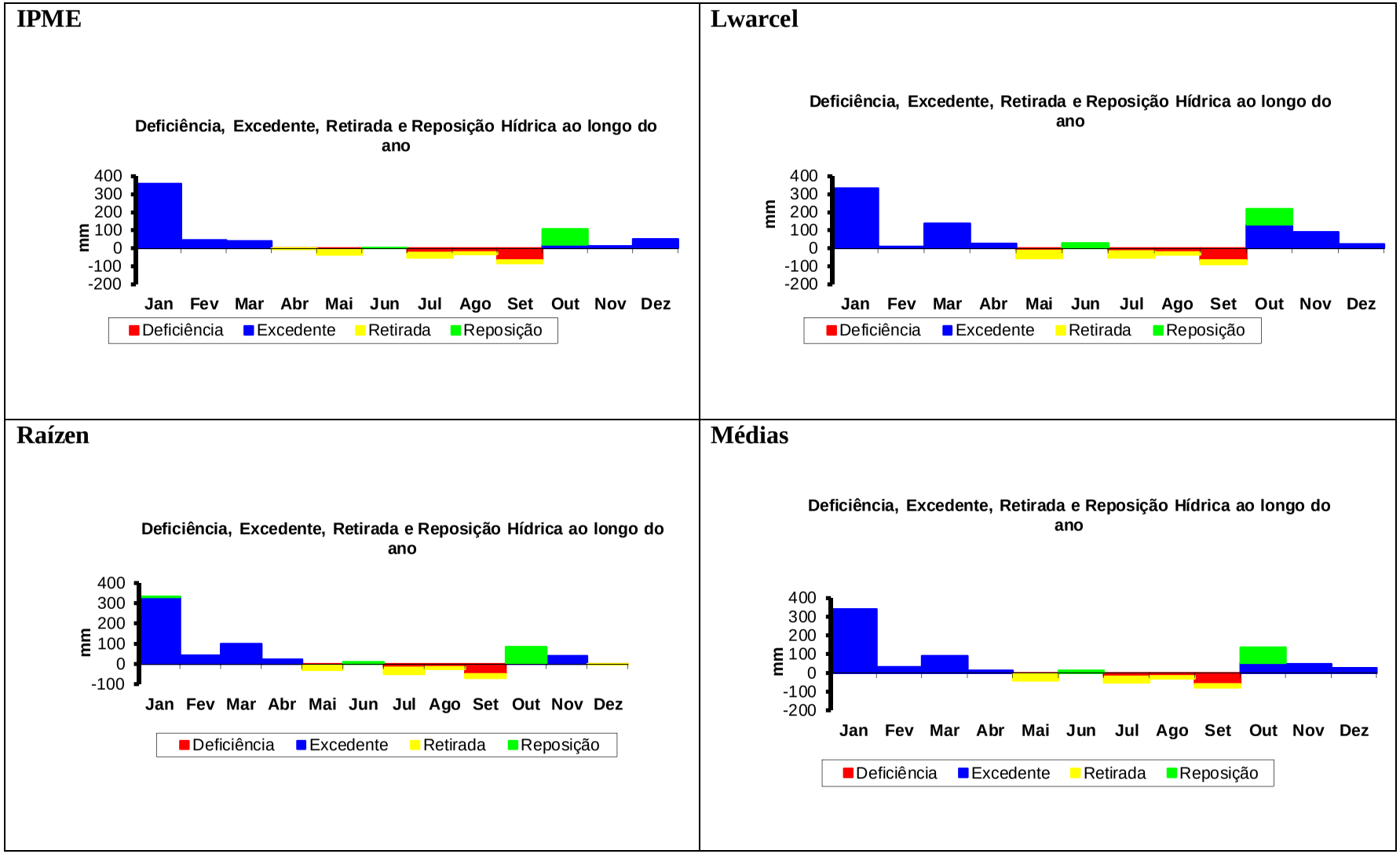


Figura 13**.** Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição hídrica ao longo do ano de 2011 na bacia do Rio Lençóis, SP.

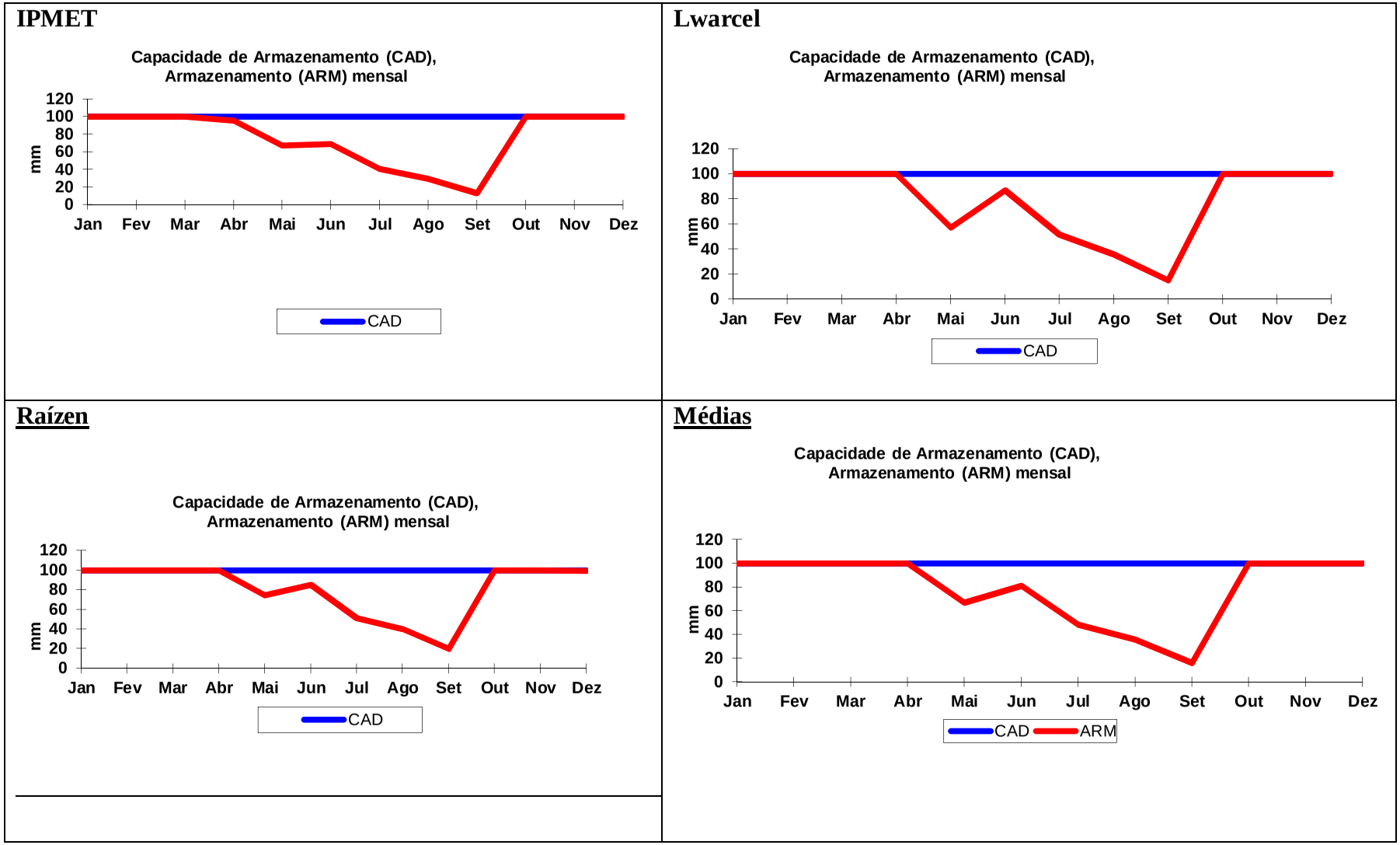


Figura 14. Capacidade de Armazenamento – CAD e armazenamento mensal – ARM, no ano de 2011 na bacia do Rio Lençóis, SP

Pelos valores de défcit e excedente hídricos e evapotranspiração potencial foram calculados os índices: hídrico, de aridez e de umidade. A Tabela 8 demonstra os valores encontrados e estão plotados no gráfico da Figura 15.

Tabela 8. 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
TOTAL	**54,99859**	**9,35276**	**45,64583**

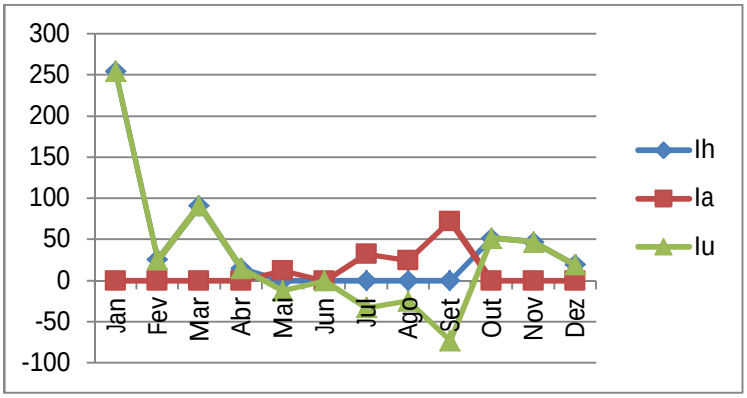


Figura 15. Gráfico com os índices: Hídrico, Aridez e Umidade durante o ano de 2011 na bacia do Rio Lençóis – SP.

Os resultados para os índices anuais foram:

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

Os resultados obtidos para o balanço hídrico foram considerados para a formulação dos indicadores referentes à disponibilidade de água durante o ano.

4.5 Caracterização da Bacia

Para a extração dos parâmetros para caracterização da bacia foi gerado o MNT, Figura 16. A Tabela 9 demonstra a quantificação das faixas hipsométricas.

Tabela 9. Hipsometria da área da bacia do Rio Lençóis – SP

FAIXA ALTIMÉTRICA	**ÁREA – km²**	**%**
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
TOTAL	**942,532**	**100**

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

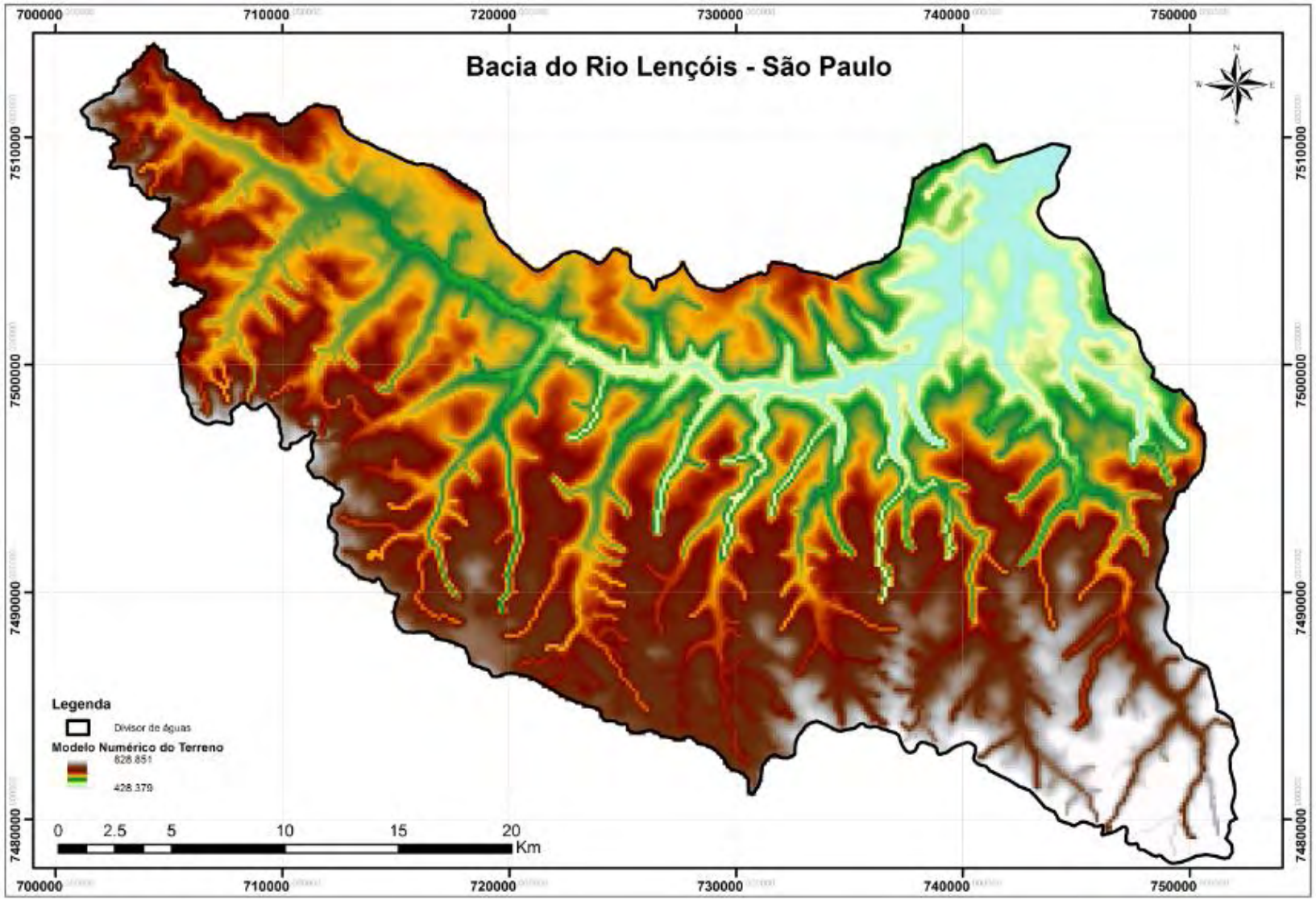


Figura 16. Modelo Numérico do Terreno da área da Bacia do Rio Lençóis – SP.

83

Também foi gerado o mapa de declividade da bacia demonstrado pela Figura 17 e a Tabela 10, que demonstra as quantificações das ocorrências.

Tabela 10. Faixas de declividade encontradas na área da bacia do Rio Lençóis – SP.

FAIXA DECLIVIDADE-%	**ÁREA – km²**	**%**
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
TOTAL	**942,532**	**100**

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.

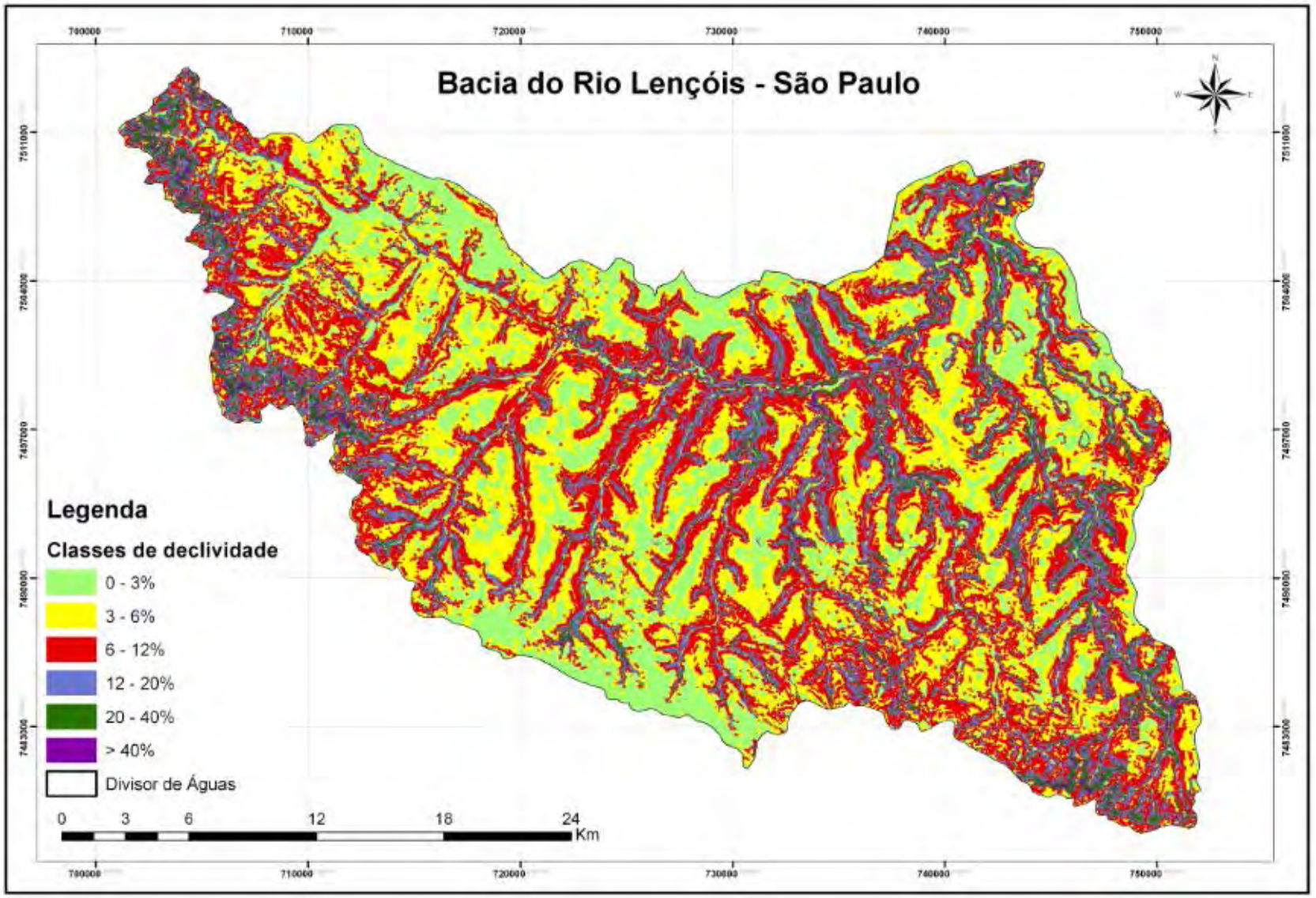


Figura 17. Mapa de declividade da área da Bacia do Rio Lençóis – SP.

A Tabela 11 evidencia as características da bacia do Rio Lençóis em seus aspectos morfométricos.

Tabela 11**.** Características físicas da bacia do Rio Lençóis - SP

Características Morfométricas	**Valores /Unidades**
Área de drenagem (A)	942,532km²
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
Coeficiente 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	5ª
Densidade de drenagem (Dd)	1,091 km/km²
Densidade de drenagem atual (Dd_at)	0,985 km/km²

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/km²), 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/km², respectivamente. O resultado da densidade de drenagem atualizada (0,985 km/km²) pelas imagens de satélite de 2010 classifica a bacia como baixa densidade de drenagem. Em ambas as situações confirmam-se mais uma vez a pequena predisposição para ocorrência de enchentes.

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 apresenta-se como de 5ª ordem.

O índice de sinuosidade de um curso de água é dado pela relação entre o comprimento do rio principal (Lp) 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.

4.6 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 18 e Tabela 12 demonstram os tipos de solos encontrados na área da bacia.

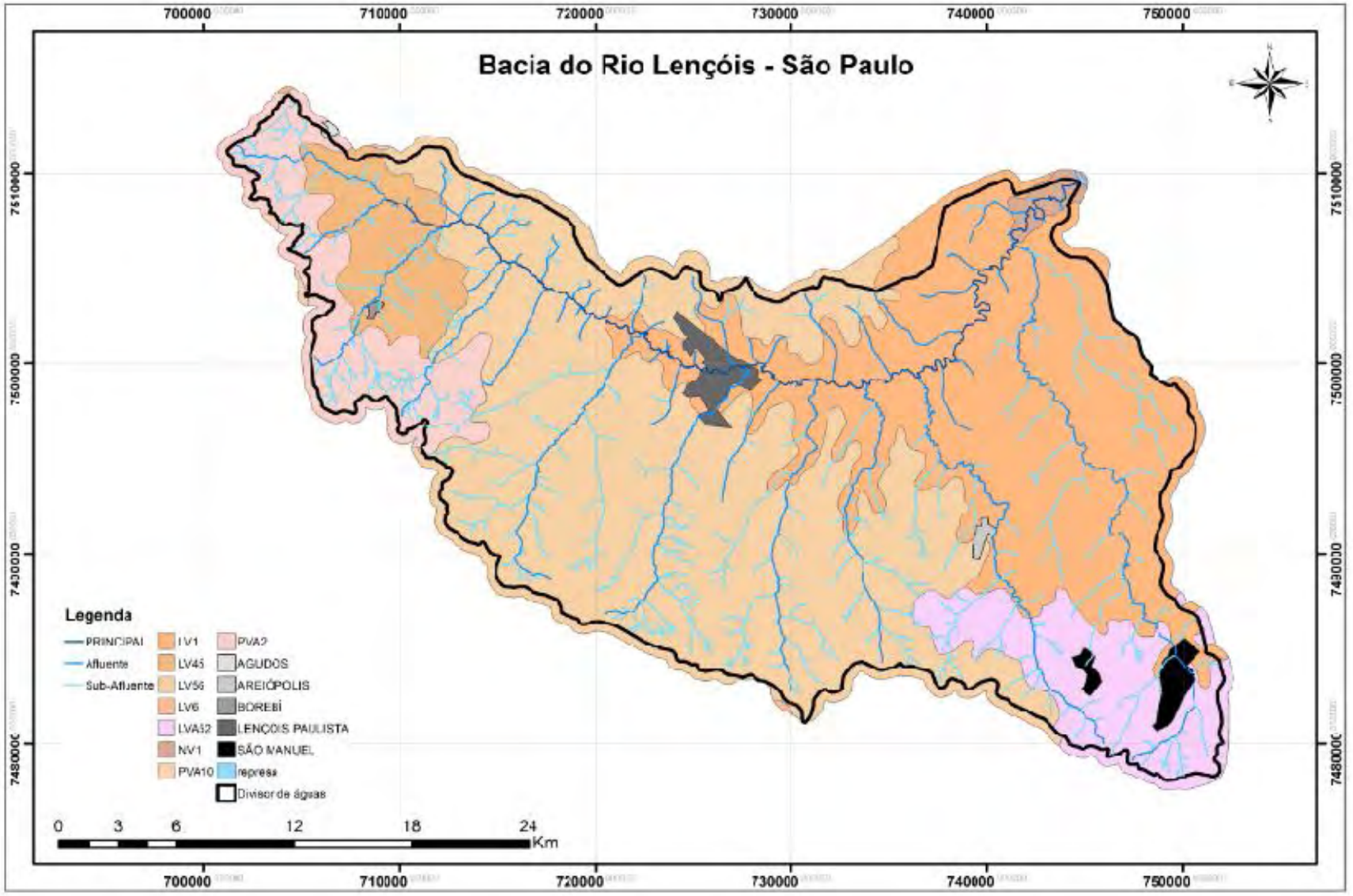


Figura 18. Mapa de solos da área da Bacia do Rio Lençóis – SP.

Tabela 12. Quantificação das ocorrências dos tipos de solo na área da bacia do Rio Lençóis-SP.

TIPO	DESCRIÇÃO	ÁREA Km²	%
LV1	Latossolos Vermelhos eutroférricos e distroférricos A moderado textura argilosa relevo plano e suave ondulado.	307,565	32,55
LV6	Latossolos Vermelhos eutroférricos e distroférricos relevo plano e suave ondulado + Nitossolos Vermelhos eutroférricos 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	8,42
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 eutroférricos + Latossolos Vermelhos eutroférricos ambos A moderado textura argilosa relevo suave ondulado e ondulado.	6,097	0,55
PVA2	Argissolos Vermelhos-Amarelos eutróficosabr·pticos ou não A moderado textura arenosa/média e média relevo suave ondulado e ondulado.	66,891	7,12
TOTAL		**942,532**	**100**

Observando a Figura 18 e Tabela 12 nota-se 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.

4.7 Elaboração do mosaico

Para o mapeamento do uso e cobertura da Bacia do Rio Lençóis, bem como da atualização de sua rede de drenagem, foi elaborado um mosaico composto de três cenas do sensor AVNIR-2, de 2010.

As imagens foram trabalhadas para a montagem do mosaico da bacia, Figura 19, para que fosse realizada a atualização de toda rede de drenagem, bem como o uso e ocupação da área.

4.8 Atualização da rede de drenagem

A rede de drenagem da área da bacia do Rio Lençóis foi vetorizada a partir das cartas do IGC 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 duvida foram eliminadas com pesquisa de campo e relatos dos proprietários das áreas.

A Figura 20 e Tabela 13 demonstram os corpos de água que encolheram ou sumiram durante o período de 1980 (IGC) e 2010 (ALOS).

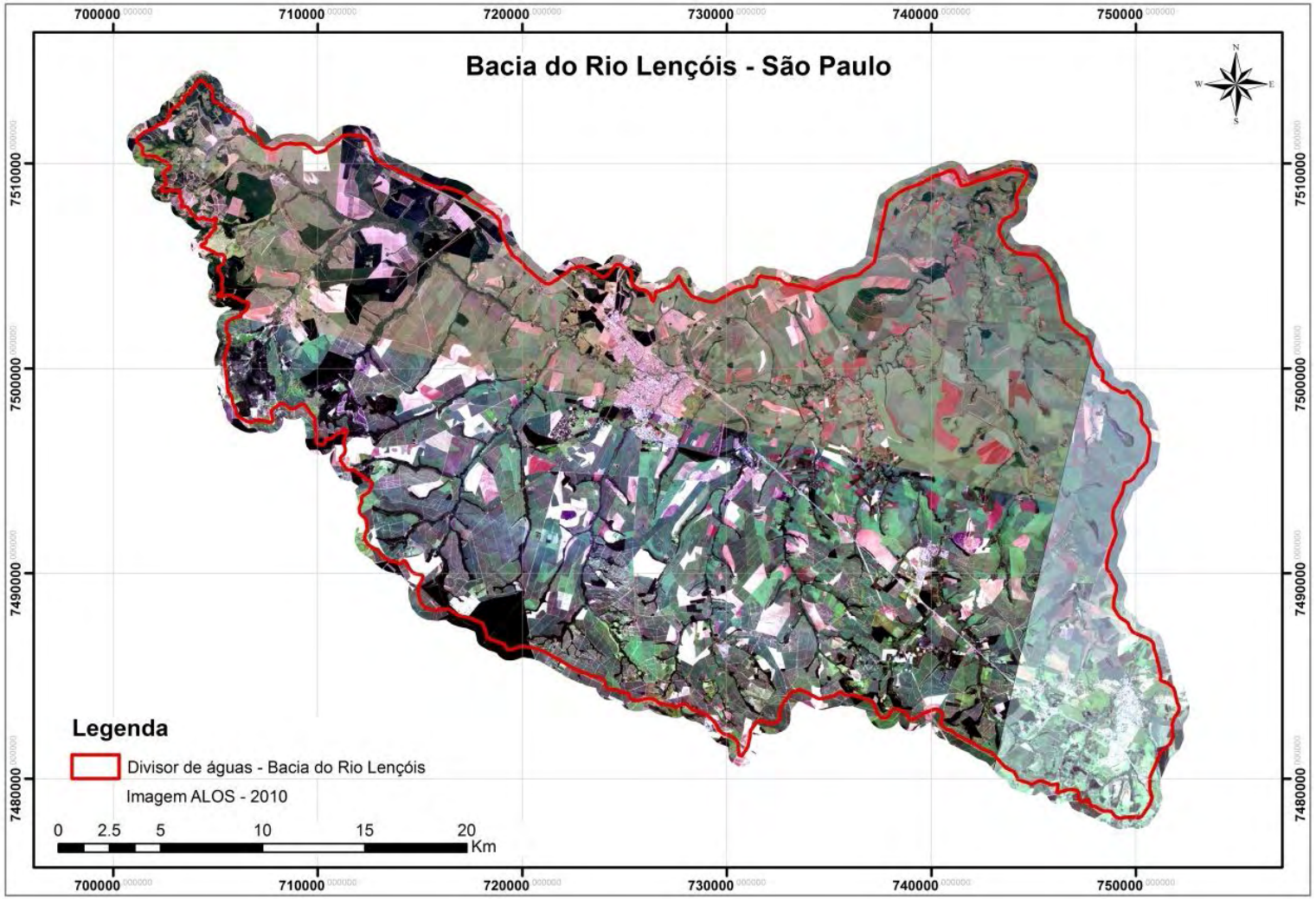


Figura 19. Recorte da Bacia do Rio Lençóis – SP a partir das Imagens ALOS – 2010.

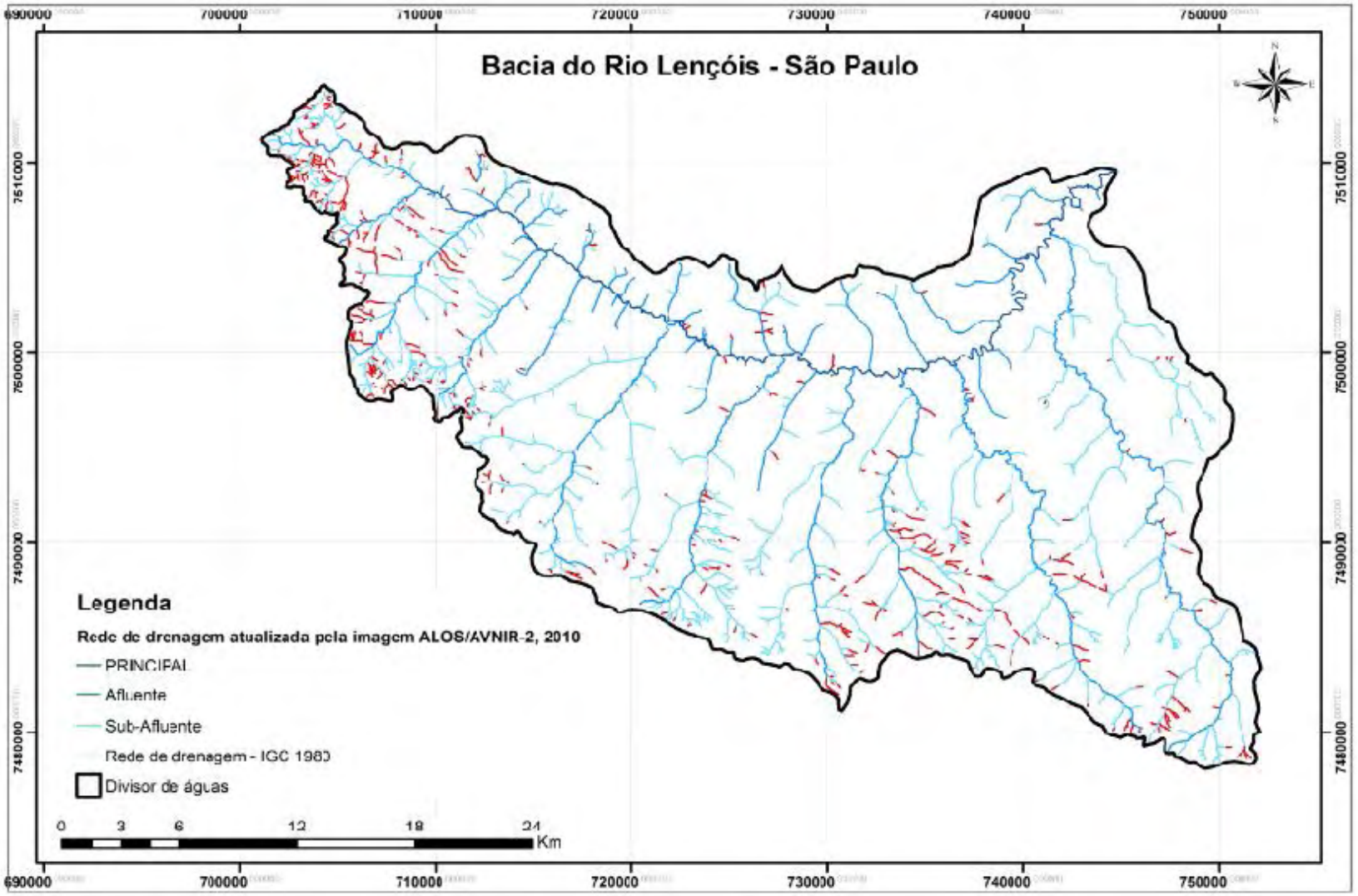


Figura 20. Atualização da Rede de Drenagem da Bacia do Rio Lençóis – SP.

Pela atualização da rede de drenagem pode-se constatar a perda de 17% 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	17 %

4.9 APP

A partir da rede de drenagem atualizada foi gerada a APP, de acordo com a legislação vigente. A Figura 21 demonstra a APP na área da bacia do Rio Lençóis.

Pela APP gerada foi constatada uma área total, incluindo nascentes (50m) e margens (30m) de 56, 466 km².

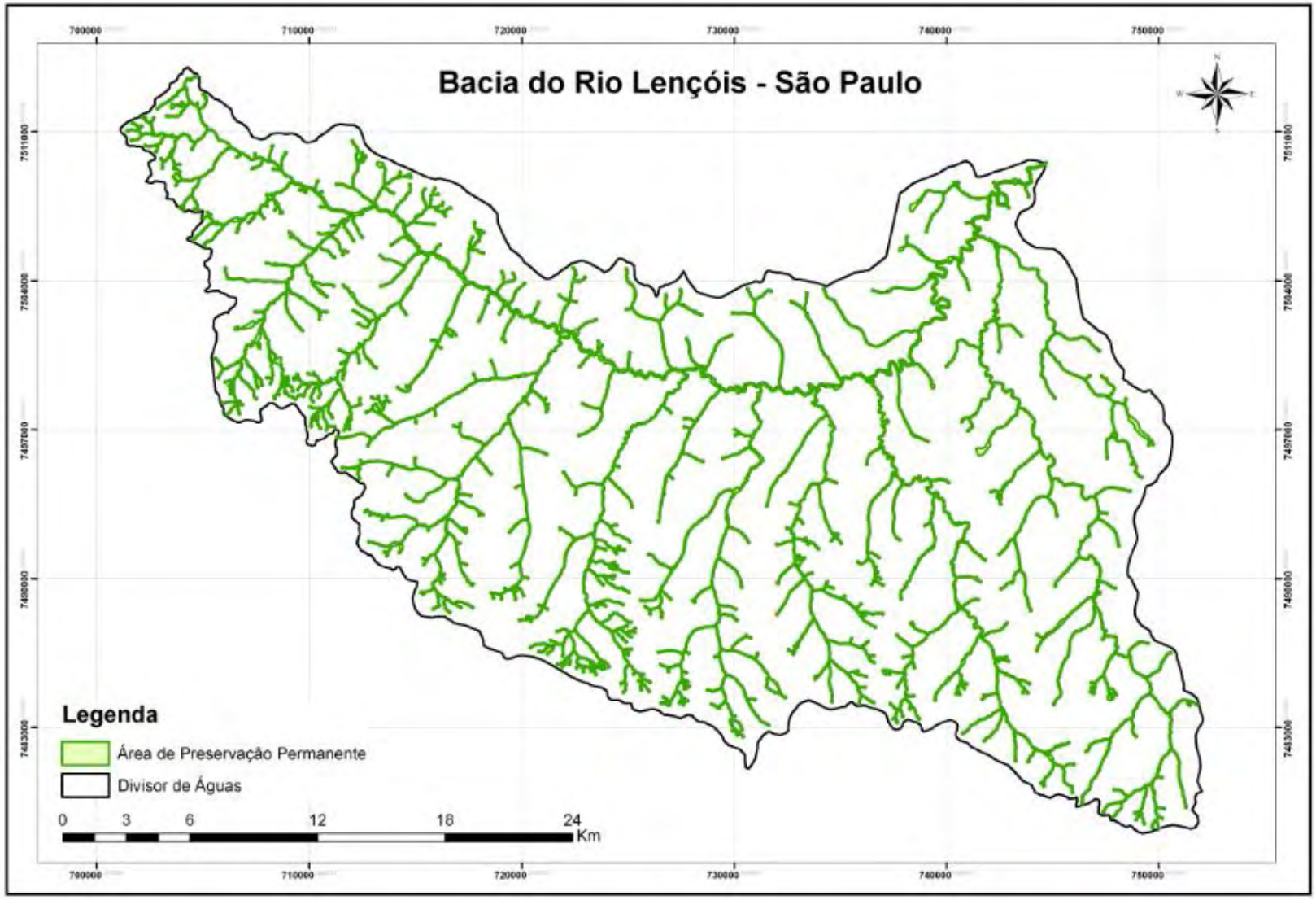


Figura 21. APP da área da bacia do Rio Lençóis – SP.

95

4.10 Mapa de uso e ocupação

A Figura 22 e Tabela 14 trazem os usos identificados pela classificação em tela da imagem ALOS de 2010.

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

USO	**ÁREA – km²**	**%**
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
Agua	1,190	0,126
TOTAL	**942,532**	**100**

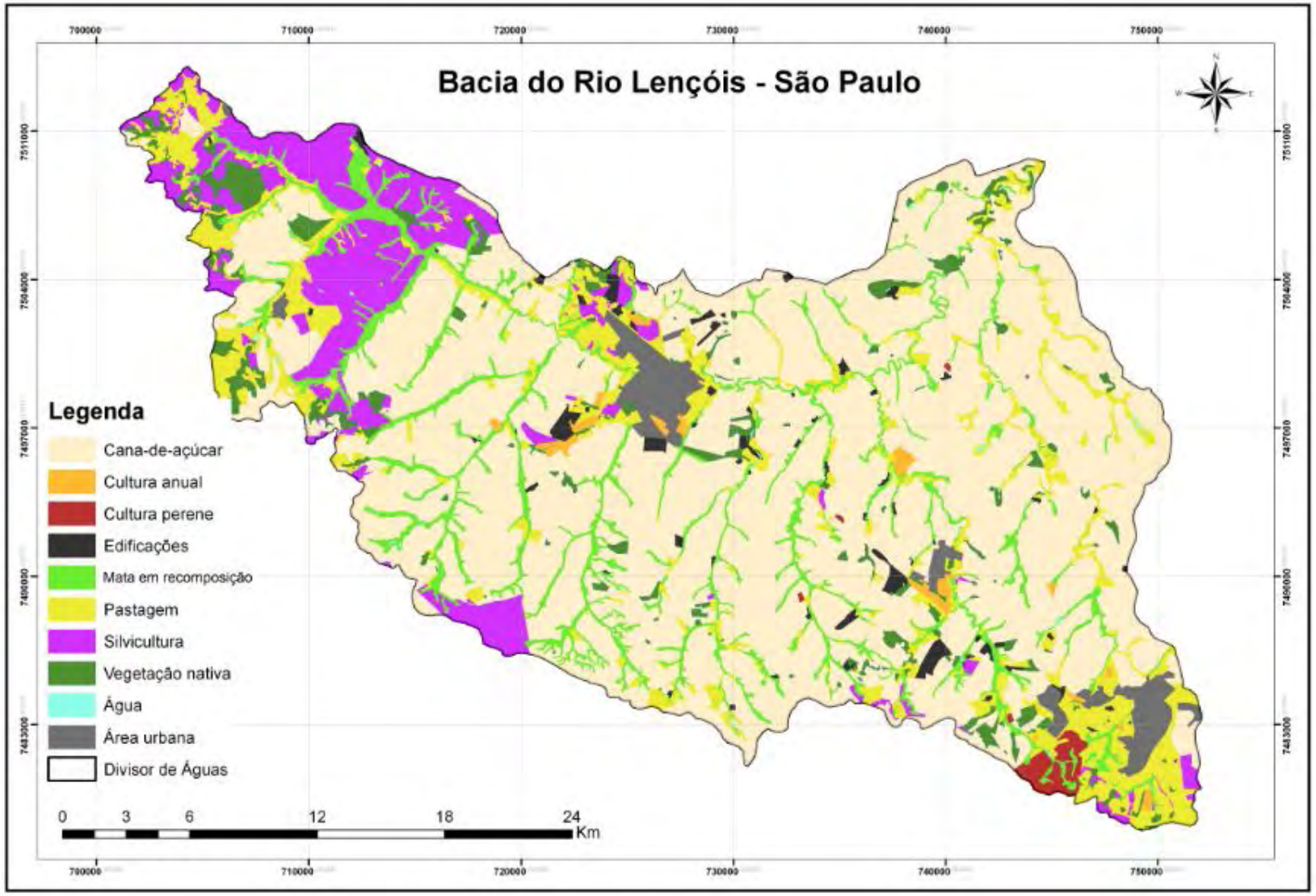


Figura 22. Mapa de uso e ocupação da área da bacia do Rio Lençóis – SP.

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

Tabela 15. Usos encontrados nas nascentes da bacia do Rio Lençóis – SP.

USOS DO SOLO	**ÁREA – km²**
Área Urbana de Lençois Paulista	0,02
Área Urbana de São Manoel	0,04
Silvicultura	0,45
Cana de Açúcar	1,28
Vegetação Nativa	0,48
Mata em recomposição	1,30
Cultura Anual	0,01
Cultura Perene	0,01
Edificações	0,01
Pastagem	0,84
TOTAL	**4,44**

Dos 4,44 km² de APP conjuntamente com as nascentes, apenas 1,78 km² apresentam vegetação adequada.

4.11 Mapa de capacidade de uso

A Figura 23e 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.

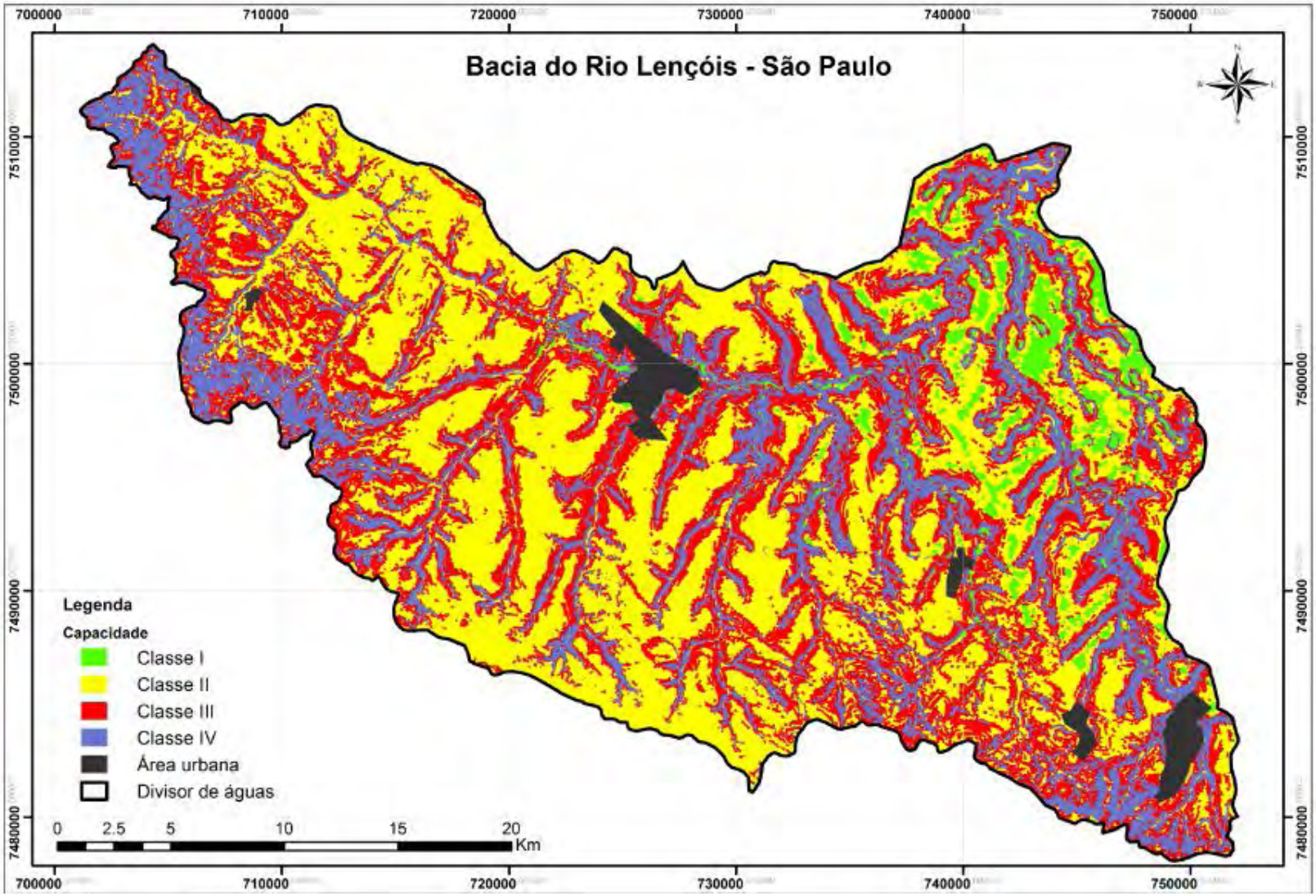


Figura 23. Classes de capacidade de uso do solo segundo Lepschet al.. (1991) na bacia do Rio Lençóis – SP.

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

CLASSE DE USO	**ÁREA – km²**	**%**
Classe I	55,124	5,85
Classe II	461,127	48,92
Classe III	307,622	32,64
Classe IV	118,659	12,59
TOTAL	**942,532**	**100**

Há a predominância da classe II (48,92%) seguida da classe III (32,64%). As terras enquadradas na classe II tem limitações moderadas de capacidade de uso que são controladas a partir de práticas especiais de conservação, resultando em produção segura e permanente se o cultivo for adaptado à região. A classe III apresenta limitação mais acentuada que a classe II, necessitando de praticas de conservação mais intensivas e complexas. Porém, também podem ser cultivadas com todo tipo de cultura sendo observadas as praticas de conservação necessária. Já a classe IV de capacidade de uso caracteriza-se pelo declive acentuado (>12%), erosão severa, suscetibilidade à erosão devendo ser mais indicada a pastagens ou reflorestamento (LEPSCH et al., 1991).

4.12 Mapa de conflitos de usos e conflito em APP

A Figura 24 e a Tabela 17 demonstram as áreas que apresentam conflitos por capacidade de uso e as áreas adequadas.

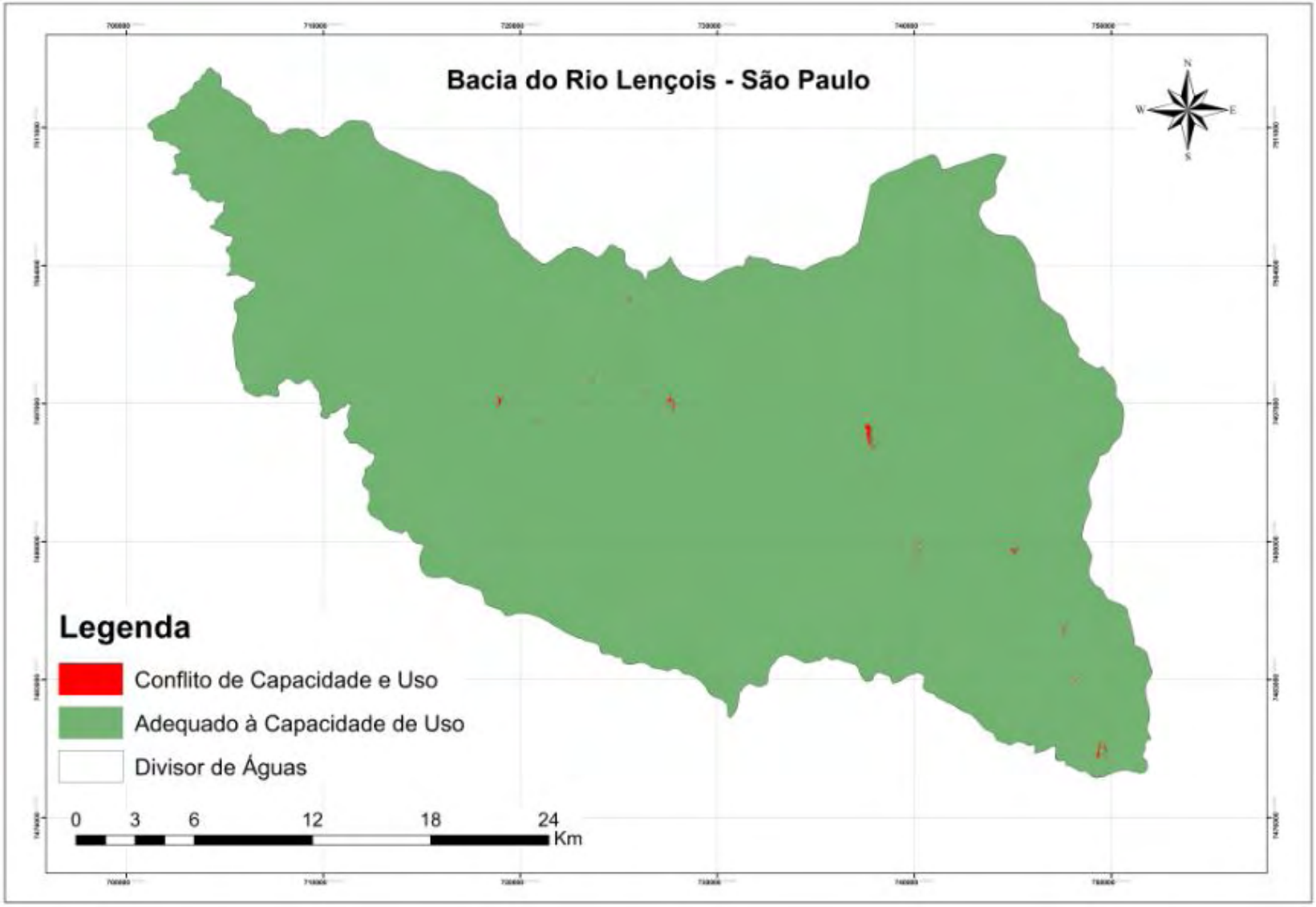


Figura 24. Conflito de usos em função das classes existentes na área da bacia do Rio Lençóis – SP.

101

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

USO	**ÁREA – km²**	**%**
Conflito de Capacidade de uso	6,148	0,65
Adequado à Capacidade de uso	936,384	99,35
TOTAL	942,532	100

Observa-se que a maior parte da área da bacia do Rio Lençóis (936,384 km²), tem seu uso adequado pela capacidade e apenas 6,148 km² apresenta conflito, pois existe o cultivo de cultura anual em área definida como classe IV de capacidade de uso.

A Figura 25 e Tabela 18 estão demonstrando quanto da área de preservação permanente na área da bacia encontra-se degradada.

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

USO	**ÁREA – km²**	**%**
Adequado	37,074	65,67
Degradado	19,391	34,33
TOTAL	**56,466**	**100**

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

As condições de uso e ocupação do solo na bacia de drenagem a montante da cidade geram impactos negativos ao balanço hídrico, potencializando a ocorrência de extremos no regime de escoamento e erosão com aumento da carga de sedimentos.



Figura 25. Conflito de uso em APP pela falta de mata ciliar na bacia do Rio Lençóis – SP.

103

4.13 Diagnóstico da gestão municipal

4.13.1 Área urbanizada X Área de expansão

O Plano Diretor Municipal de Lençóis Paulista define diretrizes e metas para políticas públicas referentes à urbanização e demarca áreas prioritárias para ocupação, definindo as zonas residenciais, comerciais, industriais e de proteção ambiental com suas respectivas restrições de uso. A Figura 26 define quanto dessas áreas já se encontram consolidadas e quanto está disponível para expansão urbana.

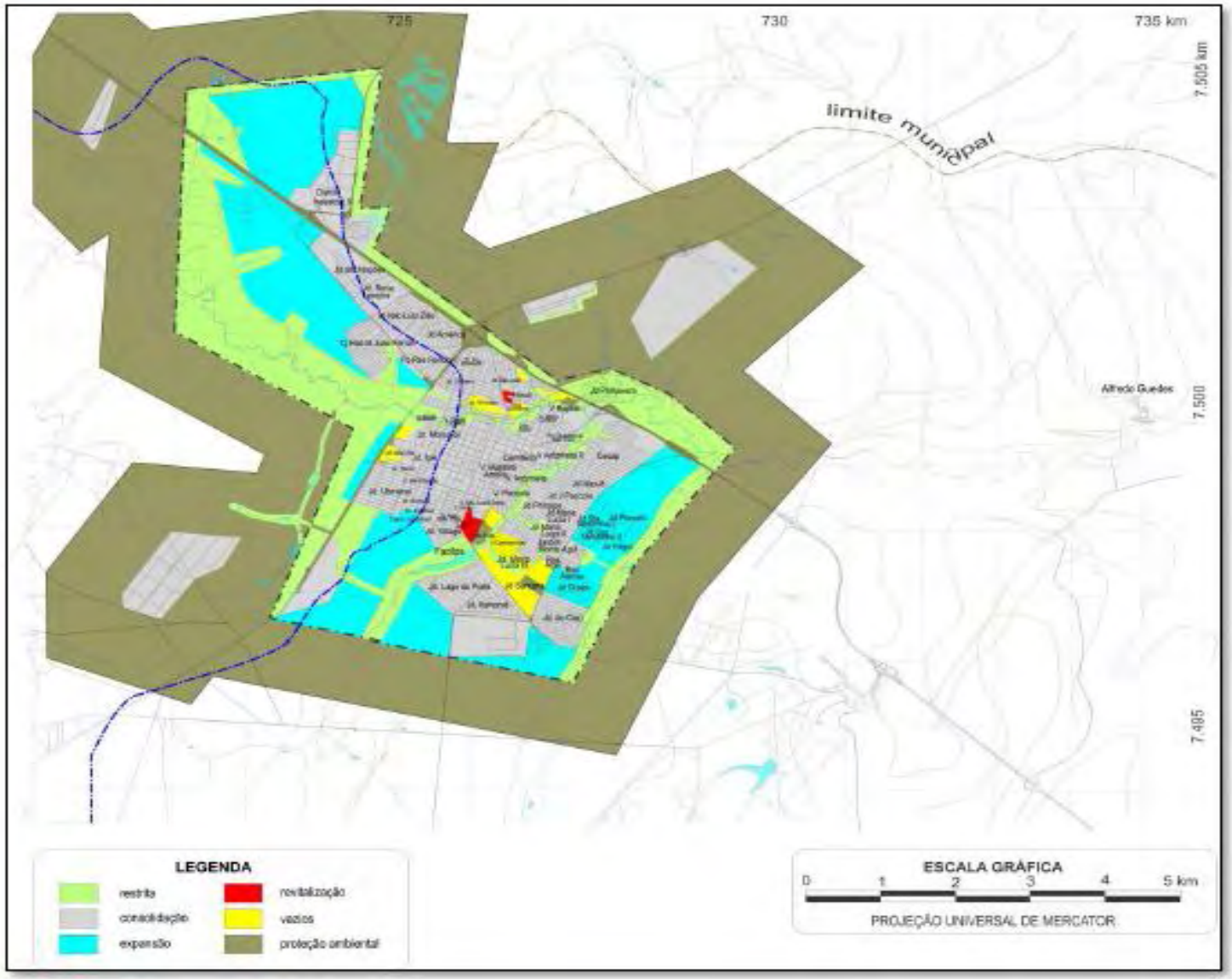


Figura 26. Mapa de Zoneamento Urbano do Município de Lençóis Paulista – SP. Fonte: Plano Diretor Municipal.

105

O zoneamento urbano do município definiu, pelo Plano Diretor, as áreas e suas restrições de uso conforme segue:

- Urbanização Restrita (AUR): áreas com usos tradicionais já consolidados e definidos como áreas não sujeitas a grandes transformações, pelo fato de apresentarem infraestrutura já sobrecarregada, assim como as áreas que apresentam restrição à utilização por suas características de preservação ambiental ou forte identidade coletiva da população, como as áreas de mananciais, as áreas sujeitas a alagamento, os parques integrados urbanos, as áreas de proteção permanente ou as unidades de conservação e preservação;
- Consolidação Urbana (ACU): áreas urbanizadas, dotados de infraestrutura e ainda não totalmente consolidados, onde já existem usos e formas de ocupação que devem ser respeitados, mas que apresentam carências de determinadas funções urbanas, bem como potencial de construção e criação de novos polos de desenvolvimento, com ampliação de densidade;
- Expansão Urbana (AEU): áreas reservadas para a expansão urbana, na medida em que as Áreas de Consolidação Urbana (ACU) estiverem suficientemente adensadas;
- Revitalização (AR): áreas que necessitam de medidas preventivas e/ou corretivas para sua revitalização, sustentabilidade de seu uso e preservação das qualidades urbanísticas, paisagísticas e arquitetônicas, por possuírem também valor histórico, artístico e cultural deteriorados ou com tendência de deterioração, exigindo medidas que garantam a sua preservação e/ou revitalização;
- Vazio Urbano (AVU): glebas e lotes vazios que devem receber medidas de incentivo ou de indução a rápida urbanização para que cumpram devidamente as funções sociais da propriedade urbana definidas nesta lei;
- Interesse Social (AIS): áreas que carecem, no todo ou em parte, de regularização fundiária, urbanização, construção ou melhoria de habitações, construção de equipamentos públicos, implementação de programas sociais, geração de emprego e renda e outros;
- Proteção Ambiental (APAM): área rural, em uma faixa de 1.000 (um mil) metros ao longo do perímetro urbano destinados à recuperação, proteção ambiental e preservação

de resquícios de biomas em extinção, devendo-se evitar, nessas áreas, atividades agrícolas que venham a causar impacto ambiental na zona urbana.

A Tabela 19 demonstra a quantificação dessas áreas.

Tabela 19. Áreas definidas pelo zoneamento urbano do Plano Diretor de Lençóis Paulista – SP

USO	**ÁREA – km²**	**%**
Área de uso Restrito	5,04	5,67
Área Urbana Consolidada	22,21	24,99
Área de Expansão	10,54	11,86
Vazios urbanos	0,21	0,23
Área de Proteção Ambiental	50,86	57,25
TOTAL		**100**

Tendo como base a área de delimitação pela Área de Proteção Ambiental, que apresenta 88,85 km², foram verificadas as porcentagens correspondentes às outras áreas delimitadas pelo Plano Diretor. Se forem somadas as áreas de uso restrito, os vazios urbanos e a área de expansão obtém-se que Lençóis Paulista dispõe de 15,79 km², para suportar o crescimento populacional.

O censo demográfico do IBGE, realizado em 2010 revela que o Brasil tem indicado uma tendência geral de redução nas taxas anuais de crescimento populacional. Na última década o valor da taxa de crescimento (% ao ano) de Lençóis Paulista foi de 1,13%, ficando ligeiramente acima do valor médio entre as cidades da região de 0,97% e superou os valores observados em Avaré e Bauru de 0,84% e 0,87%, respectivamente. A população total de Lençóis Paulista em 2010 era de 61.454 habitantes, sendo 60.077 na área urbana e 1.377 na área rural, com grau de urbanização de 97,76 %. A densidade demográfica no mesmo período era de 76,45 hab/km², ao passo que o valor médio da Região de Governo de Bauru era de 69,67 hab/km². O valor médio de habitantes por domicílio é de 3,37 (SAAELP, 2011).

4.13.2 Disposição de resíduos

A NBR 10.004/04 define resíduos sólidos como: “Resíduos nos estados sólidos e semi sólidos, resultantes de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviço e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes do sistema de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso solução técnica e economicamente inviável em face à melhor tecnologia disponível”.

A Lei nº 12.305/2010 define a Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Decreto nº 7.404/2010 a regulamenta, bem como a Lei 11.445/2007 define a Política de Saneamento Básico e o decreto nº 7.207/2010 que a regulamenta tratam de como devem ser geridos os resíduos sólidos. As informações referentes à disposição de resíduos e sua quantificação, extraídos do Plano Municipal de Saneamento Básico, que possui um capítulo destinado ao Plano de Gerenciamento de Resíduos foram utilizadas para compor os indicadores referentes a essa variável.

A administração pública de Lençóis Paulista, com o apoio da FCA/UNESP de Botucatu, através do Departamento de Recursos Naturais, organizou e iniciou a implantação de um Plano Integrado de Gestão, Gerenciamento e Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos (PIGRSU), tendo como principais objetivos a implantação da coleta seletiva na cidade e a recuperação, reaparelhamento e ampliação das instalações da Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo. Os ganhos sociais e ambientais conseguidos com a implantação do PIGRSU levaram à premiação do município no biênio 2005-2006, por Melhores Práticas em Gestão Local, promovido pela ONU/HABITAT em parceria com a Caixa Econômica Federal, e classificado como finalista do prêmio ODM Brasil 2005 – 8 jeitos de mudar o mundo – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e Movimento Nacional pela Cidadania e Solidariedade.

A Tabela 20mostra um resumo das quantidades dos principais tipos de resíduos sólidos gerados no município, que totalizam 1.590.000 toneladas por ano, sem considerar os resíduos industriais e agrossilvopastoris.

Tabela 20. Resumo dos tipos de resíduos e quantidades para o município de Lençóis Paulista – SP. Adaptado de SAAELP (2011).

TIPO	QUANTIDADE PRODUZIDA			
	kg/dia	t/mês	t/ano	kg/dia.hab[17]
RSD + comercial	33.420	1.002,6	12.031,2	0,544
UTL: materiais recicláveis	3.000	90,0	1.080,0	0,049
CS: materiais recicláveis	4.120	123,6	1.440,0	0,067
RSS	200	6,0	72,0	0,003
RCC	112.000	3.360,0	1.226,0	1,822
Pneus	518	15,5	186,0	0,008
eletrodomésticos	83	2,5	30,0	0,001
volumosos	1.334	40,0	480,2	0,022
Total	**154.675**	**4.640,2**	**16.545,4**	**2,516**

RSD: resíduos sólidos domiciliares

RSS: resíduos do serviço de saúde

RCC: resíduos da construção civil

UTL: usina de triagem de lixo

CS: coleta seletiva

A quantidade total coletada é de 50,13 toneladas de resíduos, de segunda à sexta feira, resultando no valor médio diário de 35,77 toneladas e uma produção média de 0,582 kg/habitante/dia (SAAELP, 2011).

O município possui coleta seletiva que é feita por uma cooperativa de catadores e atualmente, a Usina de Compostagem e Reciclagem funciona como Unidade de Triagem e é operada pela mesma cooperativa. A coleta seletiva é realizada pelos cooperados e atende toda a sede municipal e o distrito de Alfredo Guedes. A disposição final dos resíduos domésticos está passando por adequações para atendimento à legislação e o PMSB prevê metas para que ocorram as melhorias necessárias relativas à destinação e reciclagem.

4.13.3 Demanda de água

Para se estimar a quantidade de água exigida pela população é necessário conhecer-se o consumo médio diário de água de um indivíduo denominado de Quota Per Capita(QPC) ou Consumo Per Capita (MAGALHÃES et al., 2012).

Tabela 21. Faixas de consumo considerados para o calculo de demanda de água. Adaptado de: Magalhães (2012).

Porte da Comunidade	Faixa da População (habitantes)	Consumo per capta(l/hab.dia)
Povoado rural	< 5.000	90 -140
Vila	5.000 - 10.000	100 - 160
Pequena localidade	10.000 - 50.000	110 - 180
Cidade média	50.000 - 250.000	120 - 220
Cidade grande	> 250.000	150 - 300

Lençóis Paulista possui uma população de 61.454 habitantes, portanto se enquadra como cidade média, tendo seu consumo per capita definido na faixa de 120 a 220 l/hab.dia.

Adotou-se 200 l/hab.dia para o calculo de demanda e foi encontrado o valor de consumo diário de 12.290.800 l/dia ou 12.290,80 m³/dia ou 0,143 m³/s.

Os dados, extraídos do PMSB, referentes à vazão captada nos últimos 10 anos, por faixas de consumo estão demonstrados na Figura 27.

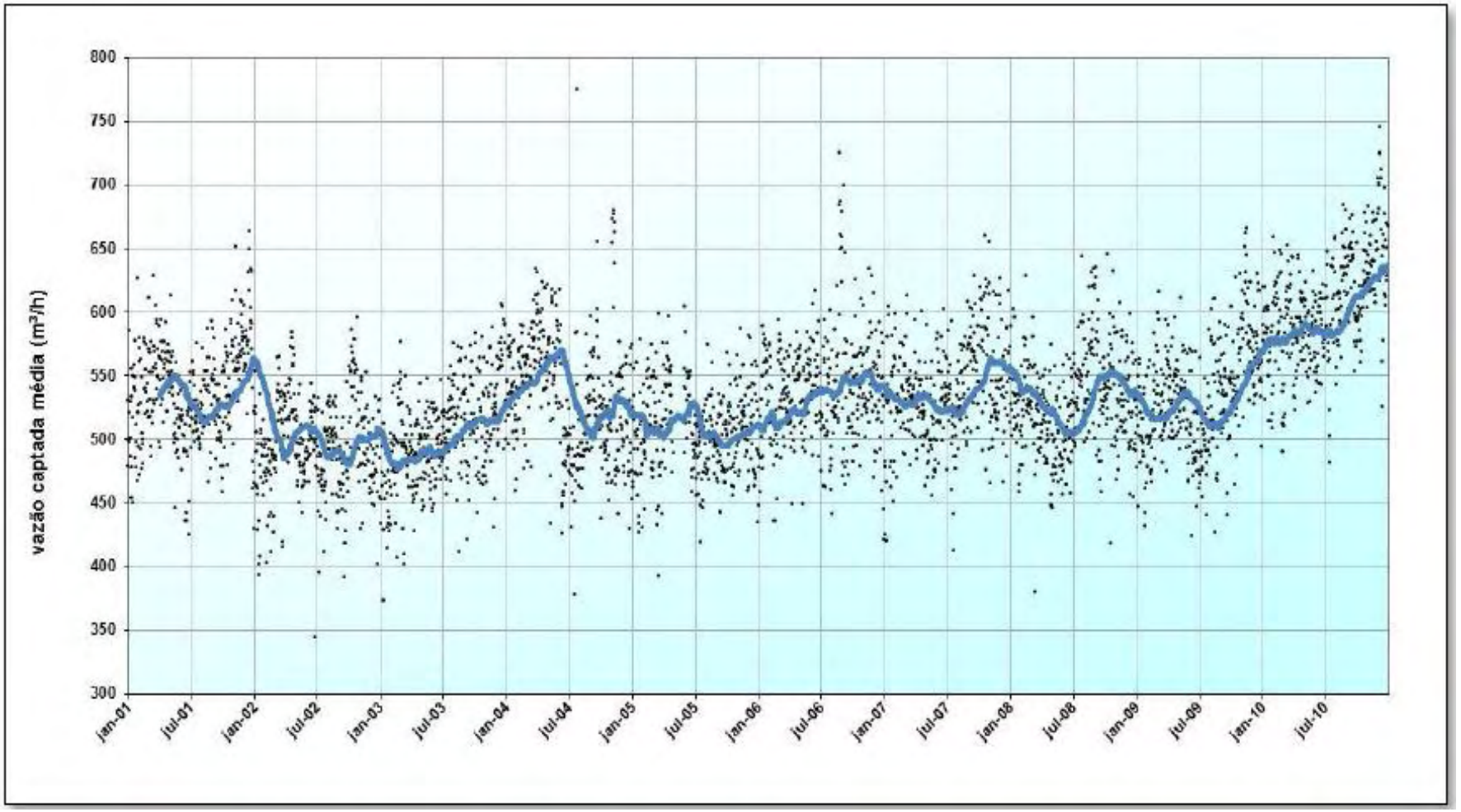


Figura 27. Faixas de consumo considerados para o calculo de demanda de água. Fonte: SAAELP (2011).

111

O gráfico evidencia a tendência crescente da vazão captada, desde um mínimo da ordem de 470 m3/h ou 0,131 m³/s, no ano de 2.002, até um máximo da ordem de 630 m3/h ou 0,175 m³/s, no ano de 2.010.

4.13.4 Sistema de Abastecimento de Água - SAA

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB, o sistema de abastecimento de água (SAA) do município de Lençóis Paulista atende a sede municipal e cinco sistemas isolados de chácaras de recreio: Santa Luzia, São Judas, Santo Antônio do Corvo Branco, Tia Emília (Vergílio Rocha) e o distrito de Alfredo Guedes. O volume total produzido de água para abastecimento da sede municipal, no ano de 2.009, foi de 8.335.000 m³, sendo 4.655.000 m³ de água superficial (56%) e 3.680.000 m³ de água subterrânea (44%), produzida pelos cinco poços. O volume de água consumido na sede municipal, no ano de 2.009, foi de 4.438.000 m³, indicando uma perda total aparente de 47%.

Pela situação da disponibilidade das águas subterrâneas no município de Lençóis Paulista, verifica-se que o município deve priorizar o uso de águas superficiais, que ainda possui um volume de oferta maior que a demanda.

4.13.5 Qualidade da água bruta

O relatório “Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo” (CETESB, 2011) apresentou os resultados do controle de qualidade natural da água em dois pontos de controle do Rio Lençóis:

- LENSO2500: localizado junto à captação do SAAELP;
- LENSO3950: Localizado 400 m a montante da foz.

Os indicadores de qualidade da água utilizados por (CETESB, 2011) e a classificação dos valores são apresentados na Figura 28.Os indicadores correspondem ao IQA – Índice de Qualidade das Águas; IAP - Índice de Qualidade de Água Bruta para fins de Abastecimento Público; IET – Índice de Estado Trófico e IVA - Índice de Proteção da Vida Aquática (SAAELP, 2011).

índice	aplicação e variáveis de qualidade
IQA	indica o lançamento de efluentes sanitários
	Temperatura, pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Coliformes Termotolerantes, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Resíduos Totais e Turbidez
IAP	indica além do lançamento de efluentes sanitários alterações de qualidade causadas por fontes difusas. Calculado apenas nos pontos de captações para abastecimento público
	Temperatura, pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Coliformes Termotolerantes, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Resíduos Totais e Turbidez, Ferro Dissolvido, Manganês, Alumínio Dissolvido, Cobre Dissolvido, Zinco, Potencial de Formação de Trihalometanos, Número de Células de Cianobactérias (Ambiente Lêntico), Cádmio, Chumbo, Cromo Total, Mercúrio e Níquel.
IET	índice do estado trófico devido ao crescimento excessivo das algas ou infestação de macrófitas aquáticas
	Clorofila a e Fósforo Total
IVA	indicador de qualidade da água para a vida aquática
	Oxigênio Dissolvido, pH, Toxicidade, Cobre, Zinco, Chumbo, Cromo, Mercúrio, Níquel, Cádmio, Surfactantes, Fenóis, Clorofila a e Fósforo Total

classificação	IQA	IAP	IVA	IET
ótima	79,01 - 100,00	80 - 100	<= 2,5	<= 47,5 Ultraoligotrófico
boa	52,01 - 79,00	52 - 79	2,6 – 3,3	47,5 – 52,5 Oligotrófico
regular	36,01 - 52,00	37 - 51	3,4 – 4,5	52,5 – 59,5 Mesotrófico
ruim	19,01 - 36,00	20 - 36	4,6 – 6,7	59,5 – 63,5Eutrófico
péssima	15,56 - 19,00	<= 19	>= 6,8	63,5 – 67,5 Supereutrófico
				> 67,5Hipereutrófico

Figura 28. Parâmetros da CETESB para qualidade da água. Fonte: PMSB, (SAAELP, 2011).

A Figura 29 demonstra a situação dos dois pontos de monitoramento no Rio Lençóis.

ponto de controle	IQA		IAP		IVA		IET	
	Min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
LENSO2500	59		31		3,9		59,38	
	38	69	4	62	3,2	4,2	57,31	62,18
LENSO3950					5,1		62,71	
					4,2	6,4	59,96	65,31

Figura 29. Resultado do monitoramento da qualidade da água no Rio Lençóis em 2009. Fonte: PMSB, (SAAELP, 2011).

Os valores dos índices calculados para os dois pontos de controle do Rio Lençóis apresentam, tanto a montante quanto a jusante da cidade de Lençóis Paulista, alteração na água do Rio Lençóis quanto à qualidade natural, com IAP e IET ruins, em média, chegando, em alguns meses, a apresentar valores péssimos de qualidade. Esses dados indicam a necessidade de controlar e promover a melhoria da qualidade natural da água na bacia de drenagem à montante da captação. Uma das ações não diz respeito diretamente ao município de Lençóis Paulista, mas sim ao município de Borebi, que lança seus efluentes domésticos em um dos afluentes da bacia a montante da cidade de Lençóis Paulista.

Além dos dados citados, o SAA mantém um controle sobre a qualidade da água bruta que é efetuado na entrada da ETA e se restringe aos parâmetros: pH, cor e turbidez. A Figura 30, demonstra as tendências de variação sazonal (períodos secos e úmidos) dos parâmetros analisados.

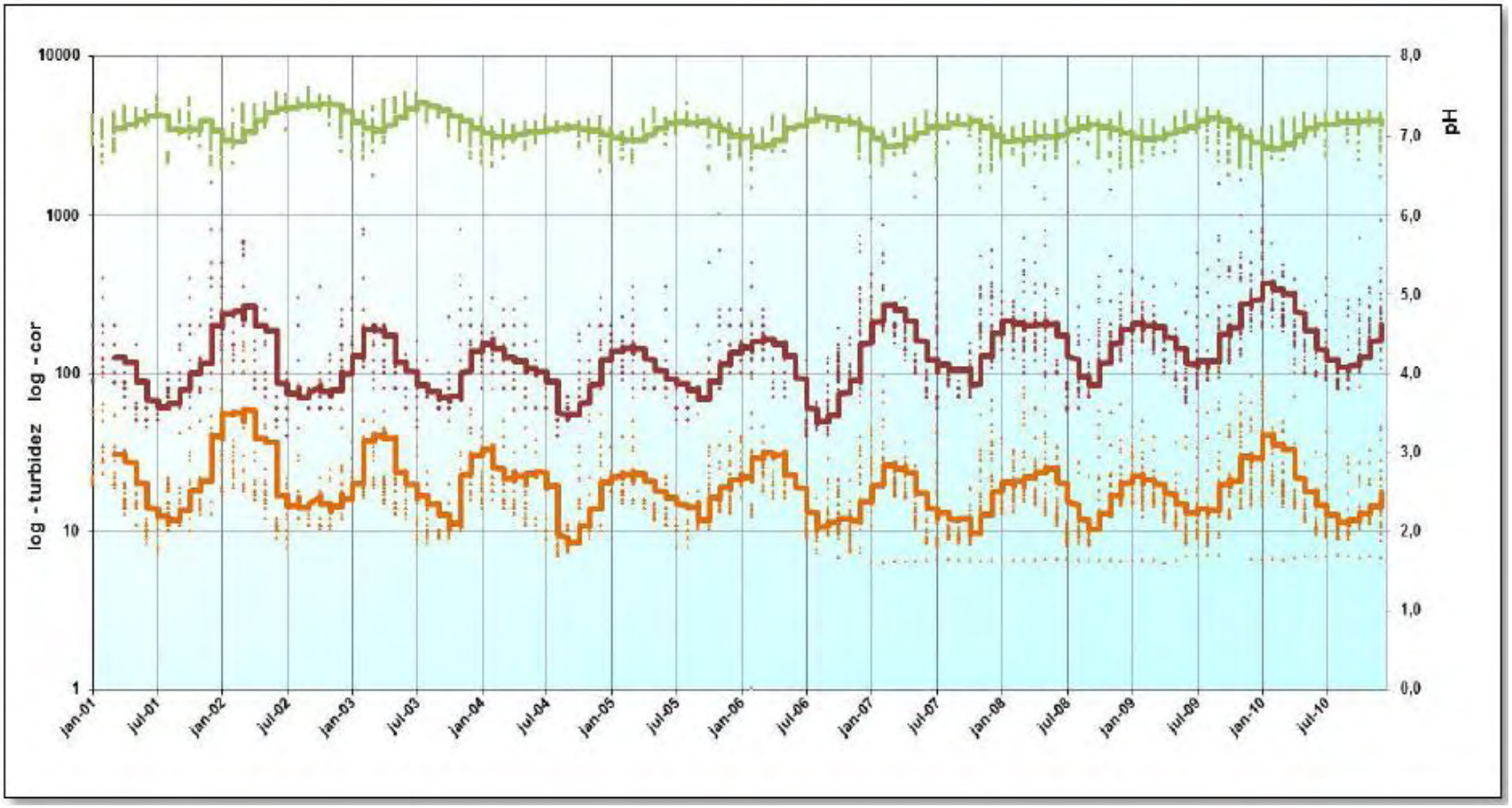


Figura 30. Parâmetros de qualidade de água bruta – 2001 a 2010, Fonte: PMSB, (SAAELP, 2012).

115

Na Tabela 22 estão os valores de qualidade da água bruta durante o período de janeiro de 2001 à julho de 2010.

Tabela 22. Valores de qualidade da água bruta de jan/2001 a jul/2010

Parâmetro	**Valor médio**		**variação**
	Jan/2001	Jul/2010	%
pH	7,14	6,79	95
Cor	110,31	420,92	382
Turbidez	26,44	52,79	200

Segundo o PMSB, os meses em que ocorrem os valores mínimos do pH coincidem com os valores máximos de cor e turbidez e equivalem aos meses chuvosos. A análise estatística dos dados disponíveis de qualidade da água bruta, no período de 2.001 a 2.010, evidenciam um declínio do valor do pH e o aumento da cor e turbidez, que podem ser resultado de degradação ambiental causados pelo uso, ocupação e manejo inadequados do solo e devido ao avanço da urbanização na bacia de contribuição.

4.13.6 Qualidade da água tratada

A qualidade da água tratada na saída da ETA é controlada por meio de análises realizadas de hora em hora, e abrange os seguintes parâmetros: cor, turbidez, cloro residual e fluoreto, que são exigências de avaliação de padrões estabelecidos pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004. As análises diárias atestam baixos valores da cor e turbidez demonstrando a adequação do sistema de tratamento e, indiretamente, garantem o atendimento dos padrões de qualidade microbiológicos tendo em vista que a eficiência da cloração para remoção de microrganismos depende da clarificação prévia da água. O controle de qualidade da água distribuída é efetuado por meio de exames microbiológicos e análises físico-químicas de amostras coletadas sistematicamente em 72 pontos da rede de distribuição, sendo que o plano de amostragem foi estabelecido com base na Portaria nº 518 25/03/2004, que foi revogada pela Portaria 2.914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde. Os dados

considerados pelo PMSB de Lençóis Paulista são os da Portaria nº 518 que exige, para o município, o mínimo de 60 pontos de amostragem (SAAELP, 2011).

A quantidade de amostras analisadas e os resultados obtidos, no ano de 2.010 estão demonstrados na Tabela 23.

Tabela 23. Análise da qualidade da água distribuída à população de Lençóis Paulista – SP.

Fonte: PMSB, (SAAELP, 2011).

Parâmetro		**Cor**	**Turbidez**	**Cloro residual livre**	**Fluor**	**ph**	**Coliformes totais**	**Coliformes termoto - lerantes**
Padrão		**máximo 15(UC)**	**máximo 5,0 (NTU)**	**0,20 a 2,00 mg/L**	**0,60 a 0,80 mg/L**	**6,00 a 9,5**	**(ausênsia 95%)**	**(ausênsia 95%)**
Janeiro		2,50	0,52	0,72	0,67	7,14	A	A
Fevereiro		2,50	0,28	0,79	0,68	7,56	A	A
Março		2,50	0,27	0,82	0,68	7,52	A	A
Abril		2,50	0,19	1,00	0,67	7,13	A	A
Maio		2,50	0,19	1,04	0,64	7,19	A	A
Junho		2,50	0,29	0,99	0,72	7,59	A	A
Julho		2,50	0,27	0,89	0,71	7,52	A	A
Agosto		2,50	0,27	1,00	0,68	7,39	A	A
Setembro		2,50	0,26	0,76	0,63	7,99	A	A
Outubro		2,50	0,24	0,85	0,67	7,51	A	A
Novembro		2,69	0,30	0,93	0,65	7,66	A	A
Dezembro		2,50	0,25	0,76	0,66	7,25	A	A
qde. de análises	exigidas	144	144	732	72	144	732	732
	realizadas	156	156	744	156	156	744	744
	fora do padrão	0	0	0	0	0	0	0

4.13.7 Esgotamento sanitário

A sede municipal possui 19.184 ligações de água e 18.045 de ligações de esgoto que constitui aproximadamente 94% do esgoto sanitário coletados pela rede pública. A totalidade do esgoto coletado, estimado em 3.551.000 m3/ano (dados do ano de 2.009) era despejada “in natura” em vários pontos de afluentes e do Rio Lençóis. Os efluentes industriais

obedecem ao Decreto Estadual nº 8.468 de 22/03/1976, e desta forma o Distrito Industrial tem os efluentes industriais pré tratados para atender os padrões de lançamento e são lançados no Rio Lençóis a jusante da área urbana, por meio de emissário exclusivo com extensão de 5.700 metros, diâmetro de 400 mm, em tubos PRFV e de aço carbono. As chácaras de recreio possuem fossas individuais e o distrito de Alfredo Guedes possui rede coletora de esgoto e tratamento por meio de fossas-filtro coletiva (SAAELP, 2011).

O projeto do sistema de tratamento de esgoto de Lençóis Paulista foi elaborado com horizonte de projeto para o ano 2025, para o qual estimou a população de 97.000 habitantes e terá uma eficiência de aproximadamente 92% em termos de remoção de carga orgânica afluente e 99,999% na remoção de coliformes fecais. No ponto de lançamento da água resultante do tratamento de esgoto no Rio Lençóis, o resultado do estudo de autodepuração realizado por ocasião da definição da localização da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), indicou que o ponto de lançamento apresenta uma capacidade de autodepuração superior à capacidade de degeneração dos esgotos, além de ser verificado que o principal uso da água a jusante é o consumo animal, não existindo captação para abastecimento público. O SAAE possui um programa de monitoramento com coletas de amostras e analises laboratoriais de esgoto na entrada e saída das lagoas e da água do rio, a montante e a jusante do ponto de lançamento, nos meses de janeiro e julho (SAAELP, 2011).

4.13.8 Drenagem urbana

Um sistema de drenagem urbana tradicional atravessa as faixas marginais de proteção permanente dos cursos de água para descarregar esse efluente, que corresponde ao processo de lavagem da cidade pelas primeiras chuvas, e resulta em uma carga poluidora transportada maior que a dos esgotos sanitários. Mesmo com a existência de matas ciliares preservadas os corpos de água não estariam protegidos e provavelmente estariam ameaçadas durante as enchentes mais intensas. Na área urbana de Lençóis Paulista edificada sobre ocorrências da Formação Serra Geral, a existência de materiais de baixa permeabilidade em sub-superfície reduz naturalmente a parcela da água pluvial que infiltra no solo. A área urbana está localizada a jusante de uma área de drenagem de mais de 320 km2 do Rio Lençóis, num trecho onde recebe as águas de dois afluentes importantes: na margem esquerda, o

Córrego Corvo Branco e na margem direita o Ribeirão da Prata. As estruturas tradicionais de drenagem urbana aceleram o escoamento, transferem e concentram os lançamentos da água pluvial nos cursos de água aumentando as vazões de pico, com extravasamentos dos canais, resultando em inundações. O manejo sustentável da água pluvial adota o conceito do desenvolvimento urbano de baixo impacto e preocupa-se com a manutenção e recuperação de ambientes saudáveis interna e externamente à área urbana, buscando o reequilíbrio do ciclo hidrológico, ao invés de só procurar sanear o interior da cidade através da coleta e afastamento das águas para as áreas periféricas e rurais. A área urbana está integralmente pavimentada com concreto asfáltico e possui dispositivos de microdrenagem superficial por meio de guias e sarjetas e subterrânea por meio de galerias pluviais. A macrodrenagem conta com dispositivos de proteção das margens contra erosão e canais retificados no trecho urbano. As pontes, taludes de aterros e construções em alguns locais reduzem de seção do escoamento. Os canais estão sujeitos a assoreamento e obstrução por resíduos sólidos e sedimentos (SAAELP, 2011).

4.13.9 Projeções

As projeções para a população do município e da sede municipal, elaboradas pelo PMSB, tem por base estudos realizados pelos demógrafos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, em 2.000, que apresentam valores decrescentes de taxas anuais de crescimento geométrico. Considerando um aumento progressivo do índice de urbanização do valor atual de 97,76% até 99% no ano de 2.030, a Tabela 24 demonstra essa evolução ao longo do período e também demonstra essa mesma projeção comparada com a implantação de novos loteamentos.

Tabela 24. Projeção de crescimento populacional e de loteamentos no município de Lençóis Paulista – SP. Adaptado: PMSB, (SAAELP, 2011).

Ano	Projeção população		População Urbana
	Total	Urbana	projeção + loteamentos
2010	61.454	60.077	60.077
2011	62.127	60.761	62.777
2012	62.792	61.437	65.469
2013	63.448	62.105	68.153
2014	64.095	62.765	70.828
2015	64.733	63.417	73.495
2016	65.361	64.059	74.425
2017	65.978	64.691	75.346
2018	66.585	65.314	76.257
2019	67.181	65.926	77.157
2020	67.766	66.528	78.046
2021	68.338	67.118	78.925
2022	68.899	67.697	79.792
2023	69.446	68.264	80.646
2024	69.981	68.819	81.489
2025	70.503	69.360	82.319
2026	71.010	69.889	83.135
2027	71.504	70.404	83.939
2028	71.983	70.906	84.728
2029	72.447	71.393	85.503
2030	72.896	71.866	86.264

O crescimento populacional e do número de domicílios não deverá apresentar problemas de expansão por fatores territoriais, pois sua área de expansão urbana possui 10,53 km², além dos vazios urbanos e as áreas de uso restrito.

Sendo mantida a proporção média atual de ocupação de 200 m²/hab, a área de expansão prevista no perímetro urbano, seria suficiente para abrigar uma população adicional de 45.000 habitantes (SAAELP, 2011).

A Tabela 25 demonstra a evolução do crescimento pela demanda de água.

Tabela 25. Evolução da demanda pela água no município de Lençóis Paulista – SP. Adaptado: PMSB, (SAAELP, 2011).

Parâmetro	**unidade**	**2010**	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**
População urbana	hab	60.077	73.495	78.046	82.319	86.264
Número de ligações	unidade	19.184	23.003	24.479	25.874	27.171
Consumo per capta	l/hab.dia	205	200	200	200	200
Consumo total	m³/dia	12.328	14.699	15.609	16.464	17.253
Fator demanda máx diária		1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Demanda máxima	**m³/dia**	**15.410**	**18.374**	**19.512**	**20.580**	**21.566**

A projeção para a capacidade de produção de água apresenta um déficit dessa capacidade da ordem de 800 m³/h, com pequenas variações no transcorrer do período de planejamento (SAAELP, 2011).

Pelos parâmetros adotados no projeto da ETE e com as projeções adotadas pelo PMSB, e as recomendações técnicas usuais, pode-se concluir que o sistema de esgotamento sanitário no que se refere ao tratamento do esgoto apresenta folga em sua capacidade.

4.14 Elaboração do Sistema Integrado para Planejamento e Gestão dos Recursos hídricos– SIPGRHI

Para a elaboração do sistema proposto foram definidos os pesos para cada indicador de acordo com a Tabela 26.

Após a definição dos pesos foram elaboradas para cada indicador, sua tabela de valores correspondentes.

Os pesos e valores foram atribuídos de acordo com uma extensa revisão bibliográfica que indica padrões de adequação ambiental, além do atendimento da legislação vigente quanto às adequações para um desenvolvimento sustentável e com entrevistas com especialistas das áreas envolvidas e técnicos e especialistas do município de Lençóis Paulista. A seguir são descritos os valores correspondentes para cada indicador considerado para a elaboração do SIPGRHI.

Tabela 26. Pesos definidos para cada índice que compõem os indicadores

PROBLEMA	INDICADOR	PESO
Desenvolvimento Urbano	Força Motriz	0,20
Aumento do consumo de água	Pressão	0,40
Aumento na geração de esgoto	Pressão	0,15
Aumento na geração de resíduos	Pressão	0,15
Aumento da impermeabilização do solo	Pressão	0,30
Cobertura Vegetal	Estado	0,40
Quantidade de água	Estado	0,30
Qualidade da água	Estado	0,30
Interferência no uso do solo	Impacto	0,50
Interferência no Recurso Hídrico	Impacto	0,50
Ações Politico Administrativas	Resposta	0,50
Ações Físicas	Resposta	0,50

4.14.1 Indicador de Força Motriz - IFM

Para este indicador foi considerado o desenvolvimento urbano traduzido pelo crescimento da população. O crescimento da população implica em última instância na modificação do ambiente pela construção de mais moradias. Sendo assim os valores considerados foram obtidos pela relação da área urbana consolidada com a área de

expansão ou limite do perímetro urbano. A Tabela 27 demonstra os valores considerados que serão aplicados após encontrar-se o valor correspondente.

Tabela 27. Valores correspondentes para formulação do Indicador de Força Motriz.

Situação	**Área de expansão x Área urbana consolidada**	**Valores**
Ótima	0 – 30% de área consolidada	100
Bom	31 – 50% de área consolidada	80
Regular	51 – 70% de área consolidada	60
Ruim	71 – 80% de área consolidada	30
Péssima	81 – 100% de área consolidada	0

Desta forma tem-se que quanto maior for a disponibilidade de expansão dentro do perímetro urbano definido pelo Plano Diretor, maior será o valor atribuído, traduzindo uma maior adequação ambiental.

Para o indicador de força motriz foi considerado apenas um índice, que para o município de Lençóis foi atribuído o valor 100. Este índice demonstra que o município tem uma área de expansão urbana adequada à projeção de crescimento da população.

4.14.2 Indicador de Pressão Ambiental - IPA

O IPA foi dividido em 4 sub indicadores ou sub índices que são:

a) aumento do consumo de água (IACA);
b) aumento na geração de esgoto (IAGE);
c) aumento na geração de resíduos (IAGR) e
d) aumento da impermeabilização do solo (IAIS).

Para cada um foi definido um quadro de valores atribuídos para aplicação dos valores correspondentes encontrados no município.

a) IACA

Para este índice considerou-se que para um aumento de consumo o município deve ter seu sistema de abastecimento de água (SAA) adequado, com controle de perdas e sua capacidade de captação e tratamento suficientes para atendimento da demanda. Desta forma atribuíram-se os valores conforme a Tabela 28.

Tabela 28. Valores correspondentes para o Índice de Aumento de Consumo de Água para a formulação do Indicador de Pressão Ambiental.

SITUAÇÃO	Abastecimento de água	VALORES
Ótima	100% de água tratada com SAA adequado sem perdas e com folga para a utilização	100
Bom	100% de água tratada com SAA adequado sem perdas, mas sem folga para utilização	80
Regular	100% de água tratada e SAA com perdas na rede	60
Ruim	População atendida por água tratada < 100%	30
Péssima	População atendida por água tratada < 50%	0

Para o município de Lençóis foi atribuído o valor 60, pois o SAA ainda apresenta perdas significativas e falhas no sistema de distribuição.

b) IAGE

Este índice teve como foco a coleta e tratamento do efluente gerado. Espera-se que o sistema de coleta e tratamento de esgoto tenha capacidade para suportar o aumento da demanda de forma adequada. A tabela 29 evidencia os valores que correspondem à situação esperada.

Tabela 29. Valores correspondentes para o Índice de Aumento de Geração de Esgoto para formulação do Indicador de Pressão Ambiental.

Situação	Controle da geração de efluentes urbanos e rurais	Valores
Ótima	100% de coleta e tratamento de efluente urbano e adequação da disposição dos efluentes rurais	100
Bom	100% de coleta e tratamento dos efluentes urbanos apenas	80
Regular	Coleta de 100% de efluente e tratamento de 50 a 100%	60
Ruim	Coleta de 80 a 100% do efluente urbano sem tratamento	30
Péssima	Coleta < que 80% do efluente urbano sem tratamento	0

Desta forma quanto mais adequado e abrangente for o sistema de coleta e tratamento de esgoto, mais adequado ambientalmente estará o município. Neste caso o município ficou com a classificação 80.

c) IAGR

Para a composição deste índice foram considerados todos os tipos de resíduos gerados pela população. Desta forma, para a pontuação da Tabela 30 considerou-se a coleta seletiva, como sendo a coleta dos recicláveis que compõem o resíduo doméstico e quando se refere à reciclagem, se está incluindo a reciclagem de todos os tipos de resíduos, como por exemplo: os de construção civil, os de poda e capina etc. Também vale observar que quando se fala destinação adequada, quer se referir à toda destinação desde o resíduo que vai para o aterro sanitário como os que tem mecanismos de logística reversa, por ser entendido que o município é o responsável pela adequação e fiscalização do cumprimento da legislação.

Tabela 30.Valores correspondentes para o Índice de Aumento de Geração de Resíduo para formulação do Indicador de Pressão Ambiental.

SITUAÇÃO	Disposição e/ou tratamento	VALORES
Ótima	100% de adequação na coleta, reciclagem e destinação final dos resíduos	100
Bom	100% de adequação na coleta e disposição final dos resíduos com coleta seletiva	80
Regular	100% de adequação na coleta e disposição final dos resíduos em aterros em valas	60
Ruim	100% de adequação na coleta e disposição final inadequada	30
Péssima	Coleta > que 100% e disposição final inadequada	0

Com este índice concede-se a maior pontuação para o município que consegue ter todos os resíduos com destinação adequada, que é o que permite um desenvolvimento sustentável. O município de Lençóis Paulista tem desenvolvido ações para alcançar a pontuação máxima, mas nesta avaliação obteve pontuação 80.

d) IAIS

Para este índice foi considerado ações de drenagem sustentável para prevenção de problemas como enchentes, assoreamento dos corpos de água, erosão, poluição das águas. Essas ações estão relacionadas ao manejo adequado do solo em áreas de cultivo, além de ações de preservação de matas ciliares e controle das enchentes com obras de desassoreamento dos corpos de água e de contenção de cheias em áreas já urbanizadas. Estão sendo consideradas as práticas de drenagem sustentável a partir da aprovação de novos loteamentos e/ou empreendimentos com atendimento das restrições de ocupação do solo prevista no Plano Diretor - PD, por entender que este plano elaborou estudos relativos à ocupação dessas áreas, além de ações para induzir uma maior infiltração de água no solo, como porcentagem de área permeável em residências ou adoção da pratica de calçadas ecológicas.

A Tabela 31 demonstra os parâmetros considerados com seus valores correspondentes.

Tabela 31. Valores correspondentes para o Índice de Aumento de Impermeabilização do Solo para formulação do Indicador de Pressão Ambiental.

SITUAÇÃO	Adequação dos empreendimentos	VALORES
Ótima	Atende às restrições do PD e prevê ações de drenagem sustentável	100
Bom	Atende às restrições do PD sem ações de drenagem sustentável	80
Regular	Atende em 50% as restrições do PD com ações de drenagem sustentável	60
Ruim	Atende em 50% as restrições do PD sem ações de drenagem sustentável	30
Péssima	Não atende às restrições do PD	0

De acordo com informações do setor da prefeitura que trata da aprovação de novos loteamentos, as orientações contidas no PD são seguidas. Desta forma o município obteve pontuação 80.

4.14.3 Indicador de Estado Ambiental - IEA

O IEA foi dividido em 3 sub indicadores ou sub índices que são:

a) Índice de Cobertura Vegetal (ICV);
b) Índice de Quantidade de Água (IQtA) e
c) Índice de qualidade da Água (IQlA).

Para cada um foi definido um quadro de valores atribuídos para aplicação dos valores correspondentes encontrados no município.

a) ICV

Este indicador considerou o uso e ocupação do solo e as APP. E a avaliação para a pontuação do município foi elaborado com as informações extraídas do diagnóstico ambiental da bacia do Rio Lençóis.

A Tabela 32 demonstra os valores correspondentes para cada situação considerada.

Tabela 32. Valores correspondentes para o Índice de Cobertura Vegetal para formulação do Indicador de Estado Ambiental.

SITUAÇÃO	Adequação do uso do solo	VALORES
Ótima	Uso adequado com ações de recuperação > 60% de APP	100
Bom	Uso adequado com ações de recuperação de 30 - 60% de APP	80
Regular	Uso adequado com ações de recuperação de 0 - 30% de APP	60
Ruim	Uso adequado sem ações de recuperação em APP	30
Péssima	Uso inadequado sem ações de recuperação em APP	0

Para enquadramento do município de Lençóis Paulista a este índice foram utilizadas as informações contidas nos mapas de conflitos de uso e conflitos em APP, além da quantificação de nascentes com recomposição florestal. A pontuação correspondente fica em 60.

b) IQtA

Este índice pontua de acordo com a disponibilidade de água bruta ou seja, a disponibilidade hídrica superficial relacionada à situação dos corpos de água. Sendo este índice uma parte do Indicador de Estado do Ambiente, foi verificada a situação referente ao assoreamento dos corpos de água, pela atualização do comprimento da rede de drenagem na bacia e situação das nascentes e APP. Foram atribuídas faixas de “encolhimento” dos corpos de água comparando-se estudos realizados em outras bacias.

A Tabela 33 demonstra a pontuação das situações correspondentes.

Tabela 33. Valores correspondentes para o Índice de Quantidade de Água para formulação do Indicador de Estado Ambiental.

SITUAÇÃO	Degradação X Recuperação	VALORES
Ótima	0 – 5% < com recuperação > 60% das APP em nascentes e margens	100
Bom	5 – 10% < com recuperação de 30 - 60% das APP em nascentes e margens	80
Regular	10 – 20% < com recuperação de 0 - 30% das APP em nascentes e margens	60
Ruim	>20% com recuperação < 30% das APP em nascentes e margens	30
Péssima	>20% sem recuperação das APP em nascentes e margens	0

Para este índice o município obteve pontuação de 60.

c) IQlA

Este índice mede a qualidade da água bruta (AB) e água tratada (AT) pelo atendimento dos padrões de qualidade pela legislação vigente. Através deste índice pode ser verificado se ocorrem despejos de efluentes nos córregos e a adequação do sistema de tratamento ao tipo de água captada. Atualmente os serviços de abastecimento de água devem obedecer à Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, sendo que os municípios tem até 4 anos para se adequar a ela.

A Tabela 34 demonstra a pontuação atribuída a cada situação considerada para avaliação.

Tabela 34. Valores correspondentes para o Índice de Qualidade da Água para formulação do Indicador de Estado Ambiental.

SITUAÇÃO	Porcentagem de atendimento aos padrões exigidos para AB e AT	VALORES
Ótima	100%	100
Bom	80 – 99%	80
Regular	60 – 79%	60
Ruim	50 – 59%	30
Péssima	< 50%	0

Para o índice de qualidade da água bruta e tratada, o município ficou com pontuação 80 pela qualidade da água bruta que denota necessidade de recuperação ambiental.

4.14.4 Indicador de Impacto Ambiental – IIA

O IIA foi dividido em 2subindicadores ou sub índices que são:

a) Índice de Interferência no Uso do Solo (IIUS) e
b) Índice de Interferência no Uso dos Recursos Hídricos (IIURH).

Para cada um foi definido um quadro de valores atribuídos para aplicação dos valores correspondentes encontrados no município.

a) IIUS

Este índice considerou os impactos causados pela interferência no uso do solo de forma desordenada que causam erosão, assoreamento dos corpos de água, remoção de cobertura vegetal com conflitos dos usos do solo e ocorrência de enchentes nas áreas urbanizadas. A situação ótima prevê que a área rural está adequada conforme a capacidade de uso do solo e com ações ambientalmente adequadas de manejo e a área urbana com o atendimento das restrições do PD visando minimizar os impactos ambientais causados pela urbanização. A Tabela 35 demonstra os valores correspondentes à cada situação.

Tabela 35. Valores correspondentes para o Índice de Interferência no Uso do Solo para formulação do Indicador de Impacto Ambiental.

SITUAÇÃO	Adequação do uso do solo urbano e rural	VALORES
Ótima	80 - 100% adequado	100
Bom	60 – 80% adequado	80
Regular	40 – 60% adequado	60
Ruim	20 – 40% adequado	30
Péssima	< 20% adequado	0

Nesta pontuação Lençóis Paulista recebeu 80, pois a área rural está em sua maioria adequada ao uso, porém a área urbana merece mais atenção com relação a ações de drenagem sustentável.

b) IIURH

Para este índice foram considerados os impactos sofridos nos recursos hídricos pela expansão urbana. Os impactos no uso do solo interferem nos recursos hídricos da mesma forma que este último interfere no uso do solo. Sendo assim para este índice a situação ótima será considerada para a porcentagem de APP preservada, que também interfere no balanço hídrico que define o regime de chuvas e de clima. A Tabela 36 demonstra os valores correspondentes à cada situação.

Tabela 36. Valores correspondentes para o Índice de Interferência no Uso dos Recursos Hídricos para formulação do Indicador de Impacto Ambiental.

SITUAÇÃO	% APP florestada	VALORES
Ótima	80 – 100%	100
Bom	60 – 80%	80
Regular	40 – 60%	60
Ruim	20 – 40%	30
Péssima	< 20%	0

Neste índice Lençóis Paulista obteve pontuação 30, pois apresenta um área correspondente ao critério ruim.

4.14.5 Indicador de Resposta Ambiental - IRA

O IRA foi dividido em 2 sub indicadores ou sub índices que são:

a) Índice de Ações Político Administrativas (IAPA) e
b) Índice de Ações Físicas (IAF).

Para cada um foi definido um quadro de valores atribuídos para aplicação dos valores correspondentes encontrados no município. Este indicador de resposta pretende medir se o município tem ações não estruturantes e estruturantes que darão condições de retroalimentação do sistema proposto.

a) IAPA

Para formação deste indicador foi utilizado o seguinte critério:

1. O município possui Plano Diretor
2. O município possui Plano de Saneamento
3. O município possui política de meio ambiente
4. Lei de proteção dos mananciais
5. O município possui uma base de dados ordenada em SI e/ou SIG
6. O município possui os conselhos para acompanhamento e participação dos planos
7. O município participa ativamente dos CBH

Para estas questões foram atribuídos valores de acordo com o critério utilizado por Coelho (2008), e estão representados pela Tabela 37. Cada um dos critérios foram pontuados de acordo com a Tabela 37 e aplicados às expressões12e 13para verificação da pontuação. Posteriormente foi verifica a faixa de enquadramento pelos valores da Tabela 38que demonstra sua correspondência à cada situação.

Tabela 37. Índice de Ações Político Administrativas (IAPA)

Classificação	Pontuação
Dispensável	1
Não Prioritário	2
Desejável	3
Importante	4
Muito Importante	5

Expressões:

$$\upsilon = \frac{\sum_{n}^{1}(\omega)}{n} \qquad \textbf{(12)}$$

$$IAPA = \frac{(\upsilon - pv)}{(mv - pv)} \qquad \textbf{(13)}$$

onde:

υ = média do valor encontrado pelo observador;

n = nº de conceitos avaliados;

∑ω = somatório dos valores encontrados no quadro de avaliação;

*m*v= melhor valor;

*p*v= pior valor.

Esta expressão garante que o índice permaneça entre zero e um, pelo menos enquanto o valor observado continuar dentro dos limites estabelecidos, (SILVA, 2007 apud COELHO, 2008). Desta forma a Tabela 38 demonstra a correspondência à cada situação.

Tabela 38. Valores correspondentes para o Índice de Ações Político Administrativas para formulação do Indicador de Resposta Ambiental.

SITUAÇÃO	Pontuação	VALORES
Ótima	0,81 – 1,0	100
Bom	0,61 – 0,80	80
Regular	0,41 – 0,60	60
Ruim	0,21 – 0,40	30
Péssima	0 – 0,20	0

Para este índice foi considerado que possuir um sistema de informação deve obter a pontuação máxima, pois se considera que o município deva priorizar a formação de um banco de dados atualizável e confiável para poder realizar suas políticas públicas adequadamente. Aplicando-se a pontuação considerando-se as particularidades do município, obteve o valor 80.

b) IAF

Foram considerados os seguintes critérios para avaliação do IAF:

1. Projetos ambientais em andamento, como recomposição de APP;
2. Projetos referentes aos resíduos sólidos, como reciclagem dos resíduos de construção civil e de poda e capina;
3. Projetos referentes à adequação da drenagem nas áreas rurais e urbanas;
4. Projetos relativos à situação dos recursos hídricos e o sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Para este índice foi utilizada a mesma metodologia do item anterior e a pontuação correspondente também conforme a Tabela 38. Obteve-se então uma pontuação de 80 para o município.

4.14.6 Consolidação do SIPGRHI

A Tabela 39 demonstra os valores correspondentes para cada índice considerado e seus respectivos pesos.

Tabela 39. Resumo dos valores e pesos para cada índice

INDICADOR	ÍNDICE	VALOR	PESO	RESULTADO
FM	IFM	100	0,20	20
P	IACA	60	0,40	72
P	IAGE	80	0,15	
P	IAGR	80	0,15	
P	IAIS	80	0,30	
E	ICV	60	0,40	66
E	IQtA	60	0,30	
E	IQlA	80	0,30	
I	IIUS	80	0,50	55
I	IIURH	30	0,50	
R	IAPA	80	0,50	80
R	IAF	80	0,50	

A Tabela 40 representa os valores de cada indicador após a aplicação da expressão (1), multiplicado pelo respectivo peso.

Tabela 40. Valores para cada indicador

INDICADOR	**VALOR X PESO**	**RESULTADO**
FM	20 x 0,20	4
IPA	72 x 0,20	14,4
IEA	66 x 0,20	13,2
IIA	55 x 0,20	11
IRA	80 x 0,20	16
TOTAL		**58,60**

A Tabela 35 expressa a situação do município através da avaliação dos indicadores separadamente. Observa-se que a força motriz, representada pelo crescimento da

população apresenta um valor baixo, mas as consequências desse crescimento, indicador de pressão ambiental, representa um valor alto 72. Os indicadores de estado e de impacto demonstram que o município não esta tão ruim e o indicador de resposta demonstra que a administração pública vem procurando realizar as adequações necessárias.

Considerando as faixas de sustentabilidade ambiental descritas por Coelho (2008), demonstradas pela Tabela 41, verifica-se que o município de Lençóis Paulista obteve um Indicador Geral= 58,60, que representa uma posição intermediária.

Tabela 41. Classificação geral do município de Lençóis Paulista – SP.

Indicador Geral	Faixas de Sustentabilidade
Sustentável	85 – 100
Potencialmente Sustentável	70 – 84
Intermediário	**50 – 69**
Potencialmente não Sustentável	30 – 49
Não Sustentável	0 – 29

4.15 Considerações Finais

Durante a elaboração deste estudo pode-se observar que a implantação de um indicador deve ser feita gradualmente, pois dificilmente pode-se contar com uma base de dados segura, tendo então que se iniciar um processo de mensuração mais sistemático para que se consiga alcançar os objetivos. Em casos mais complexos, esse processo pode levar um longo tempo até que as bases de dados assim como os procedimentos metodológicos estejam satisfatoriamente definidas e calibradas.

De toda forma, com este estudo pode-se reafirmar a importância da geração de informações municipais, pois é dentro dos limites do município que são definidas as ações que impactam diretamente nos recursos naturais, apesar das legislações estaduais e federais, que por vezes não conseguem conter tais ações. É preciso, portanto que se fortaleça e subsidie os municípios para conseguirem realizar os diagnósticos necessários para realização

de uma gestão apoiada em uma base de informação segura e atualizável, proporcionando um planejamento eficiente.

Os indicadores que nortearão as avaliações devem ser selecionados pelos seus usuários, de forma gradual, para que satisfaça às várias necessidades de um sistema de planejamento e gestão ambiental e de recursos hídricos. Para que isso ocorra este sistema de indicadores deve ser mensurável e atualizável periodicamente e ser sensível às mudanças que deve medir.

5. CONCLUSÕES

O Sistema Integrado de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos elaborado a partir da formulação de indicadores mostrou-se eficiente.

A metodologia Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto e Resposta utilizada consegue analisar o todo, ao mesmo tempo em que permite a avaliação das partes, deixando evidente onde estão ocorrendo os problemas mais significativos. Também é possível por essa metodologia a ampliação das análises com a ampliação dos indicadores, como por exemplo, um indicador que insira uma avaliação social e econômica das ações ambientais necessárias.

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.

O município de Lençóis Paulista apresentou índice de sustentabilidade ambiental 58,60, que representa uma posição intermediária entre o sustentável e o município não sustentável.

Fica a recomendação da criação de um programa que permita que os dados e informações adquiridas pelos diagnósticos para o planejamento e gestão municipal dos

recursos hídricos sejam sistematizados e disponibilizados com uma interface de fácil manuseio pelo usuário final que se pretende que seja o município.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, Paulo Rogério de; PINESE, José Paulo P.. **Planejamento Ambiental Em Microbacias Hidrográficas: Aplicação de Uma Matriz de Impacto Ambiental na Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Lindóia, Zona Norte de Londrina-PR.** Disponível em: <http://www.fag.edu.br/professores/praraujo/EAIA/Planejamento%20ambiental%20em%20microbacias%20hidrograficas.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2012.

BARBOSA, Catia Fernandes et al.. **SISTEMA DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS ATRAVÉS DE SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL (SGA) EM ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL MUNICIPAIS (APA OU APAM).** Disponível em: <www.cnrh.gov.br/sitio/index.php?option=com...task>. Acesso em: 26 ago. 2009.

BRAGA, Benedito; BARBOSA, Paulo Sergio Franco; NAKAYAMA, Paulo Takashi. Sistemas de Suporte à Decisão em Recursos hídricos. **Rbrh - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, São Paulo, v. 3, n. 3, p.73-95, 03 jul. 1998. Trimestral.

BELLEN, Hans Michael Van. **Indicadores de Sustentabilidade:** Uma Análise Comparativa. 2ª Rio de Janeiro: Editora Fgv, 2007. 256 p.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antonio Miguel Vieira (Org.). **Introdução à Ciência da Geoinformação.** São José Dos Campos: Inpe, 2001. 345 p. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/3opera.pdf >. Acesso em: 15 set. 2006.

CÂMARA, Gilberto; MEDEIROS, José Simeão. **Modelagem de Dados em Geoprocessamento.** cap. 2 - p. 35 - 2001. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/2modelo.pdf>. Acesso em: 15 set. 2006.

CASTRO, Leslie Ivana Serino. **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.

CETESB. **Qualidade das Águas Superficiais e Subterrâneas.** Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-subterraneas/111-publicacoes-e-relatorios>. Acesso em: 26 jun. 2011.

COELHO, Adoniran Martins. **Proposta para um Indicador Global de Avaliação de Sustentabilidade Ambiental de Empreendimentos (IGSA).** 2008. 182 f. Dissertação (Mestre) - Curso de Urbanismo, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, 2008. Disponível em: <http://recil.grupolusofona.pt/bitstream/handle/10437/83/dissertacao_08_Final.pdf?sequence=1>. Acesso em: 19 jun. 2012.

CONCEIÇÃO, Rodrigo Silva da. **Aplicação da metodologia GEO Cidades nas áreas de planejamento 2 e 5 da cidade do Rio de Janeiro, com suporte do geoprocessamento.** 2008. 177 f. Dissertação (Mestre) - Curso de Geografia, Uerj, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=151502>. Acesso em: 23 jul. 2012.

COORDENADORIA DE RECURSOS HÍDRICOS. **Indicadores Ambientais.** Disponível em:<http://www.sigrh.sp.gov.br/cgibin/sigrh_home_colegiado.exe?COLEGIADO=CRH&TEMA=RELATORIO&lwgactw=228680>. Acesso em: 09 ago. 2012.

COSTA, Silvano Silvério da. **Plano Diretor e o Saneamento Ambiental.** Presidente e Diretor de Manutenção e Operação do SAAE Guarulhos . Disponível em: <http://www.camara.gov.br/internet/comissao/index/perm/cdui/ssilverio.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2009.

DAEE. **Regionalização de Vazões.** Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/regnet.exe?lig=podfp>. Acesso em: 14 jun. 2012.

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

FEHIDRO, CBH Tietê – Jacaré. Relatório zero. São Paulo. <http://www.sigrh.sp.gov.br/cgibin/sigrh_home_colegiado.exe?COLEGIADO=FEHIDRO>. Acesso em: 08/2000.

FRANCO, Augusto de. **Porque precisamos de desenvolvimento local integrado e sustentável.** Instituto de Política Millennium. Disponível em: <www.cachoeiro.es.gov.br/adese/cartilha_oscip.doc>. Acesso em: 01 ago. 2012.

GARCIAS, Carlos Mello; REZENDE, Denis Alcides. **Indicadores de Qualidade Ambiental Urbana Viabilizados pela Tecnologia da Informação e seus Sistemas.** Disponível em: <http://www.ecoterrabrasil.com.br/home/index.php?pg=temas&tipo=temas&cd=499>. Acesso em: 15 ago. 2011.

IBGE. **INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - Brasil 2012.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/default_2012.shtm>. Acesso em: 19 jun. 2012.

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

KRAEMER, Maria Elisabeth Pereira. **Indicadores ambientais como sistema de informação.** ENGEP 2004. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2004_Enegep1002_0087.pdf>. Acesso em: 30 maio 2012

LANNA, Antônio Eduardo. **Gestão de Recursos Hídricos**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. 2004.

LANNA, Antônio Eduardo Leão; PEREIRA, Jaildo Santos; HUBERT, Giles. **Os Novos Instrumentos de Planejamento do Sistema Francês de Gestão de Recursos Hídricos: II - Reflexões e Propostas para o Brasil.** Submetido pelos autores a Revista Brasileira de Recursos Hídricos da ABRH . Disponível em: <http://www.ana.gov.br/cbhRioDoce/plano_docs/JPereiraGHubert2002-SAGESDAGE%20_Brasil_.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2009.

LEINZ, Viktor; AMARAL, Sergio Estanislau do. **Geologia Geral.** 7ª São Paulo-sp: Companhia Editora Nacional, 1978.

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 Agronômico – Divisão de Solos, seção de Pedologia. Escala: 1:100.000 – 1982.

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.

LISBÔA, Érico Gaspar; VANZIN, Mariana Menezes; BARP, Ana Rosa Baganha. **IDENTIFICAÇÃO DOS CONFLITOS PELO USO MÚLTIPLO DA ÁGUANA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO XINGÚ E SEUS REFLEXOS PARA CIDADEDE ALTAMIRA/PA.** X Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental . Disponível em: <http://www.academia.edu/456042/Identificacao_dos_Conflitos_pelo_Uso_Multiplo_da_Agua_na_Regiao_Hidrografica_do_Xingu_e_seus_Reflexos_para_Cidade_de_Altamira_PA>. Acesso em: 28 mar. 2010

LOPES, Eymar Silva Sampaio; FERREIRA, Hilcéa Santos. **TUTORIAL 10 Aulas:** SPRING Básico. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/>. Acesso em: 01 set. 2005.

MAGALHÃES JUNIOR, Antônio Pereira. **Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos: realidades e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil Ltda., 2007.

MAGALHÃES, Carlos Augusto de Carvalho; MORENO, José; GALVÃO Júnior, Alceu de Castro. Estimativa de Consumo Per Capita por Comunidades Atendidas pela Unidade de Negócio do Médio Tietê. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **ABES –Trabalhos Técnicos.** João Pessoa: Abes, 2001. p. 01 - 04. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/brasil/i-061.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2012.

MALHEIROS, Tadeu Fabricio; PHLIPPI JUNIOR, Arlindo; COUTINHO, Sonia Maria Viggiani. Agenda 21 Nacional e Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: contexto brasileiro. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 1, n. 17, p.07-20, mar. 2008. Trimestral. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-12902008000100002&script=sci_arttext>. Acesso em: 30 maio 2012.

MARTINS, Fabrina Bolzan; ROCHA, José Sales Mariano; ROBAINA, Adroaldo Dias; KURTZ, Silvia Margareti de Juli Moraes; KURTZ, Fabio Charão; GARCIA, Sandra Maria; SANTOS, Alessandro Herbert Oliveira; DILL, Paulo Roberto Jaques; NOAL, Tatiana Nardon. Zoneamento Ambiental da Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (Rs) (estudo de caso). **Cerne**, Lavras, n. , p.315-322, 14 jul. 2005.

MARTINS, Rodrigo Constante; VALENCIO, Norma Felicidade Lopes da Silva. Valoração dos Recursos Hídricos e Impasse Sócio Ambiental na Agricultura Paulista: Alguns desafios para gestão de políticas públicas. **Informações Econômicas**, São Paulo, n. , p.28-40, out. 2003. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/OUT/publicacoes/pdf/tec3-1003.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2011.

MEDEIROS, José Simeão; CÂMARA, Gilberto. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais.** cap. 10 - p. 37. Disponível em: <httpwww.inpe.brbiblioteca>. Acesso em: 25 abr. 2008.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Plano Nacional de Saneamento Básico. Disponível em: http://www.cidades.gov.br/secretarias-nacionais/saneamento-ambiental/acoes/plansab . Acesso em: 28 ago. 2009.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. •**Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos>. Acesso em: 26 ago. 2012.

MOISÉS, Hélvio. **O Município-Rede - Planejamento, desenvolvimento político e sustentabilidade.** Disponível em: <http://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&cr=countryBR&q=author:%22MOIS%C3%89S%22+intitle:%22Munic%C3%ADpioRede:+Planejamento,+Desenvolvimento+Pol%C3%ADtico+...%22+&um=1&ie=UTF-8&oi=scholarr>. Acesso em: 28 ago. 2009.

NASCIMENTO, Nilo de Oliveira; HELLER, Léo. **Ciência, Tecnologia e Inovação na Interface entre as Áreas de Recursos Hídricos e Saneamento.** Artigo Técnico. Disponível em: <http://www.universoambiental.com.br/novo/artigos_ler.php?canal=1&canallocal=1&canalsub2=1&id=10>. Acesso em: 28 ago. 2009.

OLIVEIRA, Regina Célia Pereira de. Geoprocessamento para Saneamento – AcquaGIS: Estudo Realizado na Casal –Companhia de Abastecimento D'água e Saneamento do Estado de Alagoas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.** Natal: Inpe, 2009. p. 4125 - 4132. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.20.00/doc/4125-4132.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2011.

PARTIDÁRIO, Maria do Rosário. **Indicadores de Qualidade de Ambiente Urbano.** 2ª Lisboa: Dgotdu, 2000. 155 p.

PINTO, Elizabeth Machado. **A Gestão de recursos hídricos e as interferências do Planejamento.** Revista Universidade Rural: Série Ciências Humanas, Seropédica, RJ: EDUR, v. 29, n 1, p. 124-130, jan-jul, 2007. Disponível em: <http://www.editora.ufrrj.br/revistas/humanasesociais/rch/rch29n1/125-131.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2009.

PISSARRA, Teresa Cristina Tarlé.; POLITANO, Walter. 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.

PIRES, Maria Aparecida Faustino et al.. **Sistema integrado para obtenção de informações georeferenciadas para o controle dinâmico da qualidade da água.** Disponível em: <http://www.ipen.br/biblioteca/2006/eventos/10277.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2012.

PNUMA-Programa Das Nações Unidas Para O Meio Ambiente. Escritório Regional Para A América Latina e O Caribe (Ed.). **Metodologia para a Elaboração de Relatórios Geo Cidades:** Manual de Aplicação. México, 2001. Disponível em: <http://www.unep.org.br/admin/publicacoes/texto/Manual_para_elaboracao_do_GEO_Cidades.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2012.

POMPERMAYER, Raquel de Souza. **Aplicação de Análise Multicritério para Gestão de Recursos Hídricos: Simulação para as Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí.** 2003. 150 f. Dissertação (Mestre) - Curso de Engenharia Agrícola, Unicamp, Campinas, 2003. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/cea/RaquelPompermayer.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2012.

PORTO, Marcos Maia; TEIXEIRA, Sergio Grein. **Portos e Meio ambiente**. São Paulo: Ed. Aduaneira Ltda., 2002.

PREFEITURA MUNICIPAL DE LENÇÓIS PAULISTA. **Legislação.** Disponível em: <www.lencoispaulista.sp.gov.br>. Acesso em: 15 maio 2011.

ROCHA, José Sales Mariano da. **Manual de Projetos Ambientais**. Santa Maria, RS: Imprensa Universitária, UFSM, 1997.

ROCHA, Cezar Henrique Barra. **Geoprocessamento – Tecnologia Transdisciplinar**. Juiz de Fora, M G: Ed. do Autor, 2000.

ROLIM, Glauco de Souza; SENTELHAS, Paulo Cezar; BARBIERI, Valter. (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

ROSA, Roberto. *Introdução ao Sensoriamento Remoto*. 5 ed. Uberlândia: Ed. da Universidade Federal de Uberlândia, 2003.

ROSSETO, Adriana Marques. **Proposta de um Sistema Integrado de Gestão Ambiental Urbana (SIGAU) para o Desenvolvimento Sustentável de Cidades.** 2003. 404 f. Tese (Doutor) - Departamento de Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2003. Disponível em: <http://www.grupoge.ufsc.br/publica/adriana.pdf>. Acesso em: 24 set. 2011.

SAAELP-SERVIÇO DE ABASTECIMENTO AGUA E ESGOTO DE LENÇÓIS PAULISTA. **Plano Municipal de Saneamento Básico.** Lençóis Paulista, 2011. 279 p.

SANTOS, Marco Aurélio. Técnicas para Diagnóstico Ambiental: Sistemas de Informações Geográficas. In: MAGRINI, Alessanra; SANTOS, Marco Aurélio. **Gestão Ambiental de Bacias Hidrográficas.** Rio de Janeiro: Coppe - UFRJ, 2001. p. 225-235.

SAUSEN, Tânia Maria. **Sensoriamento Remoto e suas Aplicações para Recursos Naturais.** Disponível em: <http://200.132.36.199/elodio/downloads/sr/SR_T05.pdf>. Acesso em: 26 out. 2011.

SHENG, Ted C..**Watershade Managment Field Manual:** Watershade Survey and Planing. Colorado- Usa: Food And Agriculture OrganizationOf The UN, 1990.

SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório 5 Proposta de Conteúdo Mínimo e Indicadores de Acompanhamento dos Planos:** Relatório Final. São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.saneamento.sp.gov.br/>. Acesso em: 03 ago. 2012.

SILVA, Christian Luis da; LIMA, José Edmilson de Souza (Org.). **Politicas Públicas e Indicadores para o Desenvolvimento Sustentável.** 1ª São Paulo: Saraiva, 2010.

SMA, Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Leis, decretos: federais e estaduais. Disponível em: <http://wwwambiente.sp.gov.br/leis_internet/legis_licenc.htm>. Acesso em: 11/2007.

SMA, Secretaria Estadual do Meio Ambiente. SIGAM - Sistema Integrado de Gestão Ambiental, Projeto de Recuperação de Matas Ciliares . Disponível em: <http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Default.aspx?idPagina=4323> . Acesso em: 04/08

SMA, Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Município Verde Azul. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/>. Acesso em: 08/2012.

SOUZA, Marcelo Pereira de. **Instrumentos de Gestão Ambiental: fundamentos e prática.** São Paulo: Editora Riani Costa, 2000. Disponível em: <http://www.eesc.usp.br/ppgshs/files/recursos_ambientais.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2012.

SOUZA, Marcelo Lopes de. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanas.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. 560 p.

TOLEDO, Silvia Rodrigues Bio de. **. Indicadores de capacidade de gestão urbana dos Govern0os Locais nas Cidades Médias no Estado de São Paulo.** 2005. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Geografia, Unesp, Rio Claro, 2005.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; MELLER, Adalberto. **Regulação das águas pluviais urbanas.** Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Disponível em: <http://ebookbrowse.com/gdoc.php?id=214704379&url=83abdf6239c7feb27e57ebd418ed5675>. Acesso em: 01 ago. 2012.

VEIGA, Artur José Pires; VEIGA, Daniela Andrade Monteiro; MATTA, Jana Maruska Buuda da. **DENSIDADE DEMOGRÁFICA COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO URBANO: UM ESTUDO DE CASO SOBRE VITÓRIA DA CONQUISTA - BA.** Simpósio Cidades Pequenas e Médias da Bahia. UFBA . Disponível em: <http://www.uesb.br/eventos/simposio_cidades/anais/artigos/eixo5/5h.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2012.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur**. Hidrologia Aplicada**. São Paulo: Ed. McGraw Hill, 1975.