

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana**

**ZONEAMENTO (GEO)AMBIENTAL ANALÍTICO DA MICROBACIA**  
**DO CÓRREGO DO ROSÁRIO (DESCALVADO, SP)**

**ELIEZER BERNARDES INÊZ**

**SÃO CARLOS**  
**2012**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana**

**ZONEAMENTO (GEO)AMBIENTAL ANALÍTICO DA MICROBACIA  
DO CÓRREGO DO ROSÁRIO (DESCALVADO, SP)**

**ELIEZER BERNARDES INÊZ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof. Dr. Reinaldo Lorandi

**SÃO CARLOS**  
**2012**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

I42zg

Inêz, Eliezer Bernardes.

Zoneamento (geo)ambiental analítico da microbacia do  
Córrego do Rosário (Descalvado, SP) / Eliezer Bernardes  
Inêz. -- São Carlos : UFSCar, 2012.

110 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São  
Carlos, 2012.

1. Planejamento físico-ambiental. 2. Zoneamento  
ambiental. 3. Bacias hidrográficas. I. Título.

CDD: 711.42 (20ª)



## FOLHA DE APROVAÇÃO

ELIEZER BERNARDES INÉZ

Dissertação defendida e aprovada em 24/08 /2012  
pela Comissão Julgadora

Prof. Dr. Reinaldo Lorandi  
Orientador (DECiv/UFSCar)

Prof. Dr. Francisco Antonio Dupas  
(IRN/UNIFEI)

Prof. Dr. João Sergio Cordeiro  
(DECiv/UFSCar)

Prof. Dr. Ricardo Siloto da Silva  
Coordenador do CPGEU

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por me dar à vida, guiar meus caminhos, pelas oportunidades oferecidas e pelo socorro presente nas atribulações.

Aos meus pais José Rovichom Inêz e Célia Maria Bernardes Inêz, meus educadores de toda a vida. Sei que ambos sempre deram o melhor de si, para que eu pudesse atingir meus objetivos.

Aos meus irmãos Elines e Elton e meu cunhado Thiago pelo apoio, incentivo e companheirismo.

A minha namorada Elinis por seu companheirismo, carinho e apoio constante, agradeço por fazer parte das minhas conquistas.

Ao Professor Dr. Reinaldo Lorandi, pela orientação, por estar sempre acessível e pelo apoio em todas as etapas deste trabalho.

A todos os meus professores que colaboraram para o meu crescimento.

Ao meu amigo Leandro Contri Campanelli, grande companheiro de trabalho e pesquisa. Agradeço pela colaboração, estímulo e por ampliar meu leque de conhecimento através de nossas discussões diárias.

Aos meus amigos de sala pelo estímulo ao desenvolvimento intelectual e profissional e também aos demais amigos pelos momentos de confraternização.

Não é preciso ter olhos abertos para ver o sol,  
nem é preciso ter ouvidos afiados para ouvir o trovão.  
Para ser vitorioso você precisa ver o que não está visível.

Sun Tzu

## RESUMO

INÊZ, E. B. Zoneamento (geo)ambiental analítico da microbacia do córrego do Rosário (Descalvado, SP). 2012. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos.

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento da paisagem constitui um avanço significativo nas atividades de planejamento e gestão, pois nesta área ocorrem interações sócio-ambientais e seus desdobramentos. Dentre os diversos instrumentos de planejamento e gestão ambiental, utilizados no contexto da bacia hidrográfica, merece destaque os zoneamentos (geo)ambientais, pois estes auxiliam os tomadores de decisão e buscam compatibilizar o desenvolvimento sócio-econômico com a qualidade ambiental. Nesse contexto, o presente trabalho, que tem como área de estudo a microbacia do córrego do Rosário (Descalvado, SP), apresenta uma proposta de zoneamento (geo)ambiental analítico, gerado a partir de um conjunto de documentos cartográficos temáticos na escala de 1:10.000, trabalhos de campo e de geotecnologias, onde se busca analisar as aptidões e suscetibilidades do terreno da microbacia, frente ao processo de ocupação urbana. Sendo assim, os resultados encontrados podem servir como base para o debate e formulação de políticas públicas municipais capazes de orientar um adequado processo de expansão urbana.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica, zoneamento (geo)ambiental, expansão urbana.

## **ABSTRACT**

INÊZ, E. B. Analytical (geo)environmental zoning of the Rosário stream microbasin (Descalvado, SP, Brazil). 2012. Thesis (Master's). Graduate Program in Urban Engineering, Federal University of São Carlos.

Adopting a river basin as a landscape management unit constitutes a major achievement in planning and management due to socio-environmental interactions and their unfoldings that take place in this area. Among the variety of environmental planning and management tools used in river basin contexts, (geo)environmental zoning is noteworthy in that it helps decision makers and aims at reconciling socio-economic development with environmental quality. Along these lines, the purpose of this study – focused on the microbasin of the Rosário stream in Descalvado, SP, Brazil – was to present an analytical (geo)environmental zoning proposal – generated from a set of thematic mapping documents at a 1:10000 scale, field studies, and geo-technologies – that seeks to analyze capacities and susceptibilities of this microbasin terrain in the face of urban occupation. Thus, the findings of this study can serve as a basis for discussion and construction of public policies capable of guiding a right and proper local urban expansion process.

**Key words:** river basin; (geo)environmental zoning; urban expansion.



## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> – Bacia Hidrográfica.....	26
<b>FIGURA 2a</b> – Pombo com câmera fotográfica.....	29
<b>FIGURA 2b</b> – Pombos com câmeras fotográficas.....	30
<b>FIGURA 3a</b> – Imagem registrada através de câmera fotográfica fixada em um pombo	30
<b>FIGURA 3b</b> – Imagem registrada através de câmera fotográfica fixada em um pombo	30
<b>FIGURA 3c</b> – Imagem registrada através de câmera fotográfica fixada em um pombo	30
<b>FIGURA 4</b> – Satélite CBERS-2B.....	31
<b>FIGURA 5</b> – Arquitetura de um sistema de informações geográficas.....	33
<b>FIGURA 6</b> – Organização de dados no SIG.....	34
<b>FIGURA 7</b> – Zoneamento (Geo)ambiental: Abordagem Sintética.....	45
<b>FIGURA 8</b> – Microbacia do córrego do Rosário (Descalvado, SP).....	47
<b>FIGURA 9</b> – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio Mogi-Guaçu ..	50
<b>FIGURA 10</b> – Rio Mogi-Guaçu na cidade de Mogi-Guaçu.....	51
<b>FIGURA 11</b> – Aquífero Guarani.....	53
<b>FIGURA 12</b> – Córrego do Rosário (Descalvado, SP).....	56
<b>FIGURA 13</b> – Percurso do córrego do Rosário (Descalvado, SP).....	58
<b>FIGURA 14</b> – Ponto 1 (P1).....	60
<b>FIGURA 15</b> – Ponto 2 (P2).....	61
<b>FIGURA 16</b> – Ponto 3 (P3).....	61
<b>FIGURA 17</b> – Principais etapas do procedimento metodológico analítico utilizado no zoneamento (geo)ambiental da microbacia do córrego do Rosário (Descalvado, SP)....	71
<b>FIGURA 18</b> – Perfis de encostas.....	79
<b>FIGURA 19</b> – Área referente a cada classe de declividade.....	90
<b>FIGURA 20</b> – Área referente a cada classe de uso e cobertura do solo em 2009.....	91
<b>FIGURA 21</b> – Área referente a cada classe de uso e cobertura do solo em 2012.....	92
<b>FIGURA 22</b> – Área referente a cada formação geológica de superfície.....	93
<b>FIGURA 23</b> – Área referente a cada material inconsolidado.....	94
<b>FIGURA 24</b> – Área referente a cada unidade aquífera.....	95
<b>FIGURA 25</b> – Área referente a cada unidade básica de compartimentação.....	96
<b>FIGURA 26</b> – Área referente a cada classe de aptidão à ocupação urbana.....	97

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1</b> - Classificação climática, dados pluviométricos e temperatura média de Descalvado-SP.....	48
<b>TABELA 2</b> – Balanço hídrico, Descalvado-SP.....	49
<b>TABELA 3</b> – Vazão dos sistemas de captação.....	54
<b>TABELA 4</b> – Resultados das análises de pH e comparação com parâmetro da Resolução CONAMA 357/2005.....	62
<b>TABELA 5</b> – Resultados das análises de condutividade e comparação com parâmetro da CETESB .....	62
<b>TABELA 6</b> – Resultados das análises de turbidez e comparação com parâmetro da Resolução CONAMA 357/2005.....	63
<b>TABELA 7</b> – Resultados das análises de fenóis e comparação com parâmetro da Resolução CONAMA 357/2005 .....	63
<b>TABELA 8</b> – Resultados das análises do oxigênio dissolvido e comparação com Parâmetro da Resolução CONAMA 357/2005 .....	63

## LISTA DE QUADROS

<b>QUADRO 1</b> – Componentes e atributos fundamentais para o zoneamento (geo)ambiental .....	37
<b>QUADRO 1 (continuação)</b> – Componentes e atributos fundamentais para o zoneamento (geo)ambiental .....	38
<b>QUADRO 2</b> – Forma de obtenção dos atributos necessários para a realização de trabalhos de natureza (geo)ambiental.....	38
<b>QUADRO 3</b> – Características das imagens do satélite.....	69
<b>QUADRO 4</b> – Cartas topográficas .....	69
<b>QUADRO 5</b> – Poços perfurados na microbacia do córrego do Rosário (Descalvado, SP)73	
<b>QUADRO 6</b> – Tipos de Topos e encostas .....	80
<b>QUADRO 7</b> – Unidades Básicas de Compartimentação.....	81
<b>QUADRO 8</b> – Classes dos componentes considerados para análise do potencial de expansão urbana .....	84
<b>QUADRO 9</b> – Classes de alterabilidade.....	85
<b>QUADRO 10</b> – Declividades .....	86
<b>QUADRO 11</b> – Classes de espessura do manto de alteração .....	87
<b>QUADRO 12</b> – Classes de permeabilidade.....	87
<b>QUADRO 13</b> – Classes de tipo de material do manto de alteração .....	87
<b>QUADRO 14</b> – Classes de aptidão à ocupação urbana .....	88

## **LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS**

- ALT.** – Alteração (mm)
- ARM.** – Armazenamento (mm)
- CBERS** – China-Brazil Earth Resources Satellite
- CBH-MOGI** – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu
- CETESB** – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
- CIAM** – Congresso Internacional de Arquitetura Moderna
- DEF.** – Deficiência (mm)
- EMPLASA** – Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano
- ER.** – Evapotranspiração Real Média (mm)
- ESTAT** – Sistema para Análises Estatísticas
- ETA** – Estação de Tratamento de Água
- EVAP.** – Evapotranspiração Potencial Média (mm)
- EXC.** – Excedente (mm)
- IGC** – Instituto Geográfico e Cartográfico
- InSAR** – Radar Interferométrico de Abertura Sintética
- MCT** – Miniatura, Compactado, Tropical
- MNT** – Modelo Numérico do Terreno
- OD** – Oxigênio Dissolvido
- PEP.** – Precipitação menos Evapotranspiração (mm)
- pH** – Potencial Hidrogênio Iônico
- PREC.** – Precipitação Média (mm)
- SABESP** – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
- SEMARH** – Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
- SIG** – Sistema de Informação Geográfica
- T.M.** – Temperatura Média (°C)
- UBCs** – Unidades Básicas de Comparimentação
- UGRHI** – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
- UNESP** – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
- UTM** – Universal Transverso de Mercator

## **APÊNDICES**

**APÊNDICE 1** – Mapa Cadastral

**APÊNDICE 2** – Carta de Declividades

**APÊNDICE 3** – Mapa de Uso e Cobertura do Solo (2009)

**APÊNDICE 4** – Mapa de Uso e Cobertura do Solo (2012)

**APÊNDICE 5**– Mapa de Formações Geológicas de Superfície

**APÊNDICE 6** – Mapa de Materiais Inconsolidados

**APÊNDICE 7**– Mapa de Unidades Aquíferas

**APÊNDICE 8** – Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação

**APÊNDICE 9** – Carta de Zoneamento (Geo)Ambiental Analítico: Aptidão à Ocupação Urbana

## **ANEXOS**

**ANEXO 1** – Tabela de volume de água tratada na estação de tratamento de água (ETA) do município de Descalvado-SP.

**ANEXO 2** – Resultados dos ensaios de caracterização das amostras dos materiais inconsolidados.

**ANEXO 3** – Perfil geológico dos poços perfurados na área de estudo.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 OBJETIVO</b> .....	16
<b>3 SÍNTESE DA BIBLIOGRAFIA FUNDAMENTAL</b> .....	16
3.1 Planejamento urbano e sustentabilidade.....	16
3.2 Urbanização e recursos hídricos .....	18
3.3 Recursos hídricos e sustentabilidade .....	21
3.4 A bacia hidrográfica como unidade de planejamento .....	25
3.5 Instrumentos e mecanismos para a gestão ambiental de bacias hidrográficas .....	28
3.5.1 Geotecnologias .....	28
3.5.2 Sensoriamento remoto .....	28
3.5.3 Sistemas de informação geográficas (SIG) .....	33
3.5.4 Cartografia geotécnica.....	34
3.5.5 Zoneamento ambiental como instrumento de planejamento e gestão ambiental ...	39
<b>4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	46
4.1 Localização, acesso e informações pontuais .....	46
4.2 Aspectos sócio-econômicos .....	48
4.3 Clima e vegetação.....	48
4.4 Hidrografia .....	50
4.4.1 Bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu (UGRHI – 09) .....	50
4.5 Aquífero Guarani.....	52
4.6 Abastecimento urbano de água no município de Descalvado-SP .....	54
4.7 Caracterização ambiental do córrego do Rosário (Descalvado, SP) .....	55
4.7.1 Qualidade da água do córrego do Rosário (Descalvado, SP).....	59
4.8 Geologia .....	64
4.8.1 Formação Serra Geral.....	64
4.8.2 Formação Botucatu.....	65
4.8.3 Formação Pirambóia.....	65
4.8.4 Formação Santa Rita do Passa Quatro.....	65

4.8.5 Depósitos Recentes do Quaternário.....	65
4.9 Geomorfologia.....	66
4.10 Materiais Inconsolidados.....	66
4.10.1 Areias Quartzosas Profundas.....	66
4.10.2 Latossolo Roxo.....	66
4.10.3 Unidade Barão Geraldo.....	67
4.10.4 Latossolo Vermelho Escuro.....	67
4.10.5 Unidade Hortolândia.....	67
4.10.6 Latossolo Vermelho-Amarelo.....	67
4.10.7 Unidade Coqueiro.....	68
4.10.8 Unidade Laranja Azeda.....	68
4.10.9 Solos Litólicos.....	68
4.10.10 Solos Hidromórficos.....	68
4.10.11 Unidades Estruturadas.....	69
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>69</b>
5.1 Produtos de sensoriamento remoto.....	69
5.2 Produtos cartográficos.....	69
5.3 Softwares.....	70
5.4 Aplicação da abordagem analítica para a elaboração da carta de zoneamento (geo)ambiental analítico da microbacia do córrego do Rosário (Descalvado, SP).....	70
5.4.1 Procedimento metodológico analítico.....	72
5.4.2 Mapa Cadastral.....	72
5.4.3 Carta de Declividades.....	73
5.4.4 Mapa de Uso e Cobertura do Solo (2009).....	74
5.4.5 Mapa de Uso e Cobertura do Solo (2012).....	75
5.4.6 Mapa de Formações Geológicas de Superfície.....	76
5.4.7 Mapa de Materiais Inconsolidados.....	76
5.4.8 Mapa de Unidades Aquíferas.....	76
5.4.9 Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação.....	77
5.4.10 Carta de Zoneamento (Geo)Ambiental Analítico (Aptidão à Ocupação Urbana).....	84



<b>6 RESULTADOS</b> .....	89
6.1 Mapa Cadastral.....	89
6.2 Carta de Declividades.....	90
6.3 Mapa de Uso e Cobertura do Solo (2009).....	90
6.4 Mapa de Uso e Cobertura do Solo (2012).....	91
6.5 Mapa de Formações Geológicas de Superfície.....	92
6.6 Mapa de Materiais Inconsolidados.....	93
6.7 Mapa de Unidades Aquíferas.....	94
6.8 Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação.....	95
6.9 Carta de Zoneamento (Geo)Ambiental Analítico (Aptidão à Ocupação Urbana).....	96
<b>7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	97
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	100
<b>9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	103

# 1 INTRODUÇÃO

Em meados de 1950 o Brasil adotou um modelo de crescimento econômico que desconsiderou os desequilíbrios sociais, econômicos e ambientais, relacionados à implantação deste modelo, o mesmo visou à industrialização rápida e sem restrições.

Não demorou muito tempo para que o resultado da implantação deste modelo viesse à tona. Por volta de 1960 e 1970 começaram a surgir os primeiros focos de degradação ambiental nas regiões sul e sudeste. Tendo em vista tais fatos, o governo federal e os governos estaduais começaram a desenvolver instrumentos institucionais e legais para uma gestão adequada e eficiente.

Algumas instituições que surgiram neste período no estado de São Paulo foram: a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, a Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano – EMPLASA e a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP. Quanto aos instrumentos legais, pode-se mencionar a Lei Estadual 1.817/78, que se refere ao Zoneamento Industrial Metropolitano; Lei Estadual 898/75 de Mananciais; Lei Estadual 997/76 de Controle da Poluição; Lei Federal 6.766/79 de Parcelamento do Solo Urbano; Lei Federal 6.803/80 de Zoneamento Industrial nas Áreas Críticas de Poluição; Lei Federal 6.938/81 refere-se à Política Nacional do Meio Ambiente, etc.

Para orientar ações voltadas aos recursos hídricos, a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão, a Lei Estadual nº 7.663/91 e a implantação da Política Estadual de Recursos Hídricos deram um novo rumo ao planejamento e à gestão ambiental, a democratização, através dos Comitês de Bacias Hidrográficas.

O uso da bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento da paisagem é muito importante, pois esta unidade constitui um importante e complexo espaço geográfico onde ocorre a interação sócio-ambiental e, conseqüentemente, a degradação ambiental com a redução da quantidade e qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, ambos resultantes do uso inadequado dos recursos naturais.

Neste contexto, a elaboração de um zoneamento (geo)ambiental analítico voltado para a análise do potencial de expansão urbana da microbacia do córrego do Rosário (Descalvado-SP), torna-se um instrumento de grande relevância, pois o mesmo poderá auxiliar na identificação das limitações e potencialidades da microbacia, podendo tornar-se

um instrumento de orientação para os planejadores que buscam assegurar a continuidade e a qualidade do ecossistema local.

## **2 OBJETIVO**

O objetivo do trabalho foi a elaboração do zoneamento (geo)ambiental analítico, a fim de avaliar as potencialidades do terreno da microbacia do córrego do Rosário (Descalvado, SP) no que diz respeito à ocupação urbana, tendo em vista fornecer subsídios com informações técnicas que auxiliem os planejadores na tomada de decisões. No que se refere à tomada de decisão é fornecer subsídios para a elaboração do plano diretor municipal, gestão dos recursos hídricos e gestão integrada da microbacia hidrográfica.

## **3 SINTESE DA BIBLIOGRAFIA FUNDAMENTAL**

### **3.1 Planejamento urbano e sustentabilidade**

Segundo Barbieri (2007), “meio ambiente é tudo o que envolve ou cerca os seres vivos ou o que está ao seu redor; é o próprio planeta Terra com todos os elementos, tantos os naturais, quanto os alterados e construídos pelos seres humanos”. Para este autor, é possível distinguir três tipos de ambiente: o fabricado ou desenvolvido pelos humanos (cidades, parques industriais e corredores de transportes como rodovias, ferrovias e portos); o ambiente domesticado (áreas agrícolas, florestas plantadas, açudes, lagos artificiais, etc.); o ambiente natural, como por exemplo, as matas virgens e outras regiões auto-sustentadas, que são acionadas apenas pela luz solar e outras forças da natureza, como precipitação, ventos, fluxos de água, etc., e não dependem de qualquer fluxo de energia controlado diretamente pelos humanos, como ocorre nos dois outros ambientes.

No planejamento das cidades do século XX, de acordo com Kanashiro (2005), um dos paradigmas que talvez tenha tido influência sem precedentes foi a Carta de Atenas de 1933, resultado do IV CIAM (Congresso Internacional de Arquitetura Moderna), que aconteceu em decorrência do rápido processo de industrialização, buscando, de forma quase utópica, um ordenamento e organização dos espaços para o planejamento das cidades. Nessa busca, o Urbanismo Moderno reduziu o homem a um modelo universal único, biologicamente

idêntico, transformando-se a habitação em uma “máquina de morar” e desconsiderando-se as condições locais físico-ambientais e também socioculturais.

No mesmo século XX, entre o período da Carta de Atenas de 1933 e a Nova Carta de Atenas de 1998, o pensamento urbanístico emergiu no sentido de incorporar, de forma imprescindível, no planejamento do espaço urbano do século XXI, os valores ambientais, culturais e históricos.

A Nova Carta de Atenas de 1998 estabeleceu quatro pontos-chave para o planejamento urbano:

- Promover competitividade econômica e emprego;
- Favorecer coesão social e econômica;
- Melhorar os transportes;
- Promover o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida no contexto das cidades.

Os aspectos ambientais podem ser considerados hoje a essência do planejamento urbano, e como forma de conservação dos recursos naturais renováveis e não renováveis, deve-se adotar o uso de novas tecnologias ambientais e urbanas e também ecotecnologias, bem como estratégias para redução da poluição, minimização de desperdícios e reciclagem de materiais.

Pode-se afirmar que o grande desafio da sociedade pós-moderna está baseado na necessidade cada vez maior dos seres humanos buscarem verificar e re-conceituar os modelos de interação entre o homem e a natureza (GEWEHR, 2006).

A Agenda 21 Brasileira, resultado da ECO-1992 (Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro no ano de 1992), trata-se também de um instrumento imprescindível para os planejadores do espaço urbano, enfatizando o desenvolvimento sustentável e compatibilizando a conservação ambiental, a justiça social e o crescimento econômico.

Ao profissional urbanista de hoje, juntamente com a sociedade e os governantes, cabe a tarefa de reabilitar e reorganizar as cidades existentes e ao mesmo tempo planejá-las em sua ambiência de acordo com as novas premissas sociais e ambientais características do século XXI, capacitando-as para o desenvolvimento sustentável.

### 3.2 Urbanização e recursos hídricos

De acordo com Tucci (2010), a urbanização é um processo de desenvolvimento econômico e social resultante do sistema migratório da economia rural para a economia concentrada em áreas urbanas, ou seja, ocorre a transição de uma economia agrícola para uma economia industrial e de serviços. Tal processo foi marcante no século XX, pois em 1900 cerca de 13% da população mundial concentravam-se em áreas urbanas, já em 2007 a população mundial em áreas urbanas chegava a 49,4% e estima-se que em 2050 cerca de 69,5% da população mundial estará concentrada em áreas urbanas. O autor ainda descreve que a expansão urbana é um processo geográfico, pois em muitas cidades o processo de expansão ocorre da jusante para montante na bacia e da costa para o interior nas cidades costeiras.

Segundo Jaeger *et al.* (2010), expansão urbana é o fenômeno que pode ser identificado visualmente na paisagem, através da constatação de uma paisagem composta por conjunto de edificações. A expansão urbana, denota a extensão da área que é construída e sua dispersão na paisagem. O termo “expansão urbana” pode ser usado para descrever tanto um estado (o grau de expansão de uma paisagem), bem como um processo (crescente expansão em uma paisagem).

Na Europa e América do Norte o processo de expansão urbana ocorre de forma mais dispersa consumindo maiores áreas e recursos naturais. O processo de ocupação ocorre em áreas próximas às cidades grandes, onde busca-se viver em áreas com um verde circundante e onde haja um baixo investimento financeiro em lotes e transportes.

Já na América do Sul, o processo de expansão urbana ocorre nas periferias das cidades, em assentamentos precários produzidos pelos próprios moradores. Tal fato pode ser facilmente visualizado no Brasil, pois o país apresenta grande parte de seus municípios com assentamentos precários e sem infraestrutura urbana adequada (COSTA, 2010).

Em geral, o abastecimento de água no meio urbano ocorre a partir de fontes existentes à montante ou em bacias vizinhas, ou também através de águas subterrâneas, podendo ocorrer um sistema misto de abastecimento (superficial/subterrânea).

Para o abastecimento público busca-se captar água de mananciais sem contaminação, porém, após o uso, grande parte das cidades lança as águas residuais sem tratamento à jusante do ponto de captação.

As águas residuais que retornam aos rios sem tratamento ou através de extravasamento de fossas causam a poluição dos corpos d'água, deixando-os impróprios para o abastecimento público.

A qualidade da água sofre influência de diversos fatores, os quais resultam nas seguintes situações:

- Urbanização – descargas de águas residuais sem tratamento em rios, lagos e represas; disposição inadequada de resíduos sólidos que afetam diretamente a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, etc;
- Atividades Agrícolas – o uso excessivo de fertilizantes, herbicidas e pesticidas contaminam as águas superficiais e subterrâneas, etc;
- Atividades Industriais – geram desmatamento, transporte de materiais em suspensão, os quais reduzem o volume de água dos reservatórios, alteram a morfometria das represas, rios e lagos, produzem águas residuais com altos teores de metais tóxicos, etc.

As diversas atividades desenvolvidas no meio urbano e o uso múltiplo da água resultam no aumentando da toxidade das águas superficiais e subterrâneas.

Tundisi & Scheuenstuhl (2012), descrevem que na região sul e sudeste do Brasil, a alta bacia do rio Paraná (rios Tietê e Iguazu) apresenta índices críticos de qualidade de água com custo de tratamento muito elevado. Em algumas regiões, tais como, alguns reservatórios das bacias dos rios Paraná e São Francisco, existe uma elevada contaminação que obriga a proibir o uso da água. Além disso, a degradação da qualidade da água no Brasil pode ser agravada por eventos hidrológicos externos, pois, as chuvas fortes e as descargas em áreas urbanas e metropolitanas podem aumentar a contaminação dos mananciais de três a quatro vezes.

Hurlimann, Meyer & Dolnilcar (2009), descrevem que em muitos países desenvolvidos a demanda hídrica tem superado a capacidade de suporte das fontes tradicionais de abastecimento. Portanto, tem-se desenvolvido uma variedade de soluções para gerir tal deficiência, e as mesmas podem ser classificadas em duas categorias: as que se baseiam no aumento da oferta em função da demanda e as que se baseiam no aumento da oferta em função da redução da demanda.

As soluções com base no aumento de oferta a partir da redução da demanda parte de abordagens descentralizadas, que incluem redução no consumo doméstico,

reutilização de águas, captação de águas pluviais, etc. Já as soluções que tem como base o aumento da oferta em função da demanda, buscam suprir as necessidades da população através de recursos finitos e insustentáveis.

De acordo com Tucci (2010), os principais problemas relacionados à urbanização e à infraestrutura em países em desenvolvimento são:

- Elevado número de pessoas concentradas em pequenos espaços com sistemas inadequados de transporte público, água e saneamento, poluição do ar e inundações;
- Expansão dos limites da cidade de forma descontrolada em decorrência da migração rural pela busca de emprego;
- Urbanização espontânea e sem planejamento;
- Limitação da capacidade institucional das cidades quanto à legislação, à aplicação da lei, à manutenção e ao suporte técnico-econômico;
- Ausência de integração no sistema de gestão das águas urbanas: a gestão da infraestrutura de água é realizada de forma totalmente fragmentada, gerando serviços de baixa qualidade, quando existem.

De acordo com Oliveira & Mendes (2008), o Brasil é um país urbano, com mais de 80% da população residindo e desenvolvendo atividades nas cidades. Nesses centros urbanos é onde se concentram os maiores índices de problemas, pois o crescimento desordenado ultrapassa os limites do equilíbrio entre o ambiente natural e as cidades.

As forças econômicas que inicialmente aparentam beneficiar o cidadão urbano alteram bruscamente os padrões de uso e a cobertura do solo, revelando-se posteriormente, como agente desencadeador do caos ambiental, pois, tais alterações acabam esgotando a capacidade de suporte do ambiente natural, gerando prejuízos a todos que se encontram inseridos na respectiva bacia hidrográfica.

Segundo Weatherhead & Howden (2009), uso do solo e recursos hídricos estão intrinsecamente ligados, portanto torna-se necessário adotar medidas que possibilitem a preservação da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Tucci (2008) descreve as principais consequências da desorganização no sistema de gestão das cidades quanto à infraestrutura hídrica:

- Ausência de tratamento de esgoto e contaminação dos rios;
- Ocupação de áreas com riscos de inundação;
- Ocupação de encostas com potencial de deslizamento;
- Impermeabilização e canalização dos rios urbanos gerando o aumento da vazão na cheia;
- Contaminação das águas pluviais;
- Aumento dos resíduos sólidos sem controle;
- Áreas degradadas pela erosão e sedimentação;
- Contaminação dos mananciais urbanos.

O conjunto de consequências citados acima acaba deixando o meio urbano em condição de risco, e gera também uma condição insustentável. Portanto, a fim de se evitar os problemas relacionados à gestão inadequada das cidades, torna-se necessário o planejamento do desenvolvimento urbano e a formação de equipes técnicas capacitadas e especializadas, buscando soluções ambientalmente sustentáveis para a implantação dos novos empreendimentos.

### **3.3 Recursos hídricos e sustentabilidade**

A água é um recurso natural imprescindível a todos os organismos vivos, pois estes dependem deste recurso para a sua sobrevivência. As alterações do estado físico da água no ciclo hidrológico influenciam os processos que ocorrem na superfície da Terra, dentre eles o desenvolvimento e a manutenção da vida.

Segundo Martins, Allonso & Mancini (2011), a água é um recurso natural essencial, seja como um componente bioquímico dos seres vivos, elemento representativo de valores sociais e culturais, ou também como fator de produção de bens de consumo.

Os recursos hídricos possuem diversificados usos, dentre eles pode-se destacar o uso para o abastecimento público, irrigação a partir de águas superficiais e subterrâneas, uso industrial, navegação, pesca e piscicultura, aquicultura, hidroeletricidade, turismo e recreação. Porém, a inadequada gestão deste recurso nos mostra um cenário negativo quanto à quantidade e qualidade das águas.



Segundo Tundisi & Matsumura Tundisi (2011), ao se fazer uma análise quantitativa e qualitativa, das atividades antrópicas que causam impactos relevantes nos recursos hídricos e que alteram o ciclo hidrológico e a qualidade da água, pode-se destacar:

- Urbanização e lançamento de esgotos sem tratamento;
- Construção de estradas;
- Desvio de rios e construção de canais;
- Mineração;
- Hidrovias;
- Construção de represas;
- Atividades industriais;
- Agricultura;
- Pesca e piscicultura;
- Aquicultura;
- Introdução de espécies exóticas;
- Remoção de espécies críticas;
- Disposição de resíduos sólidos;
- Desmatamento.

Tais ações geram os seguintes impactos: eutrofização; aumento do material em suspensão e assoreamento de rios, lagos e represas; perda da diversidade biológica; alteração no ciclo hidrológico e no volume dos reservatórios, rios e lagos; alterações na flutuação de nível dos rios e nas áreas de inundação; contaminação dos aquíferos; aumento da toxicidade das águas e sedimentos; perda da capacidade tampão (pela remoção de áreas alagadas e florestas ripárias); expansão geográfica de doenças de veiculação hídrica e degradação dos mananciais e das áreas de abastecimento.

A manutenção dos recursos hídricos está diretamente ligada à conservação dos ecossistemas. Neste contexto, as florestas ripárias, os mosaicos de vegetação e as áreas alagadas exercem papel fundamental para a proteção destes recursos. Tais componentes mantêm a qualidade da água em excelentes condições para o abastecimento e recargas dos aquíferos (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2010).

Devido ao desenvolvimento da sociedade e a complexidade dos usos múltiplos da água, ocorreu uma grande degradação dos ecossistemas. Os usos múltiplos excessivos e a

retirada permanente de água têm reduzido a disponibilidade deste recurso gerando escassez em muitas regiões e países.

De acordo com Tundisi & Matsumura-Tundisi (2011), a aparente concepção de que a água doce é abundante, é falsa, pois apenas 3% da água do planeta é disponível como água doce e desses 3%, cerca de 75% estão congelados nas calotas polares e cerca de 10 % estão reservados nos aquíferos. Somente 15% dos 3% de água doce do planeta estão disponíveis e este suprimento tem-se reduzido devido ao aumento da população e a redução de áreas alagadas, desmatamento e perda de volume por sedimentação de lagos e represas.

Além da redução da disponibilidade hídrica, o acelerado crescimento demográfico e a diversidade de atividades antrópicas comprometeram bastante a qualidade dos recursos hídricos. Sendo este um elemento fundamental para a manutenção da vida, seus múltiplos usos são indispensáveis e, portanto, se destaca a importância do monitoramento da qualidade deste recurso, pois o contínuo aumento da demanda hídrica e os diversos impactos advindos das atividades antrópicas tem-se promovido como agente limitador dos múltiplos usos da água e, conseqüentemente, ocorre a diminuição da qualidade de vida da população mundial.

Dentre os problemas gerados pelo desordenado processo de expansão urbana e os recursos hídricos, pode-se destacar os principais riscos envolvidos (TUCCI, 2010):

- **Saúde da população:**  
A ausência de sistemas de tratamento de efluentes e serviços de coleta e disposição adequada de resíduos sólidos gera fontes de contaminação na cidade, causando a propagação de doenças e epidemias. A contaminação dos mananciais por nutrientes permitem a proliferação de algas e a toxicidade no abastecimento. Doenças de veiculação hídrica são propagadas, tais como: dengue, leptospirose, diarreia, hepatite, cólera, etc.
- **Inundações:**  
Vulnerabilidade econômica e social da população em decorrência do aumento do risco e frequência de cheias.
- **Deterioração do meio ambiente:**  
Degradação de áreas devido às altas cargas de poluentes, erosões, etc.
- **Redução de água segura:**

A falta de água leva a população a buscar alternativas mais caras.

Tendo em vista tais fatos, destaca-se a importância do gerenciamento integrado dos recursos hídricos. O gerenciamento integrado dos recursos hídricos foi uma solução proposta no final da década de 1980 e o mesmo deve desenvolver uma visão abrangente de planejamento, políticas públicas, tecnologias (ex.: monitoramento em tempo real) e de educação ambiental e sanitária da população.

O planejamento integrado deve promover um processo participativo que conte com a colaboração de autoridades, pesquisadores, organizações, instituições públicas e privadas e o público em geral.

A definição utilizada para o gerenciamento integrado dos recursos hídricos é (GWA, 2000) apud (TUCCI, 2006):

“O processo que promove o desenvolvimento coordenado e o gerenciamento da água, terra e recursos relacionados para maximizar o resultado econômico e social de forma equitativa sem comprometer a sustentabilidade vital do ecossistema.”

Portanto, é essencial levar em consideração a mudança de paradigma de um sistema setorial, local e de resposta a crises para um sistema integrado, preditivo e em nível de ecossistema (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2011).

De acordo com Calijuri, Cunha & Povinelli (2010), uma adequada gestão dos recursos hídricos deve envolver:

- Regulação das atividades humanas;
- Monitoramento ambiental;
- Recuperação e revitalização de componentes dos ecossistemas;
- Investimentos em geração de conhecimento e aplicação de tecnologia;
- Divulgação de informação e participação da sociedade.

A estrutura da gestão integrada das águas urbanas baseia-se nos seguintes componentes (TUCCI, 2010):

- Planejamento urbano: ordenamento territorial baseado nas necessidades de seus componentes e infra-estrutura;
- Serviços de águas urbanas: abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana;

- Metas dos Serviços: manutenção do ambiente urbano e da qualidade de vida, onde se incluem a redução de cheias e a eliminação de doenças de veiculação hídrica;
- Institucional: Baseado no gerenciamento dos serviços, na legislação, na capacidade e no monitoramento.

Neste contexto, o gerenciamento integrado dos recursos hídricos apresenta-se como um dos instrumentos que auxiliam no desenvolvimento sustentável, pois, a visão integrada parte da etapa inicial de desmembramento e loteamento, buscando preservar o sistema natural.

De acordo com Tucci (2006), o desenvolvimento sustentável nasceu devido a busca pelo equilíbrio entre o desenvolvimento socioeconômico e a sustentabilidade do ambiente no qual a população se desenvolve.

Em 1987, o relatório Brundtland definiu o desenvolvimento sustentável como: “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as futuras gerações satisfazerem suas próprias necessidades”. Já na Rio 92, o conceito adotado envolvia mudanças de comportamento no âmbito pessoal, social e alterações nos mecanismos de produção e hábitos de consumo.

Para a avaliação do desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos é necessária uma visão integrada dos ambientes e biomas, condicionantes socioeconômicas, sistemas hídricos e disciplinas do conhecimento (TUCCI, 2006).

Portanto, o desafio da sustentabilidade é o desenvolvimento de ações que interajam o sistema aquático e a área total da bacia sem que as mudanças nas formas de uso e cobertura do solo da mesma, degrade o ecossistema existente.

### **3.4 A bacia hidrográfica como unidade de planejamento**

A bacia hidrográfica (FIGURA 1) é um ecossistema hidrológicamente integrado, com componentes e subsistemas interativos e podem estender-se por várias escalas espaciais, desde pequenas bacias com medidas entre 10 a 200 km<sup>2</sup> até grandes bacias hidrográficas, como a bacia do Prata (3.000.000 km<sup>2</sup>) (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2011).

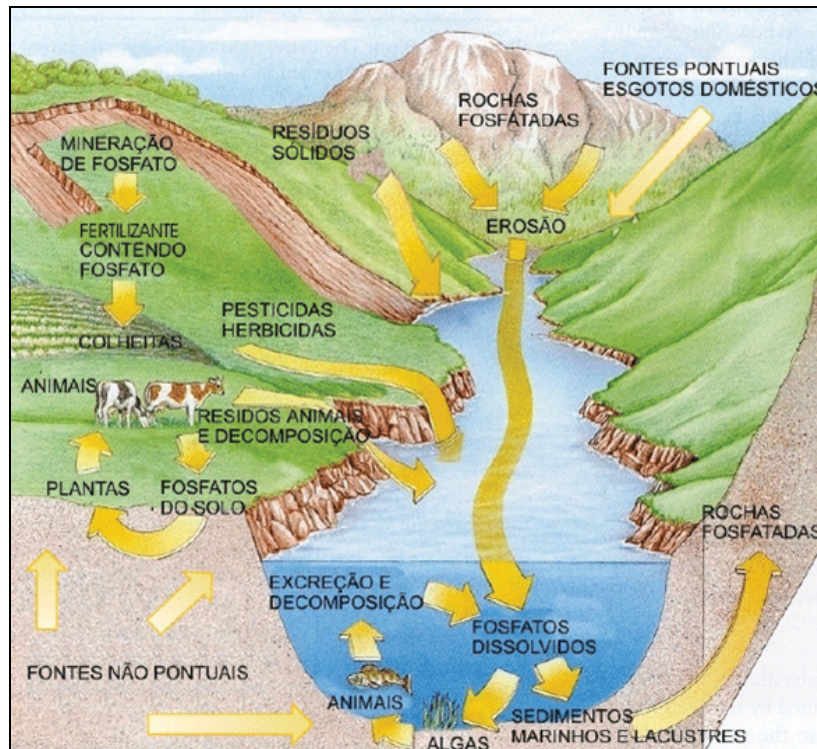


FIGURA 1 - Bacia Hidrográfica  
 FONTE: TUNDISI, J. G.. *et al.* (2008)

De acordo com Tucci (2006), as principais características de uma bacia hidrográfica são o comprimento do rio principal, área de drenagem e declividade do rio e da bacia. Para cada seção de um rio existirá uma bacia hidrográfica e ao se considerar esta seção, a bacia será toda a área que contribui por gravidade para os rios até chegar à seção que define a bacia.

Nos últimos anos a adoção das bacias hidrográficas como unidades de planejamento e gerenciamento ambiental consolidou-se, sendo adotadas por muitas regiões e países. As sub-bacias também passaram a ser utilizadas, pois, de acordo com Costa *et al.* (2009) a mesmas representam compartimentos propícios ao gerenciamento ambiental, gerando a possibilidade de monitoramento hidrológico, disciplinamento do uso do solo para a produção de água, proteção da biodiversidade e produção sustentável.

Segundo Costa, Paolucci & Junior (2011), estabeleceram-se fundamentos básicos para a gestão dos recursos hídricos, adotando-se a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, associada ao reconhecimento da água como um bem econômico e a necessidade de um trabalho de gestão descentralizado e participativo.

A partir de janeiro de 1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal 9.433/97 alterada pela Lei Federal 9.984/00) passou a ser o documento de referência

para o planejamento e gestão ambiental dos recursos hídricos no Brasil. Esta lei institui a Política nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

O princípio básico apresentado pela Lei op. cit. é: adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, usos múltiplos da água, reconhecimento da água como um bem finito e vulnerável, o reconhecimento do valor econômico da água e a gestão descentralizada e participativa.

A lei também traz instrumentos considerados fundamentais nas atividades de gestão: planos de recursos hídricos; cobrança pelo uso dos recursos hídricos; enquadramento dos corpos d'água em classes; outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos. Todos esses instrumentos são fundamentais para garantir água em quantidade e qualidade adequadas para os diferentes usos (usos urbanos, irrigação, mineração, usos na indústria, aquicultura, geração de energia, dessedentação de animais, usos domésticos, etc.).

As bacias hidrográficas intensamente urbanizadas e industrializadas utilizam uma quantidade muito elevada de recursos hídricos e também lançam uma grande quantidade de efluentes nos cursos de água, isso gera escassez e perda da qualidade dos recursos hídricos. Analisando estes fatores reconhece-se a necessidade de um gerenciamento integrado, ou seja, no âmbito correspondente a bacia hidrográfica.

Tundisi (2008), afirma que o gerenciamento integrado, preditivo, com alternativas e otimização de usos múltiplos deve ser implantado no âmbito da bacia, pois o mesmo tem como finalidade a descentralização do gerenciamento.

Nascimento & Villaça (2008) descrevem que o planejamento e gerenciamento integrado de bacias hidrográficas devem propiciar uma visão ampla de planejamento que inclui políticas públicas, tecnológicas e de educação com o intuito de promover um processo de longo prazo com participação de diversos setores da sociedade.

Portanto, para garantir o suprimento de água e melhorias na qualidade da água, tem-se formado agências, comitês, comissões, consórcios e outros tipos de entidades, todas com o intuito de promover o gerenciamento das bacias hidrográficas.

De acordo com Lopes, Silva & Teixeira (2011), o processo de formação desses colegiados desenvolveu-se ao longo da década de 1990, sendo o estado de São Paulo um dos principais protagonista na criação do sistema integrado e na implantação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos (Ex.: enquadramento dos corpos d'água em classes, outorga dos direitos de uso e cobrança pelo uso dos recursos hídricos, entre outros).

No que diz respeito à urbanização de bacias hidrográficas e seus desdobramentos, a elaboração de modelos de uso e cobertura do solo, constitui uma maneira de se avaliar os impactos ambientais decorrentes deste processo e de se formular alternativas de regulação do uso do solo (CONWAY & LATHROP, 2005).

Neste contexto, a tomada de decisão em uma Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI), assume uma complexidade elevada. Neste aspecto, o gerenciamento dos recursos hídricos torna-se mais ágil quando considerado as pequenas bacias hidrográficas, pois todos os cursos d'água convergem para o rio principal da UGRHI (MEDEIROS, QUEIROZ, TRESMONDI, 2011).

### **3.5 Instrumentos e mecanismos para a gestão ambiental de bacias hidrográficas**

#### **3.5.1 Geotecnologias**

Para o desenvolvimento de atividades relacionadas à gestão e planejamento ambiental, as geotecnologias representadas pelo Sensoriamento Remoto e o Sistema de Informação Geográfica (SIG) possibilitam a coleta, armazenamento e análise de dados em um curto período e baixo custo.

De acordo com Marcelino (2008), no Brasil as possibilidades de usos de geotecnologias são promissoras, pois, o governo brasileiro disponibiliza a qualquer instituição ou profissional os *softwares* SPRING e TerraView, também disponibiliza imagens de satélites, dentre eles o CBERS. Os *softwares* apresentam funções de processamento digital de imagens, análise espacial, consulta ao banco de dados, etc. Já as imagens dos satélites são utilizadas em uma série de aplicações na área de planejamento e gestão ambiental.

Bressane *et al.* (2010) afirma que os projetos de análise ambiental têm utilizado de forma ascendente as geotecnologias e também enfatiza a importância que tais instrumentos apresentam para a coleta e análise de dados de interesse temático, e também descreve que o uso das geotecnologias tem se tornado praticamente irreversível nas atividades de planejamento e gestão ambiental.

#### **3.5.2 Sensoriamento remoto**

Segundo Puerta *et al.* (2010), o sensoriamento remoto é uma tecnologia que possibilita a obtenção de imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre através da

captação e registro da energia emitida ou refletida pela superfície terrestre. Os sensores remotos podem ser imageadores (sensores que produzem uma representação bi-dimensional da superfície terrestre, os quais podem ser fotográficos ou eletroópticos); não-imageadores (produzem informações unidimensionais do terreno, os quais são radiômetros e espectro radiômetros).

O sensoriamento remoto iniciou-se a partir da invenção da câmara fotográfica, sendo esta a primeira ferramenta a ser utilizada no sensoriamento remoto, e que continua sendo utilizada atualmente, na tomada de fotos aéreas.

As atividades militares sempre se destacaram com o uso de novas tecnologias, no Sensoriamento Remoto não foi diferente. As primeiras aplicações do Sensoriamento Remoto foram para uso militar onde foram desenvolvidas câmeras fotográficas leves com disparador automático e ajustável. As câmeras fotográficas eram fixadas ao peito de pombos (FIGURA 2a, 2b) e estes eram levados em regiões a qual se necessitava conseguir informações, os mesmos sobrevoavam a região e então as câmeras fotográficas registravam as imagens (FIGURA 3a, 3b, 3c) que eram valiosos materiais informativos.



FIGURA 2a – Pombo com câmera fotográfica  
FONTE: TOYCAMERA (2012)



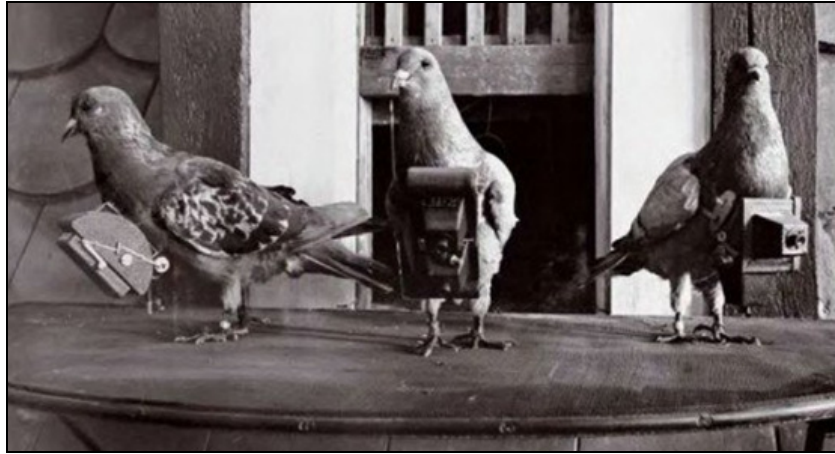


FIGURA 2b – Pombos com câmeras fotográficas  
FONTE: TOYCAMERA (2012)



FIGURA 3a – Imagem registrada através de câmera fotográfica fixada em um pombo  
FONTE: TOYCAMERA (2012)



FIGURA 3b – Imagem registrada através de câmera fotográfica fixada em um pombo  
FONTE: TOYCAMERA (2012)



FIGURA 3c – Imagem registrada através de câmera fotográfica fixada em um pombo  
FONTE: TOYCAMERA (2012)

No processo evolutivo do uso de sensoriamento remoto para aplicações militares o pombo foi substituído por balões não tripulados e posteriormente aviões. Os aviões são utilizados até hoje no uso militar e civil.

A grande revolução do Sensoriamento remoto aconteceu no início da década de 70, com o lançamento dos satélites de recursos naturais terrestres.

O processo evolutivo do Sensoriamento Remoto por satélites foi determinado pela evolução de quatro segmentos tecnológicos.

- a) *Sensores* – instrumentos que fazem parte do sistema de captação de dados e imagens.
- b) *Sistema de telemetria* – é o sistema de transmissão de dados e imagens dos satélites para estações terrestres.
- c) *Sistemas de processamento* – consiste em equipamentos computacionais (softwares e hardwares) destinados ao armazenamento e processamento dos dados.
- d) *Lançadores* – são as bases de lançamento e foguetes que transportam e colocam em órbita, os satélites.

Atualmente o Sensoriamento Remoto é quase totalmente fomentado por imagens provenientes de satélites orbitais (FIGURA 4). Portanto deve ser evidenciada a importância que o mesmo apresenta para as ações de gestão ambiental.



FIGURA 4 – Satélite CBERS-2B  
FONTE: CBERS/INPE (2012)

Devido ao alto custo envolvido na produção desses equipamentos, países como Brasil e China fizeram parcerias, investiram recursos financeiros, tecnológicos e elaboraram o Programa CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite, Satélite Sino Brasileiro de recursos Terrestres). Inicialmente o Programa CBERS contemplava a elaboração de dois satélites de sensoriamento remoto (CBERS-1 e CBERS-2), posteriormente foi assinado um novo acordo para a produção de dois novos satélites (CBERS-3 e CBERS-4).

Em função de o lançamento do CBERS-3 ser viável apenas para um horizonte em que o CBERS-2 já tivesse deixado de funcionar, gerando prejuízo para ambos os países e para os inúmeros usuários do CBERS, o Brasil e a China, no ano de 2004, decidiram desenvolver o CBERS-2B, este com características muito semelhantes ao CBERS-1 e 2, porém a câmera IRMSS (Imageador por Varredura de Média Resolução) foi substituída pela HRC (Câmera Pancromática de Alta Resolução). O lançamento ocorreu em 2007 e o mesmo operou até o ano de 2010. Quanto ao cronograma de lançamento do satélite CBERS-3, o mesmo está previsto para final de 2012 e o CBERS-4 segue em construção.

Ao se tratar de sensoriamento remoto, destaca-se no Brasil a empresa OrbiSat. Esta é uma empresa de base tecnológica, especializada em sensoriamento remoto, produtos eletrônicos de consumo e soluções para áreas de defesa.

No ano de 2002, a Orbisat começou a desenvolver atividades na área de Sensoriamento Remoto e desenvolveu o radar InSAR (Radar Interferométrico de Abertura Sintética) aerotransportado, o mesmo é utilizado para realizar serviços de mapeamento cartográfico.

Os radares InSAR desenvolvidos pela OrbiSat são capazes de mapear terrenos e gerar mapas com alta resolução e precisão, esse sensor é ideal para a aquisição e a geração eficiente de imagens das superfícies onde a cobertura por nuvens seja frequente ou em áreas que tenham vegetação muito densa. Os radares InSAR da OrbiSat permitem:

- A aquisição de dados independentemente das condições atmosféricas;
- O mapeamento das copas das árvores e do solo sob a vegetação de florestas;
- A geração de imagens ortorretificadas, de modelos digitais de elevação (superfície ou terreno) e de produtos derivados (ORBISAT, 2012).

### 3.5.3 Sistemas de informações geográficas (SIG)

Atualmente, um grande desafio enfrentado por diversos setores do conhecimento é a compreensão da distribuição espacial de informações que originam de fenômenos ocorridos no espaço. Estudos voltados para este desafio tem se tornado cada vez mais comuns, isso devido à disponibilidade dos sistemas de informações geográficas (SIG). Tais sistemas permitem a visualização espacial e análise de dados, através de mapas coloridos que representam o fenômeno espacial.

Nos últimos anos, a utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) vem se espalhando rapidamente, isso devido aos avanços tecnológicos e a uma sensível baixa nos custos de equipamentos e programas.

O termo Sistema de Informações Geográficas (SIG) é utilizado para sistemas que realizam tratamento computacional de dados geográficos e armazenam a geometria e os atributos dos dados que se encontram georreferenciados. Em uma visão mais global, o SIG apresenta os seguintes componentes (FIGURA 5) (CÂMARA *et al.*, 2002).

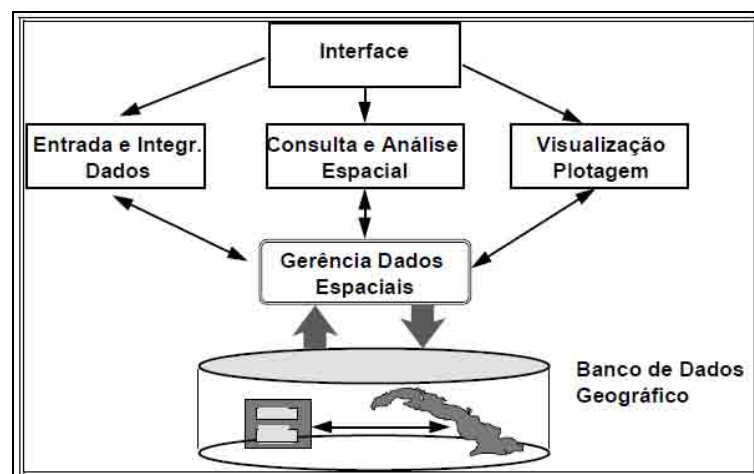


FIGURA 5 - Arquitetura de um sistema de informações geográficas  
 FONTE: CÂMARA *et al.*(2002)

De acordo com Pinto (2009), SIG “é o Sistema especializado na modificação e análise de informação geográfica (geo-espacial)”, é composto por *Hardware*, *Software*, *Dados*, *Pessoas* e *Métodos*. O SIG manipula dados georreferenciados que podem ser divididos em entidades geográficas e atributos, os mesmos são organizados em camadas ou níveis de informação (*Layers*) (FIGURA 6).

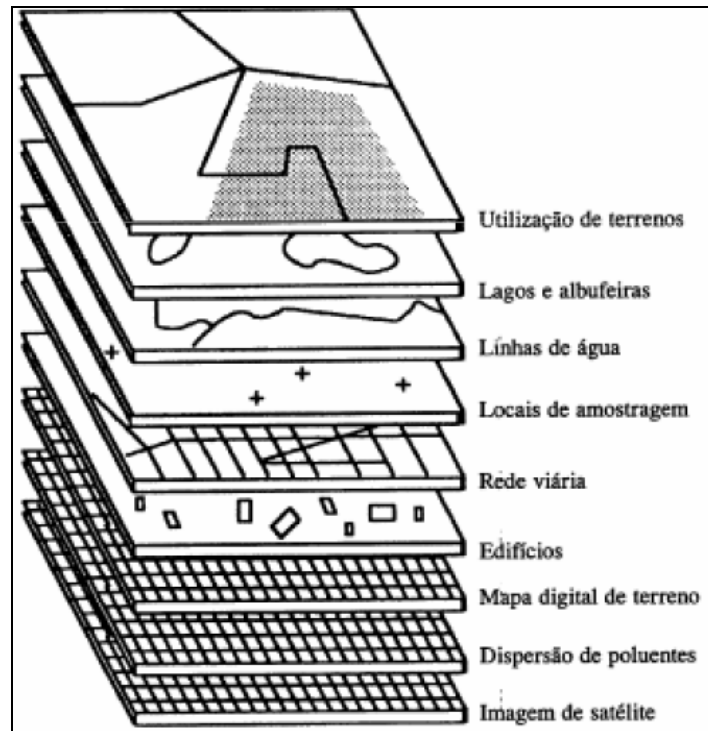


FIGURA 6 – Organização de dados no SIG  
 FONTE: PINTO (2009)

O SIG tem beneficiado diversas áreas, dentre elas estão à ecologia e o manejo de bacias hidrográficas. As vantagens trazidas pelo emprego do SIG à ecologia e ao manejo de bacias hidrográficas relacionam-se entre o seu potencial de armazenar, manipular e visualizar muitos dados em um contexto espacializado (BECKER, 2002).

Neste contexto, pode-se constatar que o sistema de informação geográfica (SIG) coopera para uma análise mais rigorosa e precisa do espaço geográfico e tem atualizações de dados cada vez mais rápidas, que contribuem significativamente para o desenvolvimento de uma gestão ambiental adequada e eficiente.

### 3.5.4 Cartografia geotécnica

A cartografia geotécnica tem sido elaborada como parte de um grupo de procedimentos normalmente associados às áreas de Geologia de Engenharia. Caracteriza-se como procedimento voltado à análise e avaliação geológico-geotécnica.

O uso da cartografia geotécnica tem sido aplicado em atividades que envolvem o planejamento e o gerenciamento ambiental. Esta ferramenta possibilita a definição e a fiscalização da ocupação territorial.

Os documentos cartográficos voltados à gestão ambiental devem trazer ao usuário informações ambientais resultantes do uso ou forma de cobertura do solo e também informações geotécnicas da área. As análises destes documentos devem possibilitar e auxiliar os usuários na tomada de decisão.

As cartas geotécnicas propriamente ditas expõem as limitações e potencialidades dos terrenos, definindo diretrizes de cobertura para os diversos usos do solo.

Como instrumento de planejamento urbano a cartografia geotécnica destaca características relevantes, tais como: localização de vias de acesso; planejamento para desenvolvimento residencial; disposição de rejeitos industriais e domésticos; suprimento de água; fundações; e seleção de áreas para parque industriais; sistematização de drenagens superficial; controle de enchentes; adaptação de edificações e topografia e áreas para recreação.

Considerando os princípios do planejamento estratégico, acredita-se que a melhor maneira para se conduzir o gerenciamento urbano é através de uma visão integrada e coordenada, que privilegia a gestão e a reflexão estratégica e para a tomada de decisão considera critérios de custo-benefício e não a fixação de objetivos. Portanto, os melhores suportes para projetos com planejamento estratégico para as regiões urbanizadas partem de dados provenientes da cartografia geotécnica (ZUQUETTE & GANDOLFI, 2004).

Pode-se citar como exemplo de aplicação da cartografia-geotécnica para planejamento estratégico de áreas urbanizadas, o trabalho elaborado por Cereda Junior, Lorandi & Fazzari (2009). Tais autores elaboraram um mapeamento de risco à erosão acelerada para o município Descalvado-SP.

O trabalho abordou a problemática da erosão linear acelerada, no contexto urbano e regional, e através do uso do SIG foi produzido uma Carta de Risco Potencial à Erosão Acelerada do Município de Descalvado-SP, escala 1:50.000, tal ferramenta cartográfica foi elaborado com o intuito de auxiliar os gestores públicos na tomada de decisão quanto a definição de políticas de uso e ocupação do solo, e também buscou-se garantir a preservação do meio ambiente e a segurança da população já instalada.

Moreira, Lorandi & Moraes (2008), utilizaram a cartografia-geotécnica para elaboração de um trabalho de caracterização de áreas preferenciais para a instalação de aterros sanitários no município de Descalvado-SP, na escala de 1:50.000. O respectivo trabalho buscou avaliar as características geotécnicas dos terrenos do município de Descalvado-SP, para a implantação de um aterro sanitário.

Outro tipo de aplicação da cartografia-geotécnica para o município de Descalvado-SP foi o elaborado por Cançado *et al.* (2008), o mesmo abordou a vulnerabilidade de contaminação de aquíferos por pesticidas no município de Descalvado-SP.

O trabalho analisou os impactos causados pela percolação dos pesticidas até os aquíferos e traçou uma carta de zoneamento geotécnico de vulnerabilidade de risco na escala de 1:50.000 no município de Descalvado-SP.

De acordo com Zuquette (1987), os produtos cartográficos do zoneamento geotécnico podem ser classificados como zoneamento geotécnico geral ou específico, conforme definição:

Zoneamento geotécnico geral – retrata o ambiente através do zoneamento de áreas homogêneas, conforme os atributos considerados, porém não descreve as potencialidades do mesmo.

Zoneamento geotécnico específico (Cartas de aptidão) – a área é dividida de acordo com os atributos de um único uso ou processo natural, as potencialidades e limitações do meio referente ao uso ou processo são representadas, podendo ser classificadas em termos qualitativos, custos ou técnicas a serem empregadas em cada unidade.

Zuquette *et al.* (1997), descreve que para a elaboração do zoneamento geotécnico deve ser considerado as interações dos constituintes do meio ambiente e a análise de documentos cartográficos produzidos previamente. Tais documentos cartográficos são:

- Documentos fundamentais básicos (ex.: mapa de substrato rochoso, mapa de qualidade das águas, mapa de *landforms*, etc.);
- Cartas interpretativas (ex.: carta de potencial ao escoamento superficial, carta de potencial ao movimento de massa e carta de zona de recarga de aquífero, etc.);
- Cartas analíticas básicas (ex.: carta de probabilidade de ocorrência de eventos naturais, carta de possibilidade de ocorrer eventos perigosos, etc.).

De acordo com Zuquette (1993), a elaboração e a análise de documentos cartográficos que representem o meio físico, associada a outros documentos cartográficos relativos aos componentes ambientais possibilita a análise da viabilidade de ocupação e conseqüentemente a priorização e hierarquização das áreas de acordo com a sua adequabilidade.

Para isso, o autor enfatiza a importância de se efetuar uma criteriosa análise sequencial dos componentes do meio físico, para que seja possível ordenar e adquirir os atributos através da hierarquização destes para cada componente. No (QUADRO 1), encontram-se descritos os atributos considerados essenciais em estudos de natureza ambiental, tais como a produção de carta de zoneamento (geo)ambiental. No (QUADRO 2) encontram-se descritas as formas de obtenção dos atributos.

**QUADRO 1** – Componentes e atributos fundamentais para o zoneamento (geo)ambiental.  
 FONTE: ZUQUETTE (1993) modificado por FONTES (2004)

<b>Componente do Meio Físico</b>	<b>Tipo</b>	<b>Atributo</b>	<b>Forma de Obtenção</b>
Águas	Superficiais	Escoamento superficial	M. Cook/Es
		Áreas de acúmulo de águas (temporário e permanente)	FI
		Bacias hidrográficas desde 1ª ordem	FI
		Canais com fluxo permanente	TC; FAb; Im
	Subterrânea	Presença de lentes salgadas	TC
		Aquíferos (livres e confinados)	FI; TC
		Áreas de recarga	FI
		Fontes naturais	TC (GPS)
		Escoamento básico	AR
		Áreas de descarga	FI
Geomorfologia	Morfometria	Declividade	TC; TE
	Morfologia	<i>Landforms</i>	FI
Geologia	Substrato Rochoso	Litologia	TC
		Distribuição (área/profundidade)	FI; TC
	Evidência de Processos	Deposição (indício de assoreamento)	TC
		Sismicidade	Re
		Subsidência (áreas calcárias abandonadas)	TC; FI
		Erosivos (concentrados / laminares)	TC; FI
		Alterações naturais de canais de drenagem	FI; TC
		Movimento de Massa	FI; TC
	Materiais Inconsolidados (gerais)	Origem (residual / trabalhado)	FI; TC; L
	Materiais Inconsolidados (gerais)	Textura	TC; L
		Varição em profundidade (perfis de alteração)	TC
		Distribuição (em área)	FI; TC
		Potencial à salinidade	L
	Materiais inconsolidados (específicos)	Potencial quanto à fertilidade	L; Es



**QUADRO 1 (continuação):** Componentes e atributos fundamentais para o zoneamento (geo)ambiental.

FONTE: ZUQUETTE (1993) modificado por FONTES (2004)

Componente do Meio Físico	Tipo	Atributo	Forma de Obtenção
Feições do Tecnógeno		Áreas de aterro e entulho	TC; FI
		Áreas de exploração para materiais de construção civil	TC; FI
		Depósitos relacionados à exploração mineral	TC; FI
		Explorações minerais	TC; FI
		Antigos depósitos de rejeitos e resíduos	TC; FI
		Depósitos devido a alterações antrópicas junto a canais de drenagem	TC; FI
Biológico	Corpos d'água	Tipos de corpos d'água	TC; FI
	Animais	Tipos	
		Inventários	
		Anomalia	
		Distribuições / tendências	
	Vegetação	Natural	
		Tipos	
		Distribuições / tendências	
		Classificação quanto à taxa de massa verde	
		Profundidade das raízes	
		Capacidade de retenção de água na superfície	
		Antrópica	
		Tipos / ciclos	
	Pluviosidade		
Climático		Temperatura / evapotranspiração	Li
		Intensidade pluviométrica	Li
		Distribuição temporal das chuvas	Li
Processos recentes (antrópicos)		Cordões de nível	
		Canais construídos para drenagem	
		Barragens	
		Áreas com irrigação	
		Obras que interferem no fluxo das águas superficiais	

**QUADRO 2 –** Forma de obtenção dos atributos necessários para a realização de trabalhos de natureza (geo)ambiental.

FONTE: Adaptado de FONTES (2004)

Forma de obtenção dos atributos	
TC – Trabalho de Campo	M. Cook – Método de Cook
FI – Fotointerpretação	FAB – Foto Aérea Baixa
L – Ensaio Laboratoriais	TE – Trabalho de Escritórios
ES – Estimativas	Re – Registros
Im – Imagem de Satélite	Li – Literatura
AR – Análise Relativa	GPS

### **3.5.5 Zoneamento ambiental como instrumento de planejamento e gestão ambiental**

O zoneamento ambiental é um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, definido no art. 9º (Lei Federal 6.983/81 alterada pela Lei Federal 7.804/89) e também se encontra inserido no Estatuto da Cidade, Lei Federal 10.257 de Julho de 2001.

A Lei Federal 6.983/81 prevê a preservação, reabilitação e recuperação da qualidade ambiental. O objetivo da mesma é a melhoria das condições de vida humana, desenvolvimento socioeconômico e a manutenção dos recursos naturais em longo prazo.

O Estatuto da Cidade “estabelece normas de ordem pública e interesse social, que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental”.

O objetivo do zoneamento ambiental é ordenar territorialmente o uso e a cobertura do solo de áreas relativamente homogêneas, estabelecendo a divisão do território em parcelas. Para a elaboração do zoneamento ambiental é importante a participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade. Os critérios para uso e cobertura do solo são estabelecidos pelo Poder Público por meios de leis e regulamentos.

O zoneamento ambiental pode ser definido como o parcelamento de uma determinada região de acordo com alguns critérios e objetivos específicos, os quais são designados com o intuito de proporcionar meios e condições para que haja o desenvolvimento sustentável.

De acordo com Santos (2007), o zoneamento é a divisão de uma região em porções territoriais, adquirida pela análise dos atributos mais importantes e de suas dinâmicas. Cada unidade de zoneamento é exposta como uma “área homogênea”, demarcada no espaço, com características e funcionamento uniforme. Tem como meta o desenvolvimento socioeconômico condicionado à manutenção, dos recursos naturais e melhoria das condições de vida (REMPEL, 2009).

Gandra (2008) define o processo de zoneamento como a fragmentação controlada e ordenada de um território, segundo critérios discriminados.

Santos (2010) descreve que o zoneamento ambiental é um instrumento que deve integrar a variável ambiental no âmbito do ordenamento territorial, fazendo com que as atividades humanas a serem desenvolvidas em uma determinada região sejam viáveis do ponto de vista ambiental, econômico e social.

Para Milaré, Pereira & Coimbra (2012), o zoneamento ambiental pode ser definido como resultado de estudos conduzidos para o conhecimento sistematizado de características, fragilidades e potencialidades do meio, a partir de aspectos ambientais selecionados em determinada área do espaço geográfico.

De acordo com Souza (2009), é possível sintetizar os zoneamentos ambientais em oito grupos:

- 1) Conjunto de Mapas temáticos - Engloba os zoneamentos que tem como resultado conjuntos de mapas temáticos que retratam aspectos do meio físico e socioeconômico;
- 2) Mapas de fragilidade em decorrência das características geológicas, hidrológicas e outras - Enquadram-se nesse grupo os zoneamentos que apresentam como produto final, mapas que indicam áreas com algumas características que possam gerar situações de risco caso ocorra ocupação por atividades antrópicas;
- 3) Mapas de restrições de uso devido às normas legais - São classificados nesse grupo os zoneamentos que apresentam mapas que se limitam a indicar as áreas restritivas em função de algum regimento legal, sendo esse de natureza “ambiental”;
- 4) Mapas indicativos de criação de áreas protegidas ou de áreas a serem recuperadas - Enquadram-se nesse grupo os zoneamentos nos quais, em função de aspectos naturais e/ou culturais, aconselha-se a criação de espaços territoriais devidamente protegidos como Unidades de Conservação ou “áreas de especial interesse ambiental” ou (“ecológico”, “paisagístico”, “cultural”, etc.) parques urbanos e áreas verdes em geral ou, ainda, áreas a serem recuperadas;
- 5) Mapas de diagnóstico – Englobam os zoneamentos do tipo “diagnóstico”. Estes correspondem àqueles zoneamentos, cujos mapas apresentam resultados da confrontação do uso do solo (real, verificado) com as restrições estabelecidas por instrumentos legais ou que apresentam características do ambiente que o torna desfavorável ou inadequado para determinada ocupação;
- 6) Mapa associado à lei de uso do solo municipal – Classificam-se nesse grupo os zoneamentos elaborados conforme os moldes do zoneamento

urbano, ou seja, aqueles que apresentam restrições a determinados tipos de ocupação devido a critérios “ambientais” e que se materializam em leis de uso do solo. Correspondem a zoneamentos típicos, porém, como indicam “zonas de proteção ambiental” ou “zonas de especial interesse ambiental”, acabam recebendo o adjetivo “ambiental”;

- 7) Mapa de zoneamento de Unidades de Conservação – os zoneamentos de Unidades de Conservação são setores ou zonas em uma unidade de conservação com objetivos de manejo e normas específicos, com a finalidade de proporcionar meios e condições para que todos os objetivos da unidade possam ser atingidos de forma harmônica e eficaz. Por se tratar de zoneamento de áreas destinadas à conservação ou preservação de atributos naturais, acabam sendo denominados zoneamentos ambientais;
- 8) Mapa indicando “potencialidades” e “fragilidades” ou “vulnerabilidades” – classificam-se nesse grupo os zoneamentos que buscam integrar em seus mapas informações relativas às “potencialidades” e “fragilidades” para a ocupação de uma região e consideram aspectos, tais como: informações sobre o meio físico, biológico e socioeconômico, usos atuais, interesses de diversos setores da sociedade, limitações legais à ocupação, planos e programas governamentais previstos para a região, etc.

Segundo Fontes (2004), o zoneamento ambiental serve como subsídio para programas de monitoramento ambiental permanente, pois ao se utilizar o zoneamento ambiental é possível controlar as áreas degradadas e identificar possíveis alterações das condições ambientais em relação à vegetação e aos solos. O autor *op. cit.*, descreve que nas regiões tropicais e subtropicais os principais problemas ambientais encontrados têm relação com os seguintes processos: erosão; escorregamentos; assoreamentos; inundações; contaminação de aquíferos e impermeabilização de superfícies.

Pode-se considerar o zoneamento ambiental como um instrumento inter e multidisciplinar de planejamento regional ou municipal, que fornece subsídios a projetos e políticas públicas (SHIMBO, *et al*, 2007).

De acordo com Cendrero (1988), os estudos de natureza ambiental constituem-se das seguintes etapas:

- Planificação: análise, diagnóstico e recomendações;
- Ordenamento: normas estabelecidas com base na etapa anterior;
- Manejo e gestão: implantação, acompanhamento e controle das atividades de usos do território.

No zoneamento ambiental a avaliação do uso e cobertura do solo é um aspecto relevante para compor a etapa de diagnóstico ambiental e a mesma pode ser inserida na elaboração de cartas derivadas e interpretativas, bem como nos prognósticos (DIAS, GOULART COLLARES, BIAZOTTI COLLARES, 2011).

Ao se considerar que os zoneamentos ambientais geralmente apresentam componentes espaciais em função da necessidade de alocação de dados ambientais relacionados ao espaço, os mapas e as cartas são utilizados para a representação, visualização e análise de tais componentes.

Segundo Zuquette (1987), a análise ambiental corresponde a interação entre os componentes do meio físico, biótico e geográfico. Sendo processada por intermédio de técnicas de apoio, que levam em consideração a interação de tais componentes na resolução de adversidades que afetam o ecossistema.

De acordo com Cendrero (1989), os métodos utilizados na interpretação e avaliação dos componentes ambientais especializados podem ser classificados como sintéticos e analíticos.

Os métodos sintéticos fundamentam-se em unidades ambientais homogêneas para o estabelecimento de diretrizes de uso do solo. Tal abordagem condiciona o reconhecimento de aspectos ambientais característicos e faz a integração entre os respectivos componentes. A vantagem desta metodologia é a de prover o panorama holístico, rápido e eficiente.

Já os métodos analíticos partem da elaboração e sobreposição de mapas temáticos para a obtenção de mapas de diagnóstico. Os mesmos têm como objetivo a análise ambiental e apresenta como resultado cartas de aptidão e restrição.

Um exemplo da metodologia com abordagem sintética é o proposto por Clark (1974, 1976), essa metodologia caracteriza o zoneamento ambiental como uma forma de apontar os condicionantes ambientais de uma determinada região, tendo como foco sua sustentabilidade; a mesma tem como base a definição de unidades geoambientais que, são influenciadas pelas condições geológicas e geomorfológicas e, são classificadas em três tipos de classes de uso:

- Preservação;
- Conservação;
- Uso Múltiplo e intensivo.

A abordagem metodológica sintética baseada na metodologia citada anteriormente foi aplicada na área de estudo por Inêz (2010), (FIGURA 7). Tal zoneamento foi elaborado com base nos conceitos da ecologia da paisagem e pode ser sintetizada como a compartimentação de zonas direcionadas à recuperação de áreas degradadas, proteção ambiental e a definição de áreas para o desenvolvimento de atividades antrópicas.

Um exemplo do método analítico que é muito utilizado em projetos de zoneamento ambiental é o proposto por Zuquette (1993) e Zuquette *et al.* (1997), o qual tem como prioridade a pesquisa do meio físico, caracterizando seus componentes. Este método é muito utilizado por geólogos que se respaldam na Geologia Ambiental.

Lorandi, Junqueira & Moraes (2010), aplicaram a abordagem analítica na proposta de zoneamento (geo)ambiental para o município de Cordeirópolis-SP. A metodologia utilizada nesta proposta considerou como base a litologia, o tipo de solo e a forma de relevo e tais dados foram confrontados com o tipo de uso do solo que ocorrem na região. Como resultado foi obtido um diagnóstico sintético do município, através da carta de zoneamento geoambiental e da caracterização de suas zonas (domínios).

Outro exemplo de zoneamento ambiental analítico é o Zoneamento Ambiental da Bacia hidrográfica do Médio Rio Mogi-Guaçu Superior, proposto por Moschini (2008), tal proposta teve como perspectiva diagnosticar as condições de uso e cobertura de uso da terra diante das ações desenvolvimentistas locais, buscando proporcionar subsídios para o seu manejo e planejamento ambiental.

Outro tipo de zoneamento que também pode ser destacado é o zoneamento agroecológico o qual se baseia na aptidão agrícola e nas limitações ambientais tanto para o meio rural como para o meio florestal. Neste contexto, Pérez-Portilla & Geissert-Kients (2006) desenvolveram um trabalho na região central do estado de Veracruz (México), o qual teve como objetivo o zoneamento agroecológico do sistema agroflorestal café (*Coffea arabica*) – palmeira (*Chamaedorea elegans*). A proposta de zoneamento apresentada pelos autores se baseou na seleção e categorização de variáveis ambientais, na construção do modelo cartográfico e na síntese cartográfica e validação. Um dos produtos finais deste trabalho foi a carta de zoneamento agroecológico, na qual encontram-se dispostos os

diferentes níveis de aptidão apresentados pela área de estudo para este sistema agroflorestal, determinando-se que 85,5% da área apresenta restrições ambientais.

Ontivero *et al.* (2008), também realizaram um trabalho de zoneamento ambiental na região de Sierra de Altomira (Espanha). Este trabalho considerou indicadores de ecologia de paisagem, levantou dados referentes à caracterização sócio-ambiental da área e integrou tais informações. O produto deste trabalho resultou em uma carta de zoneamento ambiental onde foram definidas cinco zonas de diferentes valores ambientais.

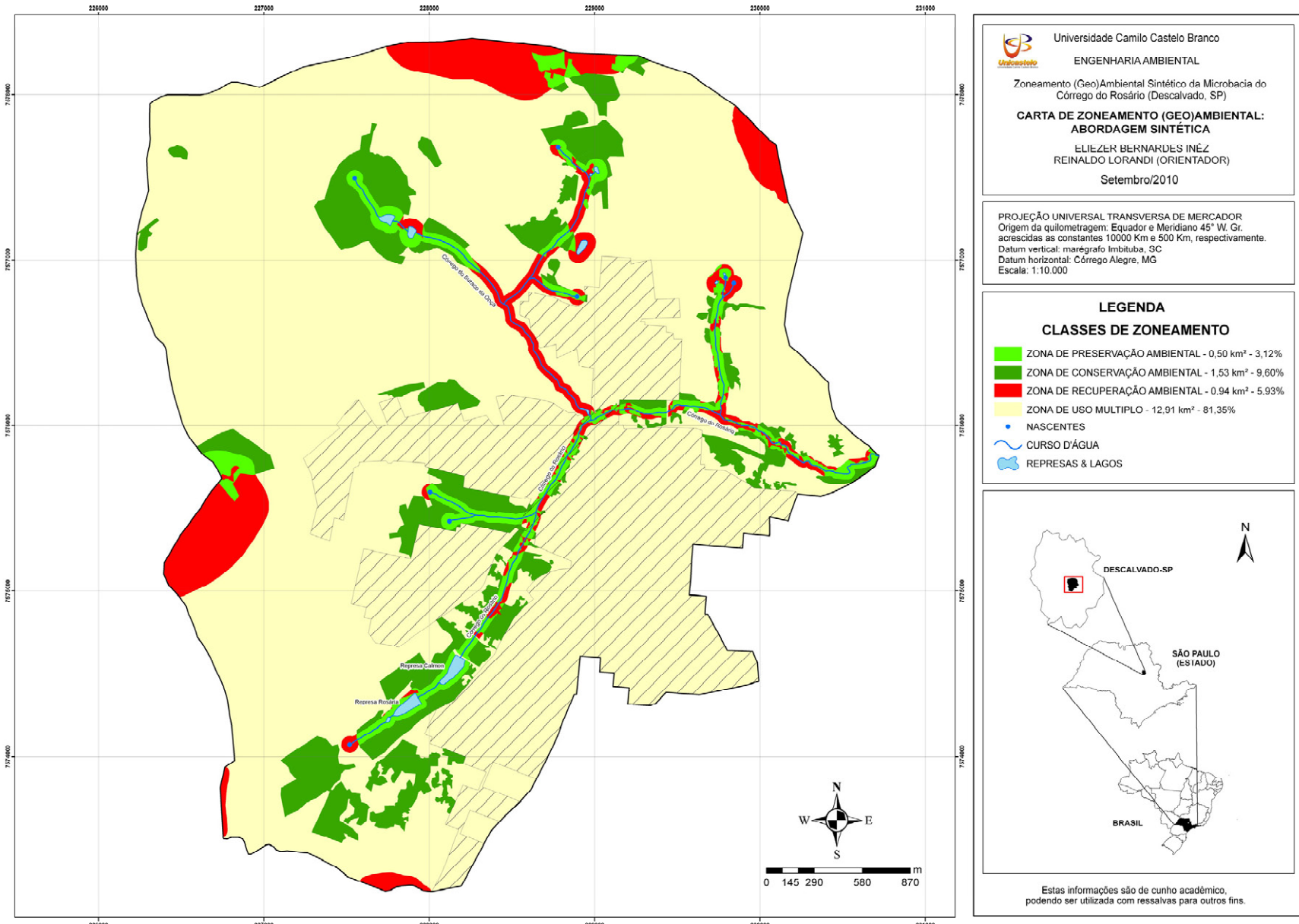


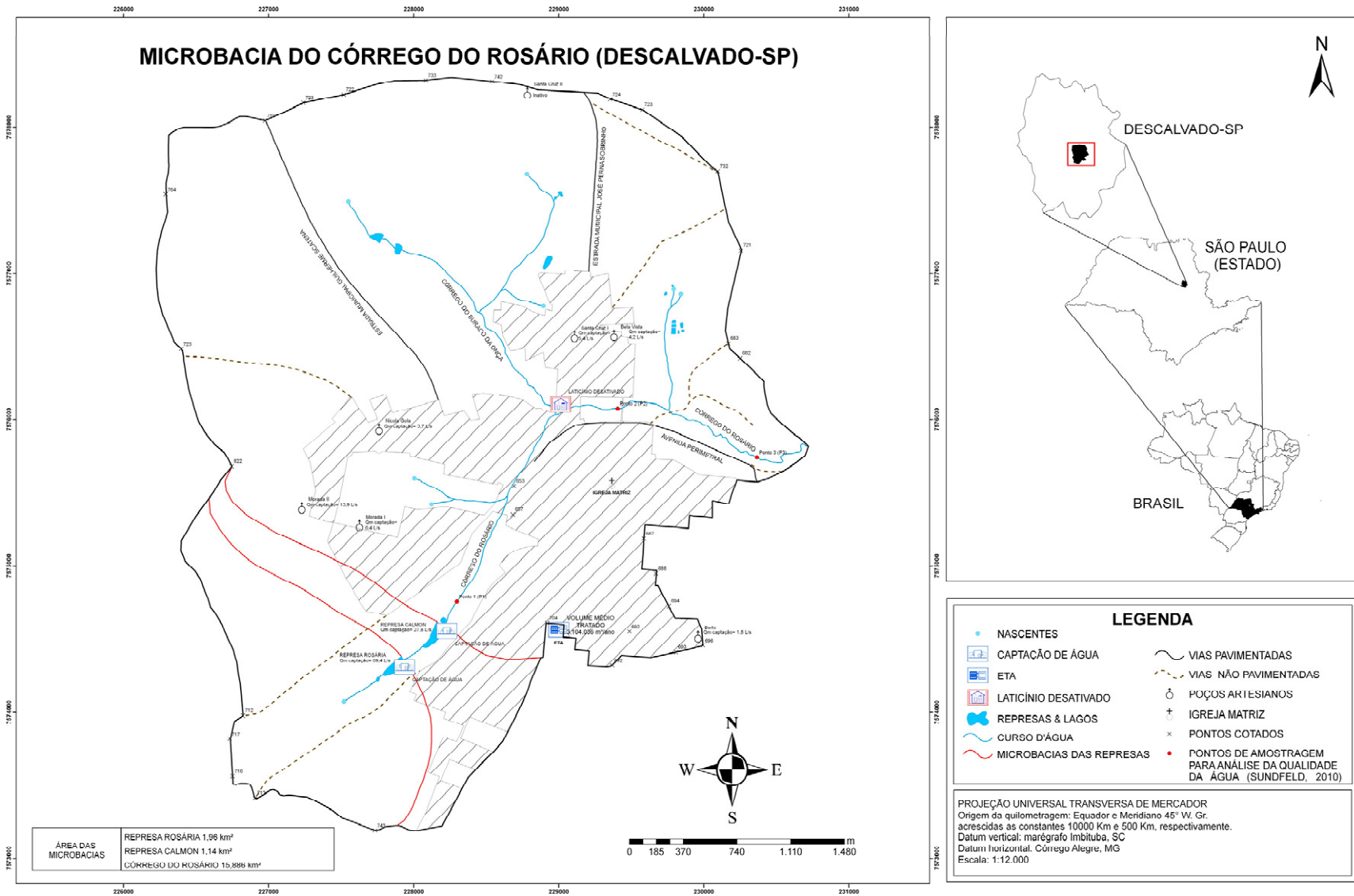
FIGURA 7 – Zoneamento (Geo)ambiental: Abordagem Sintética  
 FONTE: INÉZ, E. B. (2010)



## **4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

### **4.1 Localização, acesso e informações pontuais**

A microbacia do córrego do Rosário (FIGURA 8) possui área de 15,886 km<sup>2</sup> e está localizada no município de Descalvado, estado de São Paulo, na região sudeste do país. O município de Descalvado situa-se entre os paralelos 21° 54' 05" S e meridianos 47° 37' 26" W. O mesmo faz limite com os seguintes municípios: Luiz Antônio (N), Santa Rita do Passa Quatro (NO), Porto Ferreira (L), Analândia (S), Pirassununga (SE) e São Carlos (O). A Rodovia (SP-215) é a principal via de acesso ao município, a mesma liga o município com a Rodovia Washington Luiz (SP-310) e a Rodovia Anhanguera (SP-330) (CDCC-USP, 2012).



## 4.2 Aspectos sócio-econômicos

O município de Descalvado (SP) possui população de 31.262 habitantes, a taxa geométrica de crescimento anual da população é de 0,72 % e o grau de urbanização é de 89,23 % (SEADE, 2012). As principais atividades econômicas presentes no município são: atividades agro-pastoris, rebanho leiteiro, culturas de cana-de-açúcar e laranja, exploração mineral de areia e empresas de produtos “pet”.

## 4.3 Clima e vegetação

Com base em dados pluviométricos e termométricos (TABELA 1), a classificação climática de Köppen-Geiger classifica o município de Descalvado como do tipo Cwa, que caracteriza-se 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 (CEPAGRI, 2011).

**TABELA 1** – Classificação climática, dados pluviométricos e temperatura média de Descalvado-SP.  
 FONTE: CEPAGRI (2011)

Latitude: 21° 32'		Longitude: 47° 22'		Altitude: 685 m
Classificação Climática de Koeppen: Cwa				
MÊS	TEMPERATURA DO AR (°C)			CHUVA(mm)
	Mínima média	Máxima média	Média	
JANEIRO	18,2	29,4	23,8	272,7
FEVEREIRO	18,5	29,4	23,9	224,1
MARÇO	17,7	29,2	23,5	178,8
ABRIL	15,2	27,8	21,5	69,3
MAIO	12,5	26,0	19,2	55,2
JUNHO	11,1	24,9	18,0	41,6
JULHO	10,6	25,2	17,9	26,7
AGOSTO	12,0	27,4	19,7	27,2
SETEMBRO	14,0	28,6	21,3	64,3
OUTUBRO	15,8	28,8	22,3	139,4
NOVEMBRO	16,5	29,0	22,8	167,1
DEZEMBRO	17,7	28,8	23,3	242,3
ANO	15,0	27,9	21,4	1508,7
MÍNIMO	10,6	24,9	17,9	26,7
MÁXIMO	18,5	29,4	23,9	272,7

Analisando o balanço hídrico (TABELA 2), pode-se constatar uma nítida diferença entre a estação de seca (maio a setembro) e a estação chuvosa (outubro a abril).

**TABELA 2** – Balanço hídrico, Descalvado-SP.

FONTE: BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO (2011)

C4-021	DESCALVADO-SP		Lat.: 21° 57' 00"		Long.: 47° 42' 00"				
MÊS	T.M.	PREC.	EVAP.	ER.	PEP.	ARM.	EXC.	DEF.	ALT.
JANEIRO	21,7	259,1	113,8	113,8	145,3	125,0	145,3	0,0	0,0
FEVEREIRO	21,8	210,3	97,6	97,6	112,7	125,0	112,7	0,0	0,0
MARÇO	21,3	172,6	94,4	94,4	78,2	125,0	78,2	0,0	0,0
ABRIL	19,7	72,1	70,9	70,9	1,2	125,0	1,2	0,0	0,0
MAIO	17,3	61,3	54,7	54,7	6,7	125,0	6,7	0,0	0,0
JUNHO	16,0	38,7	43,7	43,6	-5,0	120,1	0,0	0,1	-4,9
JULHO	15,3	30,8	45,6	44,2	-14,8	106,6	0,0	1,4	-13,4
AGOSTO	17,1	33,9	59,0	53,3	-25,2	87,2	0,0	5,7	-19,4
SETEMBRO	19,1	73,3	75,3	74,6	-2,0	85,8	0,0	0,6	-1,4
OUTUBRO	20,1	148,3	94,6	94,6	53,7	125,0	14,5	0,0	39,2
NOVEMBRO	20,9	179,0	103,2	103,2	75,8	125,0	75,8	0,0	0,0
DEZEMBRO	21,3	270,9	112,2	112,2	158,7	125,0	158,7	0,0	0,0
ANUAL	19,3	1550,3	965,0	957,2	585,3		593,2	7,8	

### Legenda

**T.M.** = Temperatura Média (°C)

**PREC.** = Precipitação Média (mm)

**EVAP.** = Evapotranspiração Potencial Média (mm)

**ER.** = Evapotranspiração Real Média (mm)

**PEP.** = Precipitação menos Evapotranspiração (mm)

**ARM.** = Armazenamento (mm)

**EXC.** = Excedente (mm)

**DEF.** = Deficiência (mm)

**ALT.** = Alteração (mm)

O clima do município de Descalvado favoreceu o estabelecimento da floresta latifoliada tropical nos solos férteis (latossolos roxos), devido a esse fato essa vegetação sofreu grande devastação em meados e fins do século XIX, quando ocorreu a expansão da cultura do café. Já nos solos pobres (latossolos amarelos fase arenosa) estabeleceram-se os campos cerrados (KASTEIN, 1995).

## 4.4 Hidrografia

O município de Descalvado-SP regionalmente, encontra-se inserido no compartimento Médio Superior da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu. Os rios da cidade são: Mogi-Guaçu, Quilombo, Pântano, Bonito, Córrego do Rosário, Ribeirão da Areia Branca e Ribeirão Santa Rosa (KASTEIN, 1995).

### 4.4.1 Bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu (UGRHI – 09)

O comitê da bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu (CBH-MOGI), representa a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 09 (UGRHI – 09) (FIGURA 9).



FIGURA 9 - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio Mogi-Guaçu  
 FONTE: CBH – MOGI (2012)

A UGRHI – 09 localiza-se na região nordeste do estado de São Paulo e sudeste do estado de Minas Gerais, tem área de drenagem de 15.004 km<sup>2</sup>, população de 1.431.786 habitantes, apresenta limites com as UGRHIs 4-Pardo, 5-PCJ, 12-BPG, 13-TJ, 15-TG e 16-TB. Seus rios e reservatórios principais são: rio Mogi-Guaçu, rio do Peixe e rio Jaguari-Mirim (SSRH/CRHi, 2011).

O comitê da bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu (CBH-MOGI) foi formado em 04 de junho de 1996 e possui como membros os seguintes municípios: Aguai, Águas da

Prata, Águas de Lindóia, Américo Brasiliense, Araras, Barrinha, Conchal, Descalvado, Dumont, Engenheiro Coelho, Espírito Santo do Pinhal, Estiva Gerbi, Guariba, Guataporã, Itapira, Jaboticabal, Leme, Lindóia, Luís Antonio, Mogi Guaçu, Mogi Mirim, Motuca, Pirassununga, Pitangueiras, Pontal, Porto Ferreira, Pradópolis, Rincão, Santa Cruz da Conceição, Santa Cruz das Palmeiras, Santa Lúcia, Santa Rita do Passa Quatro, Santo Antonio do Jardim, São Carlos, São João da Boa Vista, Serra Negra, Sertãozinho, Socorro e Taquaral (SISTEMA DE INFORMAÇÕES PARA O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2010).

No Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Mogi-Guaçu (CBH-MOGI), a secretaria executiva é dirigida pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), órgão criado na década de 70 e que, nos dias atuais, atua amplamente na gestão ambiental no contexto do Estado de São Paulo. Em função disso, é notória a participação e o engajamento dos participantes do CBH-MOGI nas questões que envolvem a temática ambiental em geral.

O significado do nome Mogi-Guaçu em tupi-guarani é “Cobra Grande”, ele é um rio de corredeiras rápidas (FIGURA 10), nasce no estado de Minas Gerais, no município de Bom Repouso, no morro do Curvado em uma altitude média de 1.650 m. O mesmo percorre aproximadamente 95,5 Km no estado de Minas Gerais e 377 km no estado de São Paulo até desaguar no rio Pardo em uma altitude de 490 m no município de Pontal (SP). (MOSCHINI, 2008)



FIGURA 10- Rio Mogi-Guaçu na cidade de Mogi-Guaçu  
FONTE: WIKIPÉDIA (2012)

A vegetação remanescente da UGRHI – 09 apresenta 1.598 km<sup>2</sup> de vegetação natural remanescente, cerca de 10,5% de sua área, as categorias predominantes são a Floresta Estacional Semidecidual, a Savana e a Formação Arbórea/Arbustiva em Regiões de Várzea.

As atividades econômicas predominantes são: Setor primário – cultura de cana-de-açúcar, laranja, pastagem (braquiária) e milho. Setor secundário – agroindústrias, como usinas de açúcar e álcool, óleos vegetais e bebidas, além de frigoríficos e indústria de papel celulose. Outra atividade importante que tem como base a exploração de estâncias hidrominerais é o turismo que se destaca nos municípios de Águas da Prata, Águas de Lindóia, Lindóia, Serra Negra e Socorro.

A disponibilidade hídrica na UGRHI – 09 foi classificada como boa, com um volume per capita  $>2500$  m<sup>3</sup>/hab.ano e a demanda hídrica como a maior da Região Hidrográfica da Vertente Paulista do Rio Grande, porém o balanço entre a demanda hídrica e disponibilidade hídrica foi considerado favorável, isso devido à alta disponibilidade de água encontrada nesta unidade. Na UGRHI – 09 a maior demanda hídrica destina-se para as atividades rurais, cerca de 48%, já o volume destinados as atividades industriais representam cerca de 37%.

O município de Descalvado juntamente com os municípios de Aguaí, São João da Boa Vista e Mogi-Guaçu representaram os municípios da unidade que demandaram o maior volume de água destinado às atividades rurais. Descalvado também se destaca entre outros municípios na região da UGRHI – 09 como o que registrou o maior número de demanda outorgada para captações subterrâneas. Vale ressaltar que no município encontra-se o Aquífero Guarani (Livre), que propicia maiores volume captados de água subterrânea (SSRH/CRHi, 2011).

#### **4.5 Aquífero Guarani**

O Aquífero Guarani (FIGURA 11) é o maior manancial de água doce subterrânea transfronteiriço do mundo, é formado por derrames de basalto ocorridos nos Períodos Triássico, Jurássico e Cretáceo Inferior. Constituíse de sedimentos arenosos da Formação Pirambóia na base e arenitos Botucatu no topo. Localiza-se na região centro-leste da América do Sul, ocupa uma área de 1,2 milhões de km<sup>2</sup>, estende-se pelo Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina. Sua maior ocorrência se dá em território brasileiro cerca de 2/3 da área total, abrangem os estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.



FIGURA 11 – Aquífero Guarani  
 FONTE: PROJETO REDESCOLA (2012)

A região de afloramento do aquífero no estado de São Paulo é atravessada pelos rios Tietê, Piracicaba, Mogi-Guaçu, Pardo, Paranapanema e outros de menor volume. De acordo com DAEE (2012), no estado de São Paulo o Aquífero Guarani é explorado por mais de 1000 poços e ocorre numa faixa no sentido sudoeste-nordeste. A maior parte dos poços ocupa sua área de recarga. A área de recarga é a mais vulnerável e deve ser objeto de programas de planejamento e gestão ambiental, a fim de se evitar a contaminação da água subterrânea e a sobreexploração.

A espessura do aquífero tem variações de 800m até ausência completa de espessura em áreas internas da bacia. Considera-se a espessura média aquífera de 250 metros, porosidade efetiva de 15% e estima-se que as reservas permanentes do aquífero sejam da ordem de 45.000 km<sup>3</sup>.

A recarga natural do aquífero ocorre através da infiltração direta das águas de chuva na área de afloramento e por filtração vertical ao longo de descontinuidades das rochas do pacote confinante.

Quanto a qualidade da água do aquífero, a mesma apresenta características predominantemente bicarbonatadas cálcicas, com temperaturas de 22 a 27°C, pH de 5,4 a 9,2 e salinidade inferior a 50 mg/L, na área aflorante. Já na área confinada, a temperatura varia de 22 a 59,7°C, o pH de 6,3 a 9,8 e a salinidade de 50 a 500 mg/L. Os valores de temperatura, pH, salinidade, e de íons cloreto, sulfato e sódio aumentam no sentido do confinamento.



O município de Descalvado-SP, apresentam cerca de 73,5% de sua área total sobre o afloramento do Aquífero Guarani. (CETESB, 2012)

#### 4.6 Abastecimento urbano de água no município de Descalvado-SP.

O abastecimento urbano de água no município de Descalvado-SP, ocorre através da captação de água das represas Rosária, Calmon e de poços, tais sistemas são isolados e de manancial subterrâneo. Os bairros atendidos pelas águas do sistema de captação das represas Rosária, Calmon e poços são: Jardim Belém, São Sebastião, Centro, Jardim Cambara, Jardim Elite, Vila São Jorge, Santa Cruz das Almas, Vila Franco, Jardim Colonial, Jardim Paraíso, Novo Jardim Belém, Santa Cruz, Vila Municipal, Vila Melki e Morumbi.

De acordo com estudos realizados pela Agência Nacional de Águas (2010), para um cenário previsto até 2015, o município de Descalvado-SP, apresenta a demanda hídrica urbana de 61 L/s e a situação do abastecimento de água é satisfatória. Quanto à participação no atendimento da demanda hídrica, as represas Rosário e Calmon representam 51% e os poços 49%.

A vazão média da captação das represas e dos poços pode ser constatada na (TABELA 3):

**TABELA 3:** Vazão dos sistemas de captação.

FONTE: ANA (2010)

Nome	Captação
Reservatório Rosária	$Q_M = 69,4 \text{ L/s}$
Reservatório Calmon	$Q_M = 27,8 \text{ L/s}$
Poço Monte Olimpo	$Q_M = 15,3 \text{ L/s}$
Poço Morada I	$Q_M = 6,4 \text{ L/s}$
Poço Morada II	$Q_M = 13,9 \text{ L/s}$
Poço Nicola Gola	$Q_M = 3,7 \text{ L/s}$
Poço Berto	$Q_M = 1,8 \text{ L/s}$
Poço Bela Vista	$Q_M = 4,2 \text{ L/s}$
Poço Santa Cruz	$Q_M = 5,4 \text{ L/s}$
Poços Ricardo I Poços Ricardo II	$Q_M = 8,5 \text{ L/s}$
Poço Lago I	$Q_M = 4,8 \text{ L/s}$
Poço Lago II	$Q_M = 8,5 \text{ L/s}$

De acordo com dados fornecidos pela Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH), do município de Descalvado-SP (ANEXO 01), o volume médio anual de água tratada na estação de tratamento de água (ETA) do município é de 3.104.036 m<sup>3</sup>.

Ao analisar tal matriz de abastecimento, faz-se necessário ressaltar que no município de Descalvado-SP, assim como nos demais núcleos urbanos e cidades brasileiras o abastecimento público a partir da exploração de águas subterrâneas vêm aumentando progressivamente.

Segundo Hirata, Zoby & Oliveira (2010), estima-se que no Brasil existam pelo menos 416 mil poços, com um aumento de 10,8 mil novas captações por ano, que atendem cerca de 30 a 40% da população. A matriz hídrica do país não considera corretamente o potencial desse recurso, o que causa a perda de uso eficiente, que permitiria reduzir custos na instalação e operação de tais sistemas de abastecimento e a proteção dos mesmos.

Os autores ainda descrevem que os desafios enfrentados para a gestão desse recurso são:

- Disciplinamento do uso da água subterrânea, onde devem ser analisadas as regiões com maior demanda e também os riscos do excesso da exploração desse recurso;
- Proteção dos aquíferos e de suas captações quanto à contaminação antrópica;
- Fixação de estruturas técnicas que permitam o aproveitamento de forma integrada e simultânea, dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Para que haja um efetivo gerenciamento dos recursos hídricos da bacia hidrográfica é necessário que essencialmente, se conheça a disponibilidade hídrica da bacia, a qualidade dos mananciais, demanda hídrica, áreas vulneráveis à contaminação, etc. Portanto, faz-se necessário a realização de estudos que auxiliem os gestores públicos municipais na tomada de decisão.

#### **4.7 Caracterização ambiental do córrego do Rosário (Descalvado, SP).**

De acordo com a proposta metodológica de Strahler (1952), o córrego do Rosário (FIGURA 12) é um canal de terceira ordem, nasce na zona suburbana da cidade de

Descalvado – SP e percorre 5 km até desaguar no rio Bonito (afluente da margem esquerda do rio Mogi-Guaçu).



FIGURA 12- Córrego do Rosário (Descalvado, SP)  
FONTE: INÊZ, E. B. (2010)

Após avaliação de campo (FIGURA 13) constatou-se que o córrego do Rosário é de grande relevância para o município de Descalvado, do ponto de vista ambiental, paisagístico e econômico, pois além das contribuições ambientais e paisagísticas o mesmo tem suas águas captadas para que em conjunto com alguns poços, possam suprir a demanda de água potável do município.

Ao percorrer o córrego pode-se constatar uma excessiva degradação ambiental, sendo encontrados diversos impactos ambientais decorrentes de atividades antrópicas.

Os impactos ambientais observados foram: ausência de mata ciliar; erosões nas margens; assoreamento; disposição inadequada de resíduos de construção e demolição; deposição de resíduos sólidos no leito e margens do córrego; atividades agropastoris; despejo de esgoto; ocupação residencial nas proximidades das margens. Foram identificadas também, iniciativas de recomposição da vegetação ripária nas proximidades da nascente.



A) Vegetação ripária (mata ciliar) na região da nascente do córrego do Rosário



B) Iniciativa de reflorestamento na região da nascente do córrego do Rosário (espécies nativas).



C) Primeiro represamento do córrego do Rosário - Represa Rosária - captação de água para abastecimento público.



D) Segundo represamento do córrego do Rosário - Represa Calmon - captação de água para abastecimento público.



E) Revegetação utilizando *Eucalyptus* (alelopatia) em uma das margens da região do início do córrego do Rosário.



F) Disposição inadequada de resíduo de construção e demolição, obstruindo o leito do córrego e dificultando a drenagem da água; ausência de vegetação ciliar.



G) Margens expostas; processo erosivo; fonte pontual de poluição; início da construção de um muro de arrimo para contenção das margens.



H) Cultivo de cana-de-açúcar em uma das margens do córrego; ausência de vegetação ciliar; relevo com certa declividade.



I) Atividade agropastoril sendo desenvolvida em uma das margens do córrego do Rosário; ausência de vegetação ciliar.



J) Fonte pontual de poluição, assoreamento do córrego e ausência de mata ciliar.



K) Ausência de vegetação ciliar, atividade agropastoril, disposição inadequada de resíduos sólidos.



L) Encontro do córrego do Rosário e o rio Bonito. Sedimentação e resíduos sólidos.

FIGURA 13 - Percurso do córrego do Rosário (Descalvado, SP)  
FONTE: INÊZ, E. B. (2010)

#### 4.7.1 Qualidade da água do córrego do Rosário (Descalvado, SP)

No período de 22 de setembro de 2008 a 21 de setembro de 2009, Batista (2010) fez uma análise estatística de alguns dos parâmetros físico-químicos da água captada das represas Rosária e Calmon, onde se buscou analisar a eficácia do monitoramento da qualidade da água oriunda de tais reservatórios,. O autor também comparou os resultados encontrados com a Portaria do Ministério da Saúde nº 518 de 25 de março de 2004, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Atualmente tais parâmetros, encontram-se na Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011.

Os parâmetros físico-químicos analisados foram os seguintes:

- Turbidez;
- pH;
- Cor.

Para a realização do estudo, efetuou-se o levantamento de dados na Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH), do município de Descalvado-SP, localizada na rua Coronel Rafael Tobias, nº 1400, Jardim Belém e para formatação dos dados estatísticos utilizou-se o *software* ESTAT (Sistema para Análises Estatísticas), disponibilizado pela UNESP (Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus de Jaboticabal).

Após o levantamento de dados, os mesmos foram analisados no *software* ESTAT e comparados aos padrões exigidos pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde.

Segundo o autor, após a interpretação dos resultados oriundos da análise estatística, constatou-se que os parâmetros físico-químicos analisados atendem aos padrões estabelecidos pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde e encontra-se dentro dos padrões de qualidade para consumo humano.

Sundfeld (2010), também fez um estudo para avaliar a qualidade da água do córrego do Rosário, as coletas foram realizadas nos dias 04/10/2010, 13/10/2010 e 25/10/2010. Através de análises laboratoriais foram verificados alguns parâmetros físico-químicos da água e os resultados foram comparados com os padrões de qualidade da água

estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e pela CESTEB, para o caso da condutividade elétrica.

Para desenvolvimento do trabalho foi determinado 3 pontos de amostragem e amostras foram coletadas durante 3 dias, os pontos de amostragem possuíam as seguintes características:

Ponto 1 (P1) (FIGURA 14): aproximadamente 170 metros da nascente, após a represa Calmon. Área canalizada, com ocupação urbana.

Ponto 2 (P2) (FIGURA 15): área localizada dentro de um “parque” municipal, sem vegetação ciliar e com forte influência antrópica.

Ponto 3 (P3) (FIGURA 16): Foz do córrego do Rosário, ausência de mata ciliar, região com predomínio de pastagem e proximidade com vias pavimentadas.



FIGURA 14 - Ponto 1 (P1)  
FONTE: SUNDFELD, T. K. (2010)



FIGURA 15 - Ponto 2 (P2)  
FONTE: SUNDFELD, T. K. (2010)



FIGURA 16 - Ponto 3 (P3)  
FONTE: SUNDFELD, T. K. (2010)

As variáveis analisadas no estudo foram pH (Tabela 4), condutividade (TABELA 5), turbidez (TABELA 6), fenóis (TABELA 7), oxigênio dissolvido (OD) (TABELA 8).



Após coleta e análise das amostras os resultados obtidos foram correlacionados com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e CETESB, no caso da condutividade elétrica. Os resultados alcançados foram os seguintes:

**TABELA 4** – Resultados das análises de pH e comparação com parâmetro da Resolução CONAMA 357/2005.

FONTE: SUNDFELD, T. K. (2010)

<b>ANÁLISE DE pH</b>				
<b>PONTOS</b>	<b>DADOS COLETADOS</b>			<b>PARÂMETRO CONAMA</b>
	<b>1° dia</b>	<b>2° dia</b>	<b>3° dia</b>	
<b>P1</b>	6,81	6,70	6,78	
<b>P2</b>	7,12	7,02	7,04	<b>6,00 – 9,00</b>
<b>P3</b>	7,18	7,12	7,14	

**TABELA 5** – Resultados das análises de condutividade e comparação com parâmetro da CETESB.

FONTE: SUNDFELD, T. K. (2010)

<b>ANÁLISE DE CONDUTIVIDADE (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>				
<b>PONTOS</b>	<b>DADOS COLETADOS</b>			<b>PARÂMETRO CETESB</b>
	<b>1° dia</b>	<b>2° dia</b>	<b>3° dia</b>	
<b>P1</b>	76,7	81,3	88,3	
<b>P2</b>	92,8	81,40	85,5	<b>ABAIXO DE 100<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math></b>
<b>P3</b>	<b>101,3</b>	<b>107,4</b>	99,1	

**TABELA 6** – Resultados das análises de turbidez e comparação com parâmetro da Resolução CONAMA 357/2005.

FONTE: SUNDFELD, T. K. (2010)

<b>ANÁLISE DE TURBIDEZ (UNT)</b>				
<b>PONTOS</b>	<b>DADOS COLETADOS</b>			<b>PARÂMETRO CONAMA</b>
	<b>1° dia</b>	<b>2° dia</b>	<b>3° dia</b>	
<b>P1</b>	16,4	33,2	8,35	
<b>P2</b>	5,95	4,73	6,16	<b>Até 100 UNT</b>
<b>P3</b>	7,89	4,38	8,54	

**TABELA 7** – Resultados das análises de fenóis e comparação com parâmetro da Resolução CONAMA 357/2005.

FONTE: SUNDFELD, T. K. (2010)

<b>ANÁLISE DE FENÓIS (mg/L)</b>				
<b>PONTOS</b>	<b>DADOS COLETADOS</b>			<b>PARÂMETRO CONAMA</b>
	<b>1° dia</b>	<b>2° dia</b>	<b>3° dia</b>	
<b>P1</b>	<b>0,268</b>	<b>0,530</b>	<b>0,178</b>	
<b>P2</b>	<b>0,178</b>	<b>0,169</b>	<b>0,142</b>	<b>Abaixo de 0,01mg/L</b>
<b>P3</b>	<b>0,079</b>	<b>0,250</b>	<b>0,196</b>	

**TABELA 8** – Resultados das análises de oxigênio dissolvido e comparação com parâmetro da Resolução CONAMA 357/2005.

FONTE: SUNDFELD, T. K. (2010)

<b>ANÁLISE DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/L)</b>				
<b>PONTOS</b>	<b>DADOS COLETADOS</b>			<b>PARÂMETRO CONAMA</b>
	<b>1° dia</b>	<b>2° dia</b>	<b>3° dia</b>	
<b>P1</b>	7,1	8,2	7,5	
<b>P2</b>	7,3	7,5	7,4	<b>Maior que 4mg/L</b>
<b>P3</b>	7,2	6,7	7,1	

Ao analisar os resultados das análises pode-se constatar que os valores de pH, turbidez, oxigênio dissolvido ficaram abaixo dos limites máximos estabelecidos pelo parâmetro da Resolução CONAMA 357/2005.

Os resultados de condutividade elétrica mais elevados no ponto 3 (P3), podem ser atribuídos ao despejo de cargas poluidoras provenientes da lavagem de caminhões e descarga de esgotos existentes no ponto. Já os elevados níveis fenólicos encontrados nas análises, podem ser provenientes de efluentes que contenham tal substância e são lançados no córrego.

Devido a tais resultados, pode-se concluir que existe a necessidade da implantação de um sistema de gerenciamento ambiental adequado e efetivo na microbacia do córrego do Rosário (Descalvado, SP).

## **4.8 Geologia**

Descalvado está inserido na Bacia Sedimentar do Paraná, ela é predominante no estado de São Paulo, a mesma é preenchida por rochas sedimentares variadas e por basaltos (ROCHA, 2005). As unidades litoestratigráficas que ocorrem no estado são: Coberturas Cenozóicas (Bacia de São Paulo e Bacia de Taubaté), Bacia do Paraná e Embasamento Cristalino.

As formações geológicas apresentadas na área de estudo são do Grupo São Bento: Serra Geral, Botucatu e Pirambóia. Sobrepostas a essas formações, distribui-se a Formação Santa Rita do Passa Quatro. (CASTRO,1998).

### **4.8.1 Formação Serra Geral**

O nome de Formação Serra Geral, refere-se à província magmática relacionada aos derrames e intrusivas que recobrem  $1,2 \times 10^6$  Km<sup>2</sup> da Bacia do Paraná, abrangendo toda a região centro-sul do Brasil e estendendo-se ao Uruguai, Paraguai e Argentina.

A Formação Serra Geral caracteriza-se por uma seqüência de lavas basálticas, toleíticas, de textura muito fina e cor cinza e preta. No topo dos derrames a formação apresenta estrutura amigdaloidal, com grande desenvolvimento de juntas verticais e horizontais. Na base ocorrem intercalações de arenitos finos a médios, com estratificação cruzada tangencial, notando-se soleiras e diques de diabásio associado aos derrames nas bordas da Bacia (CPRM, 2012).

#### **4.8.2 Formação Botucatu**

O nome Botucatu foi inserido na literatura geológica da bacia do Paraná por Campos (1889), descreveu como Gres de Botucatu um pacote de arenitos vermelhos aflorantes na Serra do Botucatu. Litologicamente é formado por arenitos bimodais, médios a finos, localmente grossos e conglomeráticos, com grãos arredondados ou subarredondados. Possuem cor cinza-avermelhado. Compõem significativo pacote arenoso. (CPRM, 2012)

Para a formação Botucatu, atribui-se idade jurássica, uma característica marcante da formação Botucatu é a estratificação cruzada, planar e acanalada de grande porte. As características sedimentares e litológicas da unidade indicam deposição eólica em ambiente desértico, com desenvolvimento de rios meandantes e pequenas lagoas (SCHOBENHAUS, 1984).

#### **4.8.3 Formação Pirambóia**

A formação Pirambóia distribui-se entre os estados de São Paulo, Goiás, Mato Grosso, e nordeste do Paraná. Nesta formação ocorrem arenitos amarelados, avermelhados, esbranquiçados, com granulação média a muito finos, siltico-argilosos, grãos polidos, subangulares e subarredondados com seixos de argila.

Em sua porção mais inferior ocorre uma camada de 1 a 2 m de espessura, de cor areno-argilosa, avermelhada, com seixos de sílex (SCHOBENHAUS, 1984).

#### **4.8.4 Formação Santa Rita do Passa Quatro**

Possui distribuição horizontal ampla, com areias sem qualquer tipo de estrutura sedimentar, apresenta na base uma linha de seixos e cascalheira, com predomínio de quartzo e fragmentos de limonita, sua representação ocorre por capeamento terciários.

Distribui-se sobre as formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral, ocorrendo como depósito de espigão (CASTRO,1998).

#### **4.8.5 Depósitos Recentes do Quaternário**

Os depósitos recentes do Quaternário são constituídos basicamente por sedimentos de granulação fina e argilas são distribuídos ao longo das planícies aluvionárias, os

sedimentos aluvionais argilosos dão origem aos solos chamados glei húmicos e glei pouco húmico (OLIVEIRA & PRADO, 1984) *apud* (CASTRO, 1998).

#### **4.9 Geomorfologia**

De acordo com a divisão geomorfológica do estado de São Paulo (IPT, 1981), Descalvado (SP) localiza-se na região denominada Cuestas Arenito-Basálticas, na Bacia Sedimentar do Paraná.

As seqüências sedimentares paleozóicas e cenozóicas da Bacia do Paraná marcam o leste paulista. Esse conjunto vulcânico sedimentar possui camadas com leve deslocamento para noroeste e é identificado pela presença dos horizontes de basalto dividindo as rochas paleozóicas e mesozóicas inferiores, dos arenitos cretáceos pós basálticos, dando condicionantes a uma tendência à formação de relevos estruturais, e a maior manifestação do mesmo é o Planalto Ocidental.

#### **4.10 Materiais Inconsolidados**

Os materiais inconsolidados que ocorrem no município de Descalvado (SP), na área urbana e na área de expansão são as areias quartzosas profundas, os latossolos roxo da Unidade Barão Geraldo, vermelho escuro da Unidade Hortolândia, vermelho amarelo das Unidades Coqueiro e Laranja Azeda, os solos litólicos, os solos hidromórficos e unidades Estruturada (CASTRO, 1998).

##### **4.10.1 Areias Quartzosas Profundas**

Possui como material de origem na área, os arenitos das formações Pirambóia e Santa Rita do Passa Quatro, é classificada como areia quartzosa profunda álica, horizonte A fraco moderado. Apresenta ausência de hidromorfismo a menos de 80 cm de profundidade e espessura superior a 200 cm.

##### **4.10.2 Latossolo Roxo**

Sua formação ocorre a partir do intemperismo de rochas básicas (basaltos e diabásios) com altos teores de óxido de ferro totais (maior que 18 %) e de titânio.

Quando secos e pulverizados apresentam forte atração magnética, diferenciando-se assim do latossolo vermelho escuro.

#### **4.10.3 Unidade Barão Geraldo**

O solo desta unidade origina-se a partir do intemperismo de rocha básica, representada pelo basalto, apresentam-se em grandes profundezas e o horizonte A de cor mais escura geralmente perde suas características devido ao intenso uso agrícola, já o horizonte B, apresenta estrutura desenvolvida com aspecto maciço poroso (pó de café).

#### **4.10.4 Latossolo Vermelho Escuro**

Apresenta coloração e textura semelhante aos latossolos roxo, este solo é proveniente do intemperismo e retrabalhamento de sedimentos finos (argilito e siltitos) com colaboração desigual de basaltos, dando-lhes, assim, variados teores de ferro total.

A principal diferença entre latossolo vermelho escuro e o roxo é a atração magnética, já que a magnetita ocorre com menor concentração nesses solos.

#### **4.10.5 Unidade Hortolândia**

Esta unidade tem como material de origem os sedimentos retrabalhados de arenito Botucatu-Pirambóia com material oriundo de basalto, são solos de textura média, com predominância da fração areia fina.

A diferença dos solos desta unidade com os da Unidade Barão Geraldo é a textura menos argilosa e o teor de óxido de ferro menor e os da Laranja Azeda é a coloração vermelha mais acentuada.

#### **4.10.6 Latossolo Vermelho-Amarelo**

A cor predominante nesta classe de latossolo é o vermelho-amarelo com teores médios de óxido de ferro (entre 7 e 11%).

#### **4.10.7 Unidade Coqueiro**

O material de origem desta unidade são os arenitos da Formação Itaqueri, classifica-se como latossolo amarelo álico ou distrófico. Apresenta cor vermelha bastante acentuada e difere da unidade Laranja Azeda por predominar a areia grossa sobre a fina e apresentar taxa de argila em torno de 20 a 25 %.

#### **4.10.8 Unidade Laranja Azeda**

Sua classificação é como latossolo vermelho amarelo álico ou distrófico, predominando a textura fina. Diferencia-se da Unidade Coqueiro pelo teor de argila mais elevado e da Unidade Hortolândia pela coloração mais amarelada.

#### **4.10.9 Solos Litólicos**

Possui textura variada, que se relaciona diretamente a natureza do substrato, é caracterizado pela espessura do solum inferior a 40 cm e horizonte diagnóstico de superfície discreto ou inexistente. Em geral apresentam altos teores de minerais primários com pouca resistência ao intemperismo e minerais de argila do grupo esmectitas, proporcionando-lhe alta capacidade de troca catiônica desta fração.

#### **4.10.10 Solos Hidromórficos**

O desenvolvimento destes solos ocorre em planícies aluvionáres em áreas mal drenadas, possui textura das camadas bastante diversificada, de arenosas a argilosa. A característica principal deste solo é a presença de horizonte glei a menos de 80 cm de profundidade.

Em Descalvado detectou-se três tipos destes solos: orgânicos, glei húmicos e glei pouco húmidos.

#### 4.10.11 Unidades Estruturada

Classifica-se como Terra Roxa estruturada eutrófica ou distrófica, possui textura argilosa ou muito argilosa. Apresenta cor idênticas à dos latossolos roxos e podem ter o mesmo teor de óxido de ferro.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 Produtos de sensoriamento remoto

No (QUADRO 3) são apresentadas as características das imagens do satélite CBERS 2B/HRC.

**QUADRO 3** – Características das imagens do satélite.

Imagens	Fonte	Sensor	Data	Resolução Espacial	Banda Espectral
Satélite CBERS 2B	INPE	HRC	19/04/2009	2,7 m	Banda 1 0,50 - 0,80 $\mu\text{m}$ (pancromática)
Satélite CBERS 2B	INPE	HRC	02/02/2010	2,7 m	Banda 1 0,50 - 0,80 $\mu\text{m}$ (pancromática)

### 5.2 Produtos cartográficos

No (QUADRO 4) estão descritas as cartas topográficas utilizadas na montagem do banco de dados.

**QUADRO 4** – Cartas topográficas.

Cartas	Cidade	Referência	Fonte	Ano	Escala
Topográficas	Descalvado I	SF-23-V-C-IV-4-SO-B	IGC	1990	1:10.000
	Descalvado II	SF-23-V-C-IV-4-SE-A	IGC	1990	1:10.000
	Fazenda São João do Morro Alto	SF-23-V-C-IV-4-SO-D	IGC	1990	1:10.000



### **5.3 Softwares**

Os planos de informações do banco de dados digital georreferenciado foram elaborados utilizando os seguintes *softwares*: ArcGIS 9.3, AutoCAD 2012 e Idrisi 32 release two.

### **5.4 Aplicação da abordagem analítica para a elaboração da carta de Zoneamento(Geo)Ambiental analítico da microbacia do córrego do Rosário (Descalvado, SP).**

As principais etapas do procedimento metodológico analítico utilizado na elaboração do trabalho podem ser verificadas na (FIGURA 17).

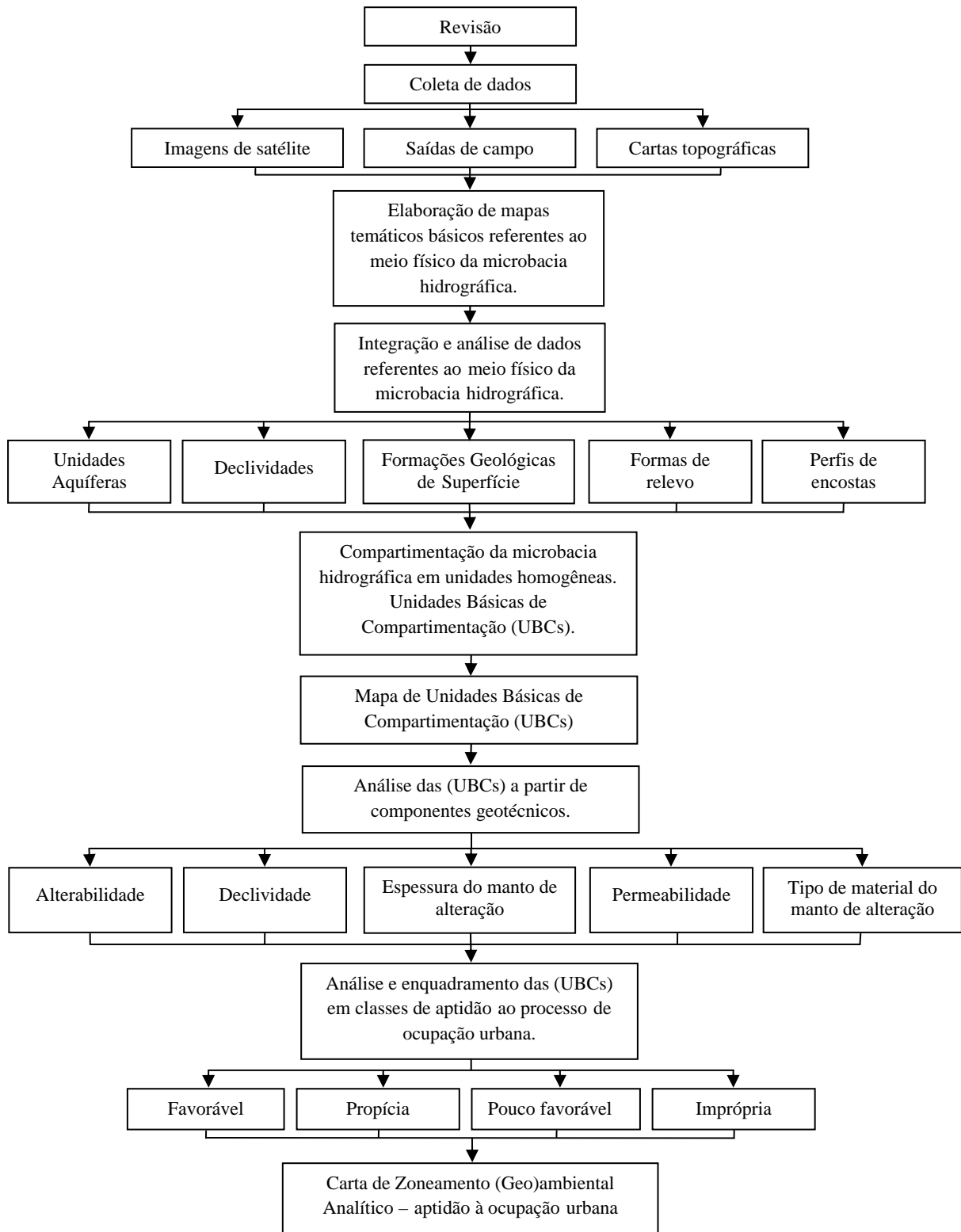


FIGURA 17 – Principais etapas do procedimento metodológico analítico utilizado no zoneamento (geo)ambiental da microbacia do córrego do Rosário (Descalvado, SP).

FONTE: INÊZ, E. B. (2012)

#### 5.4.1 Procedimento metodológico analítico

A partir das características gerais da cartografia geotécnica e dos parâmetros de gestão ambiental, a estrutura metodológica apresentada por Vedovello (2000), descreve a estrutura do zoneamento (geo)ambiental analítico em três etapas básicas, sendo estas:

- Compartimentação fisiográfica dos terrenos – identificação de zonas com características e propriedades geotécnicas homogêneas;
- Caracterização Geotécnica – classificação das propriedades e características geotécnicas das áreas delimitadas;
- Cartografia temática final ou de síntese – análise e classificação das unidades homogêneas em termos de potencialidades e fragilidades do terreno.

A análise de imagens de sensores remotos e o caráter fisiográfico da etapa de compartimentação dos terrenos permitem a classificação de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs), as quais são a base para a determinação das unidades geotécnicas. As três etapas descritas anteriormente permitem homogeneizar a construção de produtos geotécnicos direcionados à avaliação de áreas naturais no que se refere às potencialidades e fragilidades do terreno e também possibilitam a adequabilidade da metodologia para análises referentes a áreas antropizadas.

#### 5.4.2 Mapa Cadastral

O mapa cadastral da microbacia hidrográfica do córrego do Rosário (Descalvado, SP) foi produzido, a partir de cartas topográficas do IGC, na escala 1:10.000 – folhas: Descalvado I SF-23-V-C-IV-4-SO-B, Descalvado II SF-23-V-C-IV-4-SE-A e Fazenda São João do Morro Alto SF-23-V-C-IV-4-SO-D.

As cartas foram georreferenciadas no *software* ArcGIS 9.3, utilizando-se a referência espacial “Córrego Alegre, UTM, Zona 23”. Após a articulação das cartas topográficas no *software* ArcGIS 9.3, realizou-se a delimitação da microbacia hidrográfica do córrego do Rosário (Descalvado, SP), partindo-se da foz do córrego, seguindo-se perpendicularmente às curvas de nível e passando-se pelos pontos cotados.

Dando sequência à elaboração do mapa cadastral, realizou-se a vetorização da rede hidrográfica da microbacia, das curvas de nível, rodovias principais e os limites das microbacias das represas Rosária e Calmon. Também foi realizado a plotagem dos pontos cotados dentro da microbacia – as cotas associadas a cada um dos pontos cotados foram dispostas em uma tabela de atributos e o mesmo procedimento foi efetuado para as cotas associadas a cada uma das curvas de nível vetorizadas.

Para a vetorização do perímetro urbano de Descalvado (SP) presente na microbacia foi utilizado a imagem do satélite CBERS de 02 de fevereiro de 2010, instrumento HRC (Câmera Pancromática de Alta Resolução). Para isso realizou-se o georreferenciamento da imagem de satélite, utilizando-se o módulo “Project Raster” do *software* e a referência espacial “Córrego Alegre, UTM, Zona 23”. Já na etapa final, realizou-se o recorte da imagem de satélite, considerando-se os limites da microbacia e utilizando-se a ferramenta “Extract By Mask” do *software* e efetuou-se a plotagem dos poços perfurados (QUADRO 5) no contexto da microbacia.

**QUADRO 5** – Poços perfurados na microbacia do córrego do Rosário (Descalvado, SP).

<b>POÇOS</b>	<b>COORDENADAS UTM</b>	<b>COORD. GEO. (LAT.;LONG.)</b>
Morada I	227,625 Km E; 7575,272 Km N	21° 51'20"; 49° 49'57"
Morada II	227,228 Km E; 7575,393 Km N	21° 54'16"; 47° 38'24"
Nicola Gola	227,760 km E; 7575,928 Km N	21° 53'58"; 47° 38'05"
Berto	229,959 Km E; 7574,510 Km N	21° 54'46"; 47° 36'49"
Santa Cruz I	229,108 Km E; 7576,563 Km N	21° 53'39"; 47° 37'18"
Bela Vista	229,380 Km E; 7576,570 Km N	21° 53'39"; 47° 37' 08"
Santa Cruz II (Inativo)	228,783 Km E; 7578,227 Km N	

### 5.4.3 Carta de Declividades

A carta de declividades foi gerada utilizando-se os vetores das curvas de nível, da rede hidrográfica, pontos cotados da microbacia, cotas associados às curvas de nível e aos pontos cotados.

Tais dados possibilitaram a elaboração do Modelo Numérico do Terreno (MNT) da microbacia, a partir da ferramenta “Topo to Raster” do *software* ArcGIS 9.3. O Modelo Numérico do Terreno (MNT) transmite ao usuário as características espaciais do terreno.

Em seguida, utilizando-se o comando “Slope” do *software* ArcGIS 9.3 e o Modelo Numérico do Terreno (MNT) como dado de entrada, gerou-se a carta de declividades.

Na etapa final, a carta de declividades gerada foi reclassificada em sete classes de declividades, utilizando-se a ferramenta “Reclassify” do *software*, as classes definidas foram: 0 – 5%, 5 – 10%, 10 – 15%, 15 – 20%, 20 – 30%, 30 – 45% e >45%.

#### 5.4.4 Mapa de Uso e Cobertura do Solo (2009)

O mapa de uso e cobertura do solo para o ano de 2009 foi elaborado a partir da classificação da imagem do satélite CBERS 2B instrumento HRC (Câmara Pancromática de Alta Resolução) de 19 de abril de 2009 e o mesmo visou classificar a dinâmica de uso e ocupação do solo através da identificação, espacialização e quantificação das classes de uso antrópico e das classes de remanescentes de vegetação natural ocorrentes na área de estudo.

As classes consideradas para a classificação foram as seguintes:

- Solo exposto: áreas onde o solo aparece desprovido de vegetação ou algum outro tipo de ocupação, incluindo áreas de preparo do solo para cultivos, principalmente de cana-de-açúcar;
- Campo: áreas com vegetação rasteira e pequenos arbustos, distantes uns dos outros;
- Cana-de-açúcar: áreas que apresentam o cultivo de cana-de-açúcar;
- Laranja: áreas que apresentam o cultivo de laranja;
- Pastagem: correspondem às áreas de pastagem natural e cultivada;
- Reflorestamento: são as áreas de cultivo de espécies de reflorestamento onde predominam variedades de *Eucalyptus* e em menor proporção variedades de vegetação nativa;
- Outras culturas: Incluindo cultivos de milho, mandioca, capim elefante entre outros tipos de cultivo que também ocorrem na microbacia, apesar da baixa representatividade;
- Fragmentos Florestais: refere-se aos remanescentes de vegetação com espécies nativa e vegetação com espécies exóticas;
- Curso d’água: incluem lagos, represas e córregos;
- Área urbana: núcleo urbano de Descalvado.

#### 5.4.5 Mapa de Uso e Cobertura do Solo (2012)

O mapa de uso e cobertura do solo para o ano de 2012 foi elaborado a partir da classificação supervisionada da imagem do satélite CBERS 2B instrumento HRC (Câmera Pancromática de Alta Resolução) de 02 de fevereiro de 2010, tal imagem foi utilizada devido à indisponibilidade de imagens do mesmo satélite com datas posteriores, pois foi o ano que se encerraram as atividades do satélite. O mapa de uso e cobertura do solo foi elaborado com o objetivo de analisar e classificar a dinâmica de uso e ocupação do solo, através da identificação, espacialização e quantificação das classes de uso antrópico e das classes de remanescentes de vegetação natural ocorrentes na área de estudo.

Quanto ao procedimento de classificação da imagem é necessário fixar quais foram as classes consideradas, o que foi estabelecido ao percorrer em campo e analisar os diversos tipos de uso e cobertura do solo, descritas a seguir:

- Solo exposto: áreas onde o solo aparece desprovido de vegetação ou algum outro tipo de ocupação, incluindo áreas de preparo do solo para cultivos, principalmente de cana-de-açúcar;
- Campo: áreas com vegetação rasteira e pequenos arbustos, distantes uns dos outros;
- Cana-de-açúcar: áreas que apresentam o cultivo de cana-de-açúcar;
- Laranja: áreas que apresentam o cultivo de laranja;
- Pastagem: correspondem às áreas de pastagem natural e cultivada;
- Reflorestamento: são as áreas de cultivo de espécies de reflorestamento onde predominam variedades de *Eucalyptus* e em menor proporção variedades de vegetação nativa;
- Outras culturas: Incluindo cultivos de milho, mandioca, capim elefante entre outros tipos de cultivo que também ocorrem na microbacia, apesar da baixa representatividade;
- Fragmentos Florestais: refere-se aos remanescentes de vegetação com espécies nativa e vegetação com espécies exóticas;
- Loteamento: Subdivisão de gleba em lotes destinados à edificação, com abertura de novas vias de circulação e demais infraestruturas;
- Corpos d'água: incluem lagos, represas e rios;

- Área urbana: núcleo urbano de Descalvado.

#### **5.4.6 Mapa de Formações Geológicas de Superfície**

O mapa de formações geológicas de superfície da microbacia foi elaborado a partir do Mapa Geológico de Superfície desenvolvido por Castro (1998) e o mesmo foi modificado de acordo com a área da microbacia. Para o desenvolvimento do mapa, Castro (1998) baseou-se no mapa geológico de superfície (SÃO PAULO – IG, 1984) na escala 1:50.000, fez modificações a partir de análise de fotos aéreas (MIC – IBC, 1971) na escala 1:25.000, mapas topográficos na escala 1:10.000 (SÃO PAULO – IGC, 1990), perfis de poços profundos e trabalhos de reconhecimento em campo.

#### **5.4.7 Mapa de Materiais Inconsolidados**

O mapa de materiais inconsolidados da microbacia foi elaborado a partir do mapa de materiais inconsolidados desenvolvido por Castro (1998), o mesmo foi modificado de acordo com a área da microbacia. Para desenvolvimento do mapa, Castro (1998) fez trabalhos de campo, análise de perfis de poços profundos, fotointerpretação e dados de gênese, textura, profundidade e classificação MCT (Miniatura, Compactado, Tropical). Tais resultados dos ensaios de caracterização das amostras de materiais inconsolidados encontram-se no (ANEXO 02).

#### **5.4.8 Mapa de Unidades Aquíferas**

O mapa de unidades aquíferas da microbacia foi elaborado a partir da análise dos perfis geológicos dos poços perfurados na área de estudo (ANEXO 03) e do mapa de formações geológicas de superfície da microbacia. Tais dados foram contrastados possibilitando a classificação dos seguintes aquíferos:

Aquíferos sedimentares/porosos:

- Aquífero Guarani – Formação geológica de superfície Pirambóia e Botucatu;
- Aquífero Livre – Formação geológica de superfície Santa Rita do Passa Quatro;

- Aquífero Freático – Depósitos Recentes do Quaternário;
- Aquífero fraturado/fissurados:
- Aquífero Livre – Formação geológica de superfície Serra Geral.

#### **5.4.9 Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação**

O mapa de Unidades Básicas de Compartimentação foi elaborado a partir da metodologia utilizada por Faleiros (2012). Esta metodologia consiste em compartimentar áreas do terreno com características e propriedades geológico-geotécnicas semelhantes (unidades homogêneas).

A obtenção dessas unidades ocorre a partir da abordagem fisiográfica, seguindo os conceitos relacionados à avaliação integrada dos elementos morfoambientais, ou seja, na abordagem fisiográfica ou de paisagem, os elementos que integram o terreno são identificados e analisados em conjunto (integrados), geralmente a partir de Sistemas de Classificação de Terrenos.

Os Sistemas de Classificação de Terrenos baseiam-se na análise de características fisionômicas do terreno, as quais podem ser analisadas a partir de imagens de satélites ou fotografias aéreas, permitindo a identificação de diversas unidades do terreno. De acordo com Vedovello (2000), essas unidades do terreno representam associações singulares dos componentes ambientais (ex.: geomorfologia, geologia, topografia, etc.)

Em relação à compartimentação fisiográfica, pode-se observar que ela é feita a partir da identificação, análise e delimitação de áreas, compostas por elementos do meio físico que apresentam características geológico-geotécnicas homogêneas.

Segundo Vedovello (2000), o procedimento utilizado para se efetuar a compartimentação fisiográfica é:

- Seleção do produto de sensoriamento remoto;
- Compartimentação da área de estudo;
- Avaliação da homogeneidade e da similaridade;
- Trabalhos de campo;
- Elaboração do Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação.



Para a elaboração deste mapa os níveis taxonômicos utilizados e as condições morfoambientais foram as seguintes:

- Províncias – Refere-se às diferenças fisiográficas de natureza tectônica em nível regional;
- Zonas – Correspondem às variações litoestruturais;
- Sub-zonas – Considera as diferenças de sistemas e formas de relevo;
- Unidades – Contemplam as variações relativas a associações específicas de rochas, aquíferos e formas ou componentes de relevo tais como: declividade, forma de encosta, canais, etc.

O relevo da área de estudo foi compartimentado com base nas principais feições geomorfológicas, seguindo a proposta metodológica do IPT (1986) e IBGE (1995). Portanto, o estabelecimento das formas de relevo foi feito de acordo com a análise da declividade, amplitude e linhas de drenagem. Cada forma de relevo retrata o predomínio de determinadas faixas de amplitudes e declividades, e também a densidade e características das linhas de drenagem. Porém, este fato não impede que em uma determinada forma de relevo possam ocorrer fragmentos com características de outra forma de relevo.

Sendo assim, as classes de relevo identificadas na área de estudo foram definidas, como:

- Planície aluvionar: terrenos baixos e planos (várzeas), sujeitos a inundação;
- Planícies: correspondem às planícies aluvias que são áreas planas com predomínio de processos de sedimentação fluvial, planícies de topo, forma de relevo de topo plano e vales incipientes e que ocupam áreas mais altas;
- Colinas: nesta categoria estão contemplados os relevos suavizados com topos amplos e arredondados e encostas levemente sulcadas por linhas de drenagem, apresentam também vales abertos com planícies aluviais restritas;
- Morrotes: relevo ondulado com topos relativamente arredondados e localmente achatados, com encostas apresentando densidade de linhas de

drenagem variável, sendo maior nas encostas íngremes, com exposições locais de rocha e vales são fechados com planícies aluviais restritas;

- Morros altos: correspondem aos relevos ondulados com topos estreitos e alongados, com vales fechados apresentando encostas entalhadas com cabeceiras de drenagem;
- Frente de Cuesta: relevo de forma alongada resultante do cruzamento de vertentes de acentuada declividade, direcionado ao alinhamento principal do relevo, interrompido perpendicular ou obliquamente por selas e colos.

Os perfis de encosta, topo e propriedades características do terreno utilizados neste trabalho podem ser constatados na (FIGURA 18) e no (QUADRO 6):

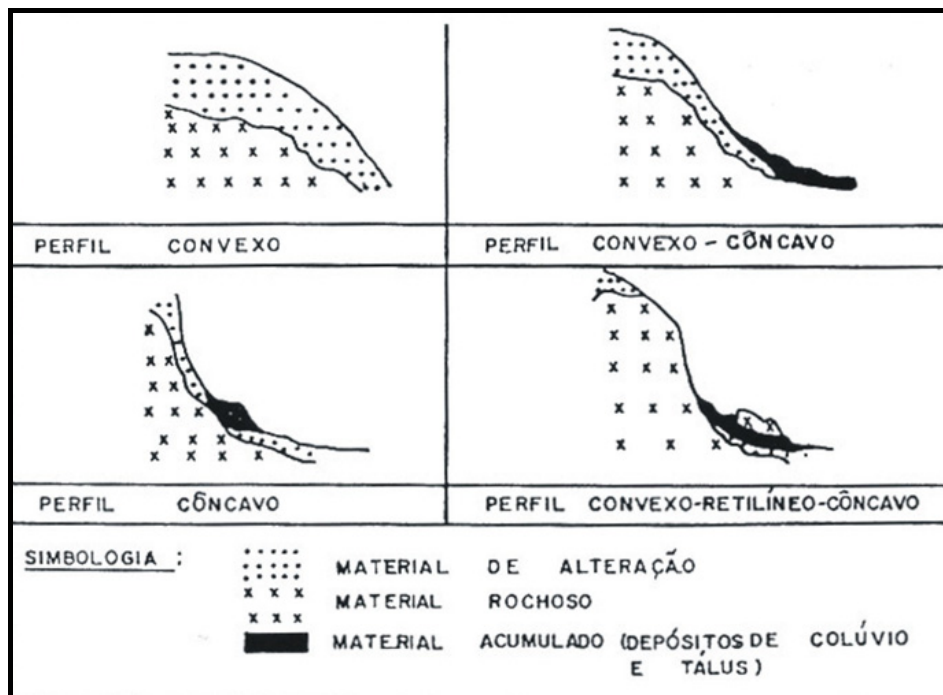


FIGURA 18 – Perfis de encostas  
 FONTE: VEDOVELLO, R. (2000)

**QUADRO 6** – Tipos de Topos e encostas.  
 FONTE: VEDOVELLO, R. (2000)

<b>TIPOS DE TOPOS E ENCOSTAS</b>				
	<b>Convexa-convexa</b>	<b>Convexa-côncava</b>	<b>Côncava</b>	<b>Convexa-retilínea-côncava</b>
<b>Grau de alterabilidade</b>	Muito alta	Alta	Média	Baixa
<b>Material de alteração</b>	Argiloso, coesivo, plástico	Arenoso, semi coesivo, ligeiramente plástico	Areno-argiloso, não coesivo, não plástico	Arenoso (siltoso), coesivo, não plástico
<b>Espessura do manto de alteração</b>	Muito espesso	Moderadamente espesso	Pouco espesso	Delgado

Para a análise e delimitação das Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs), utilizou-se o *software* ArcGlobe, para a visualização em três dimensões dos seguintes *layers*:

- MNT;
- Imagem do satélite CBERS 2B de 02 de fevereiro de 2010;
- Curvas de nível;
- Hidrografia;
- Formações geológicas de superfície.

As Unidades Básicas de Compartimentação obtidas na área de estudo, encontra-se sintetizadas no (QUADRO 7).

**QUADRO 7 – Unidades Básicas de Compartimentação.**

DOMÍNIO REGIONAL BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ			
PROVÍNCIAS	ZONA	SUB-ZONA	UBCs
QUATERNÁRIO (Q)	Depósitos recentes do quaternário (DRQ)	Planície aluvionar (Pa)	QDRQPa 1 a 2
TERCIÁRIO (T)	Formação Santa Rita do Passa Quatro (FSRPQ)	Colina (C) Morrote (M) Morro Alto (MA) Planície (P)	TFSRPQC 1 a 2 TFSRPQM TFSRPQMA TFSRPQP 1 a 2
JURA-CRETÁCEO (JC)	Formação Serra Geral (FSG)	Colina (C) Morrote (M) Morro Alto (MA) Planície (P)	JCFSGC 1 a 2 JCFSGM 1 a 2 JCFSGMA JCFSGP 1 a 2
	Formação Botucatu (FB)	Planície (P)	JCFBP
TRIÁSSICO (TR)	Formação Pirambóia (FP)	Colina (C) Cuesta (CT) Morrote (M) Morro Alto (MA) Planície (P)	TRFPC 1 a 2 TRFPCT TRFPM 1 a 2 TRFPMA TRFPP 1 a 2

Para análise mais detalhada das UBCs, pode-se verificar a descrição a seguir:

- QDRQPa 1 - Depósitos recentes do quaternário em planície aluvionar, declividade de 0 a 5%, encosta convexa-côncava isenta de canais e aquífero sedimentar freático;
- QDRQPa 2 - Depósitos recentes do quaternário em planície aluvionar, declividade de 0 a 5%, encosta côncava com canais e aquífero sedimentar freático;

- TFSRPQC 1- Formação Santa Rita do Passa Quatro, colina, com declividade de 5 a 20%, com encosta convexa-côncava isenta de canais e aquífero sedimentar livre;
- TFSRPQC 2 – Formação Santa Rita do Passa Quatro, colina, com declividade de 5 a 20%, com encosta côncava com canais e aquífero sedimentar livre;
- TFSRPQM – Formação Santa Rita do Passa Quatro, morrote, com declividade de 20 a 30%, com encosta convexa-côncava isenta de canais e aquífero sedimentar livre;
- TFSRPQMA – Formação Santa Rita do Passa Quatro, morro alto, com declividade de 30 a 45%, com encosta convexa-côncava isenta de canais e aquífero sedimentar livre;
- TFSRPQP 1 – Formação Santa Rita do Passa Quatro, planície, com declividade de 0 a 5%, com encosta convexa-côncava isenta de canais e aquífero sedimentar livre;
- TFSRPQP 2 – Formação Santa Rita do Passa Quatro, planície, com declividade de 0 a 5%, com encosta côncava com canais e aquífero sedimentar livre;
- JCFSGC 1 – Formação Serra Geral, colina, com declividade de 5 a 20%, com encosta convexa-côncava isenta de canais e aquífero fraturado Serra Geral livre;
- JCFSGC 2 – Formação Serra Geral, colina, com declividade de 5 a 20%, com encosta côncava com canais e aquífero fraturado Serra Geral (livre).
- JCFSGM 1 – Formação Serra Geral, morrote, com declividade de 20 a 30%, com encosta convexa-côncava isenta de canais e aquífero fraturado Serra Geral (livre);
- JCFSGM 2 – Formação Serra Geral, morrote, com declividade de 20 a 30%, com encosta côncava com canais e aquífero fraturado Serra Geral (livre);
- JCFSGMA – Formação Serra Geral, morro alto, com declividade de 30 a 45%, com encosta convexa-côncava isenta de canais e aquífero fraturado Serra Geral (livre);

- JCFGSP 1 – Formação Serra Geral, planície, com declividade de 0 a 5%, com encosta convexa-côncava isenta de canais e aquífero fraturado Serra Geral (livre);
- JCFGSP 2 – Formação Serra Geral, planície, com declividade de 0 a 5%, com encosta côncava com canais e aquífero fraturado Serra Geral (livre).
- JCFBP – Formação Botucatu, planície, com declividade de 0 a 5%, com encosta convexa-côncava isenta de canais e aquífero sedimentar Guarani (área de recarga);
- TRFPC 1 – Formação Pirambóia, colina, com declividade de 5 a 20%, com encosta convexa-côncava isenta de canais e aquífero sedimentar Guarani (área de recarga);
- TRFPC 2 – Formação Pirambóia, colina, com declividade de 5 a 20%, com encosta côncava com canais e aquífero sedimentar Guarani (área de recarga);
- TRFPCT – Formação Pirambóia, cuesta, com declividade  $> 45\%$ , com encosta côncava com canais e aquífero sedimentar Guarani (área de recarga);
- TRFPM 1 – Formação Pirambóia, morrote, com declividade de 20 a 30%, com encosta convexa-côncava isenta de canais e aquífero sedimentar Guarani (área de recarga);
- TRFPM 2 – Formação Pirambóia, morrote, com declividade de 20 a 30%, com encosta côncava com canais e aquífero sedimentar Guarani (área de recarga);
- TRFPMA – Formação Pirambóia, morro alto, com declividade de 30 a 45%, com encosta côncava com canais e aquífero sedimentar Guarani (área de recarga);
- TRFPP 1 – Formação Pirambóia, planície, com declividade de 0 a 5%, com encosta convexa-côncava isenta de canais e aquífero sedimentar Guarani (área de recarga);
- TRFPP 2 – Formação Pirambóia, planície, com declividade de 0 a 5%, com encosta côncava com canais e aquífero sedimentar Guarani (área de recarga).

#### 5.4.10 Carta de Zoneamento (Geo)Ambiental Analítico (Aptidão à Ocupação Urbana)

A carta de aptidão à ocupação urbana foi elaborada a partir da proposta metodológica de Vedovello (2000). Este documento visa indicar as potencialidades dos terrenos, quanto à expansão urbana. Portanto, esta carta de zoneamento (geo)ambiental analítico apresenta as potencialidades do terreno, do ponto de vista geológico-geotécnico, para fins de ocupação urbana.

Para a elaboração desta carta utilizou-se o Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação, o qual teve suas unidades analisadas para a avaliação da aptidão do terreno para a expansão da área urbana.

Neste contexto, foram selecionados cinco componentes e características do terreno que constituem fatores básicos para análise e seleção das UBCs e conseqüentemente para a elaboração da carta de aptidão à ocupação urbana.

As características consideradas foram a susceptibilidade à ocorrência de fenômenos geodinâmicos, tais como: erosão, escorregamentos, inundações, e outros. Esses fenômenos foram analisados a fim de se determinar a ocorrência de riscos à ocupação urbana.

Cada componente foi dividido em quatro classes, cujas características determinam comportamentos diferenciados frente a análise prevista.

Os componentes considerados e suas respectivas classes podem ser verificados no (QUADRO 8).

**QUADRO 8** – Classes dos componentes considerados para análise do potencial de expansão urbana.

<b>ALTERABILIDADE</b>	Muito Alta	Alta	Média	Baixa
<b>DECLIVIDADE</b>	0-10%	10-20%	20-30%	>30%
<b>ESPESSURA DO MANTO DE ALTERAÇÃO</b>	Maior que 2,0 m	2,0 a 1,0 m	1,0 a 3,0 m	Menor que 0,3 m
<b>PERMEABILIDADE</b>	Alta	Média	Baixa	Muito Baixa
<b>TIPO DE MATERIAL DO MANTO DE ALTERAÇÃO</b>	Argiloso	Argilo-arenoso	Areno-argiloso	Arenoso

- **ALTERABILIDADE:** Corresponde à suscetibilidade dos materiais componentes das UBCs (rocha e solos) ao intemperismo. Utilizou-se como critério analítico para a classificação das unidades a análise das encostas. Os perfis de encostas típicos foram correlacionados às classes descritas no (QUADRO 9).

**QUADRO 9** – Classes de alterabilidade.

<b>CÔNCAVO</b>	Média
<b>CONVEXO</b>	Muito alta
<b>CONVEXO-CÔNCAVO</b>	Alta
<b>CONVEXO-RETILÍNEO-CÔNCAVO</b>	Baixa



- **DECLIVIDADE:** Contemplou as recomendações de uso e restrições e ou problemas esperados para áreas urbanas conforme apresentado pelo IG *apud* COSTA 1996 (QUADRO 10).

**QUADRO 10** – Declividades.

<b>CLASSES DE DECLIVIDADES</b>	<b>RECOMENDAÇÕES DE USOS E RESTRIÇÕES</b>
< 2% Terrenos planos ou quase planos, onde o escoamento superficial é muito lento ou lento.	- áreas impróprias para instalação de saneamento; - áreas sujeitas à inundação.
2-5% Terrenos com declividades suaves nos quais o escoamento superficial é lento ou médio e os problemas de erosão requerem práticas simples de conservação.	- áreas favoráveis a implantação de aeroportos locais, rodovias e ferrovias principais.
5-10% Terrenos inclinados, geralmente com relevo ondulado, nos quais o escoamento superficial é médio a rápido, porém com poucos problemas de erosão.	- exige práticas simples de conservação; - correspondem ao limite máximo para implantação de saneamento, ferrovias e indústrias.
10-15% Terrenos muito inclinados ou colinosos, onde o escoamento superficial é rápido. Apresentam problemas de erosão superficial, exceto quando solos arenosos e pouco arenosos.	- limite de vias principais e loteamentos perpendiculares às curvas de nível; - limite máximo para implantação de obras de engenharia simples e pouco complexas.
15-20% Terrenos fortemente inclinados onde o escoamento superficial é muito rápido, com problemas de erosão superficial.	- propício para implantação de sistema viário local; - propício para implantação de lotes paralelos às curvas de nível; - classe limite para implantação de residências individuais e estradas.
20-25% Terrenos fortemente inclinados com escoamento superficial muito rápido suscetível a processos erosivos.	- classe limite para estrutura de engenharia.
25-30% Terrenos fortemente inclinados com escoamento superficial muito rápido suscetível a processos erosivos.	- classe limite máxima por lei para ocupação de encosta sem projetos especiais.
30-47% Terrenos íngremes com escoamento superficial muito rápido, sujeito a movimento de massa e queda de blocos.	- classe limite para operação de veículos tracionados, uso como áreas de recreação ou qualquer tipo de ocupação.
47-100% Terrenos muito íngremes ou escarpados com desenvolvimento de solos muito rasos e extremamente suscetíveis a erosão.	

- **ESPESSURA DO MANTO DE ALTERAÇÃO:** Refere-se ao valor médio do “pacote” de alteração dos maciços rochosos e estimado pela análise das formas de encosta (QUADRO 11).

**QUADRO 11** – Classes de espessura do manto de alteração.

<b>CÔNCAVO</b>	Pouco espesso
<b>CONVEXO</b>	Muito espesso
<b>CONVEXO-CÔNCAVO</b>	Moderadamente espesso
<b>CONVEXO-RETILÍNEO-CÔNCAVO</b>	Delgado

- **PERMEABILIDADE:** Considera o potencial de percolação de um fluido em um meio poroso. Este fator foi analisado a partir de dados pré-existentes os quais foram elaborados por Castro (1998), os mesmos podem ser constatados no (ANEXO 02). Tais dados foram classificados conforme a descrição do (QUADRO 12).

**QUADRO 12** – Classes de permeabilidade.

<b>Permeabilidade</b>	<b>Log K (cm/s)</b>
Alta	$>10^{-3}$
Média	$10^{-3}$ a $10^{-6}$
Baixa	$10^{-6}$ a $10^{-9}$
Muito Baixa	$<10^{-9}$

- **TIPO DE MATERIAL DO MANTO DE ALTERAÇÃO:** Refere-se a composição físico química (granulométrica e mineralógica) do manto de alteração, e foi obtido a partir da análise das formas de encostas, sendo descritos no (QUADRO 13).

**QUADRO 13** – Classes de tipo de material do manto de alteração.

<b>CÔNCAVO</b>	Areno-Argiloso
<b>CONVEXO</b>	Argiloso
<b>CONVEXO-CÔNCAVO</b>	Argilo-arenoso
<b>CONVEXO-RETILÍNEO-CÔNCAVO</b>	Arenoso

A análise de alguns fatores a partir das encostas é possível devido à relação que esses fatores apresentam com os processos de intemperismo (eluviação) e de erosão (remoção de material), processo esses que devido ao seu balanço relativo (velocidade de intemperismo versus velocidade de erosão) determinam as formas das encostas e originam os respectivos perfis.

Após a determinação das classes dos fatores geotécnicos para as UBCs, realizou-se uma checagem em campo, a fim de verificar se as respectivas classes correspondiam à realidade para o terreno, permitindo assim eventuais correções.

Tendo feito a confirmação das classes geotécnicas das UBCs, iniciou-se a etapa de classificação das mesmas, para a representação da aptidão à ocupação urbana. Esta etapa foi feita a partir dos dados geotécnicos correspondentes a cada UBC e às classes de cada fator que a caracterizaram.

Os critérios de classificação utilizados para caracterizar os dados geotécnicos correspondentes a cada UBC estão representados no (QUADRO 14).

**QUADRO 14** – Classes de aptidão à ocupação urbana.

FATOR	CLASSE			
	Áreas favoráveis	Áreas Propícias	Áreas pouco favoráveis	Áreas impróprias
Alterabilidade	Muito alta	Alta	Média	Baixa
Permeabilidade	Alta	Média	Baixa	Muito Baixa
Declividade	0-10%	10-20%	20-30%	>30%
Tipo de material de alteração	Argiloso	Argilo-arenoso	Areno-argiloso	Arenoso
Espessura do manto de alteração	Muito espesso	Moderadamente Espesso	Pouco Espesso	Delgado

**Áreas favoráveis** – apresentam pequenas restrições na fase de implantação das obras. Essas restrições são feitas visando a evitar a ocorrência de fenômenos geodinâmicos resultantes de ações técnicas inadequadas no período de implantação da obra. Pode-se citar como exemplo casos de estrangulamentos de drenagens que geram inundações.

**Áreas propícias** – correspondem às áreas que necessitam de análise e procedimentos técnicos adequados para a implantação das obras, podendo assim ser ocupadas. Como exemplo pode-se citar: necessidade de obras de contenção e instalação de drenagens artificiais.

**Áreas pouco favoráveis** – engloba áreas que podem ser ocupadas mediante a elaboração de projetos técnicos que exigem elevados investimentos e infraestrutura.

**Áreas impróprias** – apresentam restrições mesmo diante da elaboração de projetos técnicos específicos. São áreas que tornam as obras implantadas nestes locais sujeitas a riscos geotécnicos, tais como enchentes, escorregamentos, e outros.

## **6 RESULTADOS**

Os produtos cartográficos obtidos na escala 1:10.000 para a microbacia do córrego do Rosário foram: mapa cadastral, carta de declividades, mapa de uso e cobertura do solo para os anos de 2009 e 2012, mapa de formações geológicas de superfície, mapa de materiais inconsolidados, mapa de unidades aquíferas, mapa de unidades básicas de compartimentação e carta de zoneamento (geo)ambiental analítico (aptidão à ocupação urbana). Este conjunto de documentos cartográficos foi elaborado com o objetivo de representar o meio físico a partir dos seus principais atributos e também para que possam ser analisados em conjunto ou separadamente, indicando assim as potencialidades e restrições do terreno.

### **6.1 Mapa Cadastral**

O mapa cadastral (APÊNDICE 1) da microbacia hidrográfica do córrego do Rosário representa as informações pontuais (informações cadastrais) da área de estudo. Este documento cartográfico contém as seguintes informações: nascentes, represas, lagos, captação de água, curso d'água, estação de tratamento de água (ETA), laticínio desativado, igreja matriz, limites microbacia das represas Rosária e Calmon, curvas de nível, limite da microbacia hidrográfica, área urbana, pontos cotados, malha viária (vias pavimentadas e não pavimentadas) e poços perfurados.

## 6.2 Carta de Declividades

A carta de declividades (APÊNDICE 2) representa as variações de declividades do relevo da microbacia. Através da mesma, verifica-se que a altitude do terreno varia de 613,45 m a 821,98 m, com declividades de 0 a mais de 45%. Na (FIGURA 19) encontra-se a área referente a cada classe de declividade.

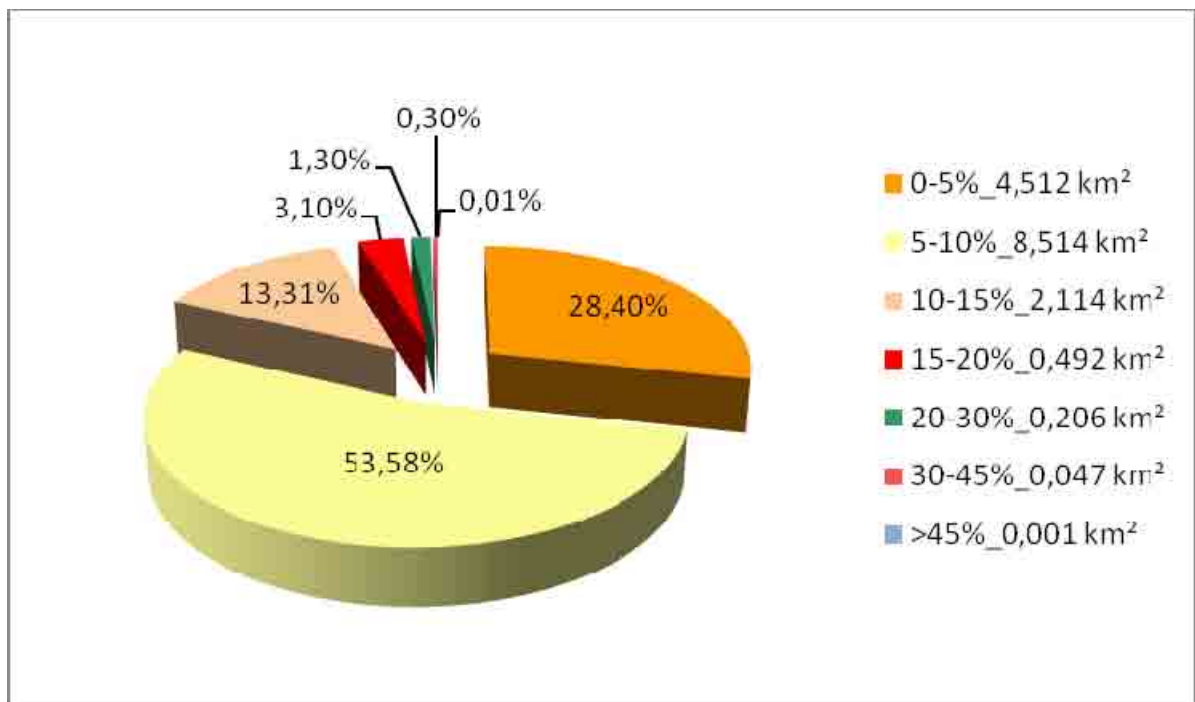


FIGURA 19 – Área referente a cada classe de declividade

## 6.3 Mapa de Uso e Cobertura do Solo (2009)

O mapa de uso e cobertura do solo consiste em uma representação das formas de uso e cobertura do solo que podem ser verificadas na microbacia. Através do mapa de uso e cobertura do solo para o ano de 2009 (APÊNDICE 3), pode-se constatar que na microbacia existe o predomínio de atividades antrópicas, sendo compostas por atividades que abrangem a agricultura permanente e temporária, áreas de pastagem, atividades de silvicultura e áreas urbanas. Dentre essas atividades citadas, merece destaque o cultivo de cana-de-açúcar, pois este ocupa 37,83% da área total da microbacia. As respectivas áreas referentes a cada uma das formas de uso e cobertura do solo para o ano de 2009 podem ser verificadas na (FIGURA 20).

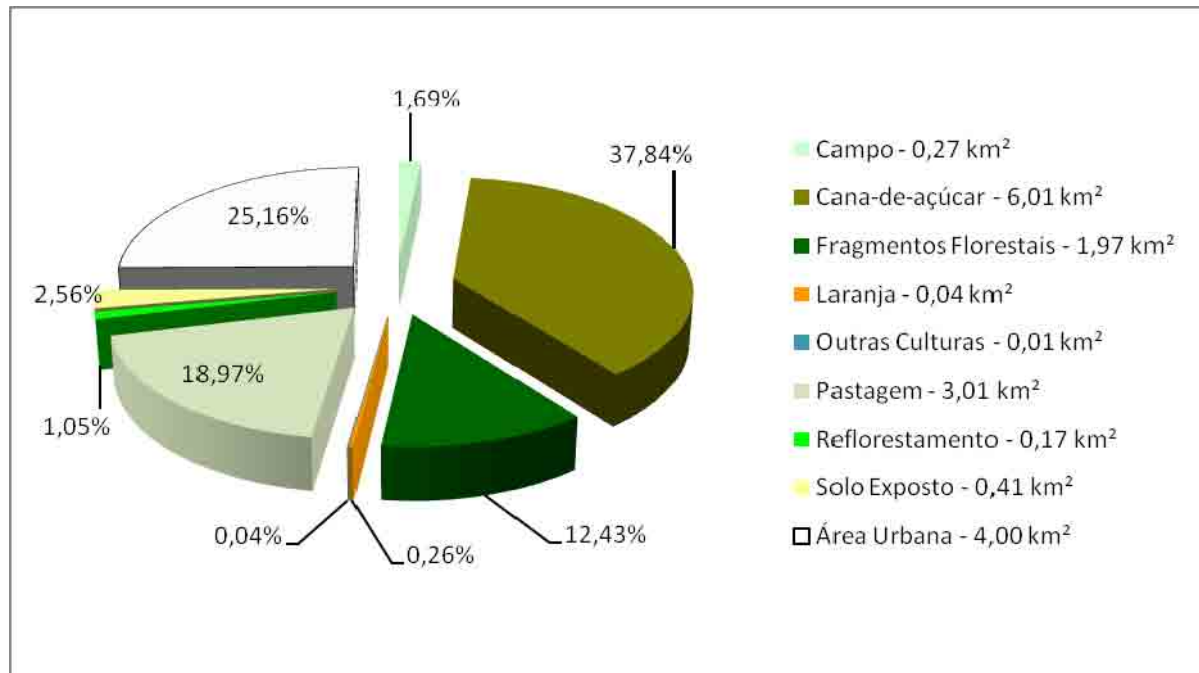


FIGURA 20 – Área referente a cada classe de uso e cobertura do solo em 2009

#### 6.4 Mapa de Uso e Cobertura do Solo (2012)

Através do mapa de uso e cobertura do solo para o ano de 2012 (APÊNDICE 4), podem ser verificadas as atividades antrópicas desenvolvidas na microbacia, a cobertura natural (vegetação nativa) e o processo de expansão urbana existente na microbacia. Se este documento cartográfico for comparado com o mapa de uso e cobertura do solo de 2009, é possível verificar as alterações do uso e cobertura do solo entre os anos de 2009 e 2012. Na (FIGURA 21), podem ser verificadas as respectivas classes de uso e cobertura do solo para o ano de 2012 e suas áreas.

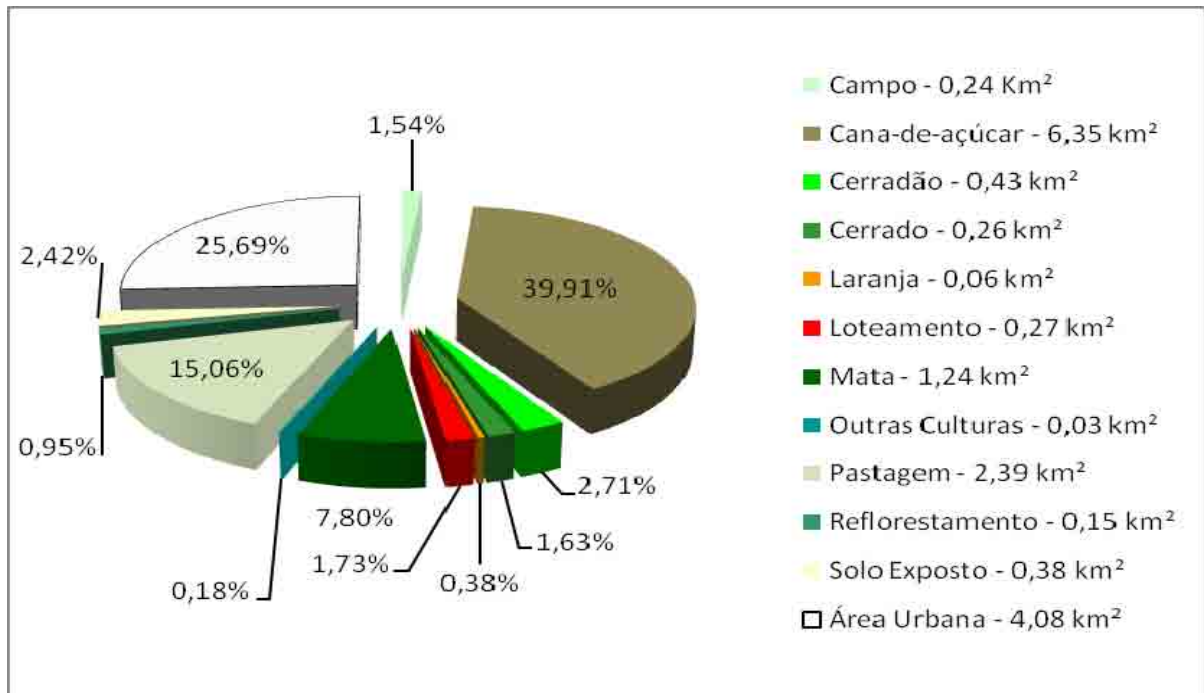


FIGURA 21 – Área referente a cada classe de uso e cobertura do solo em 2012

## 6.5 Mapa de Formações Geológicas de Superfície

O mapa de formações geológicas de superfície (APÊNDICE 5) representa os materiais geológicos da área de estudo. Através deste documento cartográfico pode-se constatar que a formação geológica de superfície que predomina na área de estudo é a Formação Santa Rita do Passa Quatro. Na (FIGURA 22) encontra-se a área de cada formação geológica de superfície da microbacia.

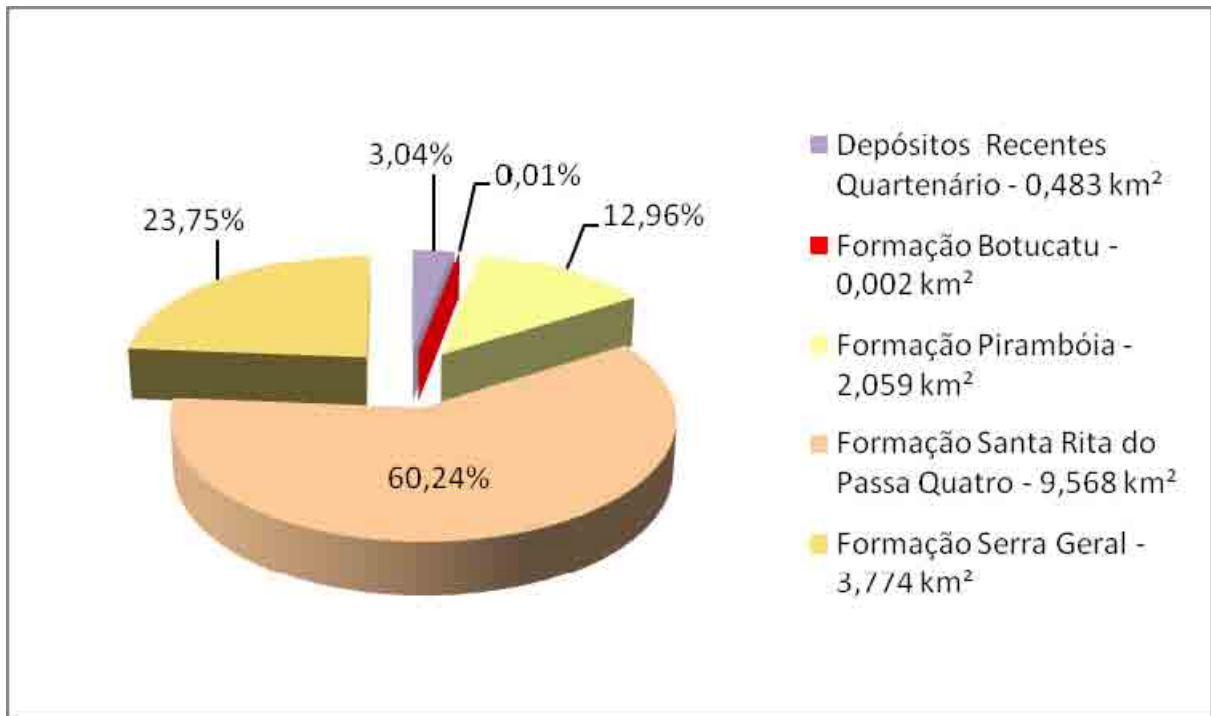


FIGURA 22 – Área referente a cada formação geológica de superfície

## 6.6 Mapa de Materiais Inconsolidados

O mapa de materiais inconsolidados (APÊNDICE 6), representa os materiais geológicos de superfície e seu grau de alteração. Através dele pode-se constatar que na região de estudo há o predomínio da Unidade Retrabalhada Formação Santa Rita do Passa Quatro > 5,0 m. Esta unidade ocupa cerca de 43,50% da área total da microbacia. Na (FIGURA 23) pode-se constatar a área de cada tipo de material inconsolidado que compõe a microbacia.



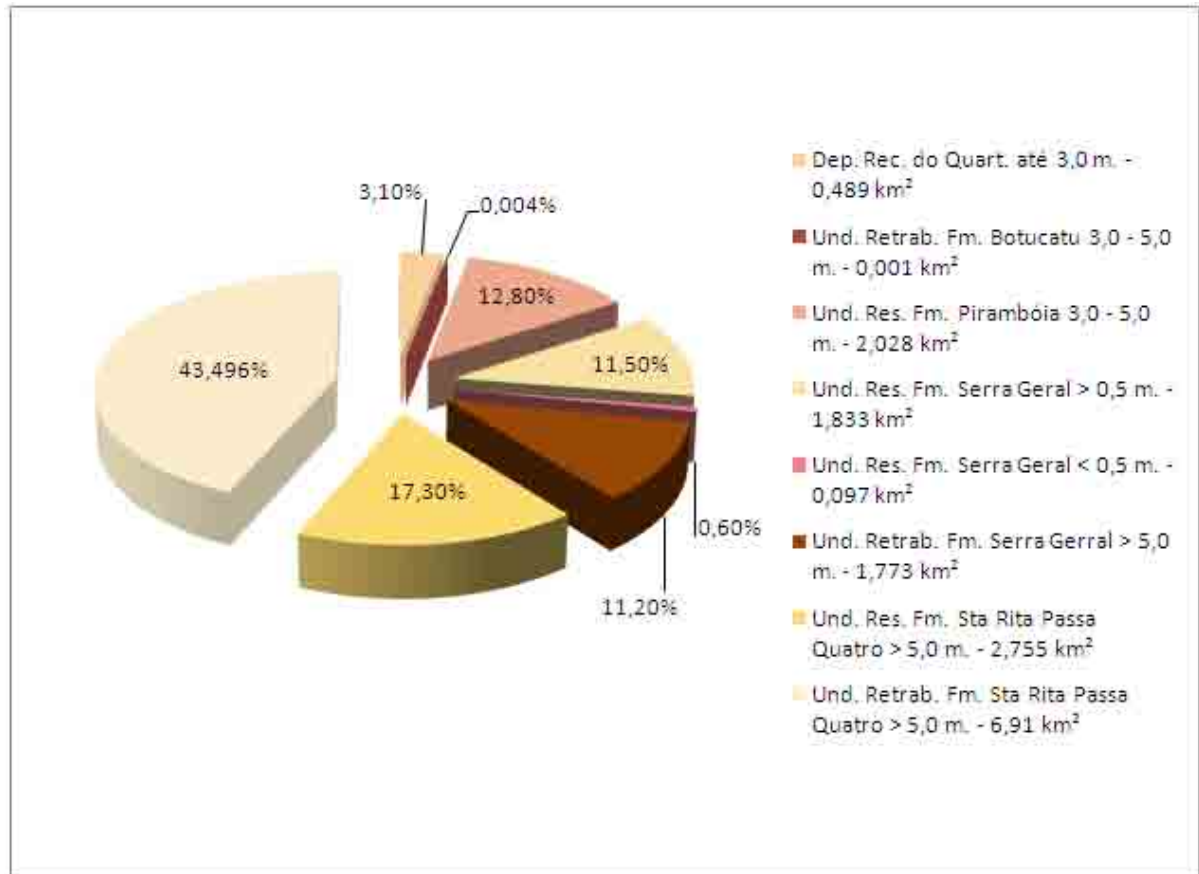


FIGURA 23 – Área referente a cada material inconsolidado

## 6.7 Mapa de Unidades Aquíferas

Os aquíferos são formações ou grupo de formações geológicas que apresentam porosidade, permeabilidade e formam grandes reservatórios subterrâneos de água. Os aquíferos livres são constituídos por formações geológicas superficiais totalmente aflorantes e os confinados encontram-se encerrados entre camadas menos permeáveis. Em geral, pode-se dizer que existem basicamente três tipos de aquíferos:

- Porosos/Sedimentares – a circulação da água ocorre através de poros;
- Fraturados/Fissurados – a água circula através de fissuras ou de fraturas;
- Cársticos – a circulação de água ocorre em condutos provenientes da dissolução das formações geológicas dos diversos tipos de rochas carbonáticas.

Através do mapa de unidades aquíferas elaborado para a microbacia do córrego do Rosário (APÊNDICE 7), pode-se constatar que há predominância do aquífero sedimentar livre, pois o mesmo abrange 60,24% da área total da microbacia. Também pode ser destacada a presença da área de recarga do aquífero Guarani (Livre). As áreas dos respectivos aquíferos podem ser constatadas na (FIGURA 24).

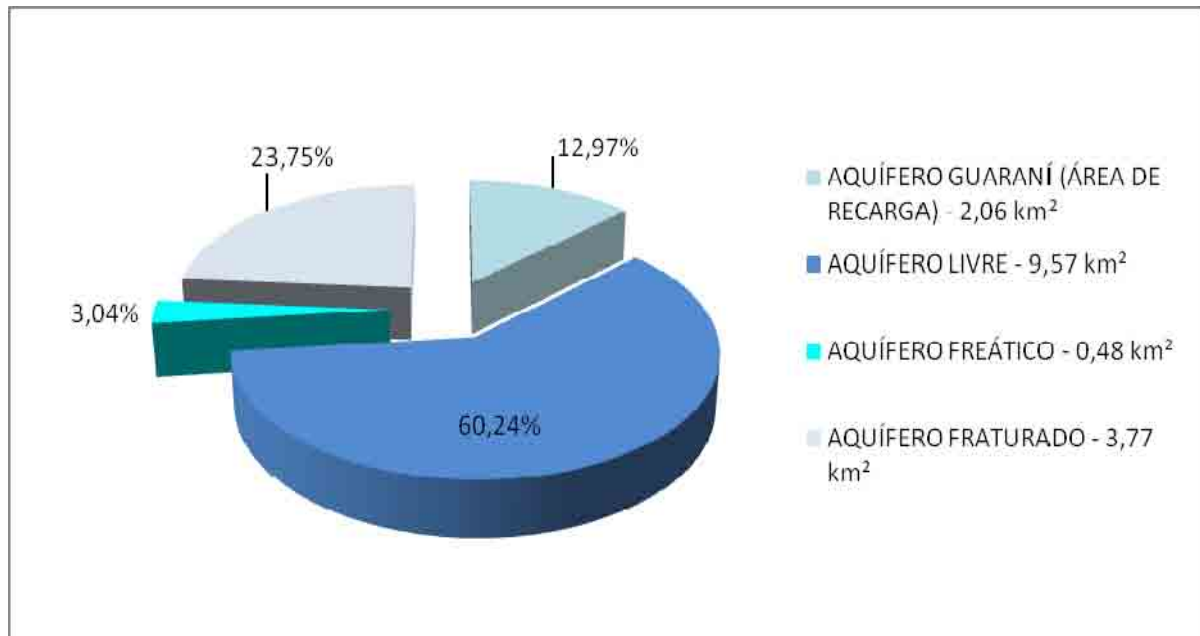


FIGURA 24 – Área referente a cada unidade aquífera

## 6.8 Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação

O mapa de unidades básicas de compartimentação (APÊNDICE 8), representa as áreas homogêneas presentes na microbacia. Através deste documento cartográfico, pode-se constatar que na microbacia existe o predomínio da unidade TFSRPQC 1, pois esta ocupa cerca de 22,60% da área total da microbacia. As áreas das unidades presentes na área de estudo podem ser verificadas na (FIGURA 25).

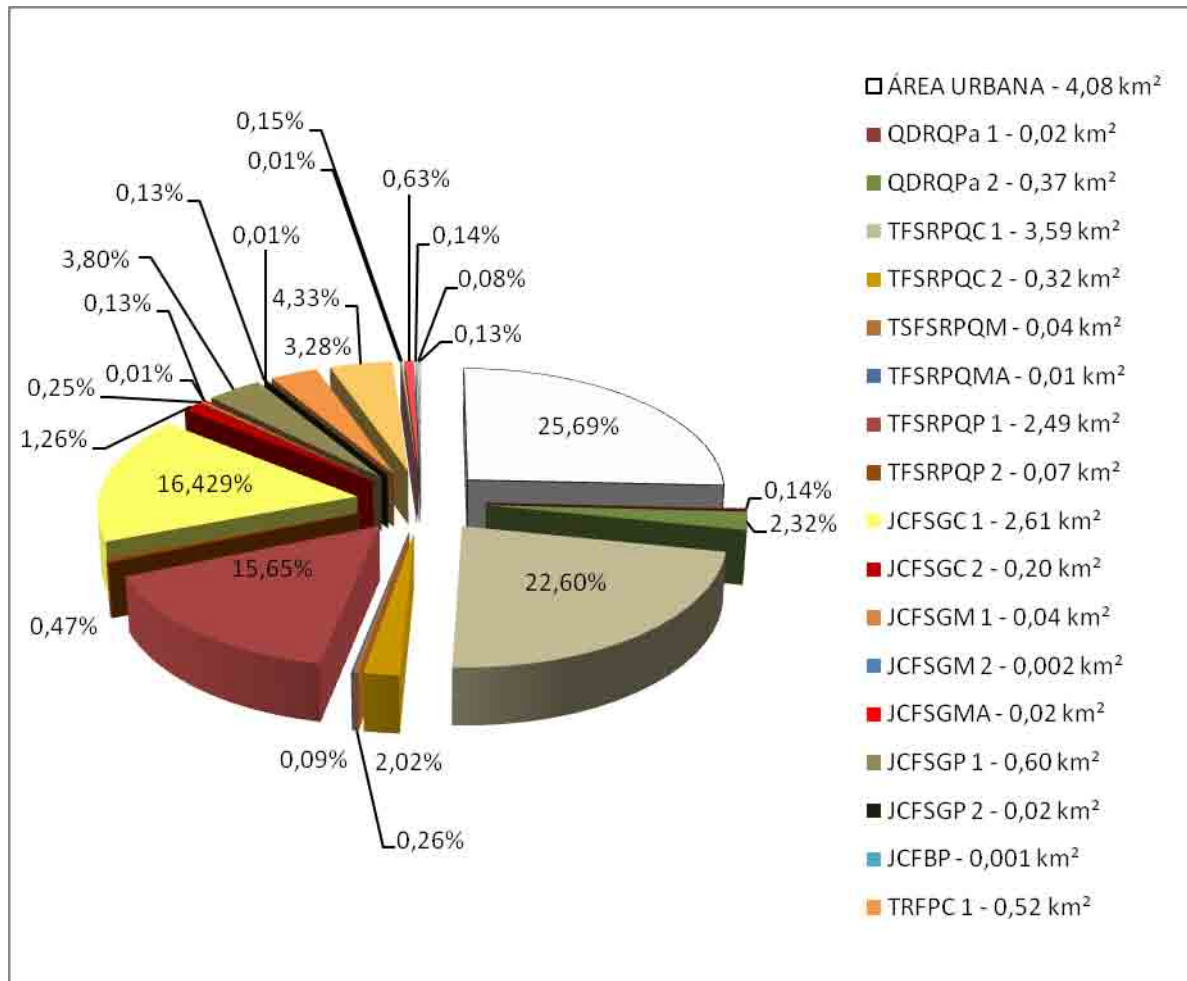


FIGURA 25 – Área referente a cada unidade básica de compartimentação

## 6.9 Carta de Zoneamento (Geo)Ambiental Analítico (Aptidão à Ocupação Urbana)

A carta de zoneamento (geo)ambiental analítico (aptidão à ocupação urbana) (APÊNDICE 9), têm como objetivo indicar as potencialidades dos terrenos, do ponto de vista geológico-geotécnico, para fins de ocupação urbana. Por intermédio da mesma, pode-se constatar que cerca de 60,46% da área total da microbacia, apresenta-se como propícia ao processo de expansão urbana. Tais dados podem ser verificados na (FIGURA 26).

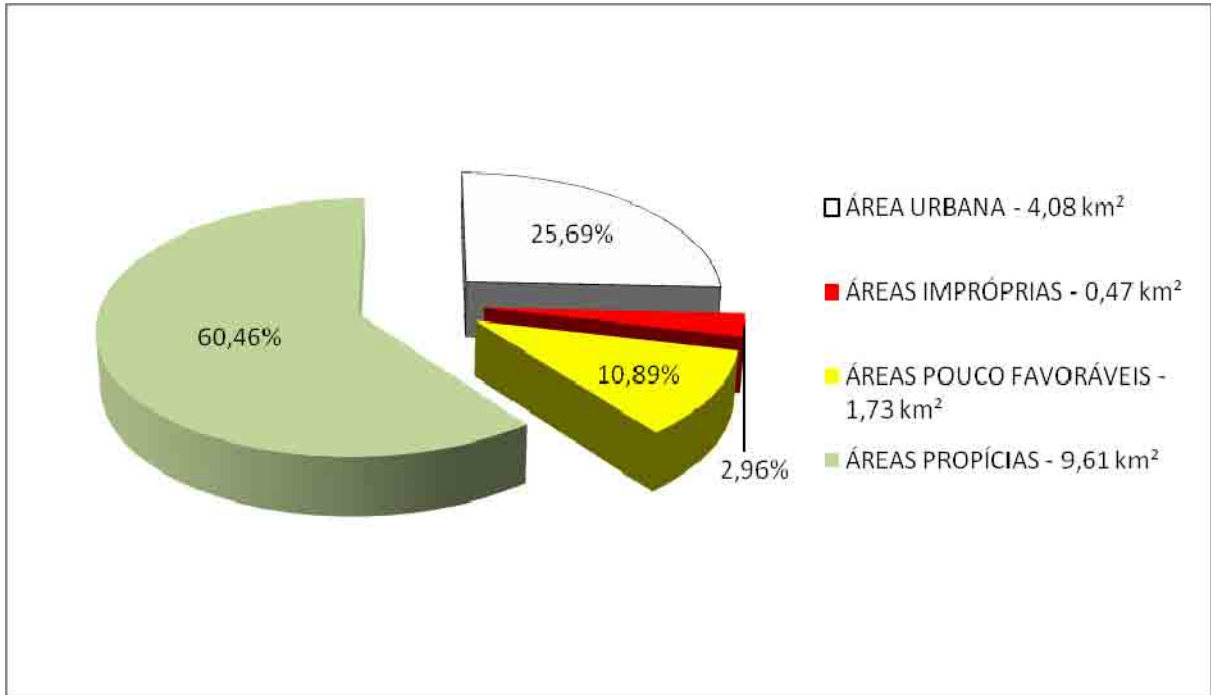


FIGURA 26 – Área referente a cada classe de aptidão à ocupação urbana

## 7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir dos resultados da carta de declividades, verifica-se que os terrenos predominantes na área de estudo apresentam as seguintes características: terrenos inclinados, geralmente com relevo ondulado, nos quais o escoamento superficial varia de médio a rápido, porém com poucos problemas de erosão.

Áreas com tais características mostram-se propícias ao processo de ocupação urbana, pois, para a manutenção das mesmas são necessárias práticas simples de conservação. Essas áreas correspondem ao limite máximo para a implantação de saneamento, ferrovias e indústrias.

A análise integrada das cartas de uso e cobertura do solo, mostra que entre 2009 e 2012, as alterações que ocorreram no uso e cobertura do solo na microbacia do córrego do Rosário estão relacionadas principalmente ao processo de expansão urbana e ao aumento de áreas com cultivo de cana-de-açúcar.

Pode-se verificar que, neste período, ocorreu a redução de áreas com fragmentos florestais, reflorestamento, campo, pastagem, solo exposto e aumentaram as áreas com cultivo de cana-de-açúcar, laranja, outras culturas e também surgiram novos loteamentos.

Através da análise das microbacias das represas Rosária (1,96 km<sup>2</sup>) e Calmon (1,14 km<sup>2</sup>), no mapa de uso e cobertura do solo do ano de 2012, verifica-se que ambas estão expostas às intensas atividades antrópicas da região. Assim como em toda área da microbacia do córrego do Rosário, a atividade predominante na microbacia da represa Rosária é o cultivo de cana-de-açúcar com 1,11 km<sup>2</sup>, cerca de 56,63% da área total, porém pode-se constatar que existe a iniciativa de recomposição da vegetação natural da microbacia, pois na região próxima a margem esquerda da área de nascente e do primeiro represamento do córrego, a represa Rosária, há um reflorestamento com vegetação nativa.

A área urbana na microbacia da represa Rosária possui 0,008 km<sup>2</sup>, o que representa cerca de 0,41% da área total da microbacia. Já na microbacia da represa Calmon, a atividade predominante é a urbana, pois esta ocupa cerca de 0,51 km<sup>2</sup>, que corresponde à 44,74% da área total da microbacia, em seguida, ocupando uma área de 0,32 km<sup>2</sup> (cerca de 28,07% da área total da microbacia), aparece o cultivo de cana-de-açúcar.

Vale ressaltar que existe nas microbacias das represas Rosária e Calmon, um sistema de drenagem que faz o deslocamento do escoamento de água superficial para a jusante das represas. Tal sistema busca evitar a influência direta de agentes nocivos ao manancial e garantir a conservação da qualidade da água das represas.

Analisando as respectivas atividades desenvolvidas nas microbacias, pode-se constatar que existe a necessidade da elaboração de um plano de gestão integrada que atue de maneira efetiva na gestão dos recursos hídricos, pois as atividades constatadas nas microbacias comprometem os serviços dos ecossistemas aquáticos, causam a deterioração da qualidade da água e aumentam os custos envolvidos no processo de tratamento da água.

Os dados oriundos dos mapas de formações geológicas de superfície, materiais inconsolidados e mapa de unidades aquíferas, podem ser contrastados de forma integrada a partir da análise do mapa de unidades básicas de compartimentação (UBC).

Através do mapa de UBC pode-se verificar que a unidade predominante na área de estudo é a TFSRPQC 1. Ela é composta pela formação geológica de superfície predominante na microbacia, a formação Santa Rita do Passa Quatro. As unidades dos materiais inconsolidados que ocorrem nessa formação são as unidades residuais e retrabalhadas da formação Santa Rita do Passa Quatro > 5,0 m.

A forma de relevo e o tipo de aquífero predominantes na área de estudo, também estão presentes na unidade TFSRPQC 1, o relevo predominante são as colinas que apresentam encostas convexa-côncavas isentas de canais e o aquífero é o sedimentar livre.

De acordo com as informações descritas nos parágrafos anteriores, pode-se constatar que a unidade TFSRPQC 1, apresenta as seguintes características: materiais arenosos, moderadamente espesso, com alterabilidade alta, permeabilidade média e declividades de até 20%. Estas características indicam que a microbacia apresenta o predomínio de regiões propícias ao processo de expansão urbana. Porém, procedimentos técnicos adequados devem ser utilizados para o processo de assentamento urbano, principalmente os que se referem à proteção dos mananciais.

Como verificado, o aquífero predominante na área de estudo é o sedimentar livre. Estes constituem os mais importantes aquíferos, devido à capacidade de armazenar grande volume de água e por ocorrer em grandes áreas. Esses aquíferos ocorrem em bacias sedimentares, geralmente apresentam porosidade homogênea e sua recarga ocorre de forma direta, o que acaba expondo o mesmo a maiores riscos de contaminação.

Outra área que apresenta elevado risco de contaminação é a área de recarga do aquífero Guarani, também presente na área de estudo.

Tendo em vista tais fatos, e conforme mencionado anteriormente, a necessidade de se elaborar estudos, projetos técnicos, e políticas públicas que visem proteger a integridade dos mananciais subterrâneos é eminente. Dentre esses se destaca os trabalhos que buscam fazer o controle do uso e cobertura do solo, impondo restrições às atividades antrópicas a serem desenvolvidas na microbacia.

Cabe ressaltar que a qualidade da água e a proteção dos mananciais estão diretamente relacionadas às atividades antrópicas. Dessa forma, uma gestão eficiente desses recursos depende efetivamente da integração dos diversos setores da sociedade.

A partir do levantamento de dados que abrangeram o maior número de atributos do meio físico disponível, foi gerada a carta de aptidão à ocupação urbana, que culminou em um ordenamento territorial, que indica as potencialidades geológico-geotécnicas do terreno da microbacia do córrego do Rosário para o assentamento urbano.

Neste contexto, o produto final deste trabalho apresenta três classes de aptidão à ocupação urbana, as quais representam áreas propícias, áreas pouco favoráveis e áreas impróprias ao processo de expansão urbana. Devido às características geológico-geotécnicas da área de estudo, não foram identificadas áreas favoráveis ao processo de expansão urbana.

Conforme constatado na (FIGURA 26) e no (APÊNDICE 9), na microbacia do córrego do Rosário existe o predomínio de áreas propícias ao processo de expansão urbana. A predominância dessas áreas na microbacia ocorre devido às aptidões naturais do meio físico.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características (geo)ambientais, a avaliação e a análise dos atributos do meio físico da microbacia, indicaram que cerca de 60,46% da área total da microbacia (9,61 km<sup>2</sup>), apresentam-se como propícias ao processo de expansão urbana, ou seja, a análise geológico-geotécnica da área evidenciou a existência de fatores que propiciam o processo de ocupação urbana, porém existe a necessidade de se utilizar procedimentos técnicos adequados para que o mesmo possa ocorrer, minimizando impactos sobre o meio físico.

A delimitação de áreas favoráveis ao processo de expansão urbana, através de zoneamentos (geo)ambientais, constitui-se em uma etapa preliminar, dentre diversas etapas a serem seguidas para a análise das limitações e potencialidades de uma determinada região, pois é essencial destacar a necessidade de análises aprofundadas e avaliações criteriosas para a escolha definitiva da região a ser implantada o assentamento urbano.

Sendo assim, pode-se afirmar que as informações geradas pelo presente trabalho são fundamentais para subsidiar a tomada de decisão pelo poder público, pois indicam as aptidões do terreno para o processo de ocupação urbana, porém, não são suficientes para que sejam delimitadas as áreas definitivas do processo de expansão urbana.

O uso do SIG na elaboração do trabalho foi fundamental, pois a partir de sua utilização pôde-se estruturar um banco de dados digital e analisá-lo com eficiência e agilidade. Dentre os *softwares* utilizados, o ArcGIS mostrou-se bastante acessível no que se refere à interação com o pesquisador e também destacou-se como instrumento indispensável para o desenvolvimento do trabalho.

A metodologia utilizada para a determinação da aptidão do terreno da microbacia do córrego do Rosário, no que se refere ao processo de ocupação urbana, mostrou-se compatível com os objetivos do trabalho, porém, ressalta-se a necessidade de uma análise integrada das informações geradas pela carta de aptidão à ocupação urbana, que fornece dados referentes à susceptibilidade de ocorrência de fenômenos geodinâmicos com as restrições impostas pela legislação ambiental e demais dados dos sistemas presentes na microbacia.

A análise integrada dos diversos sistemas que compõe a microbacia do córrego do Rosário contribui para uma gestão eficiente dos recursos hídricos, pois, o mau funcionamento de um desses sistemas, acaba ocasionando a degradação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Ao se tratar dos recursos hídricos da microbacia do córrego do Rosário, vale ressaltar a necessidade de estudos mais detalhados que permitam a formação de banco de dados para o monitoramento da quantidade e qualidade desses recursos. O ideal seria a consolidação de um sistema municipal de monitoramento permanente dos recursos hídricos e em tempo real, que pudesse gerar dados confiáveis para o monitoramento ambiental e que atendesse não somente a microbacia do córrego do Rosário, mas também as demais bacias hidrográficas presentes no município.

A partir dos dados levantados na área de estudo, pode-se citar algumas sugestões para minimizar os impactos ambientais aos quais a microbacia encontra-se submetida e que conseqüentemente reduzirá a degradação dos mananciais da região. São elas:

- Elaboração do Plano Diretor Municipal;
- Estabelecimento de diretrizes para o uso e cobertura do solo;
- Gerenciamento da aplicação de fertilizantes, herbicidas, pesticidas, etc;
- Elaboração de projetos de educação ambiental, assim como proposto por Caretti, L. S.; Inêz, E. B. & Ussami, S. (2010).
- Reflorestamento da microbacia com espécies nativas para que haja o aumento da capacidade de retenção de sedimento e nutrientes;
- Incorporação de corredores ecológicos entre os fragmentos florestais;
- Manutenção e expansão dos fragmentos florestais;
- Preservação e recuperação das áreas alagadas, pois as várzeas são importantes sistemas de reciclagem biogeoquímica e interferem na quantidade e qualidade das águas.
- Recuperação de áreas degradadas, principalmente as que se referem ao meio físico e à cobertura vegetal;
- Controle de processos erosivos, a fim de se reduzir o assoreamento dos cursos d'água;
- Elaboração de sistemas de tratamento de esgotos;
- Monitoramento permanente dos recursos hídricos;
- Gestão adequada dos resíduos sólidos;
- Gestão eficiente dos resíduos de construção e demolição;



- Criação de Ecopontos, local este destinado à coleta de resíduos de construção e demolição, o qual tem como principal finalidade a disposição adequada dos resíduos;
- Fiscalização de atividades potencialmente poluidoras.
- Integração entre população, cientistas, gestores, tomadores de decisão para que possa haver o desenvolvimento das atividades voltadas à manutenção da qualidade ambiental da microbacia do córrego do Rosário.

Por fim, pode-se concluir que o zoneamento proposto cumpre a função de instrumento de gestão ambiental e apresenta parte dos subsídios necessários para que planejadores, gestores ambientais e demais tomadores de decisão desenvolvam projetos eficientes e sustentáveis.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 2. ed. atual e ampliada. São Paulo: Saraiva 2007.

BATISTA, L. C. **Análise Estatística; Resultados das análises laboratoriais da água utilizada para abastecimento e consumo humano no município de Descalvado-SP, tendo como indicadores a Portaria do Ministério da Saúde Nº 518 de 25 de março de 2004**. 2010. 19 p. Monografia – Universidade Camilo Castelo Branco, Descalvado, 2010.

BECKER, Fernando Gertum. Aplicações de sistemas de informação geográfica em ecologia e manejo de bacias hidrográficas. In: SCHIAVETTI, A. & CAMARGO, A. F. M. (Ed.). **Conceitos de Bacias Hidrográficas Teorias e Aplicações**. Ilhéus: Editus, 2002. p. 91-110.

BRASIL. Agência Nacional de Águas – ANA – **Atlas de abastecimento urbano de água.2010** Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/atlas>> Acesso em: 10 maio 2012.

BRASIL. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM – **Formação Serra Geral**. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/Aparados/ap\\_geol\\_pag05.htm](http://www.cprm.gov.br/Aparados/ap_geol_pag05.htm)> Acesso em: 09 jan. 2012.

BRASIL. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM – **Formação Botucatu**. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/coluna/gpsaobento.html>> Acesso em: 07 jan. 2012.

BRASIL. **Conselho nacional do meio ambiente**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes, e dá outras providências. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Coletânea de Legislação de Direito Ambiental – 7. Ed. Ver. atual. E ampl. – São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2008.

BRASIL. INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo de Imagens CBERS**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>> Acesso em: 10 dez. 2011.

BRASIL. **Lei 10.257, de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e da outras providencias. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/LEIS\\_2001/L10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/LEIS_2001/L10257.htm)> Acesso em: 08 jan. 2012.

BRASIL. **Lei 6.766, de 19 de dezembro de 1979**. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6766.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm)> Acesso em: 08 jan. 2012.

BRASIL. **Lei 6.803, de 2 de julho de 1980**. Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6803.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6803.htm)> Acesso em: 08 jan. 2012.

BRASIL. **Lei 7.804, de 18 de julho de 1989**. Altera a Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação a Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, a Lei nº 6.803, de 2 de julho de 1980, a Lei nº 6.902, de 21 de abril de 1981, e da outras providencias. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/7804-89.htm>> Acesso em: 08 jan. 2012.

BRASIL. **Lei 9.984, de 17 de julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Água - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e da outras providencias. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/9984-00.htm>> Acesso em: 08 e jan.2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em:

<[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)> Acesso em: 27 maio 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Disponível em:

<<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm>> Acesso em: 26 maio 2012.

BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos. **Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei no 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei no 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm)> Acesso em: 08 jan. 2012.

BRASIL. Política Nacional do Meio Ambiente. **Lei 6.983, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm)> Acesso em: 08 jan. 2012.

BRESSANE, A.; SALVADOR, N. N. B.; MORUZZI, R. B.; PINTO, S. A. F.; ROSSETTI, L. A. F. G.; FONSECA, W. C. **Estudos e aplicação de geotecnologias no diagnóstico ambiental de bacias hidrográficas urbanizadas: Córrego da Servidão no Município de Rio Claro (SP)**. Maringá, PR. 7º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 2010. CD-ROM.

Calijuri, M. C; Cunha, D. G. F.; Povinelli, J. **Sustentabilidade: um desafio na gestão dos recursos hídricos**. São Carlos: EESC-USP, 2010. 80 p.

CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel; FUCKS, Suzana Druck; CARVALHO, Marília, Sá. **Análise espacial e geoprocessamento**. São José dos Campos, SP: INPE. 2002.

CANÇADO, C. J.; LORANDI, R.; MENDES, R. M.; MORAES, M. E. B. Estudo da vulnerabilidade de contaminação de aquíferos por pesticidas no município de Descalvado (Brasil). **XI Congresso Nacional de Geotecnica**, v. IV, p. 277-284, março. Coimbra, Portugal. 2008.

CARRETTI, L. S.; INÊZ, E. B.; BUSICO, S. U. Educação ambiental e o córrego da Prata, Descalvado – SP. In: **Encontro de educação ambiental e retrato da educação ambiental em São Carlos**. 2010, São Carlos, SP.

CASTRO, D. M. **Estudo do potencial à erosão acelerada das áreas urbana e de expansão do município de Descalvado (SP), escala 1:10.000**. 1998.150 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1998.

CBERS/INPE. **Satélite sino-brasileiro de recursos terrestres**. Disponível em:

<[http://www.cbbers.inpe.br/sobre\\_satelite/lancamento\\_cbbers2b.php](http://www.cbbers.inpe.br/sobre_satelite/lancamento_cbbers2b.php)> Acesso em: 27 maio 2012.

CBH-MOGI. **Câmara Técnica de Educação Ambiental**. Disponível em: <<http://ctea-cbh Mogi.blogspot.com/2011/02/acoes-do-cbh-mogi-para-melhoria-da.html>> Acesso em: 07 jan. 2012. CDCC – USP - Centro de Divulgação Científica e Cultural. **Escolas de ensino fundamental e médio de São Carlos e região**. Disponível em: <<http://www.cdcc.sc.usp.br/escolas/jferreira/historia.htm>> Acesso em: 09 jan. 2012.

CENDRERO, A. Mapping and evaluation of costal areas for planning. **Ocean & Shoreline Management**. v.12, p. 427-462. 1989.

CENDRERO, A. Planificación ambiental y ordenación de usos del territorio. **Serie Engenharia Geoambiental**, Inst. Tecn. Geominero de España, Madrid, p. 25-33. 1988.

CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipiospaulistas.html>> Acesso em: 16 dez. 2011.

CEREDA JUNIOR, A.; LORANDI, R.; FAZZARI, C. S. Mapeamento de risco à erosão acelerada com uso de técnica fuzzy para diretrizes de ordenamento territorial – O caso de Descalvado-SP. **Revista Luso-Brasileira de Geotecnia**, n. 117, p. 33-42, novembro. São Paulo. 2009.

CLARCK, J. R. **Coastal ecosystem management**. New York: Wiley Interscience Publications, p. 928. 1976.

CLARCK, J. R. **Coastal ecosystem: ecological considerations for the management of the coastal zone**. Washington D. C.: The Conservation Foudation, 1974.

CONWAY, T. M. & LATHROP, R. G. Alternative land use regulations and environmental impacts: assessing future land use in an urbanizing watershed. In: **Landscape and Urban Planning**. Vol. 71; p. 1-15; 2005.

COSTA, C. W. “**Expansão da mancha urbana e suas conseqüências sobre os mananciais do rio do Monjolinho e do Ribeirão do Feijão da cidade de São Carlos, SP**”. 2010. 127 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá (MG), 2010.

COSTA, Pedro Carlos Garcia; PAOLUCCI, Mariana Navarro; JUNIOR, Paulo Maciel. **Gestão integrada das águas minerais e dos recursos hídricos**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 13º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2011. CD-ROM.

COSTA, T. C. C.; FIDALGO, E. C. C.; NAIME, U. J.; GUIMARÃES, S. P.; ZARONI, M. J.; UZEDA, M. C. Vulnerabilidade de sub-bacias hidrográficas por meio da equação universal de perda do solo e da integração de parâmetros morfométricos, topográficos, hidrológicos e de uso/cobertura da terra no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Ambiente & Água**. V.4, n.1, p. 93-116. 2009.

COSTA, T. C. D. **Mapeamento geotécnico da porção NE de Campinas – SP – escala 1:25.000**. 1996. 187 p. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

DAAE. Departamento autônomo de água e esgotos. **Aquífero Guarani**. Disponível em: <<http://www.daaearaquara.com.br/guarani.htm>> Acesso em: 26 maio 2012.

DIAS, Camila Cerdeiras; COLLARES, Eduardo Goulart; COLLARES, Ana Carina Zanollo Biazotti . **A obtenção de documentos cartográficos referentes ao uso e ocupação do solo para utilização no zoneamento ambiental das sub-bacias hidrográficas do médio rio Grande (MG)**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 13º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2011. CD-ROM.

FALEIROS, C. A. R. J. **Zoneamento geoambiental da bacia do rio fartura: abrangendo os municípios de São José do Rio Pardo-SP, São Sebastião da Gramma-SP, Vargem Grande do Sul-SP e Águas da Prata-SP, na escala 1:50.000**. 2012. 178 p. Tese (Doutorado) – UFSCar. São Carlos. 2012.

FONTES, S. B. **Estudo geoambiental da bacia do rio pardo, a partir da compartimentação em ottobacias – escala 1:100.000**. São Carlos, 2004. 256 p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

GANDRA, T. B. R. **Elementos geomorfológicos e socioambientais como subsídios para a elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro – ZEEC**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande, Porto Alegre, 2008.

GEWEHR, M. F. **Desenvolvimento Sustentável e Agenda 21 Brasileira: implicações conceituais e específicas**. Brasil, 2006.

HIRATA, R.; ZOBY, J. L. G.; OLIVEIRA, F. R. Água subterrânea: Reserva estratégica ou emergencial. In: **Águas do Brasil: Análises Estratégicas**. Instituto de Botânica. São Paulo, 2010. p. 149-161.

HURLIMANN, A.; MEYER, P; DOLNICAR, S. Understanding behaviour to inform water supply management in developed nations – A review of literature, conceptual model and research agenda. **Journal of Environmental Management**, v. 91, n. 1, p. 47–56, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1995. (Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 5).

INÊZ, E. B. **Zoneamento (Geo)Ambiental Sintético da Microbacia do Córrego do Rosário Descalvado (SP)**. 2010. 48 p. Monografia - Universidade Camilo Castelo Branco, Descalvado, 2010.  
JAEGER, J. A. G. et al. Suitability criteria for measures of urban sprawl. **Ecological Indicators**, v. 10, n. 2, p. 397–406, 2010.

KANASHIRO, M. **Da antiga à nova Carta de Atenas: em busca de um paradigma espacial de sustentabilidade**. Brasil, 2005.

KASTEIN, L. C. A. **Conheça Descalvado**. Descalvado: Sem Editora, 1995. Disponível em: <http://www.descalvadoonline.com.br/conhecadescalvado/>. Acesso em: 06 jan. 2012.

LOPES, Mario Marcos; SILVA, Maria Caires; TEIXEIRA, Denilson. **O comitê da bacia hidrográfica do rio mogi guaçu e sua contribuição para a gestão dos recursos hídricos**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 13º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2011. CD-ROM.

LORANDI, R.; JUNQUEIRA, C. de A. R.; MORAES, M. E. B. de. Zoneamento geoambiental do município de Cordeirópolis. In: **7º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental**, Maringá, 2010.

MARCELINO, E. V. **Desastres naturais e geotecnologias: Conceitos Básicos**. São José dos Campos, SP: INPE. 2008.

MARTINS, Tiago Francisco; ALONSO, Jodhi Jefferson; MANCINI, Sandro Donini. **Avaliação da disponibilidade hídrica do sistema de captação de água superficial para abastecimento público no município de Itu/SP**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 13º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2011. CD-ROM.

MEDEIROS, Gerson Araujo; QUEIROZ, Brígida Pimentel V.; TRESMONDI, Ana Claudia C. de Lima. **Diagnóstico da qualidade da água do ribeirão quilombo na região metropolitana de campinas**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 13º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2011. CD-ROM.

MILARÉ, E.; PEREIRA, M. S.; COIMBRA, J. A. **Zoneamento Ambiental: Um instrumento a serviço da Amazônia.** Disponível em: <<http://www.milare.adv.br/artigos/zoneamb.htm>> Acesso em: 06 maio 2012.

MOREIRA, M. A. A.; LORANDI, R.; MORAES, M. E. B. Caracterização de áreas preferenciais para a instalação de aterros sanitários no município de Descalvado-SP, na escala 1:50.000. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 02, n. 60, p. 177-194, agosto. 2008.

MOSCHINI, L. E.. **Zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do médio mogi-guaçu superior.** 2008. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

NASCIMENTO, W. M.; VILLAÇA, M. G. Bacias Hidrográficas: Planejamento e Gerenciamento. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas**, ano 5, n. 7, p. 102-121, maio. Três Lagoas – MS, 2008.

OLIVEIRA C.C.; MENDES C. A. B. A efetividade dos instrumentos de política urbana nos dilemas ambientais com águas urbanas. **Revista de Gestão de Águas da América Latina - REGA**, vol. 5, n. 2, p. 5–13, jul./dez. Porto Alegre, 2008.

ONTIVERO, M.; VEGA, J. M.; CASCÓN, V. G.; ECHAVARRÍA, P. Propuesta metodológica de zonificación ambiental em la Sierra de Altomira mediante Sistemas de Información Geográfica. In: **Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica**. Nº 8; p. 251-280. 2008.

ORBISAT. **Sensoriamento remoto.** Disponível em: <<http://www.orbisat.com.br>> Acesso em maio 2012.

PÉREZ-PORTILLA, E. & GEISSERT-KIENTZ, D. Zonificación agroecológica de sistemas agroforestales: el caso café (*Coffea arábica*) – palma camedor (*Chamaedorea elegans*), In: **Asociación Interciencia, Venezuela** . V.31; nº 8; p. 556-562. 2006.

PINTO, I. **Introdução aos sistemas de informação geográfica (SIG).** Instituto de Investigação Científica Tropical. Dezembro, Portugal. 2009.

PROJETO REDESCOLA. **Aquífero Guarani.** Disponível em: <[http://www.redescola.com.br/site/index.php?option=com\\_content&view=article&id=299:conteudo-links&catid=84:geografia&Itemid=66](http://www.redescola.com.br/site/index.php?option=com_content&view=article&id=299:conteudo-links&catid=84:geografia&Itemid=66)> Acesso em: 27 maio 2012.

PUERTA, L. L.; MOREIRA, D. S.; SOUZA FILHO, E. E.; ESTÊVEZ, L. F.; GUERREIRO, R. L. **Utilização do sensoriamento remoto e geoprocessamento para a análise de variação de área de canais fluviais. Estudo de caso: Rio Paraná.** Maringá, PR. 7º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 2010. CD-ROM.

REMPEL, C. **A ecologia da paisagem e suas ferramentas podem aprimorar o zoneamento ambiental?** O caso da região política do Vale do Taquari. 2009. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

ROCHA, G. **Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo: escala 1: 1.000.000 : nota explicativa.** São Paulo : DAEE-Departamento de Águas e Energia Elétrica : IG-Instituto Geológico : IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo : CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2005.

SANTOS, M. R. R. **Critérios para análise do zoneamento ambiental como instrumento de planejamento e ordenamento territorial.** 2010. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental: teoria e pratica**. São Paulo: Oficina de textos, 2007. SÃO PAULO (Estado) – CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Águas subterrâneas, aquífero Guarani**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/Qualidade-da-gua-Subterr?nea/63-Guarani>> Acesso em: 27 maio 2012.

SÃO PAULO (Estado) – IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico. Mapa Topográfico na escala 1:10.000. Folhas SF-23-V-C-IV-4-SO-B, SF-23-V-C-IV-4-SE-A, SF-23-V-C-IV-4-SO-D. 1990.

SÃO PAULO (ESTADO) – IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento na grande São Paulo. Guia de utilização. Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano (1:50.000)**. São Paulo: IPT/EMPLASA, 1986.

SÃO PAULO (Estado) – IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000**. São Paulo. 2 v. (IPT. Monografias, 5). 1981.

SÃO PAULO (Estado) – SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. **Informações socioeconômicas**. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/perfil/perfil.php>> Acesso em: 22 maio 2012.

SÃO PAULO (Estado) – Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos; Coordenadoria de Recursos Hídricos. **Relatório de situação dos recursos hídricos do Estado de São Paulo**. São Paulo: SSRH/CRHi. 208 p. 2011.

SÃO PAULO (Estado). **Lei 1.817, de 30 de outubro de 1978**. Estabelece os objetivos e as diretrizes para o desenvolvimento industrial metropolitano e disciplina o zoneamento industrial, a localização, a classificação e o licenciamento de estabelecimentos industriais na Região Metropolitana da Grande São Paulo, e dá providências correlatas. Disponível em: <<http://www.emplasa.sp.gov.br/sijur/04%20Legisla%C3%A7%C3%A3o%20Estadual/04.06.%20Zoneamento%20Industrial/01.%20Lei%20Estadual%20n%C2%BA%201.817,%20de%2030%20de%20outubro%20de%201978.htm>> Acesso em: 23 maio 2012.

SÃO PAULO (Estado). **Lei 898, de 18 de dezembro de 1975**. Disciplina o uso de solo para a proteção dos mananciais, cursos e reservatórios de água e demais recursos hídricos de interesse da Região Metropolitana da Grande São Paulo e dá providências correlatas. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/215043/lei-898-75-sao-paulo-sp>> Acesso em: 08 jan. 2012.

SÃO PAULO (Estado). **Lei 997, de 31 de maio de 1976**. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente. Disponível em: <[http://www.ambiente.sp.gov.br/uploads/arquivos/legislacoesambientais/1976\\_Lei\\_Est\\_997.pdf](http://www.ambiente.sp.gov.br/uploads/arquivos/legislacoesambientais/1976_Lei_Est_997.pdf)> Acesso em: 08 jan. 2012.

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991**. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/180981/lei-7663-91-sao-paulo-sp>> Acesso em: 08 jan. 2012.

SCHOBENHAUS, Carlos. **Geologia do Brasil: Texto Explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente incluindo Depósitos Mineraiis, Escala 1: 2.500 000**: Brasília: DNPM, 1984.

SHIMBO, Juliana Zanin; MICHELIN, Camila Miranda; JIMÉNEZ-RUEDA, Jairo Roberto. Zoneamento Geoambiental como subsídio ao planejamento agroambiental. Casos: dois assentamentos rurais no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, fev. 2007.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES PARA O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Comitês de bacias**. Apresenta informações sobre o gerenciamento de recursos hídricos e sobre os comitês de bacias do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/>>. Acesso em: 26 maio 2012.

SOUZA, M. P. As bases legais e os zoneamentos ambientais. **2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Corumbá. Embrapa Informática agropecuária/INPE, p.1089-1098, novembro. 2009.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area/altitude) – analysis of erosion al topografy. **Geological Society of America Bulletin**, v.63, n.10, p. 1117-1142, 1952.

SUNDFELD, T. K. **Avaliação da qualidade da água da microbacia do córrego do Rosário Descalvado-SP**. 2010. 40 p. Monografia - Universidade Camilo Castelo Branco, Descalvado, 2010.

TOYCAMERA. **Mini câmera acoplada a um pombo**. Disponível em: <<http://toycamera.com.br/blog/mini-camera-acoplada-a-um-pombo/>> Acesso em: 15 abr. 2012.

TUCCI, C. E. M. Gestão integrada das águas urbanas. **Revista de Gestão de Águas da América Latina - REGA**, vol. 5, n. 2, p. 71–81, jul./dez. Porto Alegre, 2008.

TUCCI, C. E. M. Gestão integrada dos recursos hídricos. In: BRASIL - MMA – Ministério do Meio Ambiente Secretaria de Qualidade Ambiental. **Curso de Avaliação ambiental integrada de bacias hidrográficas**. Brasília: MMA, 2006. p. 129-164.

TUCCI, C. E. M. Urbanização e recursos hídricos. In: **Águas do Brasil: Análises Estratégicas**. Instituto de Botânica. São Paulo, 2010. p. 113-128.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções, **Revista Estudos Avançados**. v. 22, n.63, p.7-16, julho. São Paulo, 2008.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; PARESCHI, D. C.; LUZIA, A. P.; HAELING. P. H. V.; FROLLINI, E. H. A bacia hidrográfica do Tietê/Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento. **Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo**. v. 22, n. 63, 2008.

TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. La política hídrica em Brasil. In: **Diagnóstico Del Agua En Las Américas**. Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC. México, 2012. P. 97-111

TUNDISI, José Galizia; TUNDISI, Takako Matsumura. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 67 – 76, 2010.

TUNDISI, José Galizia; TUNDISI, Takako Matsumura. **Recursos hídricos no século XXI**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

VEDOVELLO, R. **Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de unidades básicas de compartimentação – UBCs**. 2000. 154 p. Tese (Doutorado) – UNESP. Rio Claro. 2000.

WEATHERHEAD, E.K.; HOWDEN, N. J.K. The relationship between land use and surface water resources in the UK. **Land Use Policy**, v. 26, s. 1, p. 243–250, 2009

WIKIPÉDIA A ENCICLOPÉDIA LIVRE. **Rio Mojiguaçu**. Rio Mojiguaçu. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio\\_Mojiguaçu](http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Mojiguaçu)> Acesso em: 07 jan. 2012.

ZUQUETTE, L. V. **Análise crítica sobre cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras**. 1987. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1987.

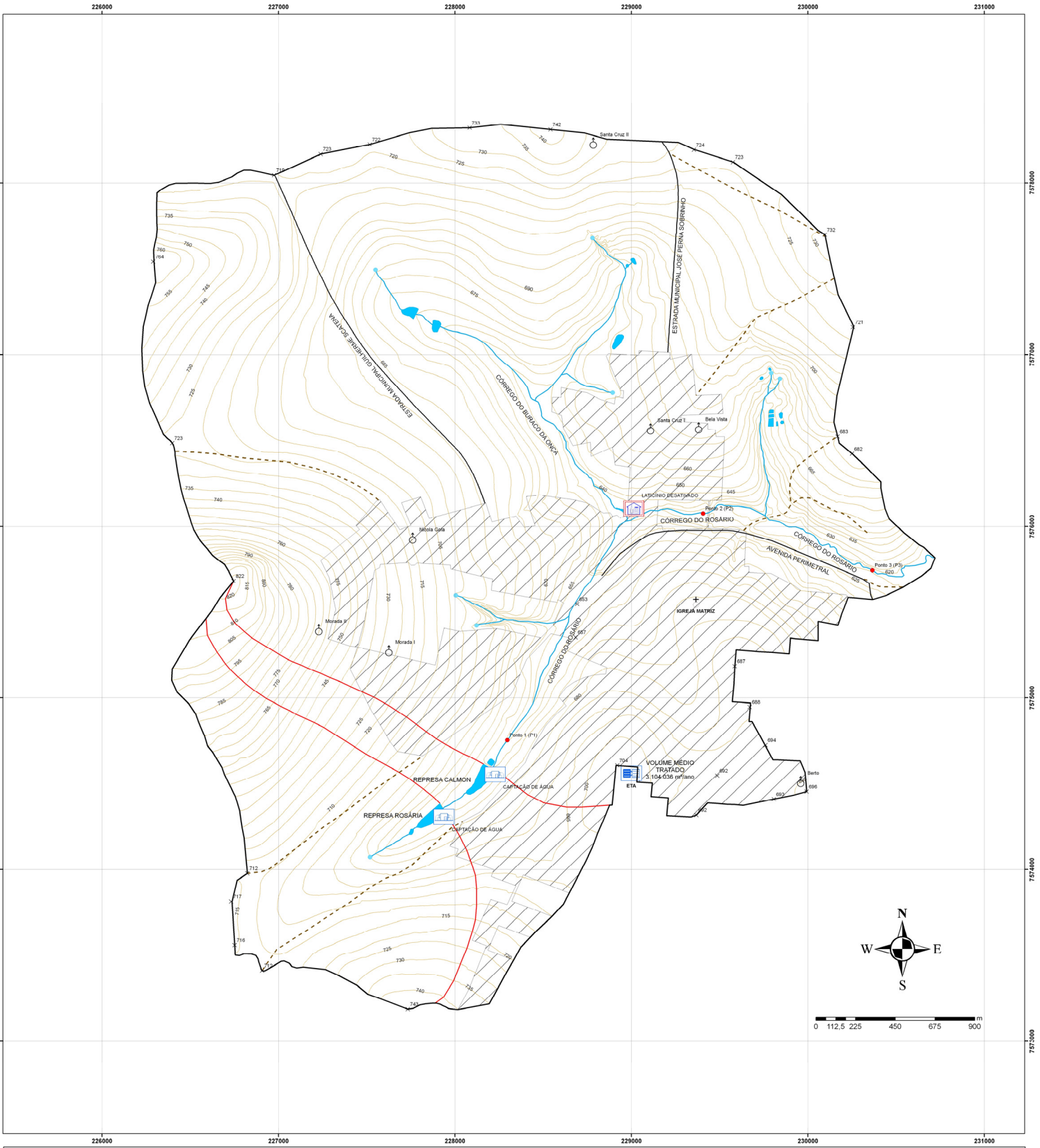



ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. **Cartografia geotécnica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

ZUQUETTE, L.V., **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração**. 1993. 2v. 368p. Tese (Livre Docência) – Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.

ZUQUETTE, L.V.; Pejon, O. J.; Gandolfi, N. G. Rodrigues, J. E. Mapeamento geotécnico: parte I – atributos e procedimentos básicos para elaboração de mapas e cartas. **Revista Geociências**. V. 16. nº 2 p. 491-524. 1997.















# APÊNDICE 1




**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
 EM ENGENHARIA URBANA  
 Zoneamento (Geo)Ambiental Analítico da Microbacia do  
 Córrego do Rosário (Descalvado, SP)  
 ELIEZER BERNARDES INÊZ  
 REINALDO LORANDI (ORIENTADOR)  
**MAPA CADASTRAL**  
 AGOSTO/2012  
 APÊNDICE 01

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCADOR  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr.  
 acréscidas as constantes 10000 Km e 500 Km, respectivamente.  
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Escala: 1:10.000

**LEGENDA**

-  NASCENTES
-  CAPTAÇÃO DE ÁGUA
-  ETA
-  LATICÍNIO DESATIVADO
-  REPRESAS & LAGOS
-  CURSO D'ÁGUA
-  MICROBASIAS DAS REPRESAS
-  VIAS PAVIMENTADAS
-  VIAS NÃO PAVIMENTADAS
-  CURVAS DE NÍVEL
-  POÇOS ARTESIANOS
-  IGREJA MATRIZ
-  PONTOS COTADOS
-  PONTOS DE AMOSTRAGEM PARA ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA (SUNDFELD, 2010)

ÁREA DAS MICROBASIAS	REPRESA ROSÁRIA 1,96 km <sup>2</sup> REPRESA CALMON 1,14 km <sup>2</sup> CÓRREGO DO ROSÁRIO 15,886 km <sup>2</sup>
----------------------	--

**LIMITE DA BACIA DO CÓRREGO DO ROSÁRIO**

**LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO**

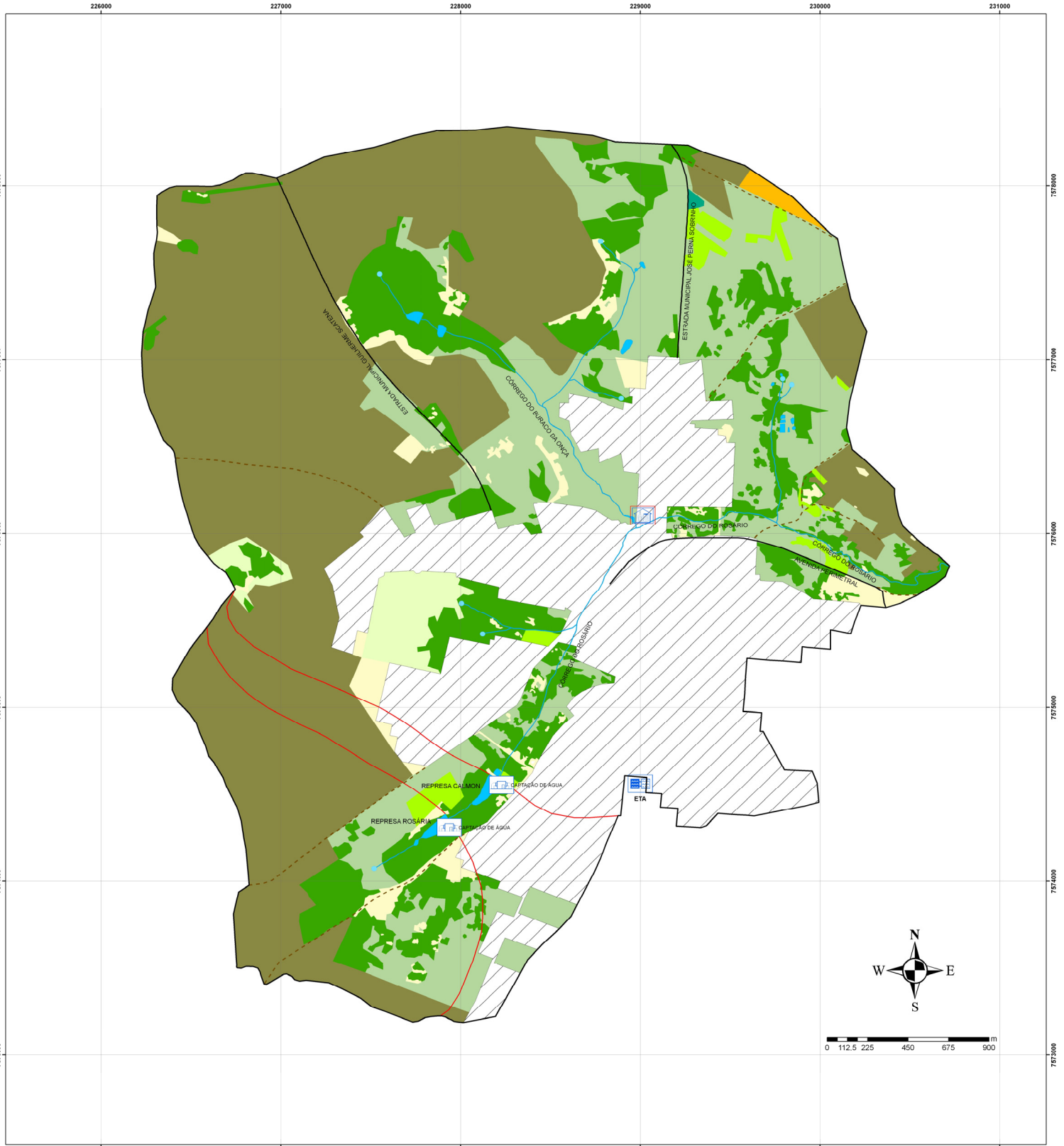
**ÁREA URBANA**

Estas informações são de cunho acadêmico, podendo ser utilizada com ressalvas para outros fins.

# APÊNDICE 2



# APÊNDICE 3




**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
 EM ENGENHARIA URBANA










Zoneamento (Geo)Ambiental Analítico da Microbacia do  
 Córrego do Rosário (Descalvado, SP)  
 ELIEZER BERNARDES INÉZ  
 REINALDO LORANDI (ORIENTADOR)

**MAPA DE USO E COBERTURA DO SOLO (2009)**  
 AGOSTO/2012  
 APÊNDICE 03










PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCADOR  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr.  
 acrescidas as constantes 10000 Km e 500 Km, respectivamente.  
 Datum vertical: marégrafo Imituba, SC  
 Datum horizontal: Corrego Alegre, MG  
 Escala: 1:10.000  
 Elaborado a partir da classificação da imagem do satélite CBERS\_2B  
 Sensor: HRC Data de passagem: 19/04/2009 Órbita: 155\_A Ponto: 124\_5

**LEGENDA**

**CLASSES DE USO E COBERTURA DO SOLO**

 ÁREA URBANA - 4,00 km <sup>2</sup> - 25,16%	 OUTRAS CULTURAS - 0,01 km <sup>2</sup> - 0,04%
 CAMPO - 0,27 km <sup>2</sup> - 1,69%	 PASTAGEM - 3,01 km <sup>2</sup> - 18,97%
 CANA-DE-AÇÚCAR - 6,01 km <sup>2</sup> - 37,84%	 REFLORESTAMENTO - 0,17 km <sup>2</sup> - 1,05%
 FRAGMENTOS FLORESTAIS - 1,97 km <sup>2</sup> - 12,43%	 SOLO EXPOSTO - 0,41 km <sup>2</sup> - 2,56%
 LARANJA - 0,04 km <sup>2</sup> - 0,26%	

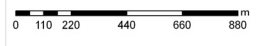
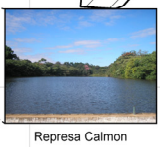
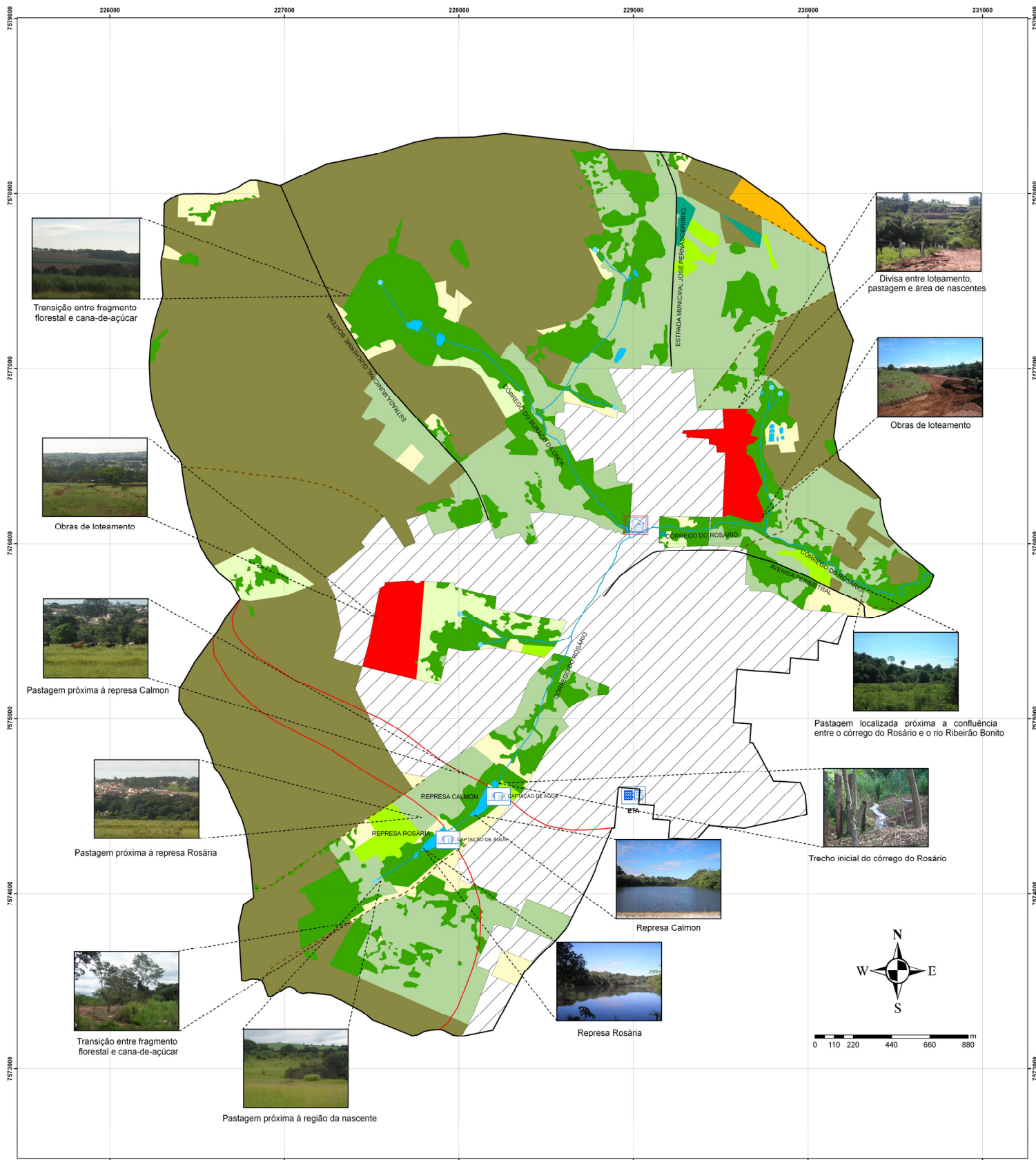
  

 NASCENTES	 VIAS PAVIMENTADAS
 CURSO D'ÁGUA	 VIAS NÃO PAVIMENTADAS
 REPRESAS & LAGOS	 MICROBASIAS DAS REPRESAS
 ETA	 CAPTAÇÃO DE ÁGUA
	 LATICÍNIO DESATIVADO



# APÊNDICE 4





UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
 EM ENGENHARIA URBANA

Zoneamento (Geo)Ambiental Analítico da Microbacia do Córrego do Rosário (Descalvado, SP)  
 ELIEZER BERNARDES INÉZ  
 REINALDO LORANDI (ORIENTADOR)

**MAPA DE USO E COBERTURA DO SOLO (2012)**  
 AGOSTO/2012  
 APÊNDICE 04

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCADOR  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr. acrescidas as constantes 10000 Km e 500 Km, respectivamente.  
 Datum vertical: marégrafo Imituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Escala: 1:10.000

Elaborado a partir da classificação supervisionada da imagem do satélite CBERS\_2B  
 Sensor: HRC Data de passagem: 02/02/2010 Orbits: 155\_A Ponto: 125\_1

**LEGENDA**

**CLASSES DE USO E COBERTURA DO SOLO**

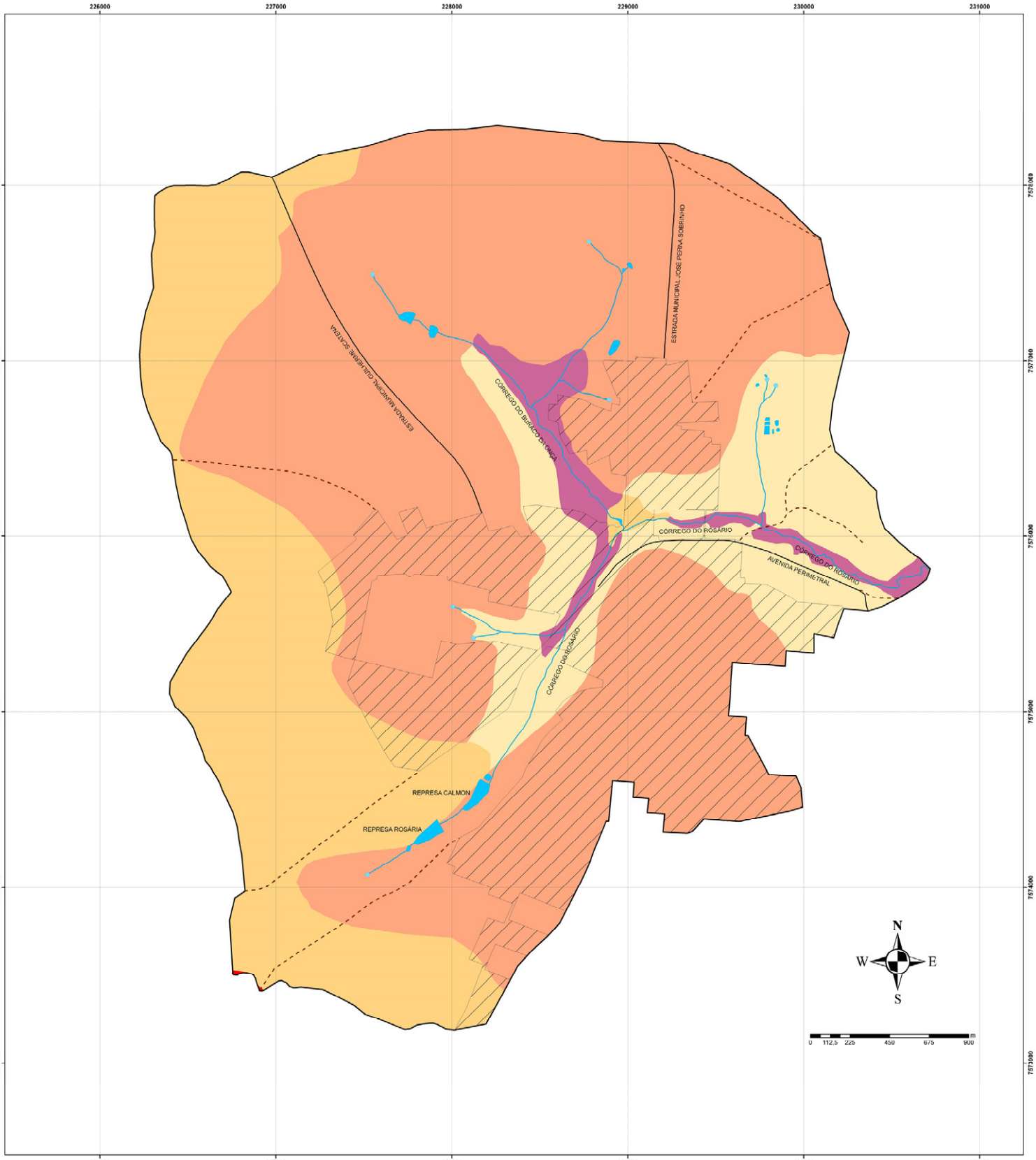
CAMPO - 0,24 km² - 1,54%	OUTRAS CULTURAS - 0,03 km² - 0,18%
CANA-DE-AÇÚCAR - 6,35 km² - 39,91 %	PASTAGEM - 2,39 km² - 15,06%
FRAGMENTOS FLORESTAIS - 1,93 km² - 12,14%	REFLORESTAMENTO - 0,15 km² - 0,95%
LARANJA - 0,06 km² - 0,38%	SOLO EXPOSTO - 0,38 km² - 2,42%
LOTEAMENTO - 0,27 km² - 1,73%	ÁREA URBANA - 4,08 km² - 25,69%


- NASCENTES
- CURSO D'ÁGUA
- REPRESAS & LAGOS
- CAPTAÇÃO DE ÁGUA
- ETA
- LATICÍNIO DESATIVADO
- VIAS PAVIMENTADAS
- VIAS NÃO PAVIMENTADAS
- MICROBACIAS DAS REPRESAS



Estas informações são de cunho acadêmico, podendo ser utilizada com ressalvas para outros fins.

# APÊNDICE 5




**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
 EM ENGENHARIA URBANA  
 Zoneamento (Geo)Ambient Analítico da Microbacia do  
 Córrego do Rosário (Descalvado, SP)  
 ELIEZER BERNARDES INÉZ  
 REINALDO LORANDI (ORIENTADOR)  
**MAPA DE FORMAÇÕES GEOLÓGICAS DE SUPERFÍCIE**  
**MODIFICADO DE (CASTRO, 1998)**  
 AGOSTO/2012  
 APÊNDICE 05

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCADOR  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W, Gr.  
 acrescidas as constantes 10000 Km e 500 Km, respectivamente.  
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Escala: 1:10.000

### LEGENDA

#### CLASSES DE FORMAÇÕES GEOLÓGICAS DE SUPERFÍCIE

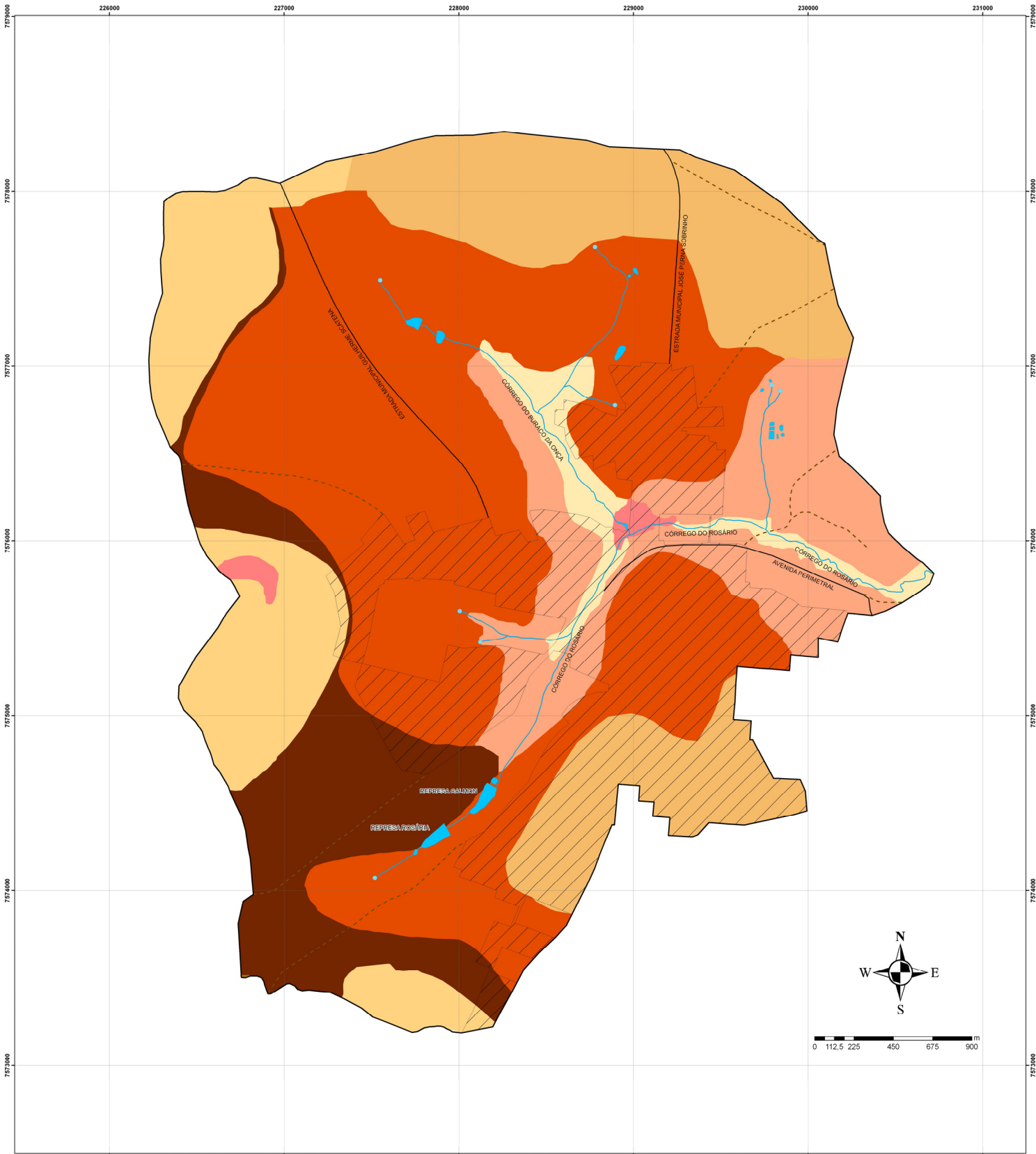
- DEPÓSITOS RECENTES QUATERNÁRIO - 0,483 km<sup>2</sup> - 3,04%
- FORMAÇÃO BOTUCATU - 0,002 km<sup>2</sup> - 0,01%
- FORMAÇÃO PIRAMBÓIA - 2,059 km<sup>2</sup> - 12,96%
- FORMAÇÃO SANTA RITA DO PASSA QUATRO - 9,568 km<sup>2</sup> - 60,24%
- FORMAÇÃO SERRA GERAL - 3,774 km<sup>2</sup> - 23,75%
- NASCENTES
- CURSO D'ÁGUA
- REPRESAS & LAGOS
- VIAS PAVIMENTADAS
- VIAS NÃO PAVIMENTADAS


#### LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO



Estas informações são de cunho acadêmico, podendo ser utilizada com ressalvas para outros fins.

# APÊNDICE 6




**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
 EM ENGENHARIA URBANA  
 Zoneamento (Geo)Ambienta Analítico da Microbacia do  
 Córrego do Rosário (Descalvado, SP)  
 ELIEZER BERNARDES INÉZ  
 REINALDO LORANDI (ORIENTADOR)  
**MAPA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS  
 MODIFICADO DE (CASTRO, 1998)**  
 AGOSTO/2012  
 APÊNDICE 06

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCADOR  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr.  
 acrescidas as constantes 10000 Km e 500 Km, respectivamente.  
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Escala: 1:10.000


**LEGENDA**


**CLASSES DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS**


	DEP. REC. QUATERNÁRIO. até 3,0 m - 0,489 km <sup>2</sup> - 3,10%
	UND. RETRAB. FM. BOTUCATU 3,0 - 5,0 m - 0,001 km <sup>2</sup> - 0,004%
	UND. RES. FM. PIRAMBÓIA 3,0 - 5,0 m - 2,028 km <sup>2</sup> - 12,80%
	UND. RES. FM. SERRA GERAL > 0,5 m - 1,833 km <sup>2</sup> - 11,50%
	UND. RES. FM. SERRA GERAL < 0,5 m - 0,097 km <sup>2</sup> - 0,60%
	UND. RETRAB. FM. SERRA GERAL > 5,0 m - 1,773 km <sup>2</sup> - 11,20%
	UND. RES. FM. STA RITA PASSA QUATRO > 5,0 m - 2,755 km <sup>2</sup> - 17,30%
	UND. RETRAB. FM. STA RITA PASSA QUATRO > 5,0 m - 6,91 km <sup>2</sup> - 43,496%

 NASCENTES    
  CURSO D'ÁGUA    
  REPRESAS & LAGOS

 VIAS PAVIMENTADAS    
  VIAS NÃO PAVIMENTADAS

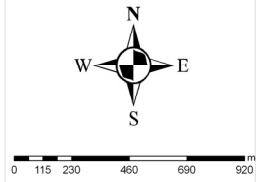
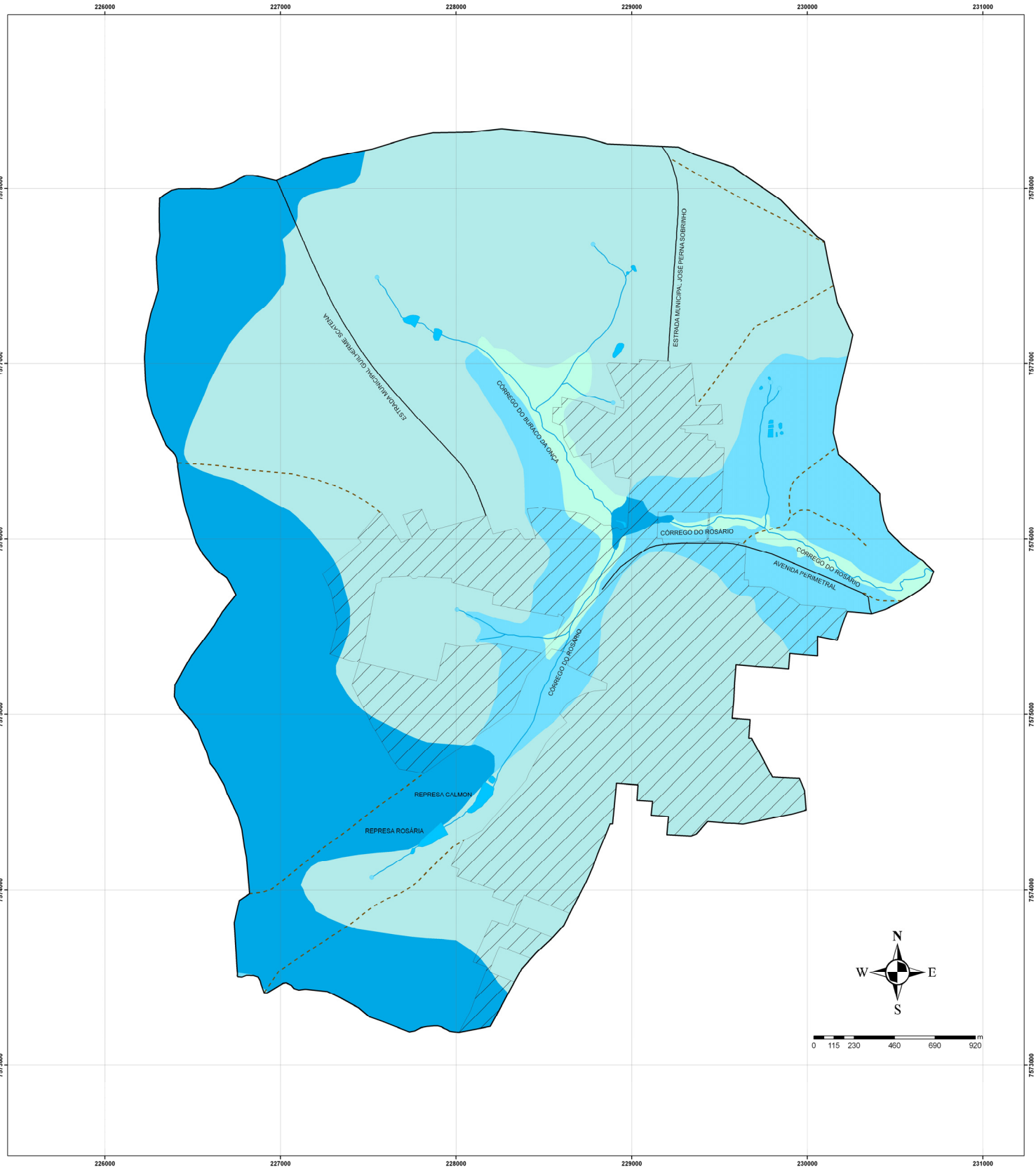
**LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO**  



**ÁREA URBANA**  


**LIMITE DA BACIA DO  
 CÓRREGO DO ROSÁRIO**  


Estas informações são de cunho acadêmico,  
 podendo ser utilizada com ressalvas para outros fins.

# APÊNDICE 7




**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
 EM ENGENHARIA URBANA  
 Zoneamento (Geo)Ambient Analítico da Microbacia do  
 Córrego do Rosário (Descalvado, SP)  
 ELIEZER BERNARDES INÉZ  
 REINALDO LORANDI (ORIENTADOR)  
**MAPA DE UNIDADES AQUÍFERAS**  
 AGOSTO/2012  
 APÊNDICE 07

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCADOR  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr.  
 acrescidas as constantes 10000 Km e 500 Km, respectivamente.  
 Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Escala: 1:10.000

**LEGENDA**

**UNIDADES DE AQUÍFEROS SUPERFICIAIS**

**AQUÍFEROS SEDIMENTARES**

- AQUÍFERO GUARANÍ (Área de Recarga) - 2,06 km<sup>2</sup> - 12,97%
- AQUÍFERO LIVRE - 9,57 km<sup>2</sup> - 60,24%
- AQUÍFERO FREÁTICO - 0,48 km<sup>2</sup> - 3,04%

**AQUÍFERO FRATURADO**


- AQUÍFERO SERRA GERAL (Livre) - 3,77 km<sup>2</sup> - 23,75

NASCENTES    
  CURSO D'ÁGUA    
  VIAS PAVIMENTADAS  
 REPRESAS & LAGOS    
 VIAS NÃO PAVIMENTADAS

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO



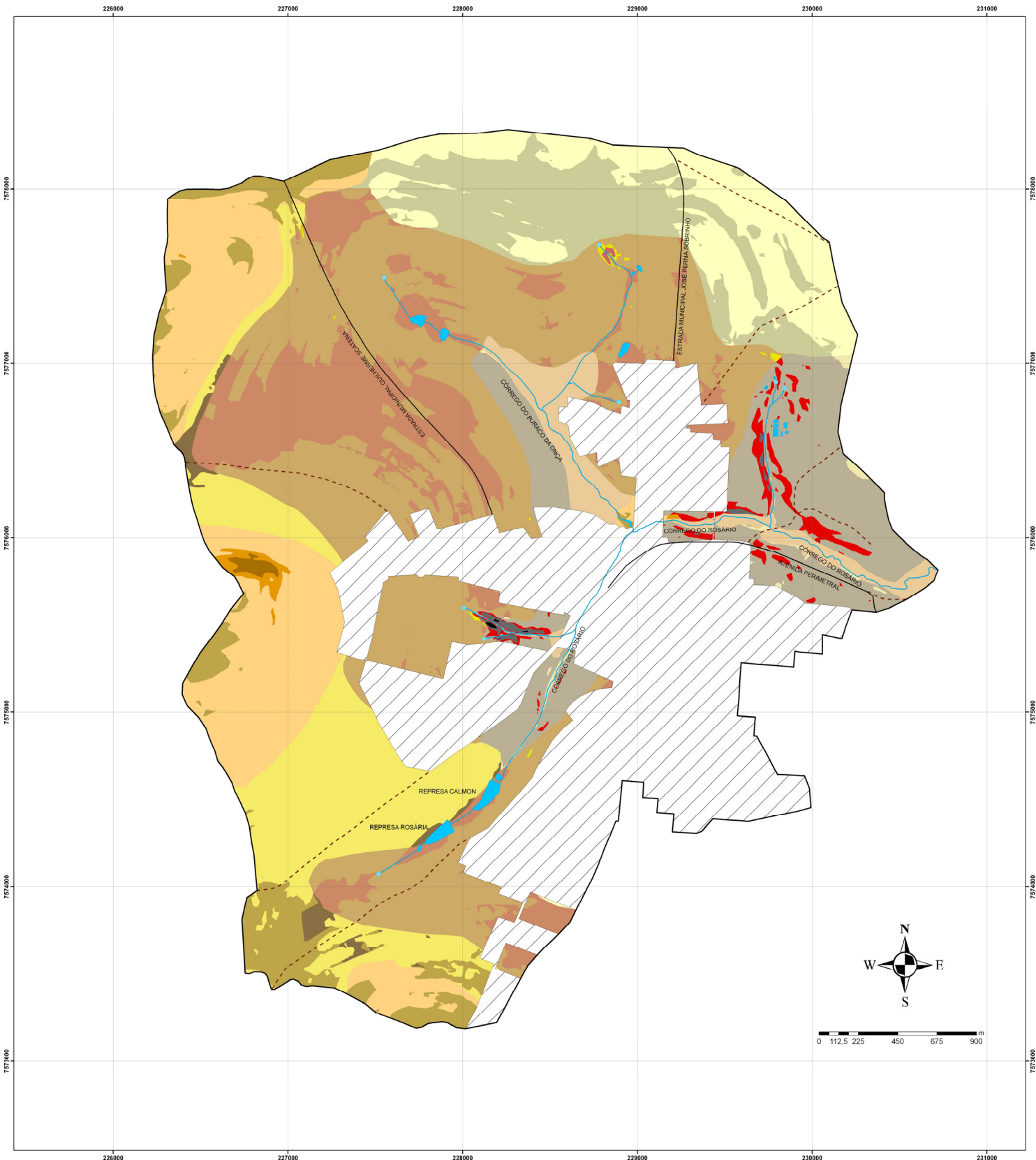
ÁREA URBANA     LIMITE DA BACIA DO CÓRREGO DO ROSÁRIO



Estas informações são de cunho acadêmico, podendo ser utilizada com ressalvas para outros fins.

# APÊNDICE 8






**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
 EM ENGENHARIA URBANA  
 Zonamento (Geo)Ambient Analítico da Microbacia do  
 Córrego do Rosário (Descalvado, SP)  
 ELIEZER BERNARDES INÉZ  
 REINALDO LORANDI (ORIENTADOR)  
**MAPA DE UNIDADES BÁSICAS  
 DE COMPARTIMENTAÇÃO**  
 AGOSTO/2012  
 APÊNDICE 08

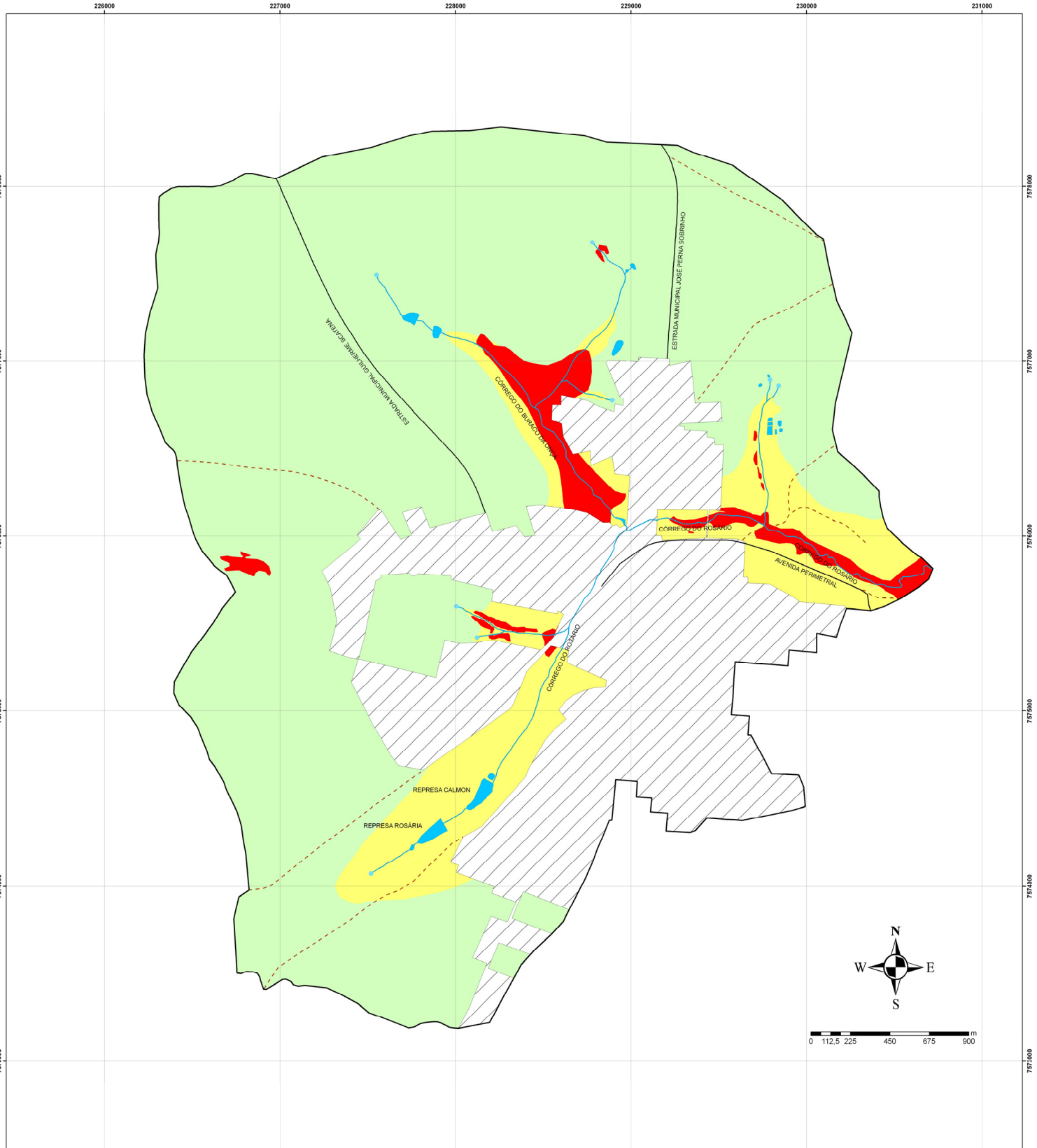
PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCADOR  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W. Gr.  
 acrescidas as constantes 10000 Km e 500 Km, respectivamente.  
 Datum vertical: marégrafo Ibitubá, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Escala: 1:10.000


LEGENDA			
UNIDADES BÁSICAS DE COMPARTIMENTAÇÃO			
	BRTBP - 0,001 km <sup>2</sup> - 0,01%		PRPP - 0,033 km <sup>2</sup> - 0,21%
	PRPC - 1,209 km <sup>2</sup> - 7,61%		QQPI - 0,390 km <sup>2</sup> - 2,45%
	PRPCT - 0,001 km <sup>2</sup> - 0,01%		SGRSGC - 1,249 km <sup>2</sup> - 7,86%
	PRPM - 0,125 km <sup>2</sup> - 0,79%		SGRSGM - 0,042 km <sup>2</sup> - 0,26%
	PRPMA - 0,022 km <sup>2</sup> - 0,14%		SGRSGMA - 0,020 km <sup>2</sup> - 0,13%
	SGRSGP - 0,539 km <sup>2</sup> - 3,39%		SGRTSGC - 1,565 km <sup>2</sup> - 9,85%
	SGRTSGP - 0,085 km <sup>2</sup> - 0,53%		SRPQRSRQC - 0,850 km <sup>2</sup> - 5,35%
	SRPQRSRQC - 3,061 km <sup>2</sup> - 19,26%		SRPQRSRQM - 0,044 km <sup>2</sup> - 0,28%
	SRPQRSRQM - 0,044 km <sup>2</sup> - 0,28%		SRPQRSRQMA - 0,014 km <sup>2</sup> - 0,09%
	SRPQRSRQMA - 0,014 km <sup>2</sup> - 0,09%		SRPQRSRQP - 1,580 km <sup>2</sup> - 9,94%
	ÁREA URBANA - 4,08 km <sup>2</sup> - 25,69%		ÁREA URBANA - 4,08 km <sup>2</sup> - 25,69%

	NASCENTES		CURSO D'ÁGUA		REPRESAS & LAGOS		VIAS PAVIMENTADAS		VIAS NÃO PAVIMENTADAS		ÁREA URBANA		LIMITES DA BACIA DO CÓRREGO DO ROSÁRIO		LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO
--	-----------	--	--------------	--	------------------	--	-------------------	--	-----------------------	--	-------------	--	--	--	-------------------------------

Estas informações são de cunho acadêmico,  
 podendo ser utilizada com ressalvas para outros fins.

# APÊNDICE 9




**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
 EM ENGENHARIA URBANA

Zoneamento (Geo)Ambient Analítico da Microbacia do  
 Córrego do Rosário (Descalvado, SP)  
 ELIEZER BERNARDES INÉZ  
 REINALDO LORANDI (ORIENTADOR)

**CARTA DE ZONEAMENTO (GEO)AMBIENTAL ANALÍTICO**  
**APTIDÃO À OCUPAÇÃO URBANA**  
 AGOSTO/2012  
 APÊNDICE 09

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCADOR  
 Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 45° W, Gr.  
 acrescidas as constantes 10000 Km e 500 Km, respectivamente.  
 Datum vertical: marégrafo Ibituba, SC  
 Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
 Escala: 1:10.000

### LEGENDA

**CLASSES DE APTIDÃO À OCUPAÇÃO URBANA**

- ÁREAS PROPÍCIAS - 9,61 km<sup>2</sup> - 60,46%
- ÁREAS POUCO FAVORÁVEIS - 1,73 km<sup>2</sup> - 10,89%
- ÁREAS IMPRÓPRIAS - 0,47 km<sup>2</sup> - 2,96%
- ÁREA URBANA - 4,08 km<sup>2</sup> - 25,69%

NASCENTES
  VIAS PAVIMENTADAS

CURSO D'ÁGUA
  VIAS NÃO PAVIMENTADAS

REPRESAS & LAGOS
  MICROBASIAS DAS REPRESAS

**LIMITES DA BACIA DO CÓRREGO DO ROSÁRIO**



**LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO**

**ÁREA URBANA**



Estas informações são de cunho acadêmico, podendo ser utilizada com ressalvas para outros fins.

# ANEXO 1

ANEXO 1 – Tabela de volume de água tratada na estação de tratamento de água (ETA) do município de Descalvado-SP.

FONTE: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) / Descalvado-SP.

<b>Volume de água tratada na ETA do município de Descalvado-SP.</b>				
	<b>VOLUME / m<sup>3</sup></b>			
<b>MÊS</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Janeiro	260099	248157	259269,7	260857,3
Fevereiro	229740	226620	242224,3	258161,65
Março	246215	259800	267356,5	264512,55
Abril	231047	258332	254477,4	257770,55
Maio	246662	271706	273850,0	266783,5
Junho	239473	256230	267921,2	237472,29
Julho	247745	265564	274244,7	263556,0
Agosto	249382	264489	291798,5	259541,9
Setembro	252876	257633	258897,5	273110,8
Outubro	250328	251857	265338,5	285975,9
Novembro	248572	254377	271293,6	272322,2
Dezembro	237698	262290	284864,1	287652,8
<b>TOTAL / ANO</b>	<b>2939837</b>	<b>3077055</b>	<b>3211535,8</b>	<b>3187717,3</b>

<b>Média/Anual/m<sup>3</sup></b> <b>3104036</b>
--

# ANEXO 2



# ANEXO 3





# Poços Artesianos Oliveira Ltda.

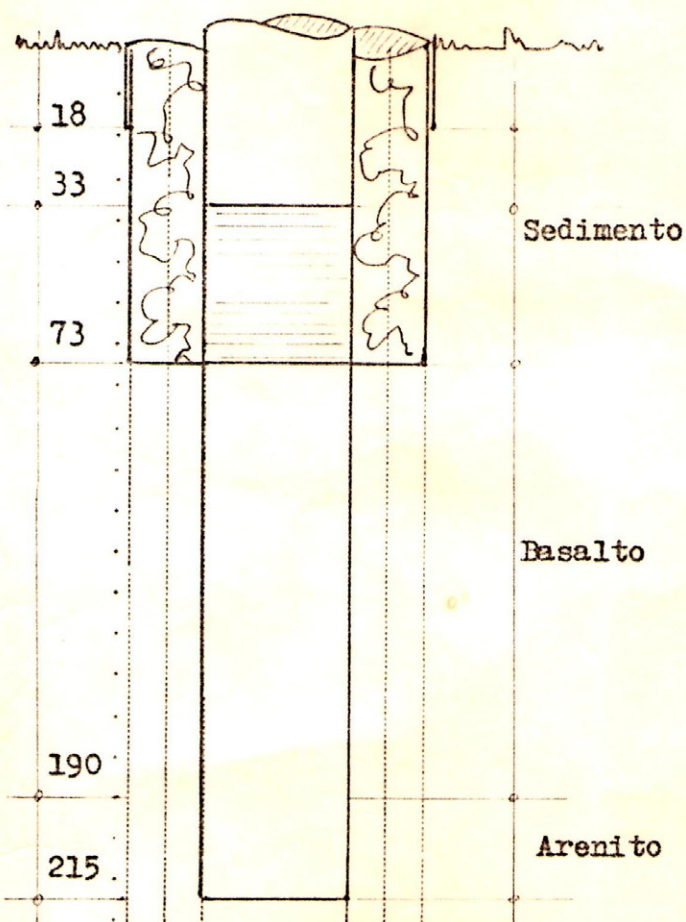
Rua Conselheiro Antonio Prado, 347 - Telefones (0195) 83-1107 e 83-2041  
CEP 13.690 - DESCALVADO - SP.

Inscrição Estadual 28500973

C. G. C. 03.873.000/0001

CLIENTE: REI - RENOME EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS S/C LTDA.

ENDEREÇO: Jardim Bela Vista - Descalvado - S.P. (Poço Bela Vista)



## CARACTERÍSTICAS DA PERFURAÇÃO:

PROFUNDIDADE: 215 m.

DIÂMETROS  
Até 73 m. 10"  
De 73 à 215 6"

NÍVEL ESTÁTICO 40 m.

NÍVEL DINÂMICO 72,5 m.

VASÃO/HORA 15.000 l.

### REVESTIMENTOS

10" até 18 m.

8"

6" até 33 m.

### FILTROS:

de 33 à 73 m.=40 m.

### PRÉ-FILTRO

### TESTE DE VASÃO COM

Com compressor de ar de alta  
capacidade : 8.800 l/h.

### EQUIPAMENTO INSTALADO.

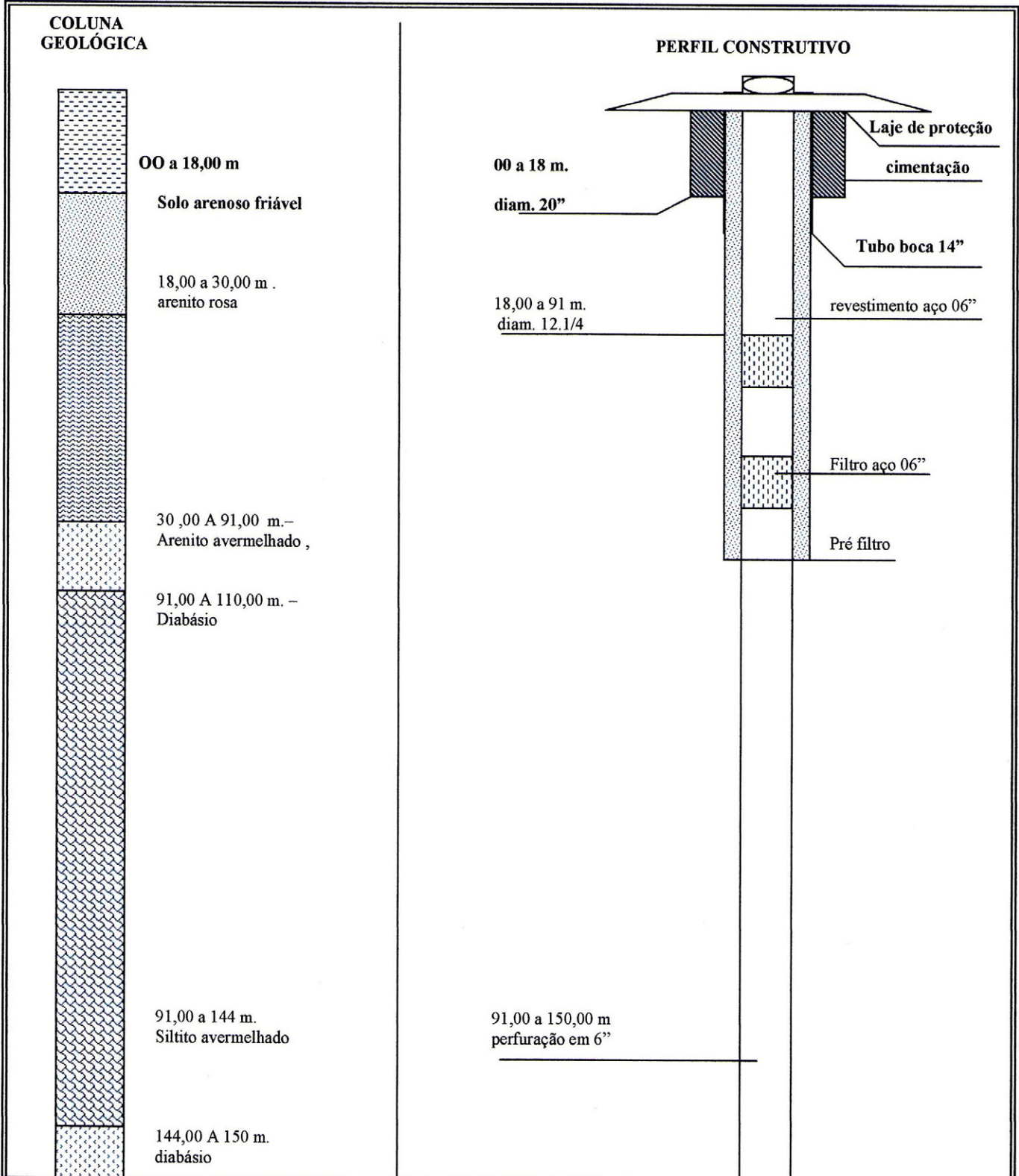
Bomba submersa de 15 hp.  
instalada à 150 m.:15 m.3.

DATA setembro de 1.978

Processo 015/08  
 Convite : 011/08  
 Data inicio :19/03/2008  
 Conclusão : 25/03/2008

**HIDRO BELEM**  
**POÇOS ARTESIANOS LTDA.**

(Poço Berto)



Profundidade total : 150 m.	Moto bomba instalada : C.R.I – W4A 3 CV 220V
Vazão: 7,1 m3/h	Altura de instalação : 84 m
Nível estático : 52 m. / Nível Dinâmico 74 m	Tubulação : galvanizada 1/1.2"
Cia Perfuradora : Hidro Belém Poços Artesianos Ltda.	Data da instalação : 20/03/2008
Cliente : P.M Descalvado – local da perfuração Rua Oscar Ferreira de Carvalho 324 / Descalvado S.P	



# Poços Artesianos Oliveira Ltda.

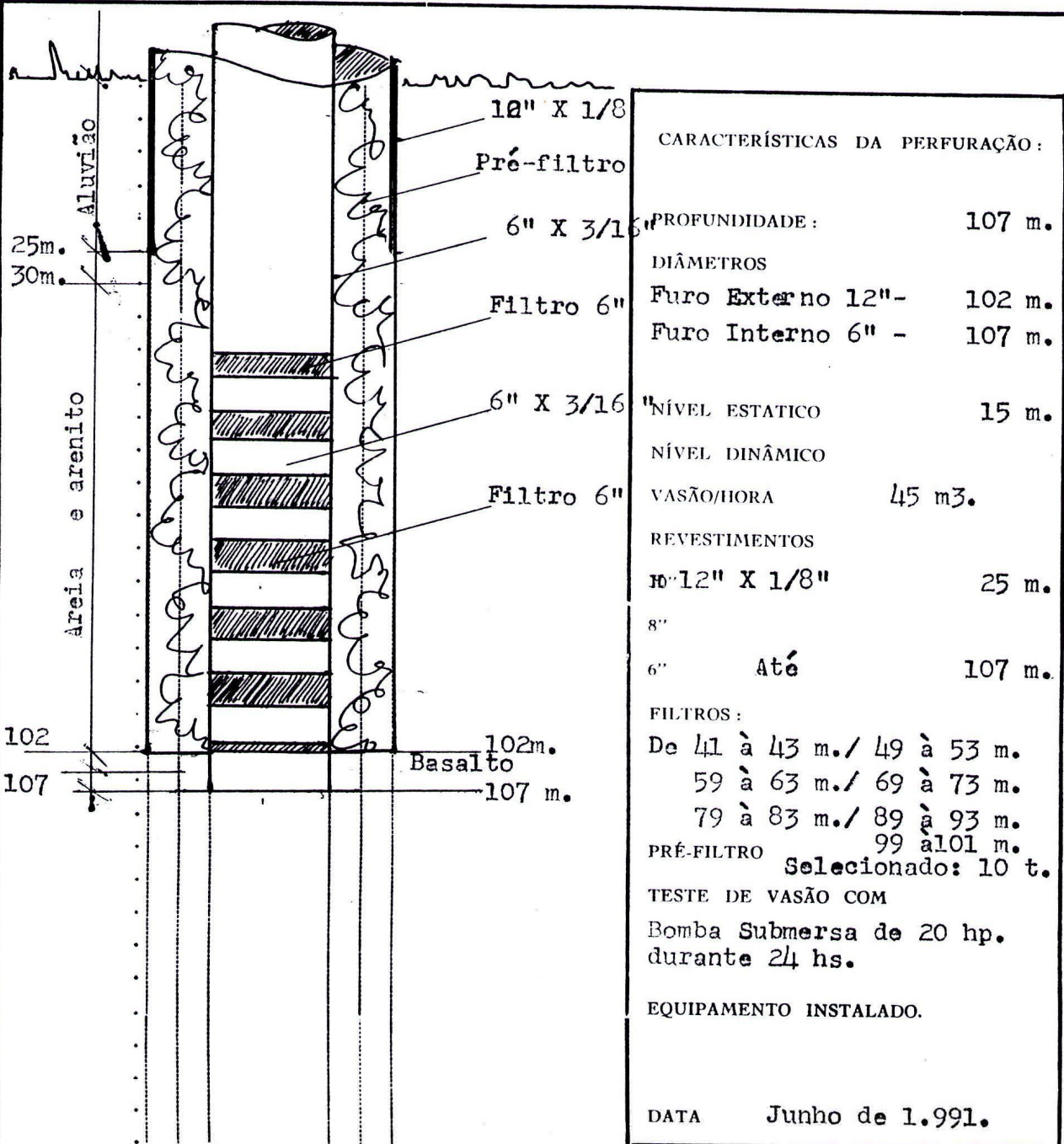
Rua Conselheiro Antonio Prado, 347 - Telefones (0195) 83-1107 e 83-2041  
CEP 13.690 - DESCALVADO - SP.

Inscrição Estadual 285008573

C G C 53387190/0001-95

CLIENTE: E M U R D - Empresa Municipal de Urbanização de Descalvado

ENDEREÇO: Av. Guerino Osvaldo, 446 - Descalvado - S.P. (Poço Morada I)





# HIDRO BELÉM POÇOS ARTESIANOS LTDA.

FONE (0195) 83-2303

Rua Manoel Ferreira Gaio, n.º 522 - Jardim Belém - DESCALVADO - SP.

C G C 56.934.532/0001-50

Inscr. Est 285.011.306.112

Cliente PREFEITURA MUNICIPAL DE DESCALVADO

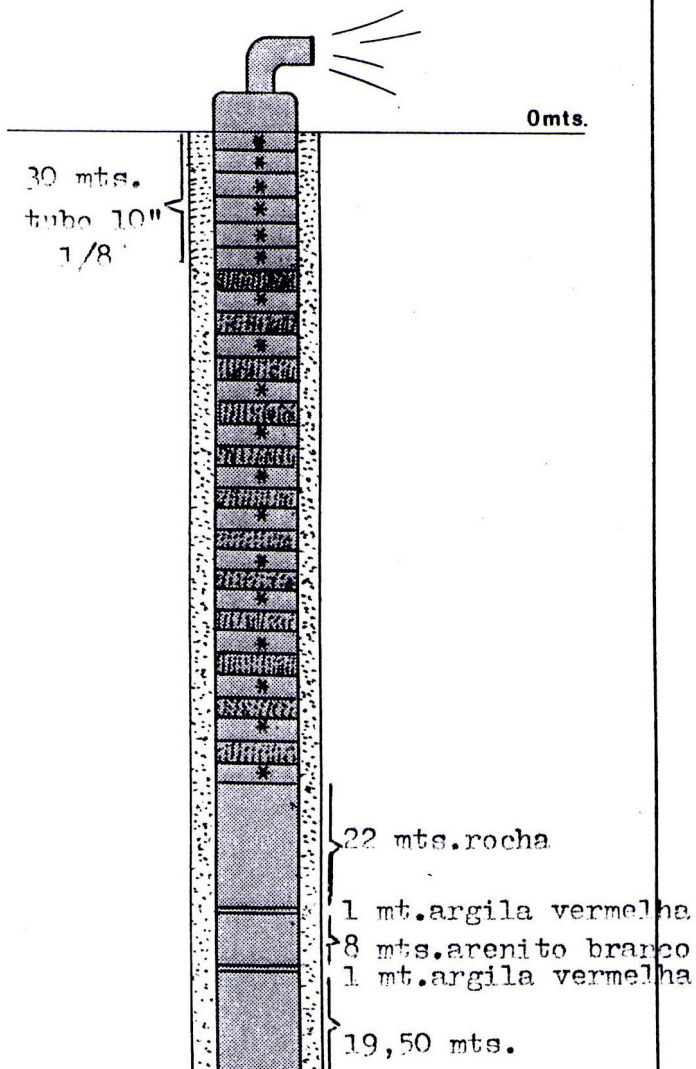
Endereço RUA DO MORADA DO SOL (Poço Morada II)

Cidade DESCALVADO-SP

Data 19 / 09 / 95

## PERFIL DE 1 POÇO SEMI-ARTESIANO

## CARACTERÍSTICAS DA PERFURAÇÃO



- 199,50 Mts. de profundidade
- Vazão: 35.000 l/h
- Bomba instalada a 132 mts. profund.
- Cano: 2,5"
- Cabo: 3 x 25

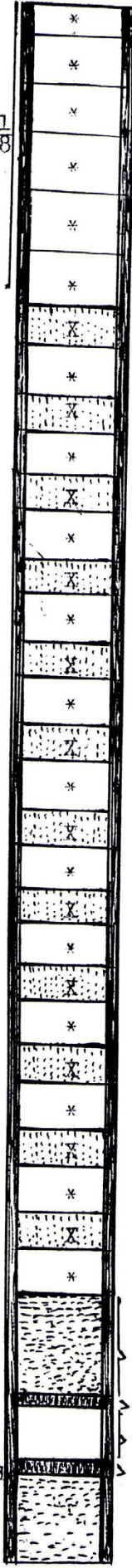
(\*) 104,50 mts. tubo de 6" 3/16

(\*\*\*) 48 mts. filtro de 6" 3/16

POÇO SEMI-ARTESIANO - PREFEITURA MUNICIPAL DESCALVADO-

(Poço Morada II)

30 mts. tubo de 10"  $\frac{1}{8}$



(\*) 104,50 mts. tubo 6" 3/16  
 (X) 43,00 mts. filtro 6" 3/16

148 mts. profundidade  
 > 22 mts. rocha  
 > 1 mt. argila vermelha  
 > 8 mts. argilite branco  
 > 1 mt. argila vermelha

180 mts. profundidade



# TRIPOL POÇOS ARTESIANOS LTDA.

CGCMF n.º 45.503.232/0001-09 -- Inscrição Estadual n.º 285.007.140

RUA FERNANDO GABRIELLI, N.º 110 - FONE (0195) 83-1794  
CEP 13.690 - DESCALVADO - ESTADO DE SÃO PAULO

Descalvado, 23 de dezembro de 1982.

Ilmos. Srs.

Dr. Cloves Huber, Hygino Carlos Ranciaro  
e José Romeo Mignai Monti  
Loteamento São Sebastião (Poço Nicola Gola)  
Descalvado - SP.

Prezados Senhores,

Relação dos serviços já executados em um -  
poço de propriedade de Vv.Ss. no Loteamento São Sebastião em  
Descalvado, até a data de 23 de dezembro de 1.982, a saber :-

75 mts. Perfuração em aluvião	CR\$ 4.000,00	300.000,00
45 mts. perfuração Basalto Ar.Pedra	CR\$ 7.000,00	315.000,00
25 mts. Tubos de 10 polegadas	CR\$ 5.000,00	125.000,00
23 mts. Filtros 06 Polegadas	CR\$ 5.000,00	115.000,00
64 mts. Tubos Liso 06 Polegadas	CR\$ 3.000,00	192.000,00
Pré Filtro	CR\$35.000,00	35.000,00
Transporte da Son	CR\$30.000,00	30.000,00

TOTAL 1.112.000,00

Sem outro particular para o momento, subscre  
vemo-nos, com elevada estima e apreço, mui,

Atenciosamente

TRIPOL - Poços Artesianos Ltda.



# Poços Artesianos Oliveira Ltda.

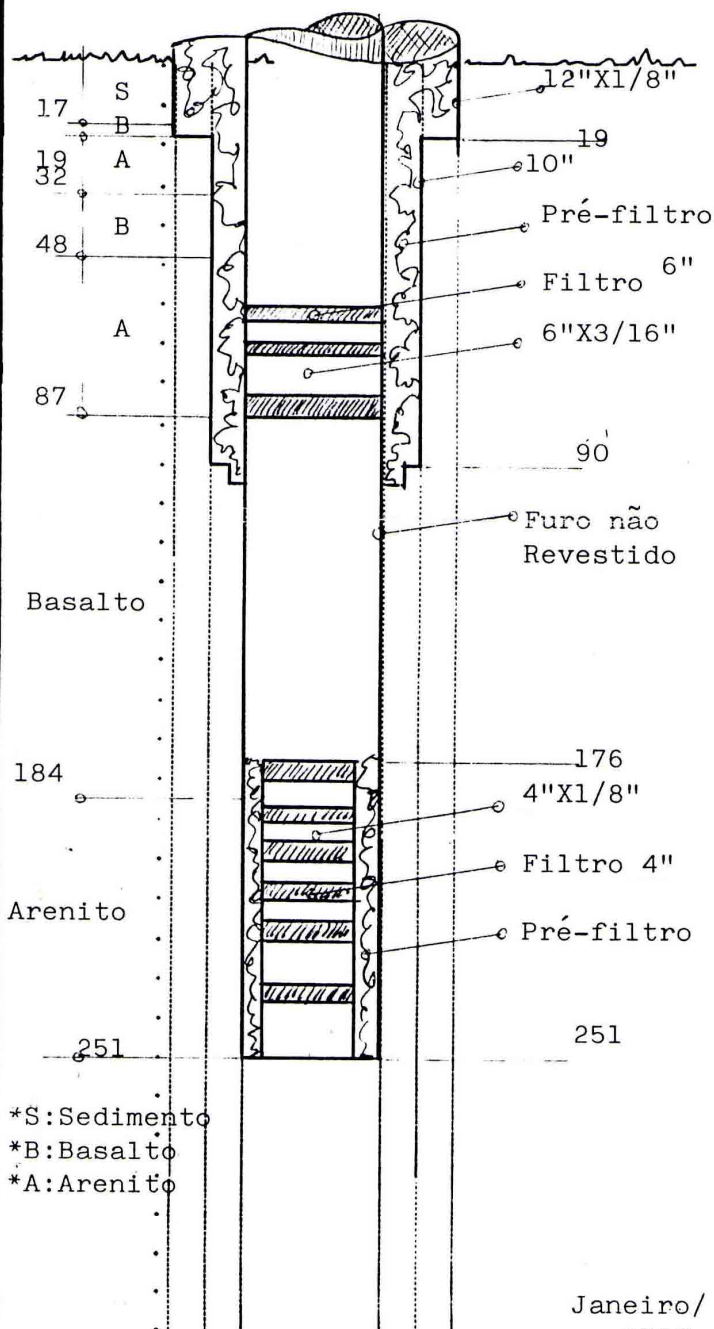
Rua Conselheiro Antonio Prado, 347 - Telefones (0195) 83-1107 e 83-2041  
CEP 13.690 - DESCALVADO - SP.

Inscrição Estadual 288008573

C G C 08.871.86/0001-95

CLIENTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE DESCALVADO

ENDEREÇO: BAIRRO SANTA CRUZ - DESCALVADO - SÃO PAULO (Poço Santa Cruz I)



\*S: Sedimento  
\*B: Basalto  
\*A: Arenito

## CARACTERÍSTICAS DA PERFURAÇÃO:

PROFUNDIDADE: 251 m

DIÂMETROS  
Até 19 m 12"  
De 19 a 90 m 10"  
De 90 a 95 m 7"  
De 95 a 251 m 6"

NÍVEL ESTÁTICO 60 m  
NÍVEL DINÂMICO 100 m  
VASÃO/HORA 20.000/l.

## REVESTIMENTOS

12" X 1/8" : até 18 m  
4" X 1/8" de 176 a 251 m  
6" X 3/16" até 87 m

## FILTROS:

6" X 3/16" : De 61 / 63 m  
De 69/71m De 89 / 87 m  
4" x 1/8" : 83 / 87 m

176/180; 186/190; 196/200; 206/210  
PRÉ-FILTRO 222/226; 232/238m.

## TESTE DE VASÃO COM

Compressor de ar e bomba Submersa . Vasão 22.000 l/h.

## EQUIPAMENTO INSTALADO.

Bomba submersa Leão modelo  
EP 5-A 12-30 hp. 220/380 v.  
à 140 m. Tubos de 3" galv.  
DATA e chave Compensadora

Janeiro/  
1993.



!!! - PERFIL GEOLÓGICO (Poço Santa Cruz II)

De ( m )	A ( m )	LITOLOGIA
00,00	04,00	Solo arenoso, de coloração marrom, textura areia média e inconsistente.
04,00	10,00	Solo arenoso, areia fina, vermelho, contendo seixos e inconsistente.
10,00	16,00	Conglomerado de quartzo, matriz areia fina e friável.
16,00	24,00	Arenito bege, fino a médio, mal selecionado e friável.
24,00	52,00	Arenito bege, fino, mal selecionado e friável.
52,00	56,00	Argila vermelho-escura, plástica, com manchas brancas e esverdeadas.
56,00	60,00	Arenito vermelho, grosso, mal selecionado e friável.
60,00	62,00	Diabásio.
62,00	66,00	Arenito branco, fino a muito fino, mal selecionado e friável.
66,00	156,00	Diabásio de coloração cinza-escuro, afanítico, maciço e intercalado com uma lente dos 151 aos 152.
156,00	169,00	Arenito bege, fino a muito fino, argiloso e friável.
169,00	178,00	Diabásio.
178,00	205,00	Arenito marrom-claro, fino subarredondado, apresentando média e friável.
205,00	237,00	Diabásio.
237,00	253,00	Arenito vermelho, fino, subarredondado, apresentando média seleção e friável.
253,00	280,00	Arenito vermelho, subarredondado, mal selecionado, contendo porções argilosas e friável.

IV - PERFIL ESTRATIGRÁFICO

De (m)	A (m)	Grupo ou Formação	Código
0,00	66,00	Formação Santa Rita do Passa Quatro/Pirambóia.	
66,00	156,00	Formação Serra Geral.	
156,00	169,00	Formação Pirambóia.	
169,00	174,00	Formação Serra Geral.	
174,00	205,00	Formação Pirambóia.	
205,00	237,00	Formação Serra Geral.	
237,00	280,00	Formação Pirambóia.	