



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DOS
CAMPOS, RIBEIRÃO PRETO-SP:

Base de Dados Geológicos e Geotécnicos na Elaboração
de Cartografia Ambiental

JARBAS ZANON

Orientador: Prof. Dr. Pedro Wagner Gonçalves

Janeiro de 2006



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

**MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DOS
CAMPOS, RIBEIRÃO PRETO-SP:**

**Base de Dados Geológicos e Geotécnicos na Elaboração
de Cartografia Ambiental**

JARBAS ZANON

Trabalho de conclusão de curso apresentado dia 31 de Janeiro de 2003, para obtenção do título de Bacharel em Geologia pelo Instituto de Geociências da Unicamp.

**Comissão Examinadora:
Prof. Dr. Carlos Alberto Lobão da Silveira Cunha
Profa. Dra. Yara Kulaif**

Janeiro de 2006

2001000097

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS	
N.º CHAMADA	
21712m	
V.	EX.
TOMBO BC/ 4300	
TOMBO JG/ 14	
PROC. 16-134-10	
C <input type="checkbox"/>	D <input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO R\$ 11,00	
DATA 05/01/90	
N.º CPD	

cad. lit. 480439

1. Bacias hidrográficas - Ribeirão Preto (SP)

Trabalho de conclusão de curso apresentado dia 31 de Janeiro de 2003, para obtenção do título de Bacharel em Geologia pelo Instituto de Geociências da Unicamp.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de alguma forma estiveram ao meu lado durante este empreitada.

Aos meus amigos das casas onde passei: Alf, Dani, Chupão, Alexandre, Anastásia, Ximú, Palpits, Lei, Zé, Jean, Fábio e especialmente aos meus grandes amigos da L2: Carlos, Marco, Kleber, Jean, Aderbhal, André e Juliano; obrigado pela força, conselhos, experiências trocadas, cervejadas, churrasgadas e feijoadas.

Agradeço ao pessoal do Bandeirão e da DAC: Derli, Baixinho, Bia, Sr. Valdevino, Dna. Luíza, Tia Alzira, Lígia, Norma, Cícida, Carlos, Seixas, Dna. Ildes, Santinha, Augusta, Judite, Lúcia, Juraci, Natalina, Véio, Sr. Zé, Beto, Guina, Amarildo, Mairinque, Derci, Sonia, Dna. Maria, Sr. Luís, Dna. Fátima, Dna. Teresa, Gerusa, Dna. Margô, Ronaldo, Ivone, Solange, Zilda, Marcinha, Cidinha, Ana Paula, Marcão, Wagner, Calimério, Jô e Toninho; pelo carinho que me acolheram e pela paciência.

Aos amigos que fiz na Unicamp: Sérgio, Rodrigo, Douglas, Fernanda, Priscila, Diana, Zé Nilson, Morte, Marcinha; obrigado pelos momentos de descontração e filosofia.

Agradeço especialmente aos meus amigos da Geologia 99: César, Ricardinho, Daniel, Brunão, Netão, Du Miranda, Juliano, Juliana, Mariane, Anne, Thelma, Ana Lícia, Fabíola e Carolina; aos meus amigos da Geografia 99: Carolina Joly, Rita, Camila, Fabíola Lana, Priscila, Wagnão, Rafael, Clayton; por me agüentarem cinco anos enchendo o saco, por me ajudarem nos momentos em que mais precisei, pelas ótimas risadas, piadas, cervejadas e besteiradas. Cinco anos juntos criaram laços indissolúveis.

Eu não conseguiria terminar meu trabalho a tempo senão fosse pela orientação e ajuda do Prof. Dr. Pedro Wagner Gonçalves que acreditou em mim quando eu não acreditava mais, obrigado Professor. Agradeço ao César pelo

ajuda na elaboração do Modelo Digital do Terreno e Mapa de Declividade e a Ana Lícia André Henrique pela paciência e disponibilidade de me auxiliar em diversos mapas que eu precisei elaborar, e também a colega Patrícia Piaia que com muita paciência me ajudou no fechamento do layout final do trabalho. Obrigado ao Prof. Dr. Carlos Alberto Lobão da Silveira Cunha e a Profa. Dra. Yara Kulaif, por aceitarem a analisar o meu trabalho mesmo estando parcialmente concluído.

Agradeço a Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto e ao Geólogo Maurício Melo Figueiredo pela disponibilização das fotografias aéreas e planilhas contendo os dados dos poços tubulares.

Agradeço ao financiamento recebido do CNPq e FAPESP.

Agradeço a Deus por abrir minhas portas e janelas e iluminar meu caminho sempre. Por me dar desafios para eu superar e assim crescer interiormente e espiritualmente.

Agradeço ao que eu tenho de mais importante, minha família. Meus pais: João e Nilza; meus irmãos: Danilo, João e Dalila; minha cunhada Flávia; meus sobrinhos: Natália, Marcelo e Flora. Sem o apoio de vocês não teria conseguido terminar meu curso. A toda minha família: tios e primos, muito obrigado.

E por fim, agradeço a minha esposa Eliana, pela paciência e carinho com que segurou as pontas enquanto eu terminava meu trabalho e ao tesouro que me foi dado, meu filho Miguel, que me trouxe alegria e força para dar continuidade a minha jornada.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 – Localização.....	07
Figura 6.1 – Mapa Índice das Bacias Sedimentares Brasileiras.....	15
Figura 6.2 – Arcos Estruturais e Litoestratigrafia da Bacia Sedimentar do Paraná.....	16
Figura 6.3 – Coluna Estratigráfica da Bacia Sedimentar do Paraná	23
Figura 7.2 – Mapa esquemático da localização do Aquífero Guarani.....	27
Figura 8.1 – Coluna Estratigráfica Esquemática da Microbacia do Córrego do Rego.....	34
Figura 8.2 – Modelo de Elevação Digital Sombreado da Microbacia Córrego do Rego	35
Figura 8.3 – Mapa de Declividade da Microbacia Córrego do Rego sobreposto ao Modelo de Elevação Digital Sombreado.....	36
Figura 8.4 – Dunas cobertas por basaltos, com forma original.....	37
Figura 9.1 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo.....	43

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Foto 5.1 – Angico sobre solo pouco desenvolvido de diabásio.....	10
Foto 8.1 – Aluvião do Córrego do Rego.....	30
Foto 8.2 – Aluvião do Córrego do Rego.....	30

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 7.1 – Descrição dos Poços Tubulares, Modificada do Departamento de Águas e Esgotos de Ribeirão Preto (DAERP).....	26
Tabela 9.1 – Descrição das Unidades Ambientais	44

LISTA DE ANEXOS

Anexo I – Mapa Geológico – Microbacia Córrego do Rego (formato digital)

Anexo II – Mapa de Perfil Geológico (formato digital)

Anexo III – Mapa Ambiental – Microbacia Córrego do Rego escala 1:10.000

SUMÁRIO

RESUMO.....	X
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVOS	3
3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	4
4 - LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	7
5 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DA REGIÃO.....	9
5.1 - CLIMA.....	9
5.2 - VEGETAÇÃO	9
5.3 - RELEVO.....	11
5.4 - SOLOS.....	12
6 - GEOLOGIA REGIONAL.....	13
6.1 - INTRODUÇÃO	13
6.2 - ORIGEM E EVOLUÇÃO	17
6.3 - ESTRATIGRAFIA.....	19
7 - CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO	24
8 - CARACTERÍSTICAS DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO REGO.....	28
8.1 - LITOESTRATIGRAFIA.....	28
8.1.1 - <i>DEPÓSITOS DE ALUVIÃO E COLÚVIO</i>	28
8.1.2 - <i>BASALTOS E DIABÁSIOS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL</i>	31
8.1.3 - <i>ARENITOS DA FORMAÇÃO BOTUCATU</i>	32
8.1.4 - <i>ARENITOS DA FORMAÇÃO PIRAMBÓIA</i>	33
8.2 - GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	37
9 - DISCUSSÃO E RESULTADOS	38
10 - RECOMENDAÇÕES	45
11 - CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

RESUMO

O município de Ribeirão Preto está passando por um processo acelerado de urbanização que se intensificou nas últimas décadas. A Fazenda Baixadão é um exemplo desta dinâmica, pois 52% da sua área foi urbanizada, sendo 42% de 1984 a 2003. A configuração da malha urbana em 2003 não mostrou tendências preferenciais de crescimento em relação à disposição da mancha urbana em 1984.

A microbacia pode ser dividida em 3 unidades litoestratigráficas: Depósito de Aluviões e Colúvios (Quaternário), Basaltos e Diabásios da Formação Serra Geral (Cretáceo) e Arenitos da Formação Botucatu (Jurássico). Em sub-superfície encontram-se os arenitos da Formação Pirambóia (Triássico).

As características de baixa condutividade e alto teor de argila para o solo basáltico o tornam bom dispersor de contaminantes e assim próprio para construção de fossas sanitárias e cisternas de infiltração, bons fornecedores de material para aterro, e apresentam baixo potencial à erosão. O arenito Botucatu apresenta alta condutividade hidráulica e baixa coesão, indicando riscos severos à contaminação do aquífero por efluentes domésticos, industriais e grande susceptibilidade à erosão. Os sedimentos inconsolidados dos aluviões e colúvios apresentam riscos a erosão, recalque, problemas de umidade nas obras civis e alto potencial à contaminação do lençol freático que se encontra próximo da superfície.

A interpretação dos dados acima fornece como a melhor área para a expansão urbana: as regiões de terra nua e áreas rurais no domínio da Formação Serra Geral. A urbanização sobre a Formação Botucatu precisa ser controlada e submetida a controles ambientais rígidos. As áreas de aluvião e colúvio são impróprias à urbanização.

E por fim, nos locais próximos aos mananciais e cursos d'água urbanizados a emissão de poluentes deve ser minimizada ao máximo e indica-se o reflorestamento com espécies nativas destas áreas. No entorno do restante da rede de drenagem o reflorestamento com espécies nativas também é indicado.

1 - INTRODUÇÃO

A escolha do local do presente estudo foi feita pelos professores do Grupo de Estudos *Ensino de Ciência do Sistema Terra e formação continuada de professores em efetivo* que conduzem o Projeto *Ensino de Ciência do sistema Terra e formação de professores* (apoiado pelo Programa Ensino Público da FAPESP, Programa Universal e Ciências Humanas do CNPq). Para conduzir suas atividades didáticas buscando integrar as disciplinas Geografia, História, Biologia e Matemática por meio do conteúdo geológico, esses professores optaram por examinar as características naturais e sociais de uma área do município onde coexistem, ainda, atividades rurais e urbanas. Este Trabalho de Conclusão de Curso é uma contribuição que pode propiciar atividades didáticas e estudos adicionais feitos pelos professores e seus alunos.

A cidade de Ribeirão Preto está situada na porção nordeste do Estado de São Paulo, com aproximadamente 642 km² de superfície e população de 504.923 habitantes, segundo censo de 2000 (fonte: <http://www.ribeiraopreto.sp.br>).

O município encontra-se em uma das regiões mais ricas do Estado de São Paulo apresentando um elevado padrão de vida e bons indicadores sociais. As principais atividades econômicas provêm das grandes áreas de cultivo de cana para produção de açúcar e álcool, cultivo de cítricos (laranja), agroindústrias, comércio e serviços. Somado a isso, Ribeirão Preto é um importante centro universitário do Brasil (Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani, 2004).

Nas últimas décadas iniciou-se em Ribeirão Preto um processo acelerado de urbanização (o qual ainda ocorre nos dias atuais) com intensificação das atividades produtivas agrícolas e industriais, aumentando significativamente a população urbana em relação a rural. A urbanização alterou a configuração da cidade trazendo consigo um conjunto de efeitos colaterais positivos e negativos.

A Fazenda Baixadão é um exemplo dessa dinâmica, pois grande parte da sua área foi urbanizada principalmente pela construção de conjuntos habitacionais

pelo poder público, loteamentos particulares e ocupações irregulares (favelas). Atualmente novos empreendimentos acham-se em construção ou em projeto.

O Plano Diretor de Ribeirão Preto e o zoneamento ambiental tem criado condições para o poder público implementar restrições legais à ocupação. É dada especial ênfase ao uso da água e a restrições de ocupação na área de afloramento da Formação Botucatu. Isso se acha vinculado ao abastecimento de água público e privado totalmente dependente de aquíferos.

A base geológica do levantamento ambiental que sustenta tais restrições acha-se apoiada em dados de escala regional (dados geológicos entre 1:50.000 a 1:40.000). A Microbacia do Córrego do Rego ou dos Campos está dentro dos limites territoriais da antiga Fazenda e constituiu o alvo de estudo deste trabalho que pretende indicar certo detalhamento geológico e geotécnico para auxiliar orientações locais mais precisas que possam ser adotadas pelo agentes públicos e privados.

2 - OBJETIVOS

Campanella et al. (2005) exemplificam como elaborar uma carta geotécnica em semi-detulhe apoiada em dados já disponíveis. Frequentemente regiões urbanas possuem dados geológicos e geotécnicos coletados para finalidades diversas (descrição de poços para explorar água subterrânea, sondagens para construção de edifícios, descrições de cortes para vias públicas, descrições de maciços rochosos para obras subterrâneas). A reunião dessas informações em uma única base constitui uma contribuição para ajudar o poder público e os agentes privados a tomar decisões sobre o uso do solo.

O trabalho tem por objetivos estudar a geologia da Microbacia do Córrego do Rego (antiga Fazenda Baixadão, Ribeirão Preto/SP). Baseando-se nessa informação pretende-se indicar características geotécnicas e hidrogeológicas do terreno e correlacioná-las às tendências do crescimento urbano da área.

Dessa maneira, deve-se chegar a recomendações para uso e restrições à ocupação em escala de semidetulhe.

Adota-se a microbacia de drenagem como unidade de estudo. Oliveira et al. (2005) assinalam que os estudos ambientais de microbacias não se restringem somente a problemas hidrológicos; essa unidade de análise pode ser usada para descrever vários aspectos do meio físico que permitem conduzir e caracterizar o ambiente e, a seguir, tomá-la como unidade de gerenciamento para planejamento do uso do solo.

O que fundamenta essa opção e objetivo é o conjunto de fenômenos relacionados ao ciclo da água. Tomados em seu sentido mais completo e complexo envolve todos os processos de circulação de águas superficiais e subterrâneas (recarga do aquífero, erosão, assoreamento, inundação, etc.).

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

A microbacia estudada corresponde a um trecho do município de Ribeirão Preto de urbanização tardia. Como será mostrado neste trabalho, parcela da área tinha ocupação predominantemente rural a cerca de 20 anos atrás. Áreas vizinhas, situadas a igual distância do centro da cidade (4 a 5 km) foram incorporadas ao perímetro urbano durante a década de 1970.

A urbanização tem sido controlada pela demanda de novas moradias e não há diretrizes específicas que considerem, de um lado, as características específicas do meio físico e, de outro, as tendências de urbanização na escala que ajude a definir parâmetros e recomendações do poder público para os agentes imobiliários.

Nos limites deste estudo, foram reunidos dados existentes que serviam a alvos muito distintos seguindo a abordagem exposta por Campanella et al. (2005) para formar um quadro preliminar que possa ser posteriormente detalhado.

Os materiais utilizados na elaboração do trabalho foram:

- Cartas Topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) na escala 1:10.000, edição 1992, folhas: Córrego Macaúbas / índice: SF-23-V-C-I-1-NE-E, Ribeirão Preto III / SF-23-V-C-I-1-SE-A, Ribeirão Preto IV / SF23-V-C-I-1-SE-B e Ribeirão Preto V / SF-23-V-C-I-1-NE-F;
- Fotografias aéreas: ano 1984 escala 1:8.000 (monocromática) e ano 2003 em formato digital na escala 1:35.000 (RGB);
- Dados de Poços Tubulares (Poços de Bombeamento) desativados e em operação cadastrados no Departamento de Água e Esgotos de Ribeirão Preto (DAERP), totalizando 16 poços dentro da Micro-Bacia do Córrego do Rego e 1 nas proximidades, executados entre os anos de 1930 e 1992.

O trabalho teve início com o levantamento bibliográfico (coleta e organização das informações contidas na literatura): livros, artigos, fotografias aéreas, cartas topográficas e dados dos poços tubulares.

A etapa seguinte ao Levantamento Bibliográfico foram as fotointerpretações das fotografias aéreas escala 1:8.000 utilizando Estereoscópio de Mesa, enfatizando a malha urbana de 1984 e contatos geológicos. A seguir foram plotados nas Cartas Topográficas os contatos geológicos, a Malha Urbana do ano de 1984, a localização de todos os poços tubulares disponibilizados pelo DAERP (16 dentro da área e 47 fora dela) e para cada poço traçou-se um perfil individual manual. No software Excel construiu-se tabelas agrupando e organizando os dados dos poços tubulares e após foram feitos dois perfis geológicos (longitudinal e transversal) introdutórios, com o objetivo de obter uma noção básica da geologia em sub-superfície.

A base sobre o qual foram confeccionados os Mapas de Uso e Ocupação do Solo, Geológico, Declividade e Ambiental foram as Cartas Topográficas Córrego Macaúbas, Ribeirão Preto III e Ribeirão Preto V, escala 1:10.000 do IGC. As cartas foram primeiramente digitalizadas em scanner de mesa, transferidas para o software ER-Mapper 7.0 onde foram georreferenciadas na Projeção UTM, Datum Córrego Alegre. O próximo passo foi a vetorização dos dados no software AutoCAD 2004.

Após o término da digitalização e vetorização das Cartas Topográficas as informações de sub-superfície foram expostas em quatro Perfis Geológicos construídos com os dados do Mapa Geológico e dos Poços Tubulares dentro do software AutoCAD 2004.

O passo seguinte consistiu no georreferenciamento das fotografias aéreas escala 1:35.000 utilizando-se os mesmos parâmetros e software ao das Cartas Topográficas. Na vetorização dos dados utilizou-se o software AutoCAD 2004 e dois Mapas foram gerados: Malha Urbana de 1984 e 2003. Com base no cruzamento de informações de ambos os Mapas foi produzido o Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Córrego do Rego.

A seguir, as curvas de nível vetorizadas no AutoCad 2004 foram transformadas em uma planilha de pontos (coordenadas, altitude) pelo software Dxfxyz 2.0. O arquivo foi exportado para o programa Surfer 8.0 que interpolou os pontos pelo método da mínima curvatura criando um grid de dados. O grid foi exportado para o software ER-Mapper 7.0 que gerou o Modelo digital do Terreno ou Modelo de Elevação Digital Sombreado (MDT). O MDT foi submetido a um filtro e obteve-se o Mapa de Declividade. Os dois Mapas foram exportados para o programa Arc-Map, onde receberam o layout final.

A última etapa do trabalho consistiu na integração e análise dos dados dos Mapas: Geológico, Uso e Ocupação do Solo e de Declividade. As conclusões estão expostas na Tabela de Unidades Ambientais e Mapa Ambiental da Microbacia Córrego do Rego.

Os produtos gerados foram:

- Mapa Geológico – Microbacia Córrego do Rego em formato digital (originalmente escala 1:10.000);
- Perfis Geológicos em formato digital (originalmente escala 1:10.000);
- Mapa de Uso e Ocupação do Solo;
- Modelo de Elevação Digital;
- Mapa de Declividade;
- Mapa Ambiental – Microbacia do córrego do Rego na escala 1:10.000.

As informações reunidas foram discutidas, concluídas e apresentadas no Relatório corrente.

O principal acesso a Microbacia a partir do centro de Ribeirão Preto se dá pela Avenida D. Pedro I.

5 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DA REGIÃO

5.1 - Clima

A cidade de Ribeirão Preto e região é caracterizada por Clima Tropical, com verões chuvosos e invernos secos. A temperatura média anual para o verão é de 25°C e para o inverno de 19°C. A pluviosidade média anual é de 1.426,00 mm, com a umidade relativa média anual em 71% (fonte: <http://www.ribeiraopreto.sp.gov.br>).

A distribuição da pluviosidade é marcada pela irregularidade. As precipitações se concentram de dezembro a março (estação chuvosa), período em que precipita mais de 70% do total anual. Levantamento de Lázaro Valentin Zuquette (informação oral) revela, ainda, presença de máximos excepcionais, em 40 anos foram registrados 8 dias em que a chuva diária variou de 120 a mais de 160 mm.

5.2 - Vegetação

Henriques (2003) faz um levantamento em 99 remanescentes florestais dos 101 existentes em Ribeirão Preto e constata a existência de quatro grupos de vegetação: Mata Mesófila, Mata Descídua, Mata Paludícola e Cerrado, (fonte: <http://www.teses.usp.br>).

A distribuição dessa vegetação natural é coerente com as características climáticas e os informes regionais sobre solos. Nos limites deste trabalho interessa assinalar que as manchas de Cerrado acham-se sobre solos pobres e, ou, pouco espessos. Resquícios existentes na microbacia do córrego estudado em cambissolos (rocha alterada de basalto) indicam o fenômeno (Foto 5.1).

Matas melhor desenvolvidas acham-se limitadas a topos elevados e planos, relevo associado ao esculpimento de cuestas sobre basaltos (como se tratado a seguir).

5.3 - Relevo

Para melhor caracterizar o relevo da microbacia do córrego do Rego tomou-se o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo em escala 1:1.000.000 que, por sua vez, acha-se apoiado na classificação geomorfológica elaborada por Almeida (1964). Apesar da existência de informações geomorfológicas regionais mais recentes, considera-se que os elementos citados são mais informativos sobre problemas geotécnicos esperados e fornecem informes que ajudam a construir um modelo dinâmico para a evolução do relevo local.

De acordo com a proposta de Almeida (1964:20) o estado de São Paulo foi dividido em cinco províncias Geomorfológicas: Planalto Atlântico, Planície Costeira, Depressão Periféria, Cuestas Basálticas e Planalto Ocidental. Tais províncias foram mantidas pelo Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981).

Ribeirão Preto encontra-se na província geomorfológica das Cuestas Basálticas no domínio de Colinas Amplas, onde predominam declividades até 15%, amplitudes locais inferiores a 100 m, interflúvios com áreas superiores a 4 km², topos planos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos e convexos. Drenagem de baixa densidade, padrão sub-dendrítico, vales abertos, planícies aluvionares interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes e intermitentes (IPT, 1981).

As altitudes máximas alcançam 700 metros e os fundos de vale dos córregos principais têm um nível de base de 500 m (fonte: <http://www.abagrp.cnpm.embrapa.br>).

Os topos planos, elevados, com área de alguns quilômetros quadrados, acham-se suportados por camadas de basalto em patamar nitidamente mais baixo que o topo da cuesta (em Cravinhos alcança 900 m de altitude). Correspondem a testemunhos de antigo nível de base que foi esculpido na região.

Esses topos foram fortemente sulcados pela bacia de drenagem até o nível de base local próximo aos 500 m de altitude que corresponde ao trecho médio e final do Rio Pardo.

5.3 - Relevo

Para melhor caracterizar o relevo da microbacia do córrego do Rego tomou-se o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo em escala 1:1.000.000 que, por sua vez, acha-se apoiado na classificação geomorfológica elaborada por Almeida (1964). Apesar da existência de informações geomorfológicas regionais mais recentes, considera-se que os elementos citados são mais informativos sobre problemas geotécnicos esperados e fornecem informes que ajudam a construir um modelo dinâmico para a evolução do relevo local.

De acordo com a proposta de Almeida (1964:20) o estado de São Paulo foi dividido em cinco províncias Geomorfológicas: Planalto Atlântico, Planície Costeira, Depressão Periféria, Cuestas Basálticas e Planalto Ocidental. Tais províncias foram mantidas pelo Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981).

Ribeirão Preto encontra-se na província geomorfológica das Cuestas Basálticas no domínio de Colinas Amplas, onde predominam declividades até 15%, amplitudes locais inferiores a 100 m, interflúvios com áreas superiores a 4 km², topos planos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos e convexos. Drenagem de baixa densidade, padrão sub-dendrítico, vales abertos, planícies aluvionares interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes e intermitentes (IPT, 1981).

As altitudes máximas alcançam 700 metros e os fundos de vale dos córregos principais têm um nível de base de 500 m (fonte: <http://www.abagrp.cnpm.embrapa.br>).

Os topos planos, elevados, com área de alguns quilômetros quadrados, acham-se suportados por camadas de basalto em patamar nitidamente mais baixo que o topo da cuesta (em Cravinhos alcança 900 m de altitude). Correspondem a testemunhos de antigo nível de base que foi esculpido na região.

Esses topos foram fortemente sulcados pela bacia de drenagem até o nível de base local próximo aos 500 m de altitude que corresponde ao trecho médio e final do Rio Pardo.

Na região, o córrego Ribeirão Preto e seus afluentes (um deles é córrego do Rego) em poucos quilômetros o nível de base é atingido. Desse modo, observa-se um padrão de rios cujo alto curso possui vales em V correndo sobre basaltos mas logo passam a vales amplos, assoreados por depósitos de aluvião (cotas entre 510 e 520 m) para alcançar várzeas amplas próximas dos 500 m de altitude sobrepostas aos arenitos da Formação Botucatu.

Tal padrão denuncia o rápido afastamento e erosão das vertentes que deve ter ocorrido em clima úmido nos últimos milhares de anos, clima semelhante ao que se observa no presente.

Essa dinâmica indica que devemos esperar depósitos coluvionares deixados pelo recuo da vertente. Além disso, áreas sujeitas à inundação, bem como o desencadeamento de processos erosivos e de ravinamento nos dias de chuvas concentradas.

5.4 - Solos

Segundo o “Mapa Pedológico do Estado de São Paulo” para a região de Ribeirão Preto, a classe de solos dominantes em relevo pouco declivoso são os Latossolos. Ocorrem solos mais rasos em regiões com declives maiores como os Cambissolos e os Neossolos Litólicos. Em fundos de vales e nas várzeas podem ser encontrados principalmente Gleissolos, Organossolos, Cambissolos, Neossolos Flúvicos e Planossolos (fonte: <http://www.abagr.p.cnpm.embrapa.br>).

Em virtude da escala regional, essa classificação dos solos despreza elementos geotécnicos que são relevantes para as características que precisam ser consideradas na ocupação urbana.

6 - GEOLOGIA REGIONAL

6.1 - Introdução

Geograficamente a Bacia do Paraná estende-se por mais de 1.600.000 km² cobrindo na sua grande maioria o território Brasileiro com aproximadamente 1.000.000 km²; abrangendo parcialmente os estados de: São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Sul de Goiás e pequena parte do Sudoeste de Minas Gerais (Petri & Fúlfaro, 1983). O restante está dividido entre os países do: Paraguai, Uruguai e Argentina (Zalán *et al.*, 1990) (Figura 6.1). A Bacia limita-se, nos lados nordeste, noroeste, oeste, sudoeste e sul por arcos estruturais dispostos paralelamente às suas bordas. A surgimento e evolução dos arcos estruturais são respostas aos eventos tectônicos sofridos nas bordas do escudo durante a história evolutiva do paleocontinente Gondwana. Além da função limitrofe, os arcos tectônicos, para alguns autores, promoveram diferenças significativas no regime de sedimentação, podendo com isso subdividir a bacia em sub-bacias (Figura 6.2).

As rochas sedimentares e vulcânicas da Bacia do Paraná foram depositadas sobre uma vasta área de escudo do recém construído continente Gondwana ocidental. Tal supercontinente era composto de vários núcleos cratônicos, rodeados por cinturões móveis orogênicos e dispersamente cobertos por remanescentes de bacias de antepaís, de natureza molássica, todos formados durante o ciclo Brasileiro. Este ciclo foi um importante evento tectono-magmático, durante o qual a colisão de diversos núcleos cratônicos, junto com seus prismas sedimentares adjacentes, levou a formação do Gondwana. A deformação decorrente deste ciclo teve início a 700-650 Ma (Proterozóico Superior), sendo que a maior parte da granitogêne se situou-se entre 610-580 Ma (limite entre o Proterozóico e o Fanerozóico), enquanto o resfriamento ocorreu no Cambro-Ordoviciano (500-450 Ma) (Zalán *et al.*, 1990).

A Bacia do Paraná é uma Bacia intracratônica. Segundo Milani & Ramos (1998) o conceito de "bacia cratônica" implica em uma região de sedimentação

suportada por um embasamento consolidado, um domínio crustal caracterizado por elevada resistência a esforços originados em margens de placas. De acordo com Milani (2004): *“Bacias Intracratônicas ocorrem no interior continental, distantes de margens de placas. Elas são ovais em plantas e têm forma de pires em seção. Bacias intracratônicas têm a crosta continental como substrato, e em muitos casos encontra-se sobrepostas a riftes abortados ou fósseis. A evolução destas bacias envolve uma conjugação e sucessão de processos que incluem distensão continental, subsidência térmica de amplas regiões e reajustes isostáticos tardios”.*

6.2 - Origem e Evolução

Milani (2004) proporciona uma boa visão da discussão dos mecanismos responsáveis pela origem e evolução da Bacia do Paraná, pois revisa o estudo de diversos autores. Abaixo há um resumo dos pontos principais para fornecer uma idéia dos processos ocorridos na região.

Alguns autores relacionam o desenvolvimento de Bacias do tipo Paraná a processos de estiramento litosféricos e subsidência térmica (Hoffman, 1989 *apud* Milani, 2004). Outros, às mudanças na distribuição de temperaturas na litosfera com o desenvolvimento de plumas astenosféricas descendentes que resultariam em subsidência na superfície (Middleton, 1990 *apud* Milani, 2004). Há propostas de mecanismos de flexura intracontinental como resposta a carregamentos tectônicos em bordas de placas, subsidência relacionada a propagação de esforços horizontais na litosfera, transformação de fase e sobrecarga subecrustal, além de soerguimento térmico da crosta e erosão subaérea seguido de subsidência, modelos esses discutidos por Leighton e Kolata (1990) *apud* Milani, 2004.

Zalán *et al.* (1990) atribuíram a origem da bacia a fenômenos de resfriamentos litosféricos a partir de uma região normalmente aquecida durante o ciclo Brasileiro, embora não descartassem a possibilidade de um episódio de estiramento crustal como promotor da subsidência inicial da sinéclise. Foi mapeada por eles a área da ocorrência de um “*rifte inicial*”, na forma de uma calha estreita orientada a N-S, acomodando a Formação Basal Rio Ivaí (Zalán *et al.*, 1987, *apud* Milani, 2004). Para Soares (1991, *apud* Milani, 2004), “*não há indicações de um grande rifte precursor que explicasse a origem da bacia por evento de estiramento litosférico*”. Soares admite um mecanismo de flexura litosférica com um precoce abatimento de blocos, na forma de grábens, para acomodar o “*primeiro ciclo cratônico*” da bacia, iniciado no Neo-Ordoviciano.

As hipóteses existentes estão apoiadas num conjunto de lineamentos derivados de dados regionais de gravimetria e magnetometria, sendo que os aspectos genéticos e cronológicos não podem ser adequadamente estabelecidos.

Milani (2004) continua a discussão expondo as idéias de evolução da Bacia relacionadas aos fenômenos ocorridos na margem oeste do Gondwana durante o Paleozóico. Sanford & Lange (1960 *apud* Milani, 2004) foram os pioneiros a relacionar os ciclos de erosão e sedimentação a eventos tectônicos ocorridos junto à borda ativa do paleocontinente, no entanto erraram conceitualmente, ao representar num mesmo momento evolutivo, a Bacia do Paraná Paleozóica e o Orógeno Andino, Cenozóico. Almeida et al. (1980 *apud* Milani, 2004) afirmaram que a Bacia do Paraná desenvolveu-se “*sem dependência direta dos fenômenos evolutivos de que resultou a faixa de dobramentos da cadeia Andina*”; portanto como unidade geotectônica autônoma.

Zalán (1991 *apud* Milani, 2004) corrobora com a idéia de a evolução da Bacia do Paraná estar intimamente relacionada a eventos tectônicos ocorridos nas bordas do supercontinente, sendo a causa de soerguimentos no interior do Gondwana gerando regressões marinhas com forte afluxo de arenitos e desenvolvimento de discordâncias inter-regionais. Já Assine (1996 *apud* Milani, 2004) contradiz as idéias de Zalán declarando: “*as orogenias não mostram, necessariamente, correspondência biunívoca com discordâncias nas bacias intracratônicas*”. Para o autor houve uma correlação temporal da subsidência Ordoviciano-Siluriana e Devoniana da Paleobacia com “*épocas de compressão e orogênese na região pré-andina*”.

O trabalho de Marques et al. (1993) *apud* Milani (2004) deu maior confiabilidade à existência de um “rifte central”, apoiados em dados geofísicos regionais (gravimétricos, magnetométricos, sísmica de reflexão, com apoio de material litoestratigráfico de poços profundos) expresso por uma depressão pré-devoniana limitado por falhamentos normais e internamente compartimentado por uma série de altos e baixos estruturais. Milani (1997) e Milani & Ramos (1998) *apud* Milani, 2004 destacaram que durante o Neo-Ordoviciano, a margem do paleocontinente era submetida aos processos geodinâmicos ligados à colisão do terreno Pré-Cordilherano, denominado de Orogenia Ocloyca (Ramos, 1998, *apud* Milani, 2004). Isso implica a atuação de um campo regional compressivo capaz de reativar as descontinuidades de um substrato antigo que acomodaram os

depocentros iniciais da sedimentação. A subsidência inicial seria transtensiva; os grábens assim originados, correspondentes ao "rifte central" de Marques et al. (1993), *apud* Milani (2004), orientaram-se pela trama Brasileira SW-NE (Almeida et al., 1980, *apud* Milani, 2004) e acomodaram o pacote inicial da Bacia do Paraná a Supersequência Rio Ivaí.

O poço Três Lagoas-MS amostrou uma seção de fundamental significado ao entendimento da implantação da Bacia do Paraná. Em nível estratigráfico da Supersequência Rio Ivaí a perfuração encontrou um corpo basáltico, fortalecendo a hipótese do regime de reativação transtensiva de descontinuidades crustais favorecendo localmente a geração de magmas. O basalto foi datado (York, 2003, *apud* Milani, 2004) na idade de 443 ± 10 Ma, pela técnica Ar/Ar em plagioclásios, marcando aí o evento que deu início à Bacia do Paraná.

Em síntese, a evolução tectono-sedimentar da Bacia do Paraná está relacionada às reativações sofridas pelas zonas de fraqueza existentes no embasamento cristalino (Zalán et al., 1990), assim os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná parecem configurar a resposta intraplaca à geodinâmica particular da margem sul-ocidental do Continente Gondwana (Milani & Ramos, 1998).

6.3 - Estratigrafia

A sedimentação na Bacia do Paraná ocorreu no intervalo de maior estabilidade da Plataforma Sul-Americana entre 450 Ma a 65 Ma. Em linhas gerais os estratos apresentam grandes extensões e baixo ângulo de mergulho.

Tomamos uma coluna recente para servir de referência para este levantamento. A divisão proposta por Milani & Ramos (1998) e Milani (2004) a qual o arcabouço estratigráfico da Bacia do Paraná está dividido em 6 supersequências separadas por discordâncias regionais que constituem hiatos na sedimentação, são elas: Supersequência Rio Ivaí, Paraná, Gondwana I, Gondwana II, Gondwana III e Bauru (Figura 6.3).

A Supersequência Rio Ivaí compreende as rochas mais antigas da Bacia do Paraná (Neo-Ordoviciano ao Eo-Siluriano). A sedimentação ocorreu dentro de um imenso golfo formado pela subsidência intraplaca inicial da Bacia, sendo, portanto, de caráter marinho transgressivo. Os sedimentos apresentam espessuras variáveis com uma tendência de espessamento para oeste alcançando cerca de 1.000 metros na porção Paraguaia. Dados de sísmica revelam que a parte mais espessa encontra-se depositada sob um sistema de grábens SW-NE (Milani & Ramos, 1998).

Na base da Supersequência estão os conglomerados da Formação Alto das Garças. Acima estão os diamictitos da Formação Iapó e os folhelhos fossilíferos e siltitos da Formação Vila Maria (ponto máximo da transgressão) que fecham o ciclo de sedimentação.

O topo da Supersequência é caracterizado por uma discordância erosiva na qual se assentam os litotipos da Supersequência Paraná.

A Supersequência Paraná é datada do Devoniano e representa um ciclo transgressivo-regressivo. Os primeiros sedimentos são os depósitos areno-conglomeráticos continentais a transicionais da Formação Furnas (Eo-Devoniano) recobertos pelos sedimentos marinhos fossilíferos siltico-argilosos da Formação Ponta Grossa (Eo-Devoniano ao Neo-Devoniano) que representam o máximo da inundação devoniana na Bacia.

O pacote devoniano no Brasil apresenta espessura máxima da ordem de 850 metros chegando a atingir alguns milhares de metros em territórios argentinos e bolivianos (Milani, 2004).

O limite superior da Supersequência Paraná é marcado por uma superfície de discordância em ampla escala que a separa da deposição dos sedimentos da Supersequência Gondwana I em uma lacuna de aproximadamente 55 Ma.

O ciclo Carbonífero-Eotriássico (Supersequência Gondwana I) inicia-se com a sedimentação do Grupo Itararé num ambiente de degelo da calota gondwânica atingindo espessura máxima de 1.500 metros. Os litotipos deste Grupo são

constituídos em sua grande maioria por diamictitos intercalados a arenitos glácio-terrestres na base, passando para glácio-marinhos (Milani & Ramos, 1998).

Os depósitos equivalentes em tempo ao Grupo Itararé à metade setentrional da Bacia são predominantemente continentais (Formação Aquidauana). No Eo-permiano o nível do mar cobriu toda a bacia, no entanto, uma importante retrogradação é registrada nos arenitos dos pacotes deltáicos da Formação Rio Bonito. Encerrado esse aporte, os sedimentos voltam a indicar transgressão marinha o qual atinge um máximo na deposição dos folhelhos betuminosos da Formação Irati. O mar começa a regressar depositando o último pacote marinho da Formação Corumbataí (Zalán *et al*, 1990), constituídos principalmente por siltitos e argilitos com intercalações de arenitos finos (Petri & Fúlfaro, 1983).

A partir do Mesozóico as seqüências são estritamente continentais em ambientes lacustres com predominância fluvio-eólicas das Formações Pirambóia, Rio do Rastro e Sanga do Cabral com sedimentos areníticos intercalado a pelitos.

A Supersequência Gondwana II (Meso-Triássico ao Neo-Triássico) é restrita á porção gaúcha da Bacia do Paraná e depositou-se sobre uma área particular que sofreu um mecanismo distensivo de subsidência. O ambiente deposicional do pacote foi continental flúvio-lacustre, composto por arenitos, arenitos conglomeráticos e pelitos fossilíferos da Formação Santa Maria (Milani, 2004).

A Supersequência Gondwana III (Neo-Jurássico ao Eo-Cretáceo) é estritamente continental e na sua base está a Formação Botucatu, composta predominantemente por arenitos avermelhados com abundantes estratificações cruzadas de grande porte, reflexo do grande deserto que se instalou no Mesozóico na Bacia do Paraná e nas outras bacias intracratônicas Brasileiras.

A Formação Botucatu apresenta espessura que raramente ultrapassa os 100 metros e estende-se por toda a Bacia do Paraná. O contato inferior da Formação é discordante sobre o embasamento e as Formações Furnas, Ponta Grossa e Aquidauana. A passagem da Formação Pirambóia para os arenitos

eólicos da Formação Botucatu é considerada concordante para a maioria dos autores.

Esse imenso deserto foi coberto pelo maior derrame continental de lavas basálticas já registrado no planeta, denominado de Formação Serra Geral (Eo-Cretáceo). O magmatismo Serra Geral está ligado ao rifteamento e ruptura do Palecontinente Gondwana Ocidental. A espessura das lavas atinge até 2.000 metros e intercalados aos derrames podem ocorrer camadas de arenito intertrapeano. A grande maioria dos derrames é de natureza básica, no entanto em menor escala ocorrem derrames ácidos e intermediários.

Em discordância erosiva com as lavas da Formação Serra Geral está depositada a Supersequência Bauru (Eo-Cretáceo ao Neo-Cretáceo) no último evento de subsidência da Bacia. No pacote deposicional predominam sedimentos areno-conglomeráticos continentais em ambiente alúvio-fluvial (Grupo Bauru) e eólico (Grupo Caiuá) que abrangem uma área de aproximadamente 400.000 km².

7 - CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

A Microbacia do Córrego do Rego encontra-se sobre dois aquíferos, o Aquífero Serra Geral e o Aquífero Botucatu.

De acordo com Manoel Filho (1997), denomina-se aquífero a uma formação geológica que contém água e permite que quantidades significativas dessa água circulem em seu interior naturalmente.

O Aquífero Serra Geral e o Aquífero Botucatu possuem características distintas:

- Aquífero Serra Geral: constituído pelas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral (predominantemente basaltos) e está relacionado principalmente a zonas de fraturas e subordinadamente a topo e base de derrames e de sedimentos *inter-trapps*. Tem extensão segundo a área de ocorrência da Formação Serra Geral, cerca de 75% da superfície de cobertura da Bacia do Paraná (Marques & Ernesto, 2004), sendo na Microbacia, 82% da formação aflorante (Anexo I).

FIPAI (1998) indica resultados de ensaios de condutividade hidráulica realizados na região de Ribeirão Preto. Os ensaios sugerem as seguintes condutividades horizontais: 4,38 E-6 cm/s a 1,35 E-4 cm/s para latossolo escuro; 3,05 E-6 cm/s para o solo de alteração e 5,26 E-6 a 2,31 E-5 cm/s para o solo argiloso próximo do Córrego do Rego.

- Aquífero Botucatu: constituído pelas rochas areníticas eólicas da Formação Botucatu, quando somados no território brasileiro aos arenitos flúvio-lacustre/eólicos da Formação Pirambóia e Sanga do Cabral (Região Sul) é denominado Aquífero Guarani (Araújo *et al.*, 1995).

O Aquífero Guarani (Figura 7.2) é um dos principais reservatórios de água doce do mundo e estende-se para além da fronteira nacional englobando mais três formações (Tacuarembó, Buena Vista e Misiones) e atingindo os territórios

do Uruguai, Argentina e Paraguai, cobrindo uma área total de 1.195.500 km², sendo que 839.800 km² estão dentro do Brasil (Carneiro *et al.*, 2004).

As características hidrogeológicas do aquífero variam dentro da bacia. Estas variações estão associadas à mudança no ambiente de deposição, da evolução estrutural da bacia e o tempo de residência das águas (Araújo *et al.*, 1995).

Manoel Filho (1997) denomina de Aquífero Confinado, aquele Aquífero cuja pressão da água no topo é maior do que a pressão atmosférica. Na área de estudo, o Aquífero Guarani tem caráter confinado nos locais onde a Formação Botucatu se encontra capeada pelos basaltos, e caráter livre na região de afloramento dos arenitos (Tabela 7.1 e Anexo 1 e 2).

Dados gerais do Aquífero para sua porção confinada registram valores médios de coeficiente de permeabilidade da ordem de 3 metros/dia, coeficiente de armazenamento entre 10⁻⁴ e 10⁻⁶, porosidade efetiva de 15% e velocidades de fluxo de 0,75 a 0,5 cm/dia (Rocha, 1997 *apud* Carneiro *et al.*, 2004).

8 - CARACTERÍSTICAS DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO REGO

A Microbacia Hidrográfica do Córrego do Rego está situada na região norte do município de Ribeirão Preto, entre as coordenadas UTM 208048,4569E 7663417,4652N (superior direita) e 204217,6805E 7657444,4980N (inferior esquerda) e possui área de aproximadamente 18,577 km². A altitude máxima chega na casa dos 677 metros na porção sudoeste (limite da área) e a mínima cerca dos 505 metros à nordeste (Figura 8.1).

O Córrego do Rego ou dos Campos é afluente da margem esquerda do Ribeirão Preto e sua rede de drenagem possui cerca de 12.000 metros de extensão e segundo dados do Departamento de Água e Esgotos de Ribeirão Preto (DAERP) a vazão média do córrego está em 37 l/s e a vazão mínima em 8,7 l/s.

8.1 - Litoestratigrafia

A Microbacia do Córrego do Rego pode ser dividida em 4 Unidades Litoestratigráficas: Quaternário - Aluviões e Colúvios, Cretáceo - Formação Serra Geral, Jurássico - Formação Botucatu e Triássico - Formação Pirambóia (Figura 8.2).

8.1.1 - Depósitos de aluvião e colúvio

A unidade quaternária é composta por sedimentos clásticos não consolidados representada pelos aluviões e colúvios.

Os sedimentos aluvionares encontram-se nas áreas de várzea do Ribeirão Preto e Córrego do Rego.

A maior parcela do aluvião está distribuída na região de inundação do Ribeirão Preto nas cotas mais baixas do terreno, em torno de 505 m e 510 m aproximadamente (Figura 8.1). Estima-se que profundidade máxima dos

sedimentos esteja por volta de 10 a 15 m nas regiões próximas da calha (Anexo II).

O segundo corpo aluvionar ocorre no entorno do córrego do Rego e estende-se da cota 510 m aproximadamente - onde se interdigita com os sedimentos do Ribeirão Preto - até a cota próxima a 525 m (Figura 8.1), com largura de cerca de 80 m, aproximadamente 40 m em cada margem do córrego. Infere-se a profundidade máxima próxima aos 5 metros (Anexo II).

FIPAI (1998) expõe dados obtidos por sondagens geotécnicas e pela perfuração de poços mostram que os sedimentos aluvionares localizados no leito maior do Ribeirão Preto e no córrego do Rego são caracterizados por camadas siltosas a argilosas, alternada com camadas de silte argiloso, cinza tornando-se amarela e ou branca em profundidade (Fotos 8.1 e 8.2). O aluvião cobre 5,3% da área (Anexo I).

O Colúvio encontra-se em cotas intermediárias por volta de 565 metros e é formado por dois corpos de formato oval. Não há dados disponíveis sobre a descrição do material e sua profundidade, porém de acordo com o conhecimento de campo, os colúvios são basicamente compostos por areia siltosa pouco argilosa a argilosa marrom avermelhado a amarelado claro.

Provavelmente outras áreas de colúvio existem dentro da Microbacia, entretanto, não foi possível identificá-las por fotointerpretação e análise do Modelo Digital do Terreno (Figura 8.1) e Mapa de Declividade (Figura 8.2). Os corpos indicados foram mapeados por meio de quebras no perfil convexo de relevo. O colúvio cobre 0,4 % da superfície.

8.1.2 - Basaltos e diabásios da Formação Serra Geral

As datações disponíveis dos basaltos sugerem idade de Cretáceo inferior para essa unidade denominada de Formação Serra Geral.

Ela se estende por 82,3% da área superficial e é composta exclusivamente por basaltos (Anexo I). A espessura máxima dos derrames basálticos é de 146 metros (poço DAERP n.183), estando a base na cota 492 metros (Anexo II).

O topo rochoso está capeado por um manto intempérico que pode atingir profundidades de até 14 metros (poço DAERP n.175). Conforme FIPAI (1998) doze sondagens foram executadas e indicam espessuras variáveis entre 0,5 a 12,5 metros aproximadamente de solo superficial (latossolo vermelho amarronzado a roxo) e abaixo, solo de alteração argiloso avermelhado (poços DAERP n.183, n.175, n.005).

Há uma grande variação nas características da rocha, apresentando camadas maciças pouco fraturadas com intercalações de rocha alterada/semi-alterada e passagem de solo (DAERP n.183 cota 566 – 576 m). Ocorrem porções amigdaloidais e vesiculares ora preenchidas por calcita e malaquita. A coloração é diversificada: negro, cinza, cinza esverdeado, esverdeado, marrom e avermelhado.

A unidade cretácea ocorre, ainda, em sub-superfície. As descrições de poços profundos para exploração de água (6 poços de bombeamento do DAERP: n.005, 122, 135, 137, 175 e 183) indicam dois sills de diabásio. O corpo superior de diabásio possui 23 m de espessura e está entre as cotas 412 e 389 m (Anexo II). O segundo sill de diabásio corta toda a área e não tem a sua espessura definida, pois serviu de base para o término das perfurações dos poços citados acima. A cota superior varia entre 272m (poço DAERP, n. 005), 276 m (poços DAERP 135, 183), 283 m (poços DAERP n.175) e 295 m (poço DAERP n. 137).

8.1.3 - Arenitos da Formação Botucatu

A Formação Botucatu abrange aproximadamente 12% da área da Microbacia. Em termos de extensão lateral é a de maior continuidade, quando incluídas as rochas em sub-superfície, atinge 100%. A área de afloramento dos arenitos fica abaixo do intervalo de cotas 545 / 535 metros (Anexo I). Acima deste intervalo a Formação encontra-se abaixo dos basaltos Serra Geral, e entre as cotas 510 a 520 metros posiciona-se abaixo dos aluviões do Ribeirão Preto e Córrego do Rego.

A Formação Botucatu está limitada inferiormente pela Formação Pirambóia. De acordo com FIPAI (1998) as sondagens executadas para a implantação do Jardim Paiva mostraram que o topo da Formação Pirambóia está na cota 370 m (poços DAERP n.158 e n.171). Assim definido, a Formação Botucatu, na região em que se encontra abaixo dos basaltos, atinge espessura máxima de 139 metros (poço DAERP n.135) e nas regiões aflorantes atinge 175 metros de profundidade (poço DAERP n.121), ver Anexo II.

Como acontece na Formação Serra Geral, é muito provável que ocorra a presença de um manto intempérico variável (solo superficial e solo de alteração) para os arenitos da Formação Botucatu antes do topo rochoso.

A Formação Botucatu na área de estudo é formada exclusivamente por arenitos. Os dados dos poços de bombeamento (poço DAERP n.175, n.183, n.005) mostram certa variação nas características da rocha. O arenito é

caracterizado por boa a ótima seleção, friável, arredondado a sub-arredondado, fino a fino/médio, grãos foscos e transparentes, porosidade aparente boa, maturo, com pouca ou nenhuma matriz e pouco cimentado. A cor predominante é castanho avermelhado, porém, cinza claro e amarelo acastanhado também ocorrem. O poço DAERP n.183 entre as cotas 412 e 389 metros apresenta dados para o arenito como grosseiro a conglomerático, esfericidade ruim e seleção regular.

Considerando a distribuição espacial da Formação Botucatu na área de estudo podemos indicar idade entre Cretáceo e Jurássico para essa unidade.

8.1.4 - Arenitos da Formação Pirambóia

As rochas da Formação Pirambóia não afloram na Microbacia do Córrego do Rego e como descrito anteriormente, a cota do topo da Formação se encontra em 370 m (Figura 8.2). A base é limitada pelo segundo sill encontrado nas perfurações (Anexo II) que varia entre as cotas 272 m (poço DAERP, n. 005), 276 m (poços DAERP 135, 183), 283 m (poços DAERP n.175) e 295 m (poço DAERP n. 137), produzindo assim espessuras de 98 m, 94 m, 87 m e 75 m respectivamente.

Como no caso da Formação Botucatu, a Formação Pirambóia é constituída apenas por arenitos que apresentam camadas com características bem diversificadas: muito fino a conglomerático, grãos cristalinos e foscos, bem selecionado a mal selecionado, arredondado a sub-arredondado, imaturo e maturo, friável a coeso, com nenhuma matriz ou com matriz argilosa. As cores predominantes são esbranquiçado e avermelhado; encontra-se também: marrom, marrom acastanhado, castanho avermelhado e castanho amarelado.

A posição espacial desses arenitos sugere que a Formação Pirambóia deve ter sido formada entre Jurássico e Triássico.

9 - DISCUSSÃO E RESULTADOS

A comparação de fotografias aéreas de épocas diferentes serviu para descrever as mudanças nas características de ocupação da microbacia do córrego do Rego. Foram utilizadas fotos de 1984 e 2003 e foi considerado que as mudanças serviram para mostrar tendências de urbanização do local.

O crescimento da malha urbana de 1984 a 2003 é notoriamente visível através do Mapa de Uso e Ocupação do Solo (Figura 9.1). Inicialmente com área de aproximadamente 1,9 km² (10%) a ocupação urbana em 2003 passou a estender-se por 9,7 km² (52%). O aumento da urbanização foi de aproximadamente 510%, ou seja, quintuplicou a área urbanizada da Microbacia. Várias locais nas fotos mais recentes achavam-se em construção indicando que houve adensamento urbano de lá até hoje.

A malha urbana de 1984 estava restrita há três núcleos na região nordeste, praticamente 100% no arenito Botucatu e uma pequena parcela sobre o aluvião do Ribeirão Preto, uma faixa na porção sudeste toda sobre a Formação Serra Geral e dois condomínios a leste, também sobre o domínio dos basaltos (Figura 9.1). Nenhuma área de nascente estava sob ocupação e próximo aos cursos d'água havia apenas cultivos e moradias do tipo chácara. O restante da área utilizava-se para plantações ou não havia nenhum tipo de uso (alguns pequenos focos de remanescentes florestais, vegetação rasteira ou arbustiva e terra nua).

Em 2003 a configuração mudou drasticamente. A ocupação atingiu três das quatro nascentes e novas áreas da Formação Botucatu foram urbanizadas. No entanto, a maior parte da malha urbana cresceu na região de afloramentos dos basaltos Serra Geral. Os 48% do espaço superficial restante estão divididos aproximadamente em: 60% para área rural (plantações e regiões de cobertura vegetal rasteira ou arbustiva) e 40% de terra nua (solo sem uso e sem qualquer tipo de cobertura vegetal), ver Figura 9.1.

Como se pode perceber, a urbanização não ocorreu em direções preferenciais, a não ser pelo fato das áreas de aluvião continuarem rurais.

O maior percentual da malha urbana ocorre sobre os latossolos vermelho amarronzado a roxo da Formação Serra Geral. No conjunto os latossolos apresentam baixa erodibilidade, mesmo estes estando nas áreas de maior declividade (Anexo III e Figura 8.3). No entanto vale ressaltar, que quando submetidos à concentração de água proveniente da ocupação antrópica podem desenvolver ravinas e, quando interceptado o lençol freático boçorocas (Salomão & Antunes, 1998). A fotointerpretação não mostrou indícios de erosão no domínio dos basaltos.

Os latossolos são boas áreas de empréstimos para aterros devido ao seu conteúdo argiloso. Assim o transporte do solo para aterros é reduzido, tornando menos custosa às construções nas áreas ao seu entorno, diminuindo com isso o tráfego de caminhões pelas estradas municipais e rodovias, aliviando o trânsito e emitindo menos poluentes.

Outro efeito colateral positivo da urbanização em latossolos diz respeito à dispersão de contaminantes. Segundo Tressoldi & Consoni (1998), os solos eluviais, sem estrutura da rocha matriz, principalmente aqueles provenientes da decomposição de basaltos e diabásios, com espessuras elevadas, homogêneos e com alto teor de argila favorecem a retenção dos contaminantes. Os dados de condutividade hidráulica horizontal, expostos no capítulo "Contexto Hidrogeológico" para o Aquífero Serra Geral, indicam baixas condutividades para o solo superficial e de alteração, favorecendo a maior permanência das águas no solo e com isso uma boa eficiência na retenção de contaminantes. Vale ressaltar que não existem informações sobre a condutividade hidráulica vertical, fator importante, dado a característica principal de Aquífero fraturado, onde a percolação é maior verticalmente favorecidas por descontinuidades verticais e inclinadas.

Levando-se em conta esses fatores, a construção de fossas sanitárias pode ser indicada, diminuindo o fluxo de poluentes para os cursos d'água e segundo Carvalho (2005) a pluma de contaminação por infiltração atenua-se ao penetrar no solo e a contaminação quando atinge a rede drenagem é menos intensa. A

construção de cisternas de infiltração nos latossolos não é indicada, pois muito lentamente infiltra e, portanto, não realimenta o aquífero. Para diminuir o escoamento superficial das águas pluviais, bem como sua velocidade recomenda-se reutilizar a água para usos menos nobres que não requeiram potabilidade por meio de caixas de retenção domiciliares. Considerando-se que o meio urbano existem coletores prontos em todos os telhados, em vias públicas e em pátios cimentados, sua coleta só necessita de fato o reservatório da capacidade adequada à demanda (Carvalho, 1999).

O abastecimento de água na região da Microbacia se dá exclusivamente por meio de poços tubulares profundos. Os dados dos poços fornecidos pelo DAERP indicam que 13 estão sobre a Formação Serra Geral e entre eles 8 estão em operação. Segundo Carvalho (1999) o abastecimento por via poço tubular proporciona diversos efeitos colaterais positivos, como: a) evitar a extensão da rede para regiões remotas sem bons mananciais superficiais, proporcionando economia; b) diminuir o tempo de maturação (semanas, ao invés de anos); c) ampliar o conhecimento do subsolo; d) estímulo a indústria do setor, entre outros. Porém, deve-se tomar alguns cuidados na execução, manutenção e desativação dos poços tubulares profundos, pois estes são um canal direto para a entrada de poluentes, dentre eles: é preciso evitar que águas superficiais percolem para dentro do poço durante a perfuração, realizar corretamente o encamisamento e selamento nas profundidades pré-estabelecidas de forma precisa, manter um raio de proteção em volta do poço para evitar a contaminação por atividades antrópicas e na desativação selar o poço de maneira que não haja infiltração de águas superficiais para dentro do Aquífero e comunicação entre as águas subterrâneas dos dois reservatórios (Serra Geral e Botucatu).

Geotecnicamente não há restrições à construção civil (Anexo III e Tabela 9.1) de pequeno e médio porte nos basaltos. No caso de obras de grande porte, a fundação deve ser executada em rocha, isso implica em profundidades de até 14 metros.

A ocupação nas áreas de afloramentos da Formação Botucatu deve ser restrita e possuir um bom plano de gestão, pois são áreas de recarga do Aquífero Guarani (Anexo III e Tabela 9.1).

A descrição geológica dos poços DAERP n.183, n.005 e n.175 mostram que o arenito Botucatu é friável, isto o torna vulnerável a erosão. O fato de estar situado em áreas de baixa declividade (Figura 8.3 e Anexo III), não impede que a canalização das águas pluviais pela urbanização aumente o risco de erosões que podem evoluir para ravinas e posteriormente boçorocas.

Aproveitando os coletores urbanos prontos, pode-se montar poços de infiltração forçada de águas pluviais.

O solo desenvolvido nos arenitos apresenta porosidade efetiva e permeabilidade alta que traduz na infiltração e dispersão rápida de poluentes no Aquífero Botucatu. Isso implica restrições de uso para atividades potencialmente muito contaminantes (p.ex.: atividades industriais que geram efluentes líquidos contaminados, postos de gasolina e fossas sépticas). Este critério estende-se as áreas já urbanizadas sobre a Formação Botucatu.

Os poços de bombeamento merecem especial atenção devido à área de proteção e cone de rebaixamento.

A construção de moradias não apresenta problemas de cunho geotécnico, sem qualquer recomendação para as fundações, o mesmo se aplica aos solos sobre basaltos.

As áreas de aluvião apresentam altos riscos à ocupação urbana. Mesmo estando em declividades baixas (Figura 8.3) a erosão pode ocorrer com facilidade, devido a pouca coesão dos sedimentos ali depositados e por estarem nas regiões mais a jusante das drenagens, onde a velocidade e volume das águas é naturalmente maior. Inundações são freqüentes na época das chuvas, processo natural em áreas de várzea, ver Anexo III e Tabela 9.1.

Nos aluviões o nível freático encontra-se próximo à superfície, causando problemas de umidade nas casas e aumentando com isso, o risco de doenças

pulmonares principalmente em crianças. Os contaminantes atingem rapidamente o lençol freático, que apesar da presença de argilas o aluvião apresenta boa condutividade hidráulica por causa da interdigitação com camadas arenosas. Como no caso do arenito Botucatu, isso implica restrições de uso para atividades potencialmente muito contaminantes (p.ex.: atividades industriais que geram efluentes líquidos contaminados, postos de gasolina e fossas sépticas)

Fundações em aluvião apresentam maiores riscos de recalque, devido a natureza inconsolidada dos sedimentos e a plasticidade encontrada em argilas aluvionares (principalmente argila orgânica).

Por esses fatores não é recomendável a ocupação urbana das áreas aluvionares (Anexo III e Tabela 9.1).

Segundo Tressoldi & Consoni (1998), os colúvios podem apresentar baixas resistências e elevadas porosidades, compressividade e colapsividade. Por isso a ocupação em áreas de colúvio devem ser controladas. No caso da Microbacia, um dos corpos coluvionares se encontra em uma das nascente e o outro cortado pelo córrego do Rego, sendo assim o nível freático está posicionado logo abaixo da superfície, trazendo os mesmo problemas citados no caso dos aluviões.

Da mesma forma que os aluviões, não é recomendável a ocupação urbana nas áreas coluvionares, ver Anexo III e Tabela 9.1.

TABELA DE UNIDADES AMBIENTAIS	
Unidade Ambiental	Descrição
Área não Indicada a Ocupação urbana	Região não ocupada de Aluviões e Colúvios. Apresentam grande susceptibilidade à erosão, alta probabilidade de recalques, umidade em construções civis e rápida contaminação do lençol freático. O uso do solo mais adequado é a agricultura. Restrição ao uso do solo à atividades potencialmente muito contaminantes (p.ex.: atividades industriais que geram efluentes líquidos contaminados, postos de gasolina e fossas sépticas).
Área Indicada a Ocupação	Região não ocupada dos basaltos Serra Geral. Apresentam baixo risco à erosão, solos com características apropriadas a material de empréstimo, solo eluvial que favorece a retenção de contaminantes e sem problemas geotécnicos aparentes à construção civil. A construção de fossas sanitárias e caixas de retenção pluvial são indicadas. Os poços de bombeamento existentes necessitam de manutenção periódica, a perfuração de novos poços e fechamento requerem medidas preventivas para não ocorrer a contaminação do aquífero.
Área com Restrições Altas a Ocupação	Região não ocupada do arenito Botucatu e área de recarga do Aquífero Guarani. Solo com alta susceptibilidade à erosão e que favorecem a infiltração e dispersão rápida de poluentes. Sem problemas geotécnicos aparentes à construção civil. Restrição ao uso do solo à atividades potencialmente muito contaminantes (p.ex.: atividades industriais que geram efluentes líquidos contaminados, postos de gasolina e fossas sépticas). Os poços de bombeamento existentes necessitam de manutenção periódica, a perfuração de novos poços e fechamento requerem medidas preventivas para não ocorrer contaminação do aquífero. A construção de caixas de retenção pluvial, cisternas de infiltração e poços de injeção são indicados.
Área Urbana com Restrições ao Uso	Região do arenito Botucatu e Aluvião Urbanizada. Restrição do uso do solo à atividades potencialmente muito contaminantes (p.ex.: atividades industriais que geram efluentes líquidos contaminados, postos de gasolina e fossas sépticas)
Área Urbana	Região dos basaltos Serra Geral Urbanizada.

Tabela 9.1 – Tabela de descrição das unidades ambientais

10 - RECOMENDAÇÕES

Algumas recomendações ao Uso e Ocupação do Solo podem vir a ser úteis para o plano de gestão ambiental da Microbacia do Córrego do Rego.

Recomenda-se o reflorestamento das áreas de terra nua, para ajudar na infiltração das águas pluviais, aumentando a recarga dos Aqüíferos, diminuindo o volume escoado para rede de drenagem quando as precipitações ocorrerem até as médias diárias, evitando processos erosivos que inviabilizam o uso do solo e assoreiam os cursos d'água. Pelos mesmos fatores deve ser feito o reflorestamento da mata ciliar dos córregos onde não há a ocupação urbana.

De imediato deve ser controlado com rigor o despejo de contaminantes principalmente nas áreas de manancial já urbanizadas e nas regiões de Afloramento da Formação Botucatu, e posteriormente estender a ação por toda a microbacia.

É altamente recomendável a construção de cisternas de armazenamento, especialmente sobre os basaltos, no intuito de reaproveitamento das águas pluviais, diminuição da velocidade e volume das águas superficiais que tem como destino á rede de drenagem.

As áreas de aluvião e colúvios devem continuar com uso do solo restrito à agricultura.

A perfuração dos poços tubulares profundos requer acompanhamento especializado (geólogo) para controle de contaminação e descrição geológico-geotécnica detalhada do material amostrado. Aos poços já existentes, recomenda-se manutenções periódicas e coleta de amostras para monitoramento da qualidade das águas.

Recomenda-se também a instalação de piezômetros por toda Microbacia (aproveitando os poços já perfurados) e a efetuação de leituras regulares do nível piezométrico dos Aqüíferos, no intuito de estudar o rebaixamento causado pelo bombeamento da água, taxa de infiltração na época de chuvas, etc.

Adicionalmente, seriam necessários ensaios de infiltração para elaborar um modelo de recarga do aquífero e avaliar as possibilidades de exploração racional.

11 - CONCLUSÃO

A Microbacia Córrego do Rego passou por um processo intenso de urbanização nos últimos 20 anos, quintuplicando (5 vezes) aproximadamente sua malha urbana.

A ocupação ocorreu sem tendências preferenciais, espalhando-se sobre os basaltos da Formação Serra Geral e os arenitos da Formação Botucatu. Acompanhou eixos de ruas e avenidas traçadas algumas dezenas de anos atrás.

Não há problemas geotécnicos relevantes à construção civil nas áreas urbanizadas, no entanto na área de estudo faltam dados para caracterizar com detalhes o comportamento mecânico dos maciços.

O local mais apropriado à expansão da malha urbana são as áreas de afloramento da Formação Serra Geral, pois os solos servem como filtros a poluição antrópica, apresentam no geral boas condições geotécnicas para a construção civil e são bons materiais para aterro.

São necessárias mais informações geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas para chegar a recomendações de uso e restrições a ocupação com detalhes e maior precisão. É especialmente pouco conhecido o comportamento da recarga do aquífero o que impede a definição de uma área de proteção precisa dos poços.

Por fim, deve-se criar um banco de dados SIG (Sistema de Informação Georreferenciada) com todas as informações disponíveis atualmente e atualizá-las a cada campanha de sondagem, perfuração de novos poços e mapeamentos geológicos, pois facilita a administração dos dados e a elaboração de cartas temáticas, muito úteis na gestão ambiental (Campanella *et al.*, 2005).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<http://www.abagrp.cnpm.embrapa.br>, acessado em 16 de janeiro de 2006.

<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>, acessado em 28 de janeiro de 2006.

<http://www.eca.usp.br>; acessado em 01 de fevereiro de 2006.

<http://www.ribeiraopreto.sp.br>, acessado em 18 de dezembro de 2005.

<http://www.teses.usp.br>, acessado em 16 de janeiro de 2006.

ARAÚJO, L. M., FRANÇA, A. B., POTTER, P. E. 1995. Aquífero Gigante do Mercosul no Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai: Mapas Hidrogeológicos das Formações Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Tacuarembó. UFPR/Petrobrás.

CAMPANELLA, O. *et al.* 2005. Base de datos para Cartografía Geotécnica de áreas de llanura usando la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica. El caso de Rio Cuarto, Córdoba, Argentina. 11 CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, Florianópolis (SC). In: *Anais do...*, p.957-972.

CARNEIRO, C.D.R.; ASSINE, M.L.; PIRANHA, J.M. 2004. Os paleodesertos Pirambóia e Botucatu. In: Mantesso-Neto V., Bartorelli A., Carneiro, C.D.R., Brito-Neves B.B. de (org.) Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo, Beca Produções Culturais Ltda, 33, pp.:77-94.

CARVALHO, E.T. 1999. *Geologia urbana para todos: uma visão de Belo Horizonte*. Belo Horizonte, se. 175pp.

CARVALHO, E.T. 2005. Recursos Tecnológicos para a Captura da Água, Florianópolis. 11 CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, Florianópolis (SC). In: *Anais do...*, p.124-134.

- FIPAI. Fundação para Incremento da Pesquisa e do Aperfeiçoamento Industrial. Escola de Engenharia de São Carlos. USP. Relatório de Impacto Ambiental do Projeto Fazenda Baixadão. Ribeirão Preto: 1998.
- HENRIQUES, O. K. 2003. *Caracterização da Vegetação Natural em Ribeirão Preto, SP: bases para conservação*, SP. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, USP.
- MANOEL FILHO, J. 1997. Ocorrência das águas Subterrâneas. In: Feitosa A.C.F. & Manoel Filho J. (org.) *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. Fortaleza, CPRM, LABHID-UFPE, p.23.
- MARQUES, L. S., ERNESTO, M. 2004. O Magmatismo Toleítico da Bacia do Paraná. In: Mantesso-Neto V., Bartorelli A., Carneiro, C.D.R., Brito-Neves B.B. de (org.) *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Beca Produções Culturais Ltda, 15, pp.:245-263
- MILANI, E. J. & RAMOS, V. A. 1998. Orogenias Paleozóicas no Domínio Sul-Occidental do Gondwana e os Ciclos de Subsidência da Bacia do Paraná, São Paulo. *Rev.Bras. Geoc.*, 28 (4): 473-484.
- MILANI, E. J. 2004. Comentários Sobre a Origem e Evolução Tectônica da Bacia do Paraná. In: Mantesso-Neto V., Bartorelli A., Carneiro, C.D.R., Brito-Neves B.B. de (org.) *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Beca Produções Culturais Ltda, 15, pp.: 265-291.
- OLIVEIRA, A.M. dos S. *et al.* 2005. Análise geoambiental aplicada a microbacias urbanas na região do Cabuçu, Guarulhos (SP). 11 CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, Florianópolis (SC). In: *Anais do...*, 797-811.
- PETRI, S. & FÚLFARO, V. J. 1983. *Geologia do Brasil*. Editora da universidade de São Paulo, São Paulo, p.75.

- SALOMÃO F. X. T. & ANTUNES, F. S. 1998. Solos em Pedologia. *In: Oliveira A.M. Dos S. & Brito S.N.A. De (edit.) Geologia de Engenharia. São Paulo, ABGE, p.95.*
- TRESSOLDI, M. & CONSONI, A. J. 1998. Disposição de Resíduos. *In: Oliveira A.M. Dos S. & Brito S.N.A. De (edit.) Geologia de Engenharia. São Paulo, ABGE, p.352.*
- Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani. *Ribeirão Preto (São Paulo, Brasil). Plano de Gestão Local Inicial (PGL1). Montevideu: Secretaria General do Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani. 2004. sp. d.*
- ZALÁN, P.V. 2004. Evolução Fanerozóica das Bacias Sedimentares Brasileiras *In: Mantesso-Neto V., Bartorelli A., Carneiro, C.D.R., Brito-Neves B.B. de (org.) Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo, Beca Produções Culturais Ltda, 33, pp.: 595 – 612.*
- ZALÁN, P. V. *et al.* 1990. Bacia do Paraná. *In: Gabaglia G.P.R. & Milani E.J. (coord.) Origem e Evolução de Bacias Sedimentares. Rio de Janeiro, Ed. Gávea, pp.:135-168.*

ANEXO I

E

ANEXO II

ANEXO III