
ECOLOGIA

PEDRO LUIZ FIOCCO MACHINI

**Relação Solo-Paisagem em um transecto
da Depressão Periférica e do Planalto
Ocidental, região de Rio Claro (SP)**



Rio Claro
2012

PEDRO LUIZ FIOCCO MACHINI

RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM EM UM TRANSECTO DA
DEPRESSÃO PERIFÉRICA E DO PLANALTO OCIDENTAL, REGIÃO
DE RIO CLARO (SP)

Orientador: Prof. Dr. Jairo Roberto Jiménez-Rueda

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Biociências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” -
Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau
de Ecólogo

Rio Claro
2012

551.41 Machini, Pedro Luiz Fiocco
M149r Relação solo-paisagem em um transecto da depressão
periférica e do planalto ocidental, região de Rio Claro (SP) /
Pedro Luiz Fiocco Machini. - Rio Claro : [s.n.], 2012
78 f. : il., figs., gráfs., tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ecologia)
- Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de
Rio Claro

Orientador: Jairo Roberto Jiménez-Rueda

1. Ciência do solo. 2. Fisiografia. 3. Evolução da
paisagem. I. Título.

Autor: Pedro Luiz Fiocco Machini

Orientador: Prof. Dr. Jairo Roberto Jiménez-Rueda

RESUMO

As unidades de paisagens naturais se diferenciam pelo relevo, clima, cobertura vegetal, solos ou até mesmo pelo arranjo estrutural e do tipo de litologia. A caracterização pedológica e o entendimento das relações entre pedologia, geologia e geomorfologia são importantes para a compreensão da distribuição dos solos numa paisagem. Considerando esta como sendo uma combinação dinâmica e instável de elementos físicos, biológicos e antrópicos, e estando em constante evolução, realizou-se o estudo das características químicas, físicas, mineralógicas e morfológicas das coberturas superficiais de uma mesma Unidade Fisiográfica na região do Planalto Ocidental e da Depressão Periférica Paulista nas proximidades de Rio Claro – SP, para a compreensão de suas relações genéticas e cronológicas na evolução das paisagens da área. Para isso foram comparados os solos de dois transectos dentro dos compartimentos, levantando e analisando as características citadas para que se possa obter informações que permitiram o diagnóstico da evolução da área, visando contribuir para o avanço das coberturas superficiais e sua relação com a evolução da paisagem. Foi possível compreender determinados processos e produtos que deram origem às coberturas superficiais e conseqüentemente a algumas paisagens representativas da Quadricula de São Carlos a partir dos métodos empregados. O estudo das coberturas de alteração intempérica da região centro-oeste paulista, e seu reconhecimento, são fundamentais para o ordenamento territorial e seu planejamento regional.

Palavras-chave: fisiografia, evolução da paisagem, relação solo-paisagem.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	05
2. OBJETIVOS.....	08
3. MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO.....	08
3.1. Diagnóstico Zero.....	09
3.2. Escolha da Área e Detalhamento Fisiográfico.....	09
3.3. Levantamento de Campo e Coleta de Amostras.....	09
3.4. Análises Laboratoriais.....	10
3.4.1. <i>Análises Físicas</i>	10
3.4.2. <i>Análises Químicas</i>	11
3.4.3. <i>Análises Mineralógicas</i>	11
3.5. Relações Moleculares e Índices de Intemperismo.....	12
3.6. Integração dos Dados.....	12
4. DIAGNÓSTICO ZERO.....	13
4.1. Panorama Geral das Regiões Estudadas.....	13
4.2. Geologia.....	16
4.2.1. <i>Unidades Litológicas</i>	18
4.2.1.1. <i>Grupo Passa Dois</i>	18
4.2.1.1.1. <i>Formação Corumbataí</i>	20
4.2.1.1.2. <i>Grupo São Bento</i>	21
4.2.1.1.2.1. <i>Formação Pirambóia</i>	21
4.2.1.1.2.2. <i>Formação Botucatu</i>	22
4.2.1.1.2.3. <i>Formação Serra Geral e Intrusivas Básicas</i>	23
4.2.1.1.3. <i>Depósitos Cenozóicos e Neocenozóicos</i>	24
4.2.1.1.3.1. <i>Formação Itaqueri</i>	24
4.2.1.1.3.2. <i>Formação Rio Claro</i>	25
4.3. Tectônica.....	26
4.3.1. <i>Tectônica Clássica</i>	28
4.3.2. <i>Neotectônica</i>	31
4.4. Clima.....	34
4.4.1. <i>Clima Atual</i>	34
4.4.2. <i>Paleoclima</i>	39

4.5. Fisiografia.....	40
4.5.1. <i>Âmbito Estadual</i>	41
4.5.2. <i>Âmbito Regional</i>	41
4.6. Vegetação e Uso do Solo.....	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
5.1. Detalhamento Fisiográfico.....	45
5.2. Levantamento de Campo.....	46
5.3. Análises Laboratoriais, Relações Moleculares e Índices de Intemperismo.....	48
5.4. Integração dos Dados.....	57
6. CONCLUSÕES.....	62
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
ANEXO A.....	73
ANEXO B.....	74
ANEXO C.....	77
ANEXO D.....	78

1. INTRODUÇÃO

As coberturas superficiais, ou solos são essenciais à ocupação humana sobre a superfície terrestre. No entanto, essa ocupação depende de características e recursos naturais oferecidos pelo meio que devem ser previamente conhecidos pelo homem.

O interesse pelo conhecimento dessas características e da natureza do solo se iniciou no momento em que o homem se torna um ser sedentário e constitui moradias fixas, cultivando seus próprios alimentos. Em consequência disso, iniciam-se os primeiros impactos ambientais em escalas consideráveis, como manuseio do solo para cultivos, queima e derrubada das matas, utilização de matéria-prima para a construção de moradias. Christofolletti (1995) menciona que o impacto ambiental possui componentes espaciais e temporais, podendo ser descrito através das alterações nos parâmetros do meio ambiente, antrópicos ou naturais, durante certo período em uma determinada área.

Simmonson (1968) aponta que os estudos pioneiros das características dos solos, realizados por geólogos, datam do fim do século XVIII e início do século XIX, tendo como conceito fundamental os solos como produto do intemperismo das rochas. O estudo dos solos, através de métodos com bases científicas, teve como ponto de partida os trabalhos desenvolvidos por Dokuchaev, na Ucrânia, os quais os consideravam como corpos naturais organizados, com gêneses e evolução diferenciadas, e contínuas no espaço. No Brasil os estudos pioneiros sobre solos teriam sido realizados por pesquisadores do Instituto Agrônomo de Campinas, apresentados em relatórios no final do século XIX, um exemplo desses estudos são “As Terras do Estado de São Paulo”, de Dafert e Cavalcanti (VERDADE, 1972).

Os principais estudos na região de Rio Claro-SP foram realizados por Björnberg (1965) evidenciando três coberturas superficiais, associando-as a níveis planálticos e a tectônica moderna; Penteado (1968) abordando temas sobre a geomorfologia da área, sua gênese e evolução; Christofolletti & Queiroz Neto (1966) e Queiroz Neto (1969) na caracterização e classificação dos solos da Serra de Santana; Björnberg, & Landim (1966), Melo (1995) e Ferreira (2005) que tratam de caracterizar a formação Rio Claro, seus constituintes, ambiente de formação, distribuição e eventos deposicionais.

Jiménez-Rueda *et al.* (1993), no início da década de 90, propõem uma caracterização das coberturas superficiais, denominadas como coberturas de alteração intempérica, e suas aplicações. Tal pesquisa ainda foi complementada por dois trabalhos acadêmicos, sendo

ambos mestrados (GONÇALVES, 1993; VOLKMER, 1993), que tiveram como foco a caracterização mineralógica dessas coberturas.

Os estudos das relações entre solos, geologia e superfícies geomórficas são importantes para a compreensão da ocorrência dos solos na paisagem, permitindo a predição dessa distribuição (DANIELS *et al.*, 1971), e por isso constituem-se em importantes ferramentas para atividades de mapeamento de solos e de planejamento de uso do solo. Autores como Azolin *et al.* (1975); Rodrigues & Klamt (1978); Lepsch (1977); Perez Filho *et al.* (1980); Lobo (1984); Uberti & Klamt (1984); Berg *et al.* (1987); Vidal-Torrado (1994); Coelho *et al.* (1994), entre outros, dedicaram-se a estes estudos para compreender a dinâmica e a distribuição dos solos na paisagem (TERAMOTO *et al.*, 2001).

Seguindo essa linha de pesquisa é que se realizou o estudo das relações solo-paisagem de iguais Unidades Fisiográficas presentes, tanto na Depressão Periférica Paulista, quanto no Planalto Ocidental Paulista na região de Rio Claro (SP), esclarecendo as relações entre material de origem/relevo/solo representadas pelos processos pedogenéticos ocorridos.

A área de estudo está inserida na Quadrícula de São Carlos, que engloba parcialmente os municípios de São Carlos, Descalvado, Pirassununga, Brotas, Corumbataí, São Pedro, Charqueada, Ipeúna, Rio Claro e Santa Gertrudes, e em sua totalidade os municípios de Analândia e Itirapina (Figura 1).

Para o processo evolutivo do solo, a participação do relevo é importante, visto que este, de maneira geral, influencia a intensidade do fluxo de água ao longo do perfil de alteração, acelerando as reações químicas do intemperismo, promovendo o transporte de sólidos ou de materiais em solução e produzindo efeitos que se traduzem em diferentes tipos de solo, nas diversas posições geomorfológicas (CARVALHO, 1981). Ruhe (1960) expõe que o ponto de partida para o estudo dos solos é o reconhecimento e a avaliação dos elementos da paisagem, e a relação dos solos com esses elementos.

Os aspectos das coberturas de alteração, como cor, textura, estrutura, mineralogia e espessura de camadas de seus sedimentos, resultam das condições e ambientes de deposição de cada uma das unidades que lhe são associadas, e também do grau de intemperismo ocorrido. A caracterização dos aspectos físicos desses sedimentos permite o condicionamento da dinâmica das paisagens e das diversas atividades antrópicas. Estudos das relações entre geologia, geomorfologia e solos podem auxiliar o entendimento da ocorrência de solos em uma dada paisagem, assim como avaliações da composição mineralógica e geoquímica dos perfis de alteração podem colaborar no entendimento dos processos de pedogênese (BARBOSA *et al.*, 2009).

Conhecimentos mais aprofundados do complexo sistema solo-paisagem em regiões intertropicais foram efetivamente disseminados a partir dos trabalhos desenvolvidos especialmente pelos pedólogos franceses e belgas na África (ESPÍNDOLA, 1979).

No Brasil, os estudos pioneiros sobre as formações superficiais, sua distribuição, natureza e relações com as formas de relevo, provavelmente foram realizados por Feuer no Brasil central (QUEIRÓZ NETO, 2001), onde o autor aponta para o caráter alóctone dos espessos latossolos que recobrem as lateritas, essas geradas *in situ*, nos chapadões da região.

As ideias de Ruhe (*op. cit*), foram amplamente adotadas e adaptadas por outros pesquisadores, brasileiros e estrangeiros, entre esses, os que mais se destacaram foram Daniels *et al.* (1971) e Daniels & Hammer (1992), servindo de base para estudos de coberturas superficiais e superfícies geomórficas em território brasileiro, como o estudo pioneiro de Penteadó & Ranzani (1971), na região de Jaboticabal - Monte Alto (SP), definindo aspectos geomorfológicos e suas relações com o desenvolvimento dos solos, e outros estudos, elaborados principalmente por pedólogos (CARVALHO *et al.*, 1969; LEPSCH *et al.*, 1997).

Vários trabalhos têm, atualmente, investigado a influência do relevo, do tempo e do material de origem na variação espacial dos atributos do solo, dentre os quais podem se destacar os estudos feitos por Jiménez-Rueda & Demattê (1988) e Marques Júnior & Lepsch (2000) em solos desenvolvidos de arenito em Monte Alto, SP, e o trabalho de Cunha *et al.* (2005) sobre as relações solo-geomorfologia em áreas de transição arenito-basalto, relacionando a variabilidade espacial dos atributos do solo com os compartimentos de relevo.

Recentemente tem-se desenvolvido uma linha de pesquisa voltada ao conhecimento das coberturas de alteração intempéricas, tanto da sua classificação como o seu relacionamento com as características do meio físico. Tem-se procurado também realizar estudos integrados com outras técnicas e análises do meio físico, como por exemplo, o uso conjugado de técnicas de sensoriamento remoto orbital, análise morfoestrutural e índices pedogeoquímicos de alteração intempérica (JIMÉNEZ-RUEDA, 1980; 1993; JIMÉNEZ-RUEDA *et al.*, 1989; RIEDEL *et al.*, 1989; GONÇALVES, 1993; VOLKMER, 1993; OHARA, 1995; ORAHA *et al.*, 1997).

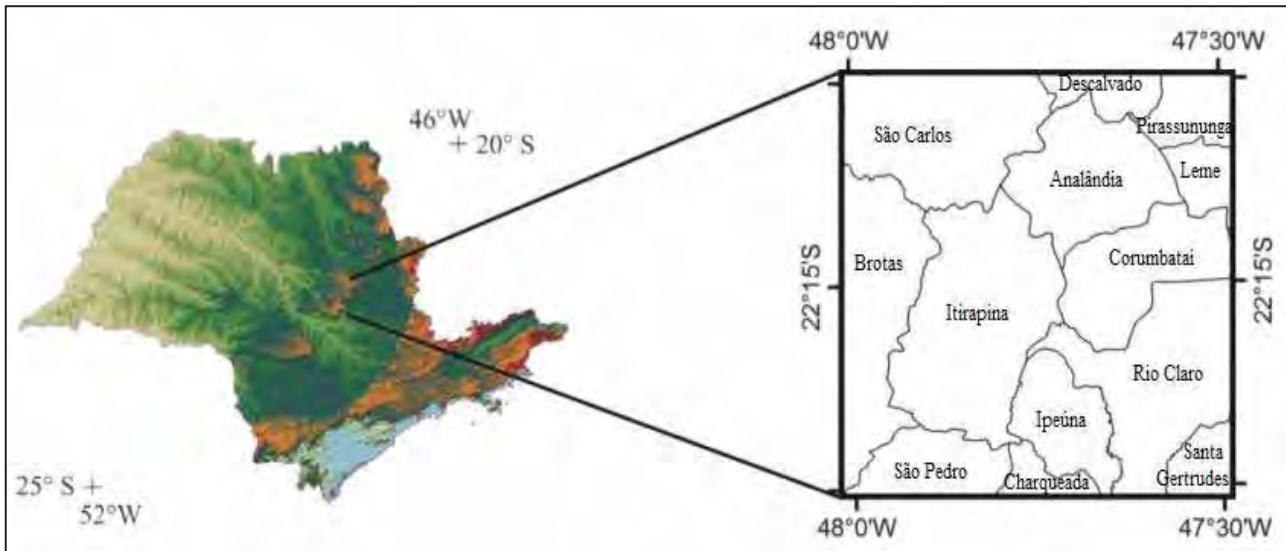


Figura 1: Localização da área de estudo.

2. OBJETIVOS

Tal trabalho tem como objetivo principal comparar a evolução dos solos presentes em Unidades Fisiográficas geneticamente semelhantes, presentes tanto na Depressão Periférica como no Planalto Ocidental.

Para isso serão caracterizadas Unidades Fisiográficas geneticamente semelhantes presentes na Depressão Periférica e no Planalto Ocidental, estabelecidas a gênese e evolução dos solos e suas relações com os outros componentes da paisagem (litologia, relevo, vegetação e clima), e determinadas as relações físicas, químicas e mineralógicas para classificar os solos de cada Unidade Fisiográfica.

3. MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO

O trabalho foi realizado seguindo as seguintes etapas: Diagnóstico Zero, Escolha da Área e Detalhamento Fisiográfico, Levantamento de Campo e Coleta de Amostras, Análises Laboratoriais, Relações Moleculares e Índices de Intemperismo, Integração dos Dados.

A descrição de tais etapas segue-se organizada abaixo.

3.1.Diagnóstico Zero

Trata-se de um levantamento bibliográfico e cartográfico para o efetivo reconhecimento da área de estudo, agrupando e organizando informações como geologia, geomorfologia, clima, topografia, hidrografia, solos e vegetação. O Diagnóstico Zero permitiu, dessa forma, completar, reorganizar e adequar as informações ainda não suficientemente conhecidas para que estas sejam comparadas, orientando o estudo.

3.2.Escolha da Área e Detalhamento Fisiográfico

Utilizando o Mapa Fisiográfico da região (JIMÉNEZ-RUEDA *et al.*, 2011), foram escolhidos os transectos dentro de uma forma de relevo a ser comparada, esta estando presente tanto no Planalto Ocidental quanto na Depressão Periférica. Os transectos foram localizados em áreas representativas da unidade, englobando tipos variados de solos.

Em seguida utilizou-se de uma imagem orbital TM/Landsat-5, órbita 220, ponto 75, banda 4, obtida em 09/09/1990, fornecida pelo INPE, em formato analógico (papel fotográfico), na escala 1:100.000, para o maior detalhamento e definição dos limites das Unidades Fisiográficas e coberturas superficiais com o uso de lupas de aumento 4x. A fisiografia permitiu indentificar as feições do relevo e suas implicações na evolução da paisagem, e a definição de seu equilíbrio para determinar aspectos fisiológicos da mesma. A descrição, classificação e correlação das paisagens terrestres, características de certos processos fisiográficos poderá, então, conduzir ao reconhecimento de padrões de solo (GOOSEN, 1968), auxiliando assim no entendimento dos processos envolvidos na gênese e evolução das paisagens que, por sua vez, permitirá conhecer as características internas dos solos existentes.

3.3.Levantamento de Campo e Coleta de Amostras

A campanha de campo descreveu morfológicamente os perfis dentro dos transectos, levantando características como cor (de acordo com a Munsell Soil Color Chart (1994)), profundidade dos horizontes, classe textural, estrutura, consistência, transição, mosqueamento, presença de cutans, nódulos e concreções, entre outros, seguindo as recomendações de Lemos & Santos (1996), através da abordagem pedoestratigráfica

(JIMÉNEZ-RUEDA *et al.*, 1998 e 1999), onde se procura identificar as diferentes pedossequências, incluindo as linhas de pedra e/ou os limites existentes que permitam a caracterização, e estabelecer os eventos ocorridos nas superfícies pedoquímicas e suas datações relativas entre os horizontes (MACK & JAMES, 1992). O planejamento das campanhas de campo (caminhamentos, descrição de perfis e amostragem) foi realizado com base no detalhamento fisiográfico, e os perfis descritos em afloramentos naturais, cortes de estradas e trincheiras, contando com material convencional em levantamentos de campo (IBGE, 2005), e localizados com o auxílio de GPS. Os horizontes foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999b). A descrição e classificação dos perfis contribuem para a compreensão da distribuição dos tipos de solos e coberturas superficiais, o estabelecimento de horizontes guias, onde se coletou amostras parcialmente deformadas de aproximadamente 2Kg, correspondente a cada horizonte, para análises laboratoriais (física, química e mineralógica).

3.4. Análises Laboratoriais

Após as descrições morfológicas e coletas de amostras, estas foram secas ao ar, destorroadas com o auxílio de um cilindro de madeira e peneiradas em malhas com abertura de 2mm. A fração menor que 2mm foi utilizada para análise em laboratórios de química (total, ataque sulfúrico e trocáveis) e difratometria de raios-x.

3.4.1. Análises Físicas

As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Geotecnia (IGCE/UNESP - Rio Claro), portanto, de acordo com os procedimentos e normas de qualidade deste. O objetivo principal foi levantar informações que auxiliassem na caracterização do intemperismo físico das coberturas superficiais e distinção das pedossequências, além de gerar subsídio para o planejamento e gestão de obras de engenharia, sítios urbanos e atividades agrícolas.

3.4.2. Análises Químicas

Foram realizadas determinações de elementos totais (Laboratório de Geoquímica, IGCE/UNESP - Rio Claro), elementos trocáveis (Lab. de Análises Químicas de Solos e Planta, UFSCAR - Araras) e ataque sulfúrico básico (Lab. de Análises Químicas de Solos e Planta, UFSCAR – Araras), seguindo normas e controle de qualidade dos laboratórios responsáveis.

Elementos Totais: a análise quantitativa dos elementos SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Na_2O , CaO , MgO , Fe_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2 , MnO e P_2O_5 foi realizada em amostras pulverizadas e prensadas em pastilhas, levadas para análise no espectrômetro de fluorescência de raios-X. A técnica para preparação das amostras e análise no difratômetro (técnicas não destrutivas) seguiu as recomendações de Nardy *et al.* (1997).

Ataque Sulfúrico Básico: neste tipo de análise é produzida solubilização de amostras da fração fina de solos com H_2SO_4 1:1, que permite determinar os elementos Si, Al, Ti e Fe, segundo método preconizado por Vettori (1968) e EMBRAPA (1997).

Elementos Trocáveis: esta análise seguiu os procedimentos adotados pela EMBRAPA (1999a), Raij *et al.* (2001) e procedimentos internos do laboratório responsável, na determinação da rotina (pH, matéria orgânica, H^+Al , P, K, Ca, Mg), Al e S e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn).

3.4.3. Análises Mineralógicas

As análises dos minerais predominantes, em amostra total, foram conduzidas no Laboratório de Espectrometria de Difração de Raios-X (IGCE/UNESP – Rio Claro) utilizando métodos diretos por meio de difração de raios-X (Difratômetro Siemens D5000), com ânodo de cobalto, velocidade de varredura $0,05 \theta/\text{s}$ de 3 a 70° . Para a análise da fração argila, as amostras foram submetidas ao tratamento de saturação com K^+ e aquecimento a 110° , 350° e 550° e saturação com Mg^{2+} e glicolação (Etileno-Glicol), segundo recomendações de Alves (1987), dos quais foram gerados novos difratogramas, com o objetivo de diferenciar o tipo de mineral de argila e os minerais silicáticos, assim como alguns diferentes óxidos cristalinos.

O estudo qualitativo e quantitativo dos processos pedogênicos das coberturas superficiais, definidas por Melfi & Pedro (1977) e Jiménez-Rueda *et al.* (1989 e 1993), passa necessariamente pela determinação dos minerais secundários, de forma direta, análises

laboratoriais, e indiretas, mapas geológicos, pedológicos, entre outros. A caracterização de minerais da fração argila foi determinada pela identificação das áreas dos picos de cada argilo-mineral nos difratogramas analisados.

A determinação dos constituintes minerais predominantes no solo possibilita realizar equações de relação, que fornecem importantes e seguras informações sobre a gênese, evolução e capacidade potencial das coberturas e tipos de solos (JIMÉNEZ-RUEDA & MATTOS, 1992; OHARA, 1995).

3.5. Relações Moleculares e Índices de Intemperismo

As relações moleculares são utilizadas como medidas do intemperismo químico, essas medidas são obtidas através dos seguintes índices, adaptados de Vettori (1968): $ALFE = Al_2O_3 / Fe_2O_3$; $ALTI = Al_2O_3 / TiO_2$; $Ki = SiO_2 / Al_2O_3$; $Kr = SiO_2 / (Al_2O_3 + Fe_2O_3)$; $Kt = SiO_2 / (Al_2O_3 + Fe_2O_3 + TiO_2)$.

Para obter o grau de intemperismo de cada perfil, serão realizados os cálculos: $Ki_{(solo)} / Ki_{(rocha)}$; $Kr_{(solo)} / Kr_{(rocha)}$; $Kt_{(solo)} / Kt_{(rocha)}$. Onde se consegue a relação entre os horizontes de cada solo e o material de origem (JIMÉNEZ-RUEDA & MATTOS, 1992; OHARA, 1995 e OHARA *et al.* 1997).

Foram utilizados também os índices de CIA de Nesbitt e Young e a relação Ti/Al, conforme Maynard (1992), o índice de potencial de intemperismo (WPI) e índice de produtos (PI), segundo Richer & Palmer (1943 e 1950, *in* COLMAN, 1982). Além da relação Zr/Ti como marcadores geoquímicos que proporcionam compreender a gênese dos materiais (BIRKELAND, 1984; OLIVEIRA & JIMÉNEZ-RUEDA, 2002).

Para as medidas físicas do intemperismo foram utilizadas as razões entre as frações granulométricas silte/argila, fornece o caráter latossólico do material (EMBRAPA, 1999b) e areia/argila, fornece o coeficiente de intemperismo físico (Kif) dos materiais (CORTÊZ-LOMBADA *et al.*, 1973).

3.6. Integração dos Dados

Consiste na avaliação dos resultados, compreendendo a integração dos dados obtidos na fase de revisão bibliográfica e cartográfica, detalhamento fisiográfico, levantamento de campo

e análises laboratoriais do solo. Atingido o objetivo principal da pesquisa, esperou-se compreender as relações entre processos e produtos que originaram as coberturas superficiais e paisagens presentes na área, estabelecendo uma relação genética-cronológica entre elas.

4. DIAGNÓSTICO ZERO

4.1. Panorama Geral das Regiões Estudadas

A Divisão Fisiográfica do Estado de São Paulo, proposta por Moraes Rego (1932), divide-o em quatro regiões: Litoral, Planalto Cristalino, Depressão Periférica e Planalto Ocidental (Figura 2).

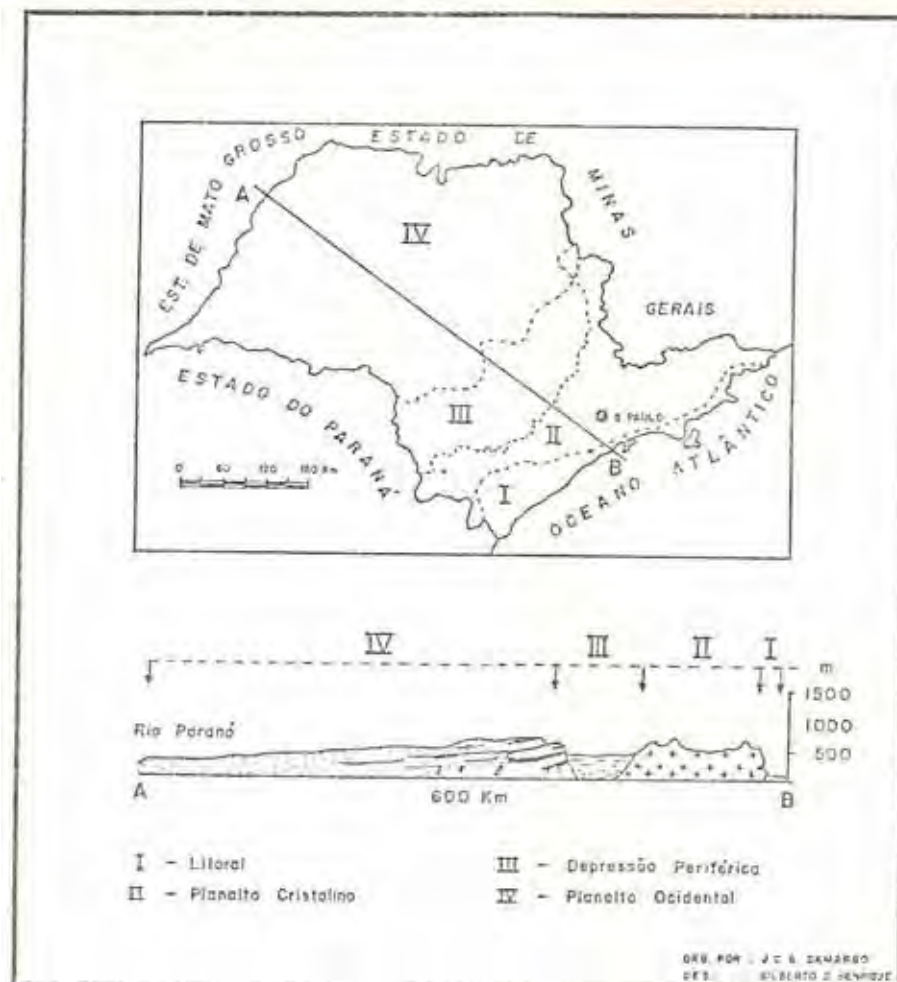


Figura 2: Divisão Fisiográfica do Estado de São Paulo. Adaptado de CAMARGO (1981).

O presente estudo focou-se especificamente em duas regiões, Depressão Periférica e Planalto Ocidental, as quais abrangem a área de pesquisa como um todo.

A Depressão Periférica Paulista trata-se de uma área sensivelmente rebaixada pela erosão, entre as terras altas do Planalto Atlântico e as cristas igualmente elevadas das cuestas basálticas incluídas no Planalto Ocidental, apesar de não existirem grandes desníveis entre a Depressão Periférica e o Planalto Cristalino. Foi identificada pela primeira vez em 1927 por Pierre Denis, e qualificada de Depressão Periférica por Moraes Rego (1932) (PENTEADO, 1968).

De acordo com Penteado (*op cit.*) tem-se que esta é uma das unidades mais características e bem estudadas do Estado de São Paulo, possuindo cerca de 450 km de comprimento Norte-Sul e aproximadamente 100 km de largura média, alargando-se na sua porção central (boqueirão do Tietê).

Deffontaines (1935, *apud.* ALMEIDA, 1974) divide a província em três zonas:

- **Zona do Médio Tietê**, que compreende 2/5 da área total da província, com um relevo bem diversificado, mais profundamente erodido que o das zonas vizinhas constituída na maior parte por sedimentos Paleozóicos, apresentando áreas de derrames e intrusões de rochas basálticas que desempenham papel saliente da topografia. O mergulho das camadas se dá na direção noroeste, exibindo algumas perturbações devidas a falhamentos. Segundo Almeida (1974), de modo geral a topografia é pouco acidentada, com desníveis locais que só excepcionalmente ultrapassam 200 m, predominando colinas baixas de formas suavizadas, separadas por vales jovens, sem planícies aluviais importantes, determinados pela inserção dos perfis convexos das vertentes. A zona é toda coberta por uma rede de drenagem bem desenvolvida de caráter geral dendrítico, onde se salientam três rios: o Tietê e seus dois afluentes, os rios Piracicaba e Sorocaba, todos procedentes das terras elevadas do planalto cristalino. Apresenta rochas do Grupo Tubarão, Grupo São Bento, Grupo Passa Dois.
- **Zona do Paranapanema**, representando cerca de 2/5 da área da província em São Paulo, com a drenagem tributária do rio Paranapanema, apresenta características idênticas às do Médio Tietê, apenas acrescentando um pacote espesso de resistentes camadas arenosas com feições peculiares à extremidade sudoeste da zona. Há ainda a presença de grandes diques de diabásio, responsáveis por feições locais de relevo em escala não encontrada no restante da província, assim como o menor papel desempenhado no relevo pelos grandes *sills* de diabásio, em comparação às outras zonas da província (ALMEIDA, 1974). Estão presentes as mesmas formações da zona anterior, acrescida a Formação Furnas.
- **Zona do Mogi Guaçu**, área drenada pelos rios Mogi Guaçu e Pardo que representa pouco mais de 15% da província, sendo tipicamente uma depressão topográfica (530-720 m) por

estar dominada a leste pelas elevações do Planalto Atlântico e a oeste pelos campos cimeiros da cuesta basáltica externa (900 m). De acordo com Almeida (1974) o relevo predominante é o de campos extremamente uniformes, com vales amplos, pouco profundos, abrigando cursos d'água em cujas margens estão presentes pequenas planícies aluviais arenosas, bem como alguns terraços. Toda a drenagem da zona dirige-se para os dois rios principais, que atravessam indiferentemente a área sedimentar e são desviados por estruturas basálticas, com mergulho de camadas no sentido NNE. As formações geológicas presentes nesta zona são Formação Irati, Formação Corumbataí, Formação Botucatu, Grupo Tubarão e Formação Itapetininga (atual Formação Tatuí).

O Planalto Ocidental Paulista, definido primordialmente por Moraes Rego (1932), ocupa, como região fisiográfica, uma área de aproximadamente 100.000 km², o que representa 2/5 da área total do Estado de São Paulo (ALMEIDA, 1974).

Em sua maior parte, apresenta um relevo uniforme e monótono com baixas e amplas colinas de menos de 600 m de altitude que avançam em direção dos vales dos principais rios que buscam o rio Paraná, separando seus afluentes. O formato geralmente convexo das formas topográficas, raramente interrompido pelo afloramento de camadas mais resistentes de arenito calcário, e os reduzidos ângulos dos perfis das vertentes, transmitem a esse relevo notável suavidade. Suas maiores altitudes dentro do Estado se encontram nos rebordos orientais, mais precisamente nas áreas escarpadas do *front* da cuesta arenito-basáltica, apresentando altitudes variando de 900 a 1200 metros.

As camadas elevam-se lentamente para a borda sul-oriental da província, avançando nos dois principais divisores de águas do planalto, atingindo altitudes que pouco excedem 700 m e constituem destacados planaltos que, embora erodidos, representam notáveis feições do relevo na província, juntamente com as cuestas já citadas (ALMEIDA, 1974).

As cuestas arenito-basálticas caracterizam-se morfológicamente por um relevo escarpado, com declividades superiores a 30%, sustentado por derrames basálticos e/ou arenitos silicificados no limite entre o Planalto Ocidental e a Depressão Periférica. A paisagem correspondente ao relevo cuestiforme tem sua estrutura ligada ao Planalto Ocidental (talude do planalto), mas por sua dimensão espacial e especificidades geogenéticas, foram classificadas separadamente com uma unidade específica da paisagem.

A rede hidrográfica das cuestas basálticas é inteiramente dominada pelos grandes rios consequentes e seus pequenos afluentes obsequentes, que retalham os frontes serranos dando-lhes contornos extremamente lobulados. A drenagem obsequente se deve a configuração das grandes áreas afuniladas que precedem os boqueirões (ALMEIDA, 1974).

A partir dos rebordos orientais, as camadas sedimentares dessa grande província fisiográfica inclinam-se suavemente em direção à calha do rio Paraná, onde as maiores altitudes estão por volta de 300 m e a amplitude altimétrica regional não ultrapassa de 30 a 40 m.

As colinas e chapadões tabulares que descambam suavemente para NW e W, perdendo altura à medida que se aproximam do rio Paraná, são divisores de água das bacias principais (rios consequentes e ressequentes) e dos seus tributários.

Segundo Camargo (1981), em determinadas áreas o relevo é marcado pela erosão diferencial, que desgasta áreas mais friáveis e expõe os topos mais resistentes, geralmente capeados por arenitos calcificados da Formação Bauru de grande resistência aos agentes erosivos. Devido à erosão fluvial, é comum no leito dos rios o afloramento de rochas basálticas da Formação Serra Geral recobertas pela sedimentação pós-vulcânica.

A geologia da província é composta por rochas do Grupo São Bento, Grupo Bauru, Formação Corumbataí, Formação Itaqueri, além das formações já citadas Serra Geral e Botucatu.

4.2. Geologia

Tanto a Depressão Periférica como o Planalto Ocidental estão inseridos na Província Paraná, uma bacia sedimentar intracratônica desenvolvida completamente sobre crosta continental (Plataforma Sul-Americana), localizada na porção meridional do território nacional, abrangendo uma área de aproximadamente 1.400.000 km², sendo cerca de 1.050.000 km² no Brasil e o restante distribuído quase que uniformemente entre Argentina, Paraguai e Uruguai, com formato alongado de direção NNE-SSO (1750 km de comprimento), com uma largura média de aproximadamente 900 km e espessura máxima de cerca de 8000 m, composta por rochas sedimentares, predominantemente siliclásticas, e magmáticas (PETRI & FÚLFARO, 1981).

O conjunto de rochas que constituem a bacia são resultado de deposições em, no mínimo, três diferentes ambientes tectônicos, ou seja, três fases de subsidência (Figura 3), decorrentes da dinâmica de placas que conduziu a evolução do Gondwana no tempo geológico (ZALÁN *et al.*, 1990). A “primeira bacia” ou fase de subsidência compreende a sequência Siluriana/Devoniana, depositada num golfo aberto para o proto-Pacífico e seguida da transgressão Devoniana; a “segunda bacia” é a etapa Carbonífero/Permiano, cuja subsidência

deve ter origem na sobrecarga das geleiras continentais associada a uma fase de reativação distensional; e a “terceira bacia” comporta a sequência Triássica/Jurássica/Eo-Cretácica, quando não mais havia mar e a sedimentação se deu em ambiente flúvico-eólico e posterior deserto de dunas, seguido do magmatismo basáltico que foi, provavelmente, o causador da terceira subsidência (ZALÁN *et al.*, 1990).

Ressalta-se que a deposição e a disposição das sequências sedimentares desta bacia estão relacionadas a reativações de zonas de fraquezas herdadas do embasamento durante fases tectônicas posteriores, controlando e determinando os falhamentos subsequentes. As principais feições tectônicas que afetam a bacia são representadas por falhas marcadas por sistemas inter cruzados de direções NW-SE e NE-SW, cujas extensões atingem centenas de quilômetros e os feixes apresentam larguras superiores a dezenas de quilômetros (FACINCANI, 2000).



Figura 3: Distribuição espacial das "três Bacias do Paraná" e seus períodos de formação. Fonte: ZALÁN *et al.* (1990).

4.2.1. Unidades Litológicas

A litologia da área estudada apresenta diferentes sequências sedimentares que abrangem idades paleozóica com o Grupo Passa Dois (Formação Corumbataí), mesozóica com o Grupo São Bento (Formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral) e depósitos cenozóicos e neocenozóicos (Formações Itaqueri e Rio Claro).

A classificação dos corpos litológicos segue o mapa geológico de Sousa (2002), por seu maior nível de detalhamento das unidades (Figura 4).

4.2.1.1. Grupo Passa Dois

Constituído por arenitos finos, siltitos, lamitos, folhelhos e calcários, o nome “Passa Dois” foi utilizado pela primeira vez por White (1908, *apud.* LANDIM *et al.*, 1980) para designar os sedimentos que cobrem a sequência paleozóica da Bacia do Paraná. Tal grupo ocorre em toda a Bacia, estendendo-se por uma área de 1.000.000 km² aproximadamente, através do Brasil, Paraguai e Uruguai.

No início da sua sedimentação (Permiano Superior) a Bacia do Paraná se apresentava como um extenso Golfo, dominado essencialmente por um mar epinerítico de baixa energia. Com a implantação de uma drenagem na região sul de Mato Grosso, eleva-se o suprimento terrígeno, iniciando o desenvolvimento de deltas prográdantes nas desembocaduras dos rios onde, na frente deltaica depositam-se as frações mais grosseiras e na planície deltaica são formados os depósitos fluviais com fortes indicações de rios de baixo declive e elevada carga. A progradação deltaica isolou a parte norte do golfo, desenvolvendo uma planície de maré em São Paulo. O elevado suprimento terrígeno terminou por assorear o golfo, produzindo uma sucessão vertical de fácies que se reflete na própria subdivisão litoestratigráfica do Grupo Passa Dois (LANDIM *et al.*, 1980) que, na área em questão apresenta a Formação Corumbataí.

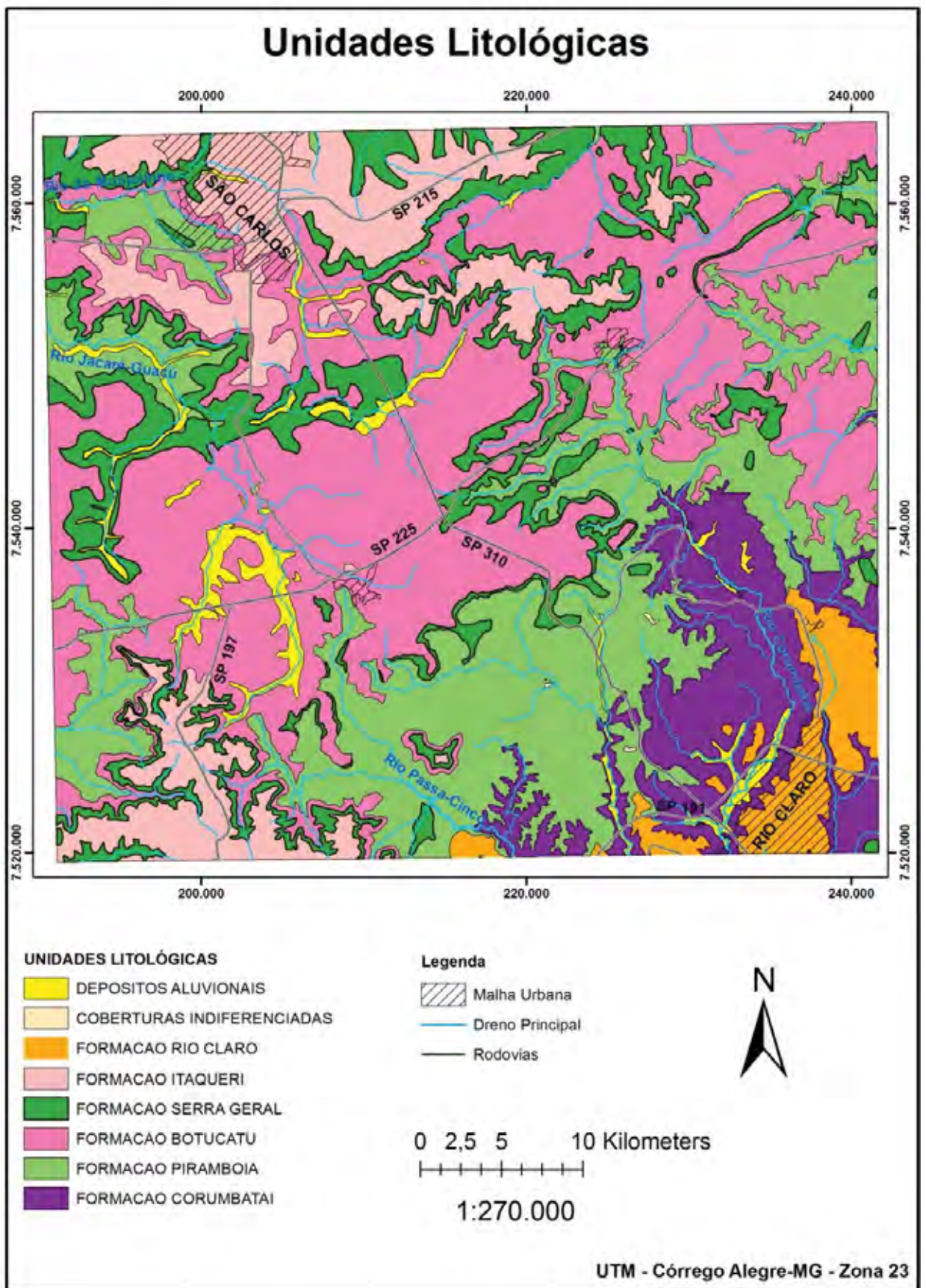


Figura 4: Mapa de Unidades Litológicas. Modificado de SOUSA (2002).

4.2.1.1.1. Formação Corumbataí

A denominação desta formação foi descrita pela primeira vez em 1916 pela antiga Comissão Geográfica e Geológica, embora alguns autores tenham atribuído a José Bonifácio de Andrada e Silva a introdução desse nome em 1820 (MELLO E SOUZA, 1985).

É caracterizada, em sua parte inferior, por argilitos, folhelhos e siltitos cinza escuros, e na parte superior por siltitos e folhelhos arroxeados e avermelhados com estratificação plano-paralela e intercalações de bancos carbonáticos e camadas de arenitos muito finos, além de apresentar fendas de ressecamento, laminação *flaser*, estratificação cruzada de pequeno porte, marcas onduladas e estruturas estromatolíticas associadas com calcários oolíticos (SCHNEIDER *et al.*, 1974). Ocorre também em vários pacotes, camadas e nódulos de sílex de cor castanha ou esbranquiçada, veios delgados de quartzo fibroso e calcita, além de lâminas de gipsita, sendo as camadas de calcário rasas e delgadas (ALMEIDA & BARBOSA 1953).

A ocorrência de fósseis na Formação Corumbataí é representada por lamelibrânquios, ostracodes, restos de peixes, de vegetais e palinomorfos, cuja deposição ocorreu no Permiano Superior (Kazaniano) (SCHNEIDER *et al.*, *op cit.*). A deposição final da Formação Corumbataí deve ter-se estendido provavelmente até o Eotriássico (ZALÁN *et al.*, 1990).

As características litológicas e sedimentares da parte inferior da unidade indicam deposição em ambiente marinho de águas gradativamente mais rasas, em condições climáticas redutoras, e na parte superior foram encontrados estromatólitos em abundância que, associados às características já citadas, indicam condições climáticas oxidantes, ambiente litorâneo de águas rasas, sob influência de marés, com frequentes avanços progracionais de sedimentação litorânea e dominado por extensos tapetes de algas (SCHNEIDER *et al.*, *op cit.*).

A Formação Corumbataí tem suas exposições principalmente ao longo do vale do rio Corumbataí, estado de São Paulo, onde está localizada sua área-tipo, e afluentes como o ribeirão Morro Grande, ribeirão Ferraz, ribeirão Jacutinga, ribeirão Claro, rio Passa Cinco e seu afluente ribeirão Cabeça. Sua faixa aflorante em território paulista atinge até a 130 m de espessura, adelgaçando para norte e não ultrapassando 60 metros nas proximidades de Leme/Pirassununga (LANDIM, 1970).

O contato inferior com a Formação Irati é considerado concordante e o contato superior com as Formações Pirambóia e Rio Claro ocorrem por discordância erosiva (SCHNEIDER *et al.*, *op cit.*).

4.2.1.2. Grupo São Bento

A designação “Série São Bento” foi proposta por White (1908, *apud.* MEZZALIRA, 1981) designando um conjunto de arenitos predominantemente vermelhos e as eruptivas da Serra Geral.

Almeida & Barbosa (1953) propuseram que as duas formações (Pirambóia e Botucatu) representam um único ciclo de sedimentação, refletindo condições climáticas que, de quentes e úmidas, passaram para desérticas. Na área de estudo, além das duas formações citadas, ainda aparece a Formação Serra Geral e Intrusivas Básicas.

4.2.1.2.1. Formação Pirambóia

O termo Formação Pirambóia foi utilizado pela primeira vez por Pacheco (1927, *apud.* SCHNEIDER *et al.*, 1974) para designar os arenitos de origem eólica/fluviais que ocorrem na porção basal do Grupo São Bento, com área-tipo nas imediações de Pirambóia, Estado de São Paulo. É uma das unidades sedimentares de maior ocorrência no centro-leste de São Paulo.

Constitui-se de arenitos esbranquiçados, amarelos, de rosados a avermelhados, com grãos apresentando granulometria média a muito fina, matriz silto-argilosa, grãos polidos, subangulares e subarredondados com intercalações de camadas de argilitos e siltitos, e raras intercalações areno-conglomeráticas (CAETANO-CHANG *et al.*, 1991; CAETANO-CHANG, 1997).

Segundo Sinelli (1979, *apud.* GONÇALVES, 1993), os constituintes minerais predominantes desta formação são quartzo e feldspato, sendo a clorita o mineral de argila mais comum.

Bósio (1973, *apud.* FACINCANI, 2000) afirma que as estruturas sedimentares da Formação Pirambóia mais comuns são estratificação cruzada de médio a pequeno porte, estratificação plano-paralela, escavação e preenchimento, estrutura maciça, marcas ondulares, além de algumas estruturas deformacionais produzidas por deslizamentos.

A Formação Pirambóia tem sua idade atribuída ao Triássico por suas relações estratigráficas com a Formação Botucatu (Juro-Cretáceo), com a Formação Corumbataí (Permiana Superior) e por correlação com a Formação Rosário do Sul (Triássico Médio a Superior) (SCHNEIDER *et al.*, 1974).

As feições morfológicas mais características da área de ocorrência desta formação são as encostas escalonadas e os extensos areais existentes sobre as colinas tabuliformes (LANDIM *et al.*, 1980)

A Formação Pirambóia estende-se de maneira contínua por todo Estado de São Paulo, aflorando ao longo de toda Depressão Periférica Paulista (CAETANO-CHANG & WU, 2003). A espessura da unidade chega a 300 m no centro-leste de São Paulo, porém tal espessura é muito variável, decrescendo para 170 m na região de São Carlos e diminuindo progressivamente até o sul do Rio Grande (SOARES & LANDIM, 1973).

O contato com as unidades inferiores (Grupo Passa Dois) tem sido considerado discordante pela maioria dos autores (ALMEIDA *et al.*, 1981). Já o contato superior com a formação Botucatu é claramente abrupto (CAETANO-CHANG, 1997).

4.2.1.2.2. Formação Botucatu

A designação Botucatu foi tirada da Serra de Botucatu, Estado de São Paulo e introduzida por Campos (1889, *apud.* SCHNEIDER *et al.*, 1974).

Designa um pacote de arenitos de granulação fina e muito fina dominante, com estratificação cruzada de grande a médio porte, muito friáveis ou silicificados, apresentando na parte basal corpos de arenitos conglomeráticos e conglomerado. É admitida a existência de derrames basálticos na unidade.

A característica fundamental da unidade é a monótona sucessão de corpos cuneiformes de arenitos com seleção regular a boa, com teor de lama (silte + argila) em média inferior a 10%. O constituinte mineralógico principal da Formação é o quartzo, na sua maioria em grãos bem arredondados. A presença de uma película envolvente de óxido de ferro é comum nesses grãos, dando-lhes a cor avermelhada.

A espessura da Formação é bastante variável, porém não ultrapassa 150 m em sua faixa de afloramentos no Estado, apresentando espessura média em torno de 50-70 m. Sua ocorrência abrange toda a faixa de afloramentos do flanco leste da Bacia Sedimentar do Paraná. Por ser interdigitalizada com os derrames da Formação Serra Geral, sua idade é estimada entre Jurássico superior e Cretáceo inferior (SOARES *et al.*, 1973).

Localmente observam-se afloramentos bastante irregulares que refletem, em parte, arqueamentos locais e falhas. Quando silicificado, o arenito dá origem a escarpas subverticais

(*front* de Cuesta) e, quando friável, origina cobertura arenosa em larga faixa (SOARES *et al.*, 1973).

Schneider *et al.* (1974) afirmaram que as características litológicas e sedimentares da Formação Botucatu indicam deposição em ambiente desértico, com contribuição, na parte basal, de sedimentos fluviais areno-conglomeráticos e camadas localizadas de siltitos e argilitos lacustres. Para Caetano-Chang & Wu (1995), a formação é resultado da deposição em ambiente desértico, sob o domínio de um sistema eólico, que conduziu ao registro de monótonas sucessões de depósitos de dunas e interdunas.

O tipo de contato mais aceito entre esta unidade e a Formação Pirambóia é o discordante, porém alguns autores acreditam ser este gradacional. Na porção superior o contato ocorre de forma discordante com os derrames da Formação Serra Geral (SCHNEIDER *et al.*, *op cit.*).

4.2.1.2.3. Formação Serra Geral e Intrusivas Básicas

A denominação Serra Geral foi utilizada pela primeira vez por White (1908, *apud*. PERROTA *et al.*, 2005), designando como tipos as exposições de lavas vulcânicas que ocorrem na Serra Geral, ao longo da estrada que liga as cidades Lauro Muller e São Joaquim, em Santa Catarina.

De acordo com LANDIM *et al.* (1980), a formação caracteriza-se por espessa seção de lavas basálticas, toleíticas, de textura afanítica, coloração cinza escura a negra, amigdaloidal, no topo dos derrames e com desenvolvimento de juntas verticais e horizontais, além de intercalações de arenitos finos a médios com estratificação cruzada tangencial, idênticos aos da Formação Botucatu que ocorrem principalmente na parte basal da Formação.

Possui espessura de aproximadamente 1500 m junto ao depocentro da bacia, associado a uma extensa rede de diques e múltiplos níveis de soleiras (Intrusivas Básicas). As soleiras ocorrem intrudidas nos sedimentos paleozóicos, especialmente nas formações Irati e Itararé, com espessuras que variam, normalmente, de 2 a 200 m, tendo sido descritas seções de até 1.000 m (PERROTA *et al.*, *op cit.*). Na área de estudo, tais intrusões afloram nas calhas de alguns rios, formando soleiras de sedimentação, corredeiras, cachoeiras e elementos elevados na paisagem local (por exemplo, na região da Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade).

A Formação Serra Geral é o resultado de intenso magmatismo de fissura, iniciado quando ainda perduravam as condições desérticas de sedimentação da Formação Botucatu (LANDIM *et al.*, 1980).

As idades das rochas vulcânicas, obtidas por meio de datações $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, revelam que o pico de atividade ígnea na Província Paraná ocorreu num curto espaço de tempo, entre 133 e 130 M.a. (Eocretáceo) (NARDY *et al.*, 2008).

Apresenta contato inferior discordante com os arenitos da Formação Botucatu e unidades mais antigas da bacia, na porção superior o contato é discordante com as rochas do Grupo Bauru (SCHNEIDER *et al.*, 1974).

4.2.1.3. Depósitos Cenozóicos e Neocenozóicos

As primeiras referências à sistematização, origem e evolução das formações superficiais no Brasil foram elaboradas por Woodworth (1912), Washburne (1930) e Moraes Rego (1932) (FACINCANI, 2000), relacionando os depósitos de cobertura com os níveis de aplainamento pós-terciários.

Os sedimentos cenozóicos na área são representados pelas formações Itaqueri e Rio Claro, além de coberturas superficiais associadas constituídas por cascalhos, areias, argilas e aluviões modernos (holocênicos), associados à rede de drenagem. Estes últimos apresentam-se pouco expressivos e associados às principais drenagens, como as dos rios Corumbataí, Passa Cinco, Cabeça.

4.2.1.3.1. Formação Itaqueri

Os primeiros a definir essa formação foram Almeida & Barbosa (1953), designando os sedimentos areno-conglomeráticos que capeiam as Serras de São Carlos, Itaqueri, Cuscuzeiro e outras áreas elevadas do nordeste (região de Franca) e cento (região de Marília) do estado de São Paulo.

É caracterizada pela alternância de arenitos com matriz argilosa, folhelhos, conglomerados e arenitos intensamente silicificados, destacando a predominância dos primeiros. Há um predomínio de conglomerados na porção basal, característica bem observável na maior parte da formação.

As estruturas sedimentares mais comuns são as estratificações plano-paralela e cruzadas nos arenitos, e disposição caótica dos clastos nos conglomerados mais grossos (ALMEIDA & BARBOSA, 1953).

Os mesmos autores a definem como uma sequência referente à base do grupo Bauru, com espessura variando até 125 m. Localmente ocorrem níveis de lateritas de até 1m de espessura (SOUSA, 2002).

Cottas & Barcelos (1981) consideraram ambiente de sedimentação de alta energia, com formação de sistema de leques aluviais, em condições de um clima de árido a semi-árido, sujeitas a bruscas mudanças de velocidade de transporte.

Estudos mais recentes sugerem que a idade da Formação Itaqueri esteja entre o Paleoceno e o Eoceno (COTAS & BARCELOS, *op cit.*; MELO & PONÇANO, 1983; RICCOMINI, 1997), porém esse assunto permanece em aberto até que sejam realizados estudos mais aprofundados sobre a distribuição espacial desses sedimentos, sua petrografia, grau da alteração intempérica do material e datações absolutas.

4.2.1.3.2. Formação Rio Claro

Moraes Rego (1932) foi provavelmente o primeiro a fazer referência aos depósitos areníticos situados nos arredores da cidade de Rio Claro, sendo o termo proposto por Björnberg & Landim (1966), na região compreendida entre os rios Piracicaba e Pardo.

A Formação Rio Claro tem área tipo situada no entorno da cidade de Rio Claro, constituindo-se de arenitos mal consolidados e mal classificados de coloração amarela, arenitos conglomeráticos e argilitos avermelhados ou brancos, exibindo litificação em geral incipiente, com espessura máxima de cerca de 30 m. Entretanto, Björnberg & Landim (*op cit.*) admitiram que tais depósitos distribuíam-se por uma ampla área, representados pelo nível topográfico entre 600 e 800 m, assim como o estudo de Melo (1995) da porção centro-oeste da Depressão Periférica reconhecendo diferentes níveis altimétricos.

Fulfaro & Suguio (1968) subdividiram a formação em duas sequências: uma basal, com sucessão de estratos arenosos e intercalações de leitos argilosos, interpretada como calha de paleocanal fluvial; e outra de topo, onde dominam argilas, com brechas intraformacionais e lentes arenosas subordinadas, interpretada como depósito de planície de inundação. Os mesmos autores interpretaram que esses depósitos têm sua origem a partir de um sistema

fluvial que corresponderia ao paleocanal do rio Corumbataí, barrado a jusante pela reativação e alçamento da estrutura de Pitanga.

Melo (1995) interpreta a sedimentação da Formação Rio Claro como originada por um sistema fluvial meandrante em clima úmido. O mesmo autor subdivide a formação em quatro litofáceis distintas: Trcl - com predominância de lamitos de origem gravitacional, formados principalmente em áreas de relevo acidentado, nas cercanias do Planalto Atlântico; Trcc - predominado cascalhos e areais de depósitos associados a canais (fundo de canal, barras de pontal) de sistema fluvial meandrante; Trca – depósito de areia predominantemente fina de rompimento de diques marginais, com delgada intercalação de argila (não representado na área de estudo); Trcm - predomina argilas de planície de inundação de sistema fluvial meandrante. Além destas quatro litofácies principais, também são encontrados depósitos indiferenciados (Trci), podendo incluir lamitos, cascalhos, areias e argilas (MELO, *op cit.*).

A idade desta formação ainda é algo controverso e indefinido na bibliografia, sendo a idade próxima do limite Plioceno/Pleistoceno (SOARES & LANDIM, 1973) e Mioceno/Plioceno (MELO, *op cit.*), como as mais aceitas até o momento.

No platô de Rio Claro, a Formação Rio Claro aparece sobreposta à Formação Corumbataí de forma discordante, sobre superfície intensamente erodida. Os materiais que recobrem esta unidade são caracterizados como depósitos colúvio-eluviais areno-argilosos e depósitos lamíticos de fluxos gravitacionais, tendo sido estas as únicas relações de contato observadas por Melo (*op cit.*).

4.3. Tectônica

A região de estudo encontra-se na Zona Sismogênica de Pinhal, definida pelo IPT (1981 *apud*. MELO, 1995), que abrange parte da borda nordeste da Bacia do Paraná, com seus limites estendidos na Carta Geotécnica de São Paulo (NAKAZAWA *et al.*, 1994) e aproximadamente coincidentes com a área de Soerguimento de Moji Guaçú (PIRES NETO, 1996). A sismicidade desta zona é considerada desde Guaxupé até Sorocaba e, a partir dos complexos intrusivos de Pinhal e Socorro, acompanhando para o sul o traço da faixa rúptil de Camanducaia. Os eventos de Pinhal representam a maior magnitude da zona sismogênica, tendo ocorrido numa profundidade de 20 km (Figura 5).

Fernandes (1997) afirma que “no que diz respeito à tectônica cenozóica, constatou-se, em várias regiões do território brasileiro, que a sua atuação tem sido importante mesmo em áreas

tradicionalmente consideradas estáveis. Esta tectônica gerou uma grande quantidade de estruturas rúpteis, que seccionam rochas mesozóicas e sedimentos cenozóicos, e reativou discontinuidades pré-existentes. Há evidências de que a tectônica mais recente tem controlado tanto as feições do relevo como a distribuição e deposição dos depósitos cenozóicos.”.

O desenvolvimento tectônico ao longo do Arqueano e do Proterozóico, gerou as unidades litoestruturais do embasamento da plataforma, *trends* e um padrão de blocos estruturais que caracteriza o arcabouço estrutural regional, sendo os principais condicionadores da evolução mesozóica e cenozóica, controlando hoje a neotectônica e a morfogênese (relevo e drenagem) (HASUI, 1990; PIRES NETO, 1996).

Mioto (1993) salienta que na região de Piracicaba o desenvolvimento das unidades paleozóicas esteve condicionado às partes elevadas do Arco de Ponta Grossa (sul) e da Flexura de Goiânia (norte), achando-se preservados atualmente aquelas das segunda e terceira bacias do Paraná.

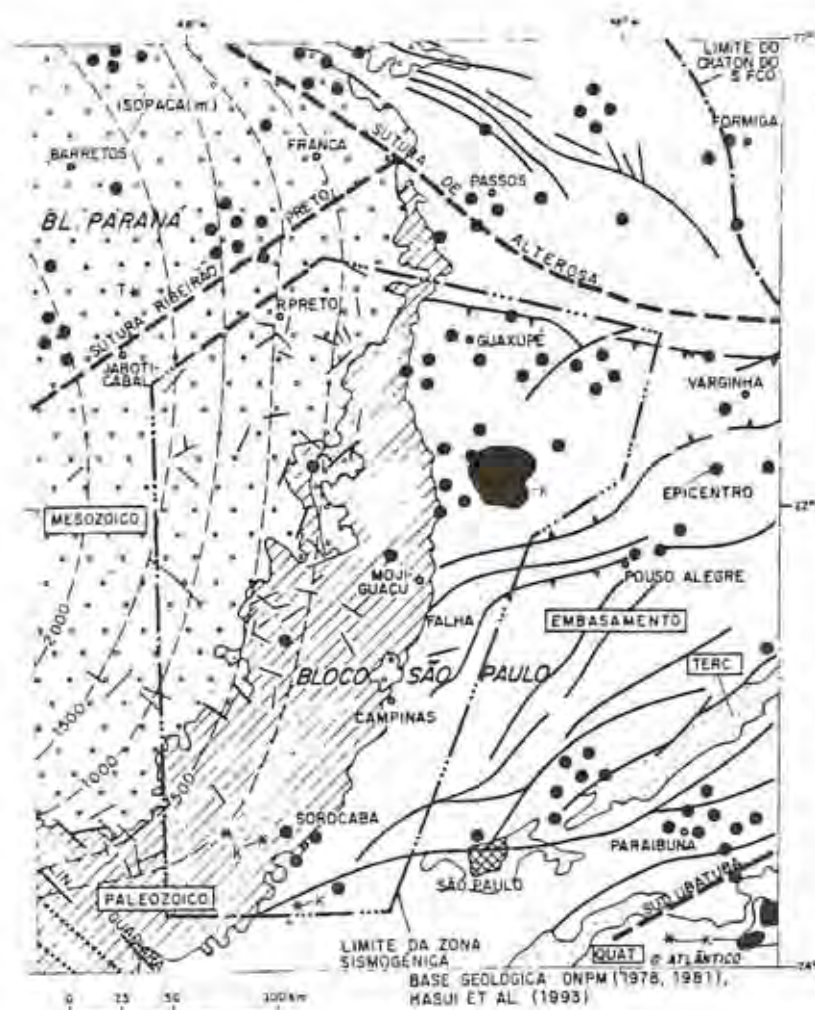


Figura 5: A Zona Sísmica de Pinhal e as grandes estruturas regionais. Fonte: PIRES NETO (1996).

4.3.1. Tectônica Clássica

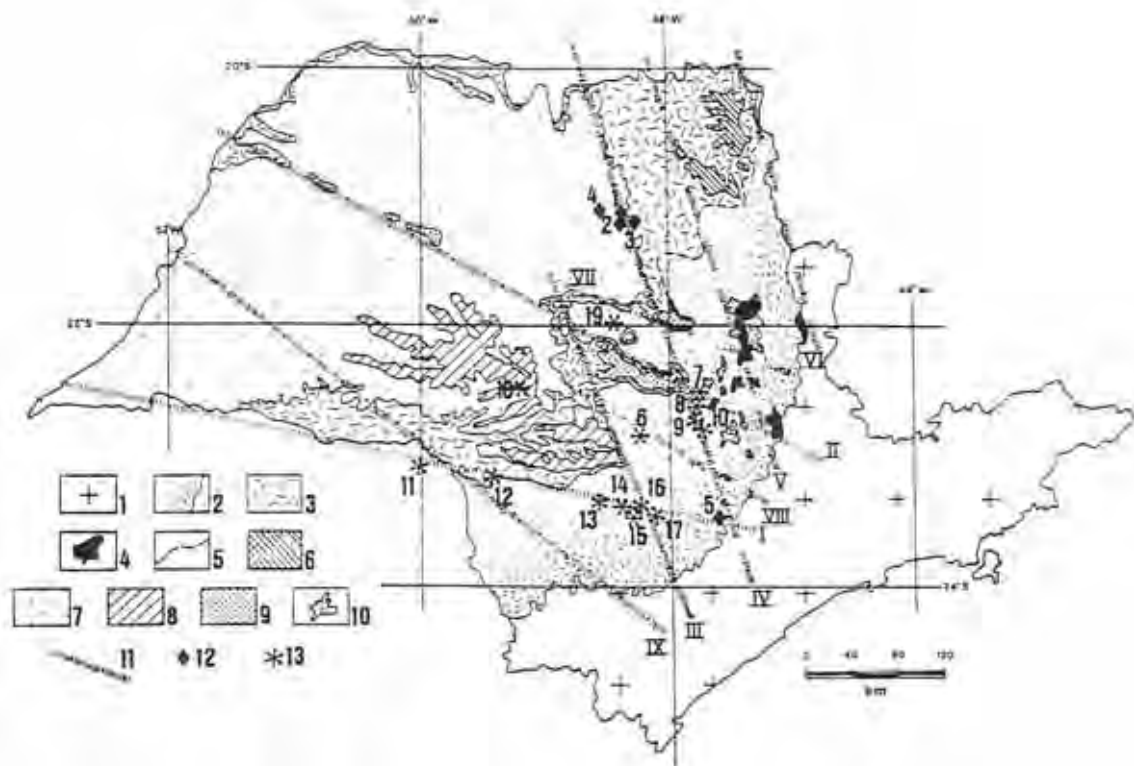
A tectônica do Mesozóico – Cenozóico participou efetivamente na modelagem das formas de relevo na região, promovendo mudanças na paisagem como no desenvolvimento de escarpas e no rearranjo da rede de drenagem (FACINCANI, 2000). São vários os indícios da atuação da atividade tectônica cenozóica na área, registrados pelo forte controle na configuração da drenagem, escultura do relevo e a distribuição das coberturas neocenozóicas, com significativa transformação na paisagem ao longo do Quaternário.

Pires Neto (1996) afirma que o evento tectônico ocorrido durante o Paleogeno (Eoceno – Oligoceno) que se caracterizou pelo soerguimento e destruição da superfície erosiva do Japi (flexurada e falhada pela reativação de antigas estruturas) tem seus efeitos reconhecidos e descritos por diversos autores como Martonne (1943), Ruellan (1944), Maack (1947), Freitas (1944 e 1951), Ab'Saber (1954) e Almeida (1964 e 1969); além de trabalhos que procuram estabelecer relação entre a tectônica e a sedimentação como o de Melo (1985), Campanha *et al.* (1985), Fulfaro *et al.* (1985), Riccomini (1989), Melo (1990 e 1995), e caracterizar cinemáticas dos falhamentos, como Fernandes & Souzas (1994) e Facincani *et al.* (1995).

Melo (1995) apresenta uma breve revisão sobre os estudos das deformações tectônicas atuantes na região da área de estudo em questão e seus arredores, começando por Washburne (1930, *apud.* MELO, *op cit.*) que descreveu as estruturas de Pitanga, Boa Esperança (Pau d'Alho), Charqueada e Serrote, considerando-as como anticlinais, reconhecendo somente pequenos e raros falhamentos considerados como ajustamentos aos dobramentos, opinião essa semelhante à de Almeida & Barbosa (1953); Oppenheim & Malamphy (1936, *apud.* MELO, *op cit.*), estudando a região de São Pedro e Charquada, consideraram os desnivelamentos de camadas-guia como resultantes de importantes falhamentos, além de interpretar a estrutura de Pitanga como tendo sido formada por um sistema de falhas escalonadas; Barbosa & Gomes (1958, *apud.* MELO, *op cit.*) descreveram o que denominaram de “domos” de Assistência e Pitanga na bacia do rio Corumbataí, não se referindo a falhas na área; Fulfaro *et al.* (1967) consideraram os falhamentos como o processo fundamental na tectônica da Bacia do Paraná, responsáveis inclusive pela origem da escarpa da Serra Geral na área das serras de Santana e São Pedro; Björnberg (1965 e 1969) e Björnberg *et al.* (1971) consideraram que, durante o Cenozóico, os falhamentos foram ativos, denominando tal tectonismo, caracterizado por movimentações predominantemente horizontais de tectônica moderna; tais autores foram contestados por Soares (1973) que considerou tais movimentações horizontais como de origem atectônica, relacionadas a deslizamentos de blocos de rocha; Soares (1974) se baseou

em mapeamentos realizados (ANDRADE & SOARES, 1971, *apud.* MELO, *op cit.* e SOARES *et al.*, 1973) para reconhecer diversas estruturas representadas por falhas com movimentação vertical e estruturas dômicas, originadas por esforços compressivos gerados no interior da Bacia do Paraná, em consequência da subsidência, afirmando que tais esforços compressivos tenderiam a formar estruturas arqueadas no embasamento da bacia (possivelmente controladas por estruturas preexistentes), com ruptura e dobramento nas camadas sedimentares sobrepostas, cujo seu tectonismo formador teria ocorrido durante o Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior, concomitante ou logo após o vulcanismo basáltico pelo fato das camadas mesozóicas estarem arqueadas e os sedimentos do Grupo Bauru não terem sido perturbados; Soares *et al.* (1982) identificaram “zonas móveis” correspondentes a faixas retilíneas de alta concentração de lineamentos interpretados de imagem de satélite e de radar que representariam zonas de fraqueza do embasamento, várias delas controlando a sedimentação na bacia; Fulfaro *et al.* (1982) destacaram a compartimentação da Bacia do Paraná por alinhamentos ou zonas de fratura, relacionando algumas fraturas a alaucógenos do Pré-Cambriano Superior a Eopaleozóico, e consideraram as estruturas dômicas (inclusive Pitanga) como contemporâneas do soerguimento jurássico-cretáceo da região costeira adjacente à Bacia de Santos; Souza Filho (1983, *apud.* MELO, 1995) se apoiou em diferenças nas estruturas presentes nas rochas paleozóicas e mesozóicas na região de Rio Claro-Piracicaba para concluir que a estrutura de Pitanga e as falhas inversas associadas teriam sido resultado de uma fase tectônica compressiva ativa no final do Permiano, e que, no Jurássico Superior-Eocretáceo, tais estruturas teriam sido reativadas e novas falhas teriam surgido; Cordani *et al.* (1984, *apud.* MELO, *op cit.*) destacaram a influência de estruturas regionais, várias delas relacionadas com o Ciclo Brasileiro, na forma atual da Bacia do Paraná; Zalán *et al.* (1991) reconheceram três direções principais de elementos tectônicos na Bacia do Paraná, afirmando que a evolução tectono-sedimentar da bacia durante o Paleozóico teria sido influenciada por eventos tectônicos compressivos de naturezas diversas (ainda não bem definidas) que afetaram a margem ocidental do Gondwana, enquanto que durante o Mesozóico passaram a ser mais marcantes as influências do tectonismo distensivo ligado ao processo de rompimento e afastamento da América do Sul e África; Melo *et al.* (1993), estudando a área do alto rio Pardo, interpretaram três fases principais para os eventos tectônicos mesozóico-cenozóicos: a primeira a partir do Cretáceo Superior, a segunda no Paleógeno, e a terceira pós-Paleógeno; Quintas (1995, *apud.* MELO, *op cit.*) interpretou a estruturação representada pela falha de Jacutinga e alinhamento do Tietê; Riccomini (1995, *apud.* MELO, *op cit.*), estudando as evidências de deformações tectônicas nos sedimentos

pós-gondwânicos do centro-leste do Estado de São Paulo, deu destaque à estruturação, pós-magmatismo Serra Geral, por alinhamentos estruturais de variadas direções, considerou a estrutura de Pitanga como um anticlinal, coincidente com o alinhamento do rio Mogi-Guaçu, reconheceu deformações tectônicas em sedimentos terciários e quaternários, sendo as duas últimas fases de deformação neotectônica no Quaternário (Figura 6).



1- substrato pré-cambriano, em parte recoberto por sedimentos cenozóicos; 2- terrenos paleozóicos e mesozóicos da Bacia do Paraná, subjacentes aos derrames superiores da Formação Serra Geral; 3- rochas vulcânicas da Formação Serra Geral; 4- *sills* de diabásio; 5- contato aproximado entre 4 e 5; 6- depósitos rudáceos da região de Franca-Pedregulho; 7- grupos Caluá e Bauru, não diferenciados; 8- Formação Marília, Grupo Bauru; 9- Formação Itaqueri; 10- Formação Rio Claro e depósitos correlatos; 11- alinhamentos estruturais (I- Alinhamento do Rio Paranapanema; II- Alinhamento Estrutural do Tieté; III- Alinhamento Ibitingá-Botucatu; IV- Alinhamento do Rio Mogi-Guaçu; V- Alinhamento Ribeirão Preto-Campinas; VI- Alinhamento Rifaina-São João da Boa Vista; VII- Alinhamento São Carlos-Leme; VIII- Alinhamento Barra Bonita-Itu; IX- Alinhamento de Guapiara); 12- manifestações alcalinas (1- Taiúva; 2- Aparecida do Monte Alto; 3- Jaboticabal; 4- Pirají; 5- Ipanema/Araçoiaba da Serra); 13- altos estruturais (6- Domo de Anhembi-Itapara; 7- Estrutura de Pitanga; 8- Domo de Artemis; 9- *Horst* de Pau d'Alho; 10- Domo de Jibóia; 11- Domo de Jacarezinho; 12- Domo de Neblina; 13- Domo de Jacu; 14- Estrutura Dômica de Carlota Prenz; 15- Domo de Rio Grande; 16- Domo de Jacutinga; 17- Domo de Guarda; 18- Astroblema de Piratininga; 19- Domo de Jacaré-Guaçu).

Figura 6: Principais alinhamentos estruturais da área da Bacia do Paraná do Estado de São Paulo. Fonte: MELO (1995).

Segundo as evidências de tectonismo, provavelmente, no Quaternário, em parte, aproveitaram as descontinuidades preexistentes (tectônica ressurgente), atuando juntos ao Domo de Pitanga, foram analisados por Riccomini *et al.* (1991), em conglomerados falhados, sobrepostos à Formação Tatuí.

Sousa (2002), estudando a evolução tectônica de alguns altos estruturais do centro do Estado de São Paulo, afirma que a rede de drenagem e a esculturação do relevo são controladas por descontinuidades e por dois eventos tectônicos, sendo o primeiro distensivo (falhas normais NE-SW) e o outro transcorrente (falhas normais NW-SE, inversas NE-SW e transcorrentes). As falhas são as principais estruturas da região e formam conjunto de planos paralelos/subparalelos que promovem a formação de altos e baixos estruturais, ou aparecem de forma isolada, controlando a linha de afloramentos das unidades afetadas.

Björnberg (1965) acredita que os dois tipos principais de cisalhamento na área são falhas de rejeito horizontal e falhas normais, sendo que os esforços compressivos mais comuns orientam-se segundo ENE-WSW, e as falhas normais e inversas parecem associar-se às horizontais.

4.3.2. Neotectônica

Embora os movimentos tectônicos que vem ocorrendo nos tempos geológicos mais recentes tenham sido referidos no século passado, o estudo da Neotectônica passou a ser sistematizado num novo campo da Geotectônica a partir de 1948, quando Obruchev definiu o que chamou de Neotectônica, o ramo das Geociências, preocupado em estudar os movimentos da crosta terrestre, durante os períodos do Terciário Superior ou Neogeno (Mioceno e Plioceno) e Quaternário, e que assumiram um papel decisivo na formação da morfologia atual.

Em proposta realizada pela Comissão de Neotectônica da Associação Internacional de Estudos do Quaternário – INQUA (Mörner 1978, *apud.* FERNANDES, 1997), “neotectônica é definida como qualquer movimentação da Terra ou deformação do nível de referência geodésico, seus mecanismos, sua origem geológica (tão antiga quanto ela seja), suas implicações para várias aplicações práticas e suas extrapolações futuras.”.

O período da Neotectônica da Plataforma Brasileira, segundo Hasui (1990), abrange o Neogeno (Mioceno – Plioceno) e o Quaternário. As tensões vigentes nesse período na Plataforma Brasileira são consequência de um regime transcorrente, com eixo de compressão

horizontal de direção próxima a WNW-ESE, resultante da rotação da Placa Sul Americana para oeste. Segundo Saadi (1993), nesse período predominam esforços compressivos noroeste e distensivos nordeste.

Hasui (1990) distingue dois regimes tectônicos no Cenozóico, o primeiro seria o regime divergente responsável pela formação das bacias tafrogênicas do Sudeste brasileiro, com direção geral de distensão NW-SE e, posteriormente o regime tectônico transcorrente gerado pela atuação de forças de um par conjugado dextral de direção E-W, causado pela rotação da Placa Sul-Americana para Oeste.

Constatou-se, em várias regiões do território brasileiro, que a atuação da tectônica cenozóica tem sido importante mesmo em áreas tradicionalmente consideradas estáveis. Esta tectônica gerou uma grande quantidade de estruturas rúpteis, que seccionam rochas mesozóicas e sedimentos cenozóicos, e reativou descontinuidades pré-existentes, evidenciando que a tectônica mais recente tem controlado tanto as feições do relevo como a distribuição e deposição dos depósitos cenozóicos (FERNANDES, 1997).

A recorrência de atividade tectônica ao longo das direções NE, NW e E-W é reconhecida como de grande importância na implantação e desenvolvimento da Bacia do Paraná (SOARES 1974, ALMEIDA *et al.* 1981, FULFARO *et al.* 1982, HASUI *et al.* 1989, ZALÁN *et al.* 1990, RICCOMINI, 1995). Ao longo destas direções também ocorrem os principais falhamentos cenozóicos.

Arranjo de falhas associado a uma história de reativação de antigas estruturas já foi apontado por Pires Neto (1996), Neves (1999) e Bistrichi (2001) para as direções NW-SE e para a direção NE-SW, Rostirolla *et al.* (2000) considera a falha de Jacutinga como a mais importante falha do Pré-Cambriano, que se prolonga por sob a cobertura fanerozóica da Bacia do Paraná, ao longo da qual está localizado o Alto do Quatiguá (SOUSA, 2002). A mesma autora afirma que as indicações para estas direções são de falhas normais e especificamente na região (estruturas de Pitanga e Pau d' Alho), estas falhas promovem basculamentos de blocos controlando a formação e preservação das coberturas cenozóicas e neocenozóicas.

Segundo Melo (1995), no Sudeste do Brasil, o Paleógeno foi marcado pela formação de estruturas E-W, NE-SW e NW-SE e movimentação normal dominante, dando origem às bacias de Taubaté e São Paulo. O desenvolvimento de bacias continentais continuou até o Neógeno, tendo como exemplo as acumulações correspondentes à Formação Rio Claro.

Saadi (1993) acredita que os problemas enfrentados para o estudo neotectônico desta região, devem ser ligados às dificuldades de observação, frente à complexidade das estruturas sedimentares da cobertura cretácica e ao amortecimento dos deslocamentos tectônicos em

meio à coluna sedimentar meso-cenozóica. As rochas sedimentares possuem características plásticas e comumente dissipam os esforços que lhes são aplicados.

Embora ainda exista uma série de pontos a serem estabelecidos e caracterizados, na região, pode associar-se, ao pulso tectônico pleistocênico o soerguimento generalizado e o basculamento de blocos que seriam evidenciados por desnivelamentos topográficos e pela presença ainda de uma apreciável cobertura sedimentar moderna sobre as superfícies adernadas dos blocos tectônicos (BJÖRNBERG, 1969; PENTEADO, 1968).

De acordo com Facincani (2000), as falhas de rejeito direcional decorrem de movimentação transcorrente neotectônica com aproveitamento das superfícies preexistentes. Essas características estruturais são indicadoras da tectônica ressurgente na área de estudo, que influenciam diretamente na sedimentação neocenozóica e na morfogênese que atuam de modo decisivo na modelado das formas de relevo.

A mesma autora afirma que a tectônica do Mesozóico – Cenozóico participou efetivamente na modelagem das formas de relevo na região, promovendo mudanças na paisagem como no desenvolvimento de escarpas e no rearranjo da rede de drenagem. Cita ainda que são vários os indícios da atuação da atividade tectônica cenozóica na região de São Carlos, Rio Claro e Piracicaba, registrados pelo forte controle na configuração da rede de drenagem, escultura do relevo e a distribuição das coberturas neocenozóicas, com significativa transformação na paisagem ao longo do Quaternário.

Björnberg (1969) estudando a tectônica e sedimentologia do Cenozóico paulista admite que as manifestações tectônicas são recentes, supondo inclusive que ainda estejam em atividade por existir uma apreciável cobertura sedimentar moderna em superfícies adernadas e comumente ocorrer minerais secundários estriados por deslocamentos em planos cisalhantes nas áreas brechadas.

De acordo com Sousa (2002) “o regime neotectônico é responsável pelo desenvolvimento de feixes NW-SE e secundariamente E-W que desempenham importante papel na deformação dos depósitos cenozóicos e na esculturação da paisagem, manifestada por feições geomorfológicas indicativas de soerguimentos e basculamentos. Ao se destacar a ocorrência destes depósitos eocenozóicos falhados e a presença destas feições morfotectônicas, torna-se evidente a atividade neotectônica para a região, corroborando as propostas de autores como Riccomini (1995), Sousa (1997), Facincani (2000). Este modelo de evolução tectono-sedimentar para o Cenozóico da região estudada está de acordo com o modelo evolutivo da região Sudeste do Brasil, conforme proposto por Hasui (1999).”.

4.4.Clima

Várias classificações climáticas foram propostas para o Estado de São Paulo, dentre elas a classificação de Setzer (1966) que tem como base o índice da efetividade da precipitação anual levando em conta as chuvas e a temperatura; a classificação de Salvi (1984) com abordagem quantitativa, empregando a análise de correlação de Spearman, a análise fatorial e a análise de agrupamento para variáveis climáticas.

Porém, as mais aceitas (e que serão seguidas por este trabalho) é a classificação pelo Sistema Internacional de Köppen e a tentativa de classificação climática feita por Monteiro (1973).

Além do clima atual, é de grande importância também a caracterização das flutuações do clima e mudanças climáticas mais drásticas ocorridas em épocas geológicas passadas (paleoclima), principalmente do Quaternário, que exerceu maior influência nas paisagens atuais.

4.4.1. Clima Atual

O Sistema Internacional de Köppen foi a primeira classificação de âmbito mundial a ser proposta, em 1918, lastreada em parâmetros empíricos desenvolvidos a partir dos valores médios anuais ou mensais de temperatura e precipitação. Sua classificação não levava em conta causas como, pressão, ventos, massas de ar, frentes ou tempestades.

De acordo com Ab'Saber (1956), interpretando os estudos de José Setzer, a região de Rio Claro (Depressão Periférica) se apresenta com tipo climático *Cwa* de Köppen (clima temperado úmido com inverno seco e verão quente), e a região de São Carlos (Planalto Ocidental) como tipo climático *Cwb* (clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado), sendo uma zona de transição do clima tropical para o temperado, com duas estações bem marcantes: muito chuvosa (outubro a abril) e mais seca (maio a setembro) (Figura 7).

Penteado (1968) julga que a região oeste da Depressão Periférica (Rio Claro e região) apresenta tipo climático *Aw* (clima tropical com estação seca de inverno), com temperaturas relativamente altas e pluviosidade elevada em certa época do ano.

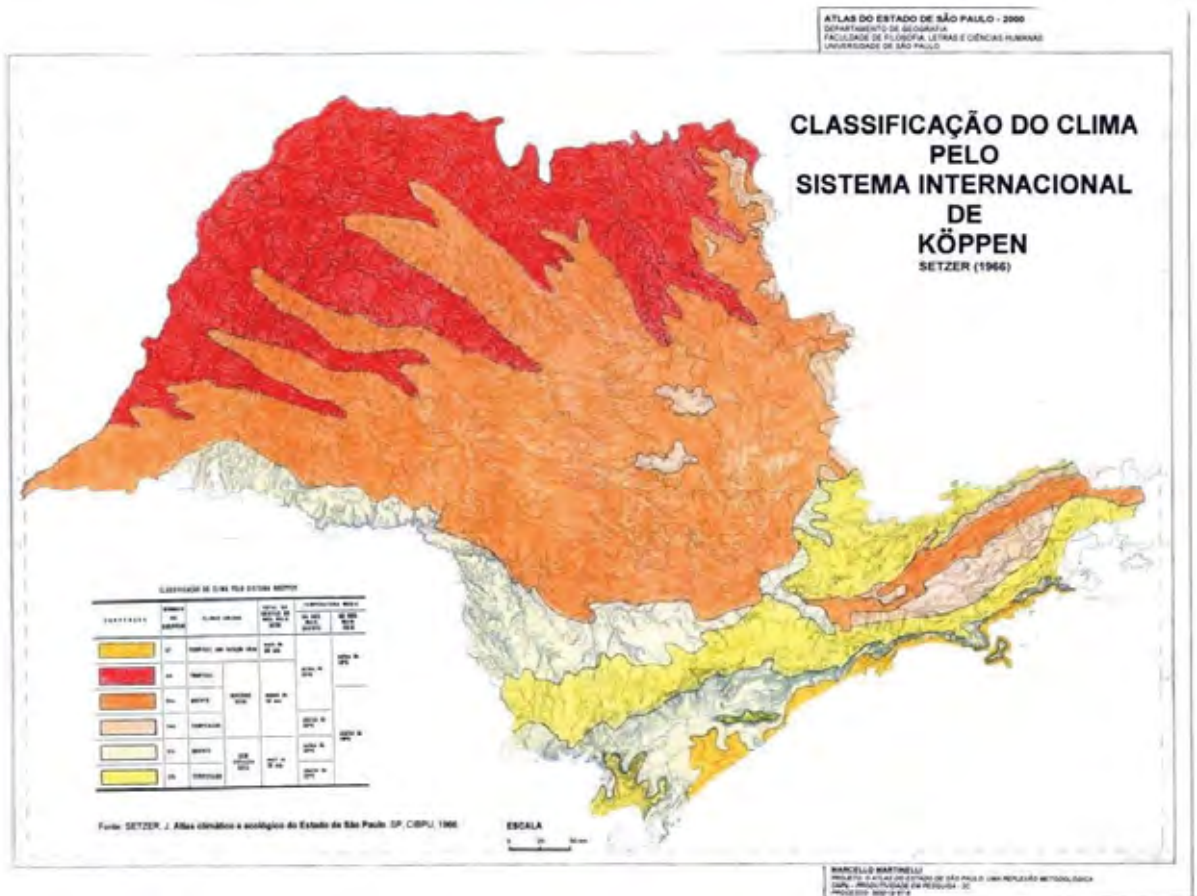
A classificação de Monteiro (1973) teve por base a dinâmica atmosférica vista através dos mecanismos de circulação ao nível continental, o que lhe permitiu avaliar sua participação

genética no âmbito do território paulista através de níveis. Para o autor, são os mecanismos da circulação atmosférica regional que vão indicar o primeiro nível de classificação climática em São Paulo. O segundo nível seria com base nos fatores geomorfológicos, estabelecendo áreas com e sem períodos seco. Em níveis taxonômicos inferiores as subdivisões são impostas por conta da influência da organização ecológica e da ação antrópica.

Nesta classificação, as duas regiões estão inseridas na feição climática Vb, controladas por massas equatoriais e tropicais, de clima tropical alternadamente seco e úmido, se diferenciando apenas segundo as unidades geomorfológicas (Figura 8).

Jiménez-Rueda (1993), de acordo com o sistema de Mohr, classifica a parte alta do Planalto Ocidental como grupos IV e V (Figura 9A) e a Depressão Periférica como grupo IV (Figura 9B), sendo o grupo IV representado por estação seca marcada, com 4 a 9 meses úmidos com precipitação maior que 100mm, 2 a 3 meses secos com 60mm ou menos e 0 a 6 meses intermediários, com a evaporação excedente à precipitação em parte do ano, e o solo seco até uma profundidade considerável. O grupo V apresenta estação seca intensa, com 1 a 4 meses úmidos, 4 a 5 meses secos e 3 a 7 meses intermediários, com a evaporação excedente à precipitação na maior parte do ano, e a seca do solo atingindo grandes profundidades.

Menardi Jr. (2000), analisando o regime e ritmo das chuvas da bacia do rio Piracicaba em um período de trinta anos, subdivide a bacia em cinco compartimentos, ficando a área do presente estudo no compartimento Noroeste, que possui alto índice pluviométrico (média anual de 1400mm á 1500mm), originado principalmente pela ação da Frente Polar Antártica, concentrando-se no front das Cuestas Basálticas, com forte influência da orografia.



CLASSIFICAÇÃO DO CLIMA PELO SISTEMA, KOEPPEN

CONVENÇÃO	SÍMBOLO DE KOEPPEN	CLIMAS ÚMIDOS	TOTAL DE CHUVAS DO MÊS MAIS SECO	TEMPERATURA MÉDIA	
				DO MÊS MAIS QUENTE	DO MÊS MAIS FRIO
	Af	TROPICAL sem estação seca	mais de 60 mm		acima de 18°C
	Aw	TROPICAL		acima de 22°C	
	Cwa	QUENTE	menos de 30 mm		
	Cwb	TEMPERADO		abaixo de 22°C	
	Cfa	QUENTE		acima de 22°C	
	Cfb	TEMPERADO	mais de 30 mm	abaixo de 22°C	

Figura 7: Classificação do clima pelo Sistema Internacional de Köppen. Modificado de SETZER (1966).

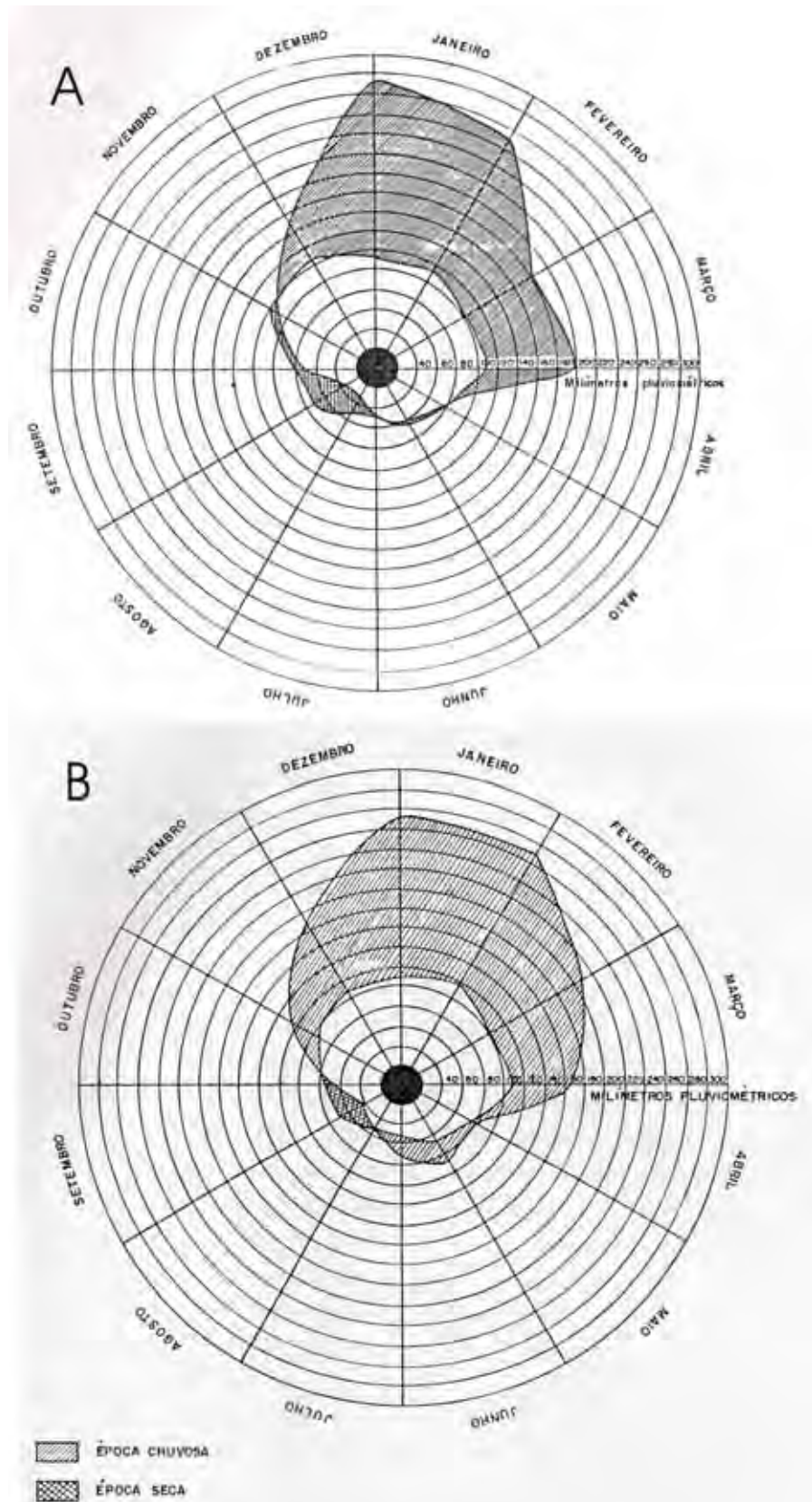


Figura 9: Distribuição da disponibilidade hídrica das regiões de estudo, período de 1974-1990. A: Planalto Ocidental; B: Depressão Periférica. Fonte: JIMÉNEZ-RUEDA, 1993.

4.4.2. Paleoclima

Nas discussões sobre as influências das condições climáticas no território brasileiro destacam-se os trabalhos de Ab' Saber (1958 e 1962), Bigarella (1964) e Bigarella *et al.* (1965), Penteado (1968 e 1969) e Christofolletti & Penteado (1969) (JESUS, 2004). Estes pesquisadores estudaram os modelados pedimentados no Brasil e identificaram várias fases de pediplanação que foram correlacionadas a períodos mais frios e secos, que atuaram no Brasil tropical e de sudeste a partir do final do Terciário.

Os ambientes intertropicais são aqueles que podem apresentar os maiores contrastes climáticos, paisagísticos e ambientais, daí a infinidade de variações importantes sofridas por tais áreas por ocasião das flutuações climáticas de âmbito universal que caracterizaram o Quaternário (AB'SABER, 1958).

O quadro geral, dados conhecimentos sobre o quaternário, revela acentuada instabilidade climática de caráter cíclico abrangendo épocas de clima glacial até épocas de clima quente. Durante as épocas de glaciação Quaternária, nas regiões tropicais e subtropicais brasileiras vigoram climas severos do tipo semi-árido (morfogênese dominante) e nas épocas interglaciais predominam condições climáticas semelhantes as atuais, de caráter úmido e subúmido (pedogênese dominante). Dentro dos grandes ciclos climáticos, teve lugar ciclos menores e variados, conferindo a climatologia do Quaternário um caráter oscilatório evidenciado por numerosas flutuações climáticas (BIGARELLA, 1971).

Há tempos os geólogos brasileiros costumam reconhecer como pertencentes ao Pleistoceno os depósitos de seixos rolados dispostos em baixos terraços fluviais, os quais são referidos, ainda que um tanto vagamente, como documento sedimentológico de climas úmidos e drenagens torrenciais do quaternário antigo (AB'SABER, *op cit.*). Tais cascalheiras, encontradas nas mais diversas áreas do Planalto Brasileiro também são vistas nas regiões de Rio Claro e São Carlos.

De Martonne (1940, *apud.* AB'SABER, *op. cit.*) afirma que, no Brasil, a alteração dos climas evoluiu da mesma forma que nos países tropicais africanos onde a existência de lagos permitiu, pelo estudo de depósitos, constatar muitas oscilações para uma aridez ou uma umidade acentuada.

Evidências texturais e estruturais indicam que imposições de caráter climático influíram decisivamente na formação dos sedimentos estudados na região, sendo que a sedimentologia e tectônica parecem indicar que, em certas épocas, durante a deposição dos sedimentos

modernos, teria predominado um clima semi-árido (BJÖRNBERG, 1965; BJÖRNBERG & LANDIM, 1966).

Melo (1995), estudando a Formação Rio Claro e seus depósitos associados, afirma que depósitos de cascalhos aluviais (tanto em terraços elevados como em terraços intermediários) são associados a fases de oscilações climáticas acumulados durante fases de pedimentação sob vigência de climas com marcante contraste sazonal, mais seco que o atual e que, aparentemente, as couraças ferruginosas, os lamitos, os depósitos de fundo de boçorocas e os preenchimentos das depressões fechadas também refletem fases climáticas diferentes da atual, ou francamente mais secas, ou pelo menos com estações mais contrastadas. Através de datações por C^{14} , o mesmo autor comenta: “Os fragmentos de carvão vegetal presentes nas coberturas colúvio-eluviais apresentaram idades entre 3.950 e 8.800 anos AP, com ligeira concentração entre 6.500 e 8.500 anos Ap. Admite-se que estes fragmentos de carvão resultem da combustão de estruturas lenhosas da cobertura vegetal, e testemunhem queimadas ocorridas na região durante o Holoceno, associadas a fases de ressecamento climático.”.

Melo (*op. cit*) aponta que os estudos das variações climáticas quaternárias de curto período são de grande importância para indústrias, agricultura, reflorestamento, engenharia civil, planejamento, entre outros. Sendo que na área de estudo existem diversos pontos que podem vir a conter evidências que possibilitem decifrar e prever tais variações.

4.5.Fisiografia

A fisiografia como a geomorfologia são próprias dos geossistemas e foram diferenciadas para possibilitar estudos específicos e entender melhor a evolução e origem das formas superficiais dos continentes e fundos oceânicos. Está fundamentada no conhecimento da relação entre a fisiografia e os solos e no reconhecimento de processos dinâmicos da paisagem atual, onde o passo mais importante é reconhecer e identificar o processo básico que atua na área de estudo.

O estudo Fisiográfico, a partir dos critérios estabelecidos por Goosen (1968; 1971), Botero (1978), Villota (1983; 2005), Zink (1987), Jiménez-Rueda (1975; 1980; 1993) e Jiménez-Rueda *et al.* (1989; 1993), tem como objetivo descrever, classificar e correlacionar as paisagens terrestres, características de certos processos fisiográficos, a partir da fotointerpretação de produtos de sensores remotos, de maneira que possa conduzir ao

reconhecimento de padrões de solo e, conseqüentemente, identificar os elementos da paisagem e compreender sua evolução.

4.5.1. Âmbito Estadual

As primeiras referências acerca das formações superficiais no Estado de São Paulo foram feitas por Moraes Rego (1930, *apud.* OKA-FIORI, 1980), que faz observações gerais sobre os depósitos pequenos e isolados, de idade pós-cretácica, chamando-os de “camada do alto planalto”. Em 1933, o mesmo autor realiza um estudo sobre depósitos cenozóicos do vale do Rio Paraíba do Sul, argumentando que os mesmos se espalham para oeste, desde o alto da Serra do Mar.

Ponçano *et al.* (1981), com base nos estudos de Almeida (1974), elaborou o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, na escala de 1:1.000.000, sendo o melhor material publicado até a época. De modo geral, segundo Almeida (*op.cit*), os compartimentos de relevo para a área de estudo são caracterizados como predomínio de colinas baixas, de formas suavizadas, separadas por vales jovens, sem planícies aluviais importantes, determinados pela intersecção dos perfis convexos nas vertentes e drenagem bem organizada na zona de Médio Tietê.

O mapeamento mais recente do modelado paulista foi realizado por Ross & Moroz (1997), nesse os autores desenvolvem um sistema taxonômico do relevo partindo dos pressupostos de Gerasimov & Mercejacov, que propõem a classificação do relevo em três grandes categorias genéticas: os elementos de geotextura, da morfoestrutura e da morfoescultura. A partir da classificação das formas de relevo foram realizadas correlações com a fragilidade potencial de cada unidade.

4.5.2. Âmbito Regional

Penteado (1968), em sua tese, desenvolve um trabalho na porção centro-oeste da Depressão Periférica, levantando questões como a combinação da influência da tectônica e das variações climáticas na formação da Depressão Periférica, analisando variações entre epirogênese com circundesnudação e tectônica quebrante com tectônica residual através de técnicas modernas para a época e metodologias alternativas de levantamento. Então, a autora

considera a que a origem e evolução da Depressão Periférica não foi única e exclusivamente por escavação guiada pelas camadas tenras, mas sim resultante de erosão diferencial desenvolvida por uma drenagem subsequente a falhamentos pós-cretáceo, concordando com as idéias iniciais de Freitas (1953) e Björnberg *et al.* (1968a; 1968b; 1971). A autora conclui que a Depressão Periférica se originou e evoluiu a partir de soerguimentos e falhamentos epirogênicos, com desnivelamento de blocos escalonados e reativação de falhas pré-cretácicas, favorecendo diferentes fases de retomada erosiva condicionadas por modificações climáticas (úmido-árido). E que a ação dos processos de formação do relevo está impressa nas grandes linhas e nas formas de detalhe do relevo, traduzidos em diferentes níveis de aplainamento que se destacam na paisagem regional.

Oka-Fiori & Soares (1975) realizaram levantamentos detalhados dos níveis terraçados e encostas e rampas de colúvio, correlacionando com a evolução das voçorocas na área de Piracicaba e São Pedro. Em 1980, Oka-Fiori conclui, ainda sobre a mesma área em um estudo sobre as formações superficiais, que a grande maioria dessas formações é do tipo coluvial, ficando os depósitos aluviais restritos ao longo dos rios, sendo que as primeiras ocorrem em áreas geomorfologicamente caracterizadas por relevo suave ligeiramente ondulado, diferentemente das áreas rebaixadas e bastante planas dos depósitos aluviais. Nesse mesmo estudo, mostrou ainda que o controle da densidade de rios da região é exercido pelas formações superficiais e que, aparentemente, tais formações foram depositadas em épocas de escoamento torrencial caracterizando um ambiente de alta energia de transporte, porém com pequena distância e rápida sedimentação.

Jesus (1999) realiza um estudo de caracterização ambiental da Serra do Japi (mais detalhadamente na microbacia do Rio das Pedras), onde compartimenta o meio físico de acordo com características semelhantes de litologia, relevo, solo e vegetação para determinar a capacidade de suporte das terras, os processos atuantes em cada compartimento e a viabilidade de recuperação de áreas degradadas pela mineração. Mais tarde, em 2004, a mesma autora complementa tal estudo com uma tese (agora em toda a extensão da Serra) onde, a partir da integração das análises fisiográficas, morfoestrutural e morfodinâmica e do reconhecimento de campo, realiza o Zoneamento da área quanto à capacidade de utilização das terras e à estabilidade ecodinâmica. Neste, mostrou que a junção dessas análises é extremamente útil na delimitação, classificação e descrição das unidades fisiográficas e entendimento dos processos geodinâmicos internos e externos, e que as movimentações neotectônicas e os processos de intemperização das rochas apresentam grande importância na relação entre morfogênese e pedogênese e, portanto, na configuração da paisagem local.

Pupim (2007) apresenta um Zoneamento Geoambiental com subsídio à implantação e gestão de obras lineares, tendo como escopo principal a avaliação do meio físico e sua susceptibilidade ambiental aos empreendimentos lineares em toda a quadrícula de São Carlos (escala 1:100.000). Neste, o autor conclui a partir da caracterização fisiográfica da área, feita através de foteointerpretação de imagens de satélite, que “as Paisagens presentes na área são predominantemente de caráter aluvial e colúvio-aluvial, porém com grande influência de eventos tectônicos sucessivos. A paisagem aluvial tem sua origem nos processos fluviais de degradação e acumulação, dando origem a complexos aluviais, com planícies de inundação, diques marginais, várzeas, praias e terraços, podendo esses elementos estar atuantes ou não (abandonados). Já as paisagens colúvio-aluviais são representadas por leques aluviais, cones de dejeção e depósitos de talus”. O mesmo autor, agora em 2010, realiza em sua dissertação um estudo voltado aos aspectos pedológicos e fisiográficos do município de Rio Claro (SP) como subsídio ao Zoneamento Geoambiental, utilizando fotografias aéreas em escala 1:25.000, técnicas de geoprocessamento e levantamentos de campo. Em tal trabalho, admite que a área foi influenciada por inúmeras variações climáticas, ciclos erosivos e eventos tectônicos no decorrer do período Cenozóico, que resultaram na geração de paisagens, estas de origem fluvial, denudacional/paleoaluvial, denudacional e estrutural, desenvolvidas a partir de processos morfogenéticos degradacionais e agradacionais, condicionados por eventos tectônicos modernos que reativaram antigas zonas de fraqueza.

4.6. Vegetação e Uso do Solo

A maior parte do território paulista tem como vegetação original o domínio de florestas de Mata Atlântica. Os campos cerrados são como relíquias que aparecem em faixas maiores na Depressão Periférica, onde os solos são arenosos e assim não permitem a fixação da floresta tropical (AB’SABER, 1956).

Segundo Oliveira & Prado (1984), a vegetação primitiva era representada principalmente pelos campos cerrados, cerrados e cerradões, devido à predominância de solos muito profundos, excessivamente ou muito permeáveis e de baixo potencial nutricional.

A vegetação original da região é representada por cerradões, cerrados e campos cerrados com a presença de matas galerias e manchas de florestas tropicais.

O cerradão e a mata tropical semi-decídua estão mais intimamente associados a solos de textura argilosa; as matas decíduas ocupam os solos pouco espessos originados das rochas

básicas, em condições de deficiência hídrica e declividade acentuada (RANZANI, 1971). Para Rizzini (1971), o cerrado incorpora pouco material ao solo a ele associado, mas conserva a umidade edáfica superficial que garante sua regeneração natural.

Os campos cerrados são a transição entre campo e demais tipo de vegetação ou às vezes resultantes da degradação do cerrado; apresentam vegetação campestre, com predomínio de gramíneas, pequenas árvores e arbustos bastante esparsos entre si, ficando as árvores (típicas de Cerrado) geralmente isoladas. Os cerrados caracterizam-se por coberturas herbáceas intermeadas por elementos de porte arbóreo e arbustivo, com galhos retorcidos, cascas espessas e folhas coriáceas. Os cerrados ou florestas xeromorfas constituem uma região de transição entre florestas tropicais e cerrados, com vegetação menor e menos densa que esta, distribuindo-se em três estratos: formações arbóreas com 8 a 15m de altura, formação arbustiva mais densa, com cerca de 3m e formação herbácea, muito reduzida (IBGE, 1992).

A grande maioria da vegetação original encontra-se concentrada em áreas de preservação ambiental (APA's, APP's e outras) cuja declividade, solo ou restrições legais impossibilitaram sua retirada para a ocupação rural ou urbana. As APA's que se encontram dentro dos limites da área de estudo são as do Corumbataí e Piracicaba-Juqueri-Mirim Área I, com a presença de remanescentes de Mata Atlântica, cerrado, matas ciliares e vegetação de várzea, que abrigam diversas espécies da fauna local.

Outras áreas de relevante interesse biótico são as unidades de proteção do Instituto Florestal, como a Estação Experimental de Itirapina, Estação Ecológica de Itirapina, Estação Ecológica de São Carlos, Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade em Rio Claro, e o Horto Florestal de Corumbataí.

Resquícios de mata primitiva ocorrem hoje nas porções mais declivosas e/ou de baixa fertilidade do solo. A devastação pode ser observada principalmente nos arredores de São Carlos, Itirapina, Corumbataí e Rio Claro. As demais áreas foram devastadas, dando lugar à pecuária, cultivo de cana-de-açúcar e laranja, e reflorestamento de *pinus* e eucalipto, nas serras de Santana e Campo Alegre, na porção meridional do município de Analândia e nas proximidades de Rio Claro. A manutenção das matas remanescentes é importante para a estabilidade atmosférica e hídrica da área (VOLKMER, 1993).

Boa parte da região é ocupada por culturas anuais (cana de açúcar, milho e soja), culturas permanentes (café e citrus), reflorestamentos por eucalipto, e a maior parte, por áreas de pastagem para o gado de corte e leite. O uso desregrado do solo, o desflorestamento, os micro-relevos artificiais (barragens, aterros, cortes de estrada e aplainamentos) facilmente rompem o equilíbrio morfogênético das vertentes, desencadeando uma série de novos

processos, como erosão acelerada, perda de solos, entulhamento de vales e depressões, construção de pseudoterraços, entre outros (PENTEADO, 1968).

Os cerrados, apesar de se constituírem em solos pobres, são de importância econômica para o Estado de São Paulo devido, em parte, à sua fácil mecanização. Na quadrícula de São Carlos, as culturas canavieiras e de citrus, vem se expandindo em áreas distintas. A primeira, da porção centro e sudeste, está se ampliando rumo oeste, e a segunda, ocupa áreas à leste e nordeste (VOLKMER, 1993).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Detalhamento Fisiográfico

O detalhamento, além da imagem orbital TM/Landsat-5, órbita 220, ponto 75, banda 4, obtida em 09/09/1990, fornecida pelo INPE, em formato analógico (papel fotográfico), na escala 1:100.000, contou também com a utilização de cartas topográficas de São Carlos e Rio Claro em escala 1:50.000, obtidas no site do IBGE, levando em conta pesquisa realizada por Christofolletti & Perez Filho (1975a) onde é testada a confiabilidade das cartas topográficas para estudos do meio físico.

Tais autores avaliaram a significância, as distorções e as omissões ocorrentes na confecção de folhas topográficas na escala de 1:50.000 editadas pelo IGG e pelo IBGE. Para isso utilizaram fotografias aéreas na escala de 1:25.000, do levantamento aerofotogramétrico do Estado de São Paulo, efetuado em 1962, e chegaram à conclusão de que a carta topográfica na escala citada é uma fonte de dados confiável para estudos que abrangem elementos do meio físico. McCoy (1969) mostra que imagens de satélite ou radar dão bons resultados para o levantamento de dados, por cobrir grandes áreas e fornecer boa quantidade de detalhes topográficos.

Essa etapa, mesmo não tendo gerado um mapa específico, foi de fundamental importância para o planejamento das campanhas de campo, visando abranger melhor as áreas estudadas, além de ser peça fundamental na integração dos dados. A figura 10 (Mapa Fisiográfico gerado por JIMÉNEZ-RUEDA *et al.*, 2011) apresenta os transectos percorridos no Planalto Ocidental e na Depressão Periférica.

5.2. Levantamento de Campo

Como já dito, a campanha de campo foi planejada em função do detalhamento fisiográfico, visto que essas duas etapas do projeto se complementam. O que é observado em campo ajuda a complementar o detalhamento pelos mapas, e tal detalhamento é fundamental para que se possa realizar uma campanha de campo focada que possa abranger toda a área desejada.

Optou-se por analisar/coletar dois pontos mais representativos em cada um dos transectos (Planalto Ocidental e Depressão Periférica). No entanto, foram observadas e averiguadas as continuidades de material de cobertura e variações dos mesmos, quebras de relevo e demais evidências que indicassem qualquer mudança na paisagem local.

Os pontos amostrados na Depressão Periférica (D.P.) foram classificados como:

- **Ponto 1:** Neossolo Regolítico gravitacional, distroférico concrecionário; cambissólico distroférico, argilúvico, latossólico gravitacional concrecionário; paleolatosólico vermelho, distroférico, concrecionário gravitacional.
- **Ponto 2:** Argissolo Vermelho, Distroférico, A moderado, concrecionário cascalhento, regolítico gravitacional; paleonítico latossólico, substrato Corumbataí intrudido por diabásios (Formação Serra Geral) paleoplíntico.

Já os pontos amostrados no Planalto Ocidental (P.O.) foram classificados da seguinte forma:

- **Ponto 1:** Cambissolo Háptico Argilúvico Tm, A fraco/moderado, textura média, substrato Itaqueri paleoplíntico gleico silto-arenoso.
- **Ponto 2:** Neossolo Flúvico quartzarênico recobrindo Cambissolo Háptico Pseudogleico goetítico concrecionário, substrato Itaqueri paleoplíntico gleico silto-arenoso a silto-argiloso.

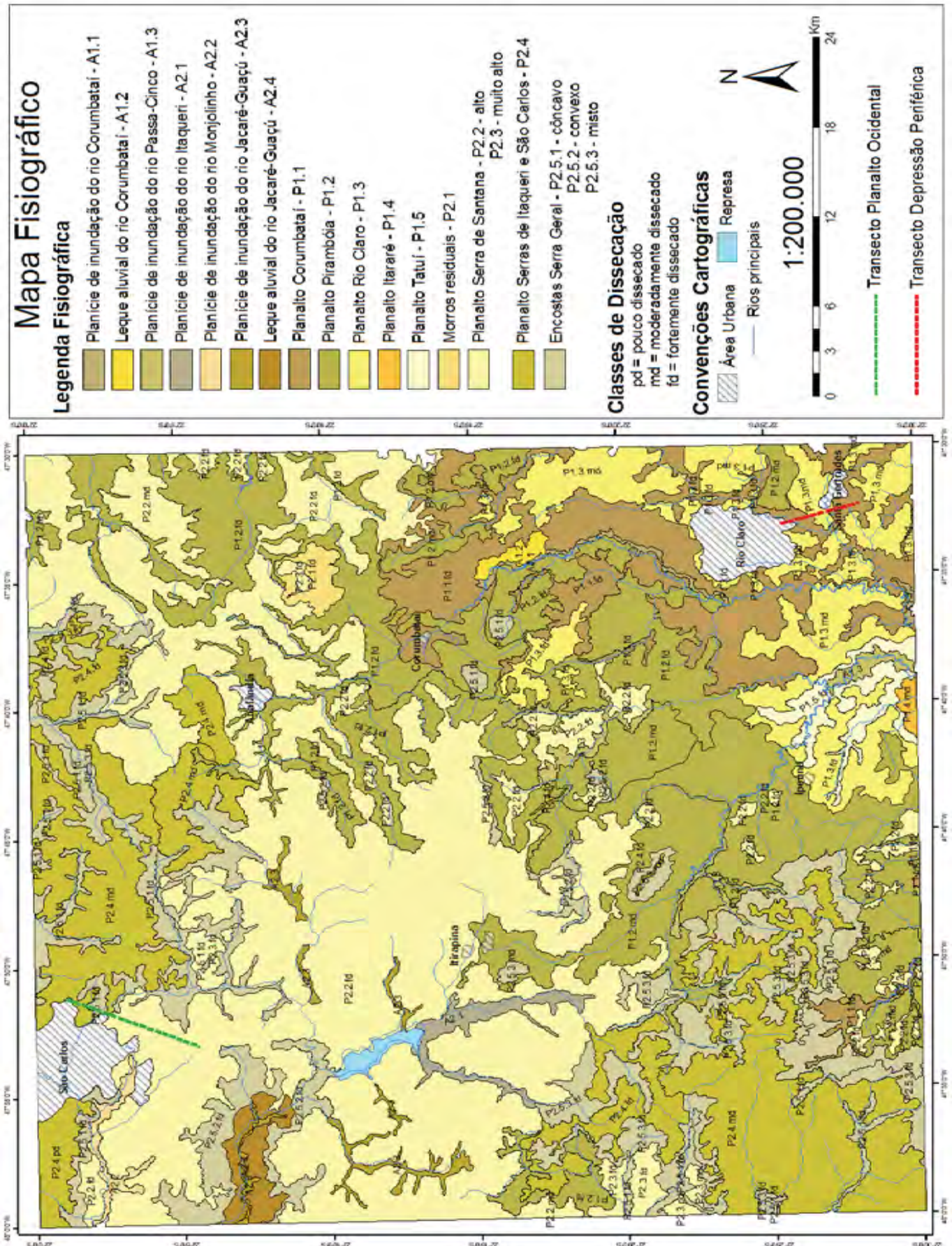


Figura 10: Mapa Fisiográfico da Quadrícula de São Carlos com a localização dos transectos percorridos. Modificado de JIMÉNEZ-RUEDA *et al.*, 2011.

5.3. Análises Laboratoriais, Relações Moleculares e Índices de Intemperismo

As amostras coletadas de solos *in situ* passaram por um processo de preparo antes de serem encaminhadas aos respectivos laboratórios para as análises, o que incluiu pesagem, moagem, peneiração e preparação de lâminas (porta-amostras) para a leitura no difratômetro.

Com as análises em mãos foi possível levantar informações que auxiliaram na caracterização do intemperismo físico das coberturas superficiais e distinção das pedossequências, além de gerar subsídio para o planejamento e gestão de obras de engenharia, sítios urbanos e atividades agrícolas. Obtiveram-se informações sobre o grau de intemperismo das diferentes pedossequências, onde se consegue a relação entre os horizontes de cada solo e o material de origem (JIMÉNEZ-RUEDA & MATTOS, 1992; OHARA, 1995 e OHARA *et al.* 1997) contribuindo para a definição da capacidade potencial natural das coberturas superficiais e tipos de solos, em função da liberação superficial de nutrientes em proporções adequadas. Tal determinação apresenta relevância para planos de conservação e manejo de solos, que privilegiem atividades em consonância com os preceitos de sustentabilidade.

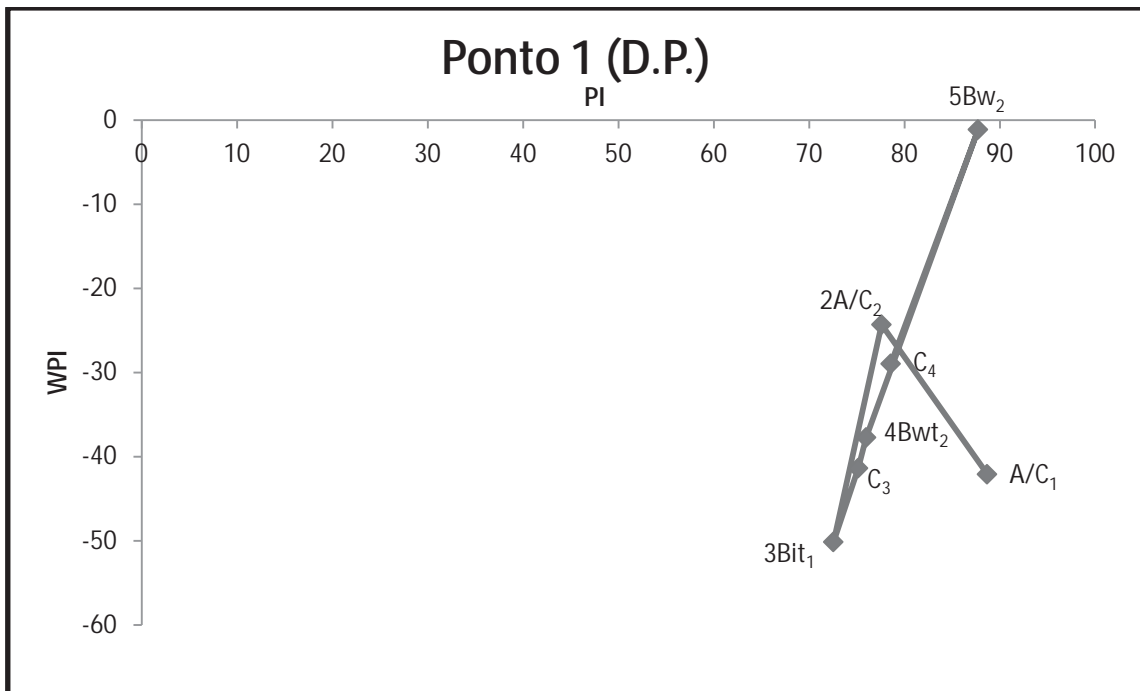
Os índices de intemperismo PI e WPI de Richer & Palmer (*in* COLMAN, 1982) foram obtidos mediante cálculos matemáticos que utilizam os dados das análises químicas por fluorescência de raios-X. Tais índices auxiliam na reconstrução dos processos intempéricos ocorridos durante a formação do solo (acúmulo ou perda de sílica e/ou alcalinos) e, conseqüentemente, o clima em que esses processos se deram.

Segue abaixo os dados de maior relevância (mais utilizados) para a interpretação (onde K_{if} = coeficiente de intemperismo físico, $K_{i(solo)}$ = intemperismo do horizonte, $K_{i(atq)}$ = intemperismo de acordo com o ataque sulfúrico básico), obtidos através das análises laboratoriais (físicas e químicas); os difratogramas de raios-X (análises mineralógicas) gerados (onde **C** = Caulinita; **G** = Gibsita; **F** = Feldspato; **Q** = Quartzo; **H** = Hematita; **Mu** = Muscovita; **Go** = Goetita; **M** = Magnetita); e os gráficos determinados com os índices de intemperismo (PI e WPI) para os pontos amostrados. Todos os demais dados das análises laboratoriais se encontram no anexo.

Tabela 1: Dados laboratoriais de maior relevância para o Ponto 1 (D.P.):

Ponto 1 (D.P.)	K _f	K _{i(solo)}	K _{atq.}	M.O. (g/dm ³)	pH (Ca Cl ₂)	CTC (mmol/dm ³)	PI	WPI
A/C ₁	0,93	11,34	1,44	24	5,4	72,6	88,67	-42,07
2A/C ₂	0,74	5,47	0,31	19	4,6	69,4	77,59	-24,29
3Bit ₁	0,5	4,18	1,25	8	4,7	42,3	72,54	-50,12
C ₃	0,54	7,93	1,19	5	5,4	33,3	75,14	-41,35
4Bwt ₂	13	5,16	1,69	2	4,4	27,8	75,98	-37,7
C ₄	0,57	9,27	1,35	2	5,1	24,6	87,71	-1,11
5Bw ₂	0,58	5,8	1,8	1	4,2	42,3	78,56	-28,95

Gráfico 1: Relação PI/WPI do Ponto 1 (D.P.):



Ponto 1 (D.P.)

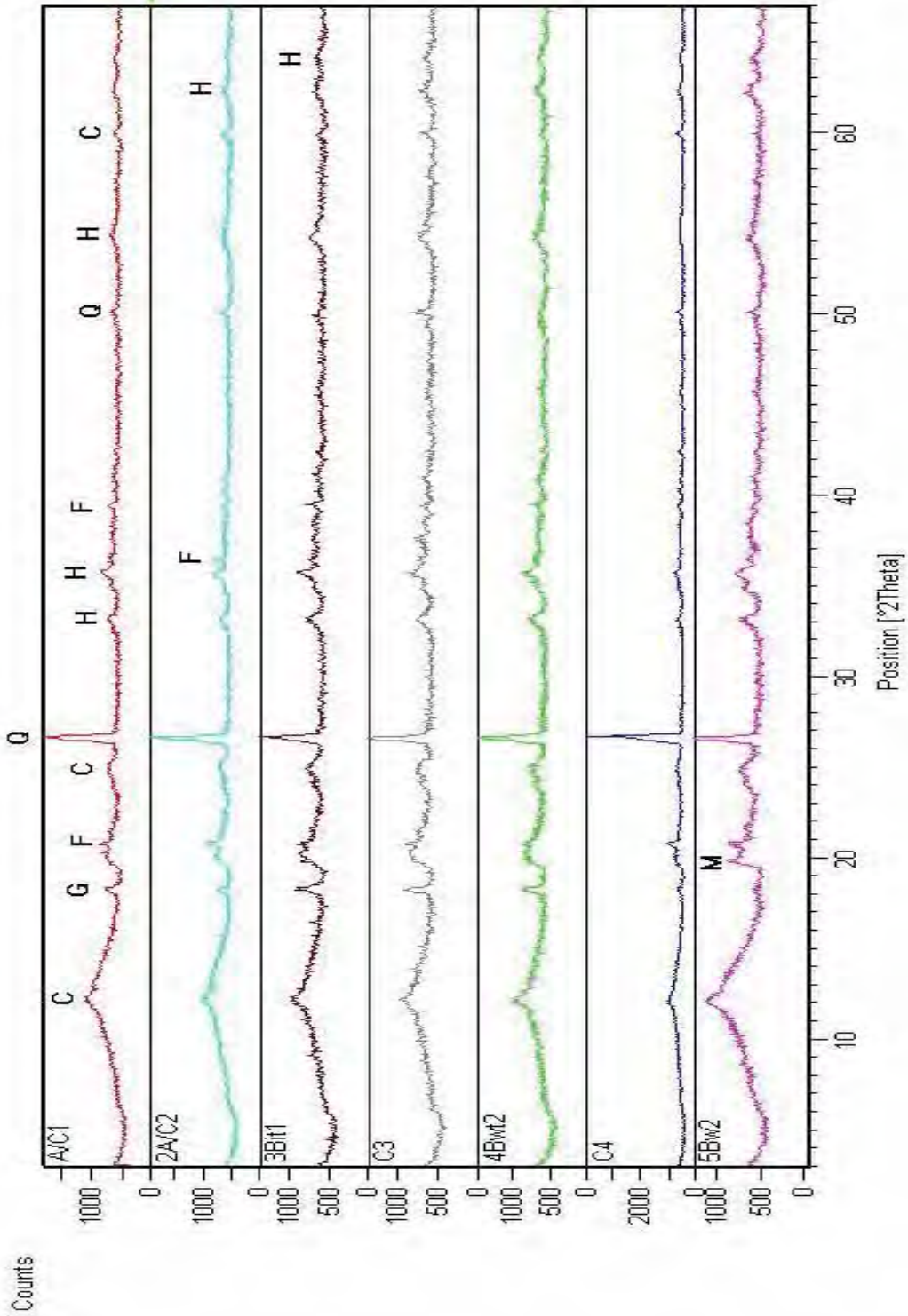
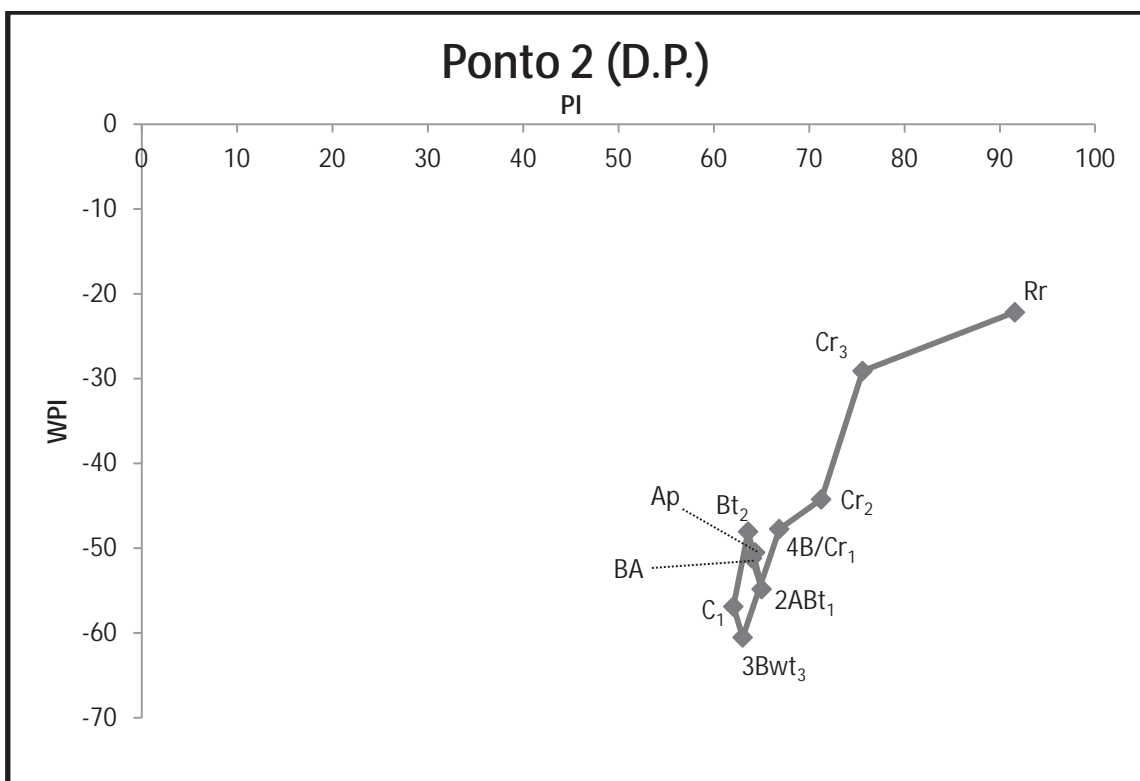


Figura 11: Difratoograma de Raio-X para o Ponto 1 (D.P.).

Tabela 2: Dados laboratoriais de maior relevância para o Ponto 2 (D.P.):

Ponto 2 (D.P.)	K _{if}	K _{i(solo)}	K _{iatq.}	M.O. (g/dm ³)	pH (Ca Cl ₂)	CTC (mmol/dm ³)	PI	WPI
Ap	0,12	2,82	2,71	9	4,3	55,4	64,35	-50,5
BA	0,11	2,73	2,04	8	4,2	57,4	64,01	-51,18
2ABt ₁	0,13	2,75	1,65	6	4,5	38,4	65,03	-54,82
Bt ₂	0,11	2,72	1,61	4	4,4	31,6	63,61	-48,04
C ₁	0,12	2,5	1,79	3	4,1	37,4	62,06	-56,88
3Bwt ₃	0,13	2,66	1,68	4	4,2	54,8	63,04	-60,52
4B/Cr ₁	0,07	2,94	1,93	3	4	152,9	66,88	-47,74
Cr ₂	0,05	3,29	2,21	4	4	168,7	71,27	-44,23
Cr ₃	0,004	4,34	2,09	4	4	153,6	75,61	-29,1
Rr	5,43	16,41	2,24	3	4,1	44,4	91,59	-22,17

Gráfico 2: Relação PI/WPI do Ponto 2 (D.P.):



Ponto 2 (D.P.)

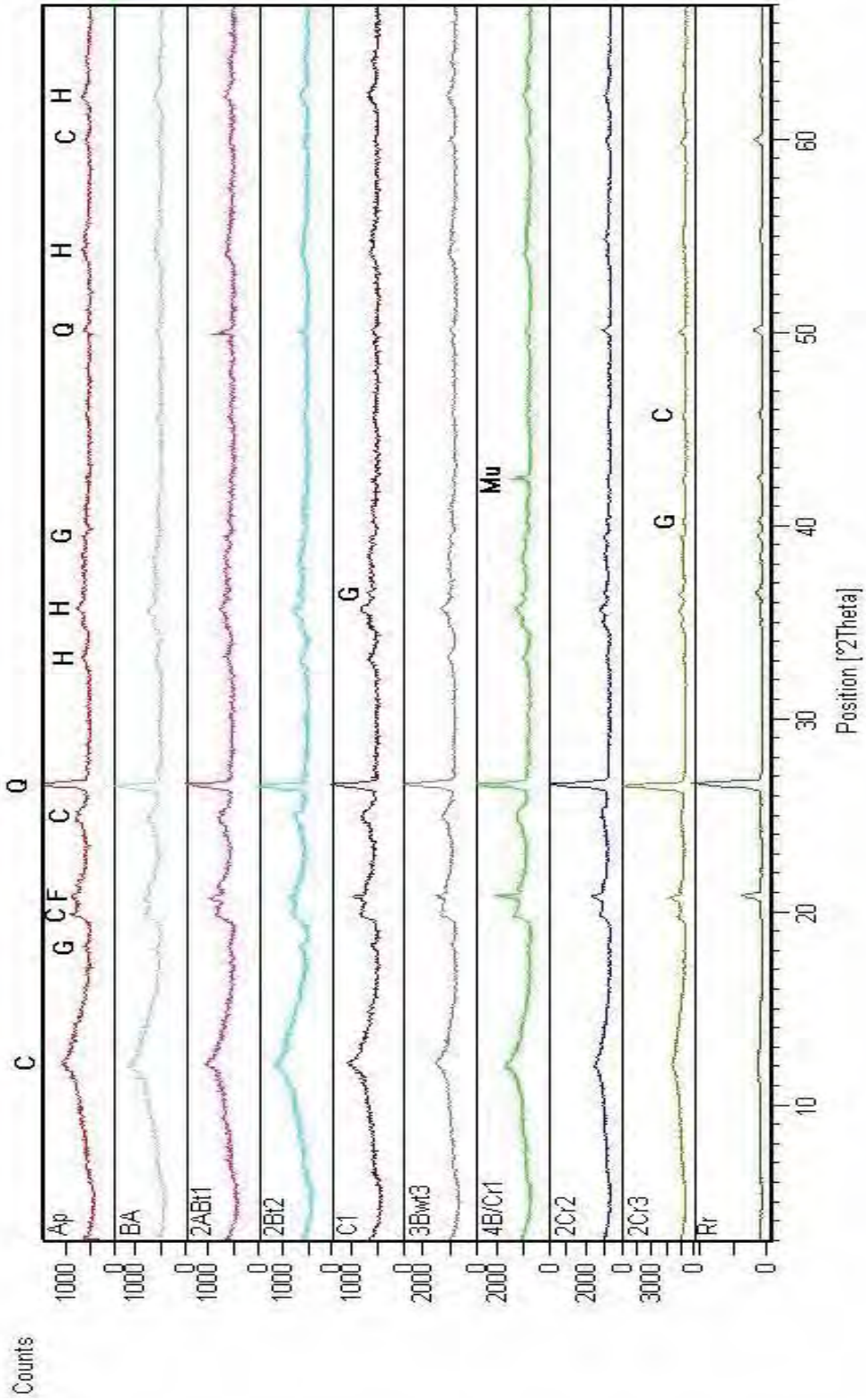
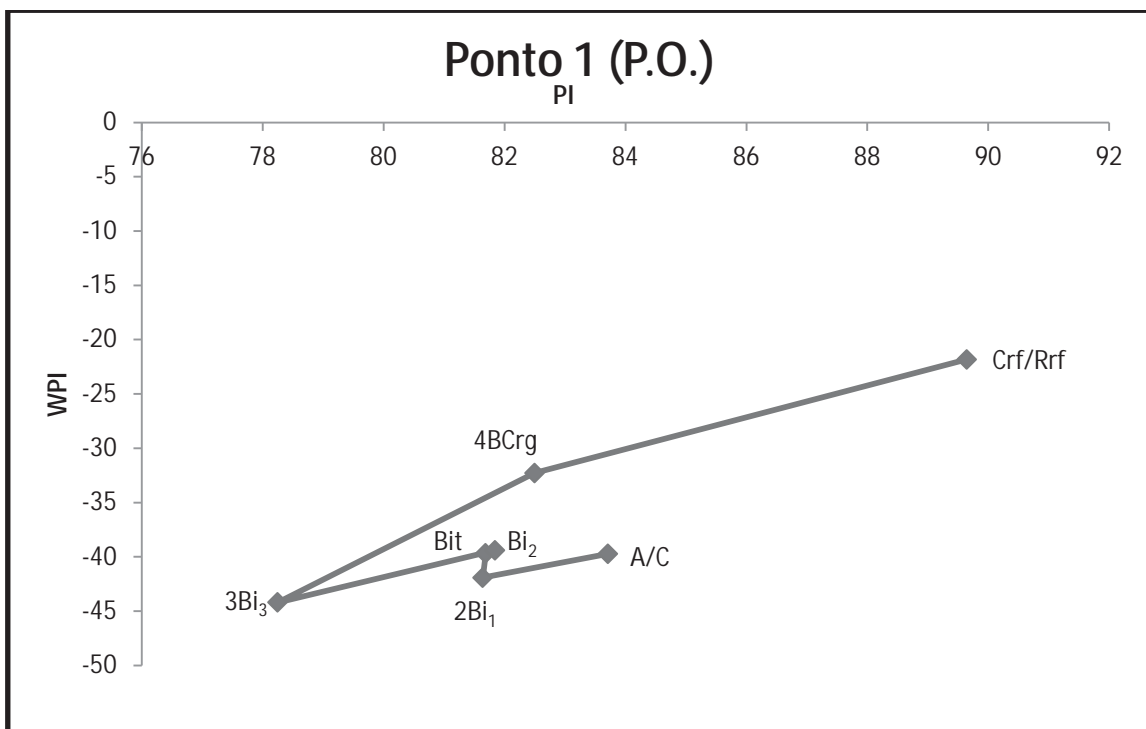


Figura 12: Difratoograma de Raio-X para o Ponto 2 (D.P.).

Tabela 3: Dados laboratoriais de maior relevância para o Ponto 1 (P.O.):

Ponto 1 (P.O.)	Kif	Ki(solo)	Kiatq.	M.O. (g/dm ³)	pH (Ca Cl ₂)	CTC (mmol/dm ³)	PI	WPI
A/C	1,27	7,85	0,87	16	4,2	50,6	83,71	-39,72
2Bi ₁	1,13	6,6	0,81	12	4,5	33,4	81,63	-41,92
Bit	1,04	6,52	0,72	8	4,5	25,5	81,68	-39,67
Bi ₂	1,13	6,73	0,72	6	5,1	18,3	81,84	-39,4
3Bi ₃	0,89	5,26	0,74	3	5,5	18,8	78,24	-44,19
4BCrg	22	11,56	1,2	2	4,3	19,2	82,49	-32,28
Crf/Rrf	17,67	5,87	1,75	2	5,5	12,3	89,64	-21,82

Gráfico 3: Relação PI/WPI do Ponto 1 (P.O.):



Ponto 1 (P.O.)

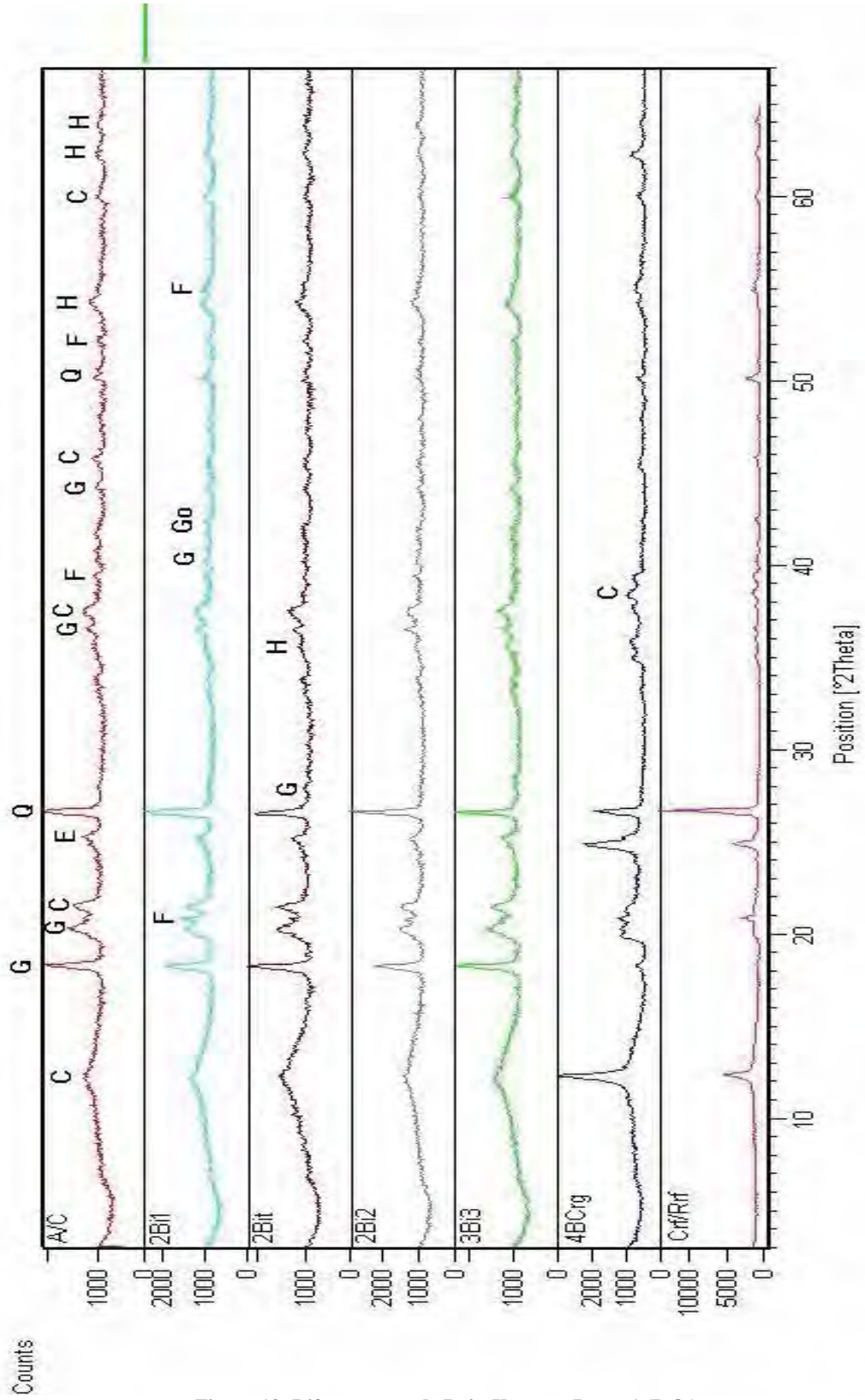
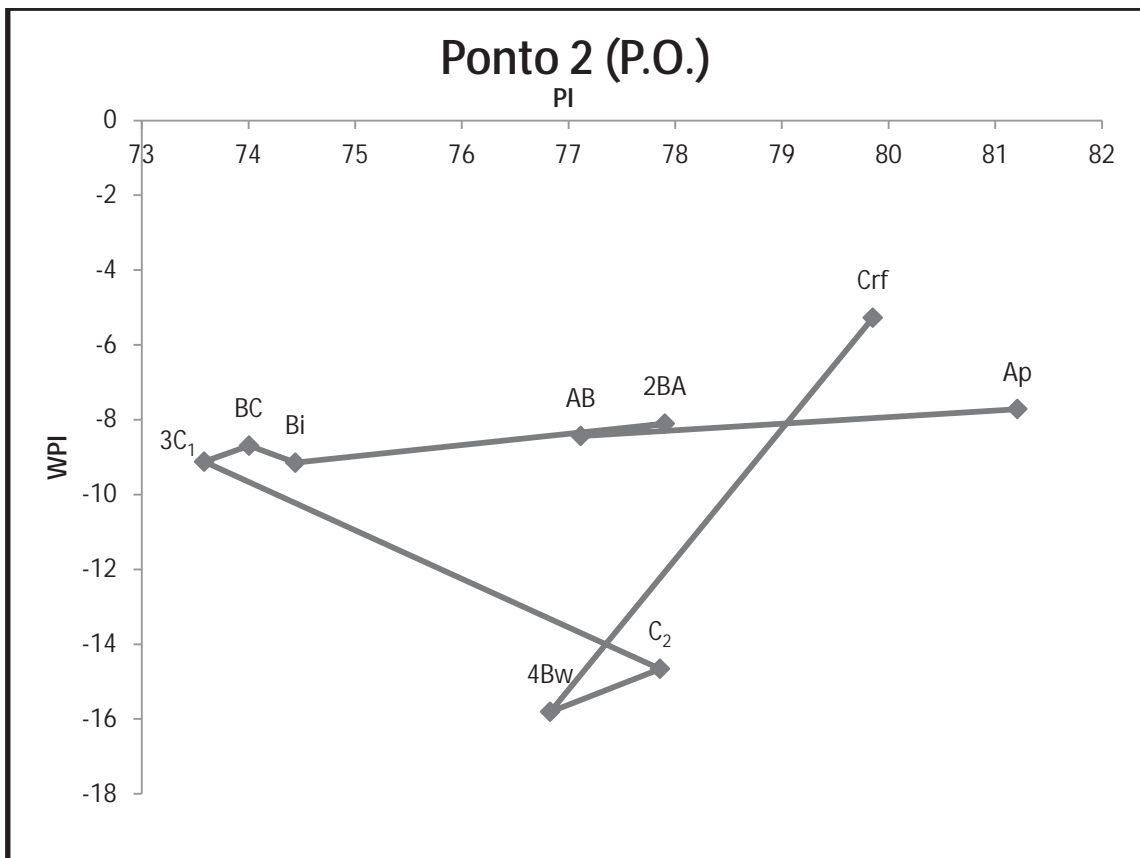


Figura 13: Difratoograma de Raio-X para o Ponto 1 (P.O.).

Tabela 4: Dados laboratoriais de maior relevância para o Ponto 2 (P.O.):

Ponto 2 (P.O.)	K _{if}	K _{i(solo)}	K _{iatq.}	M.O. (g/dm ³)	pH (Ca Cl ₂)	CTC (mmol/dm ³)	PI	WPI
Ap	2,5	11,9	0,96	16	4,2	43,6	81,21	-7,71
AB	2,03	8,87	0,93	13	4,3	35,4	77,12	-8,43
2BA	1,5	9,61	0,88	8	4,6	29,3	77,90	-8,10
Bi	1,38	7,84	0,85	8	5,4	25,5	74,44	-9,15
BC	1,38	80,3	1,04	7	5,3	19,3	74,01	-8,69
3C ₁	1,32	7,54	0,93	4	5,7	20,5	73,59	-9,12
C ₂	8,43	9,17	0,95	3	5,6	31,3	77,86	-14,66
4Bw	15	9,42	1	2	4,5	37,4	76,83	-15,81
Cr _f	20,67	10,1	1,69	2	4,3	34,3	79,85	-5,27

Gráfico 4: Relação PI/WPI do Ponto 2 (P.O.):



Ponto 2 (P.O.)

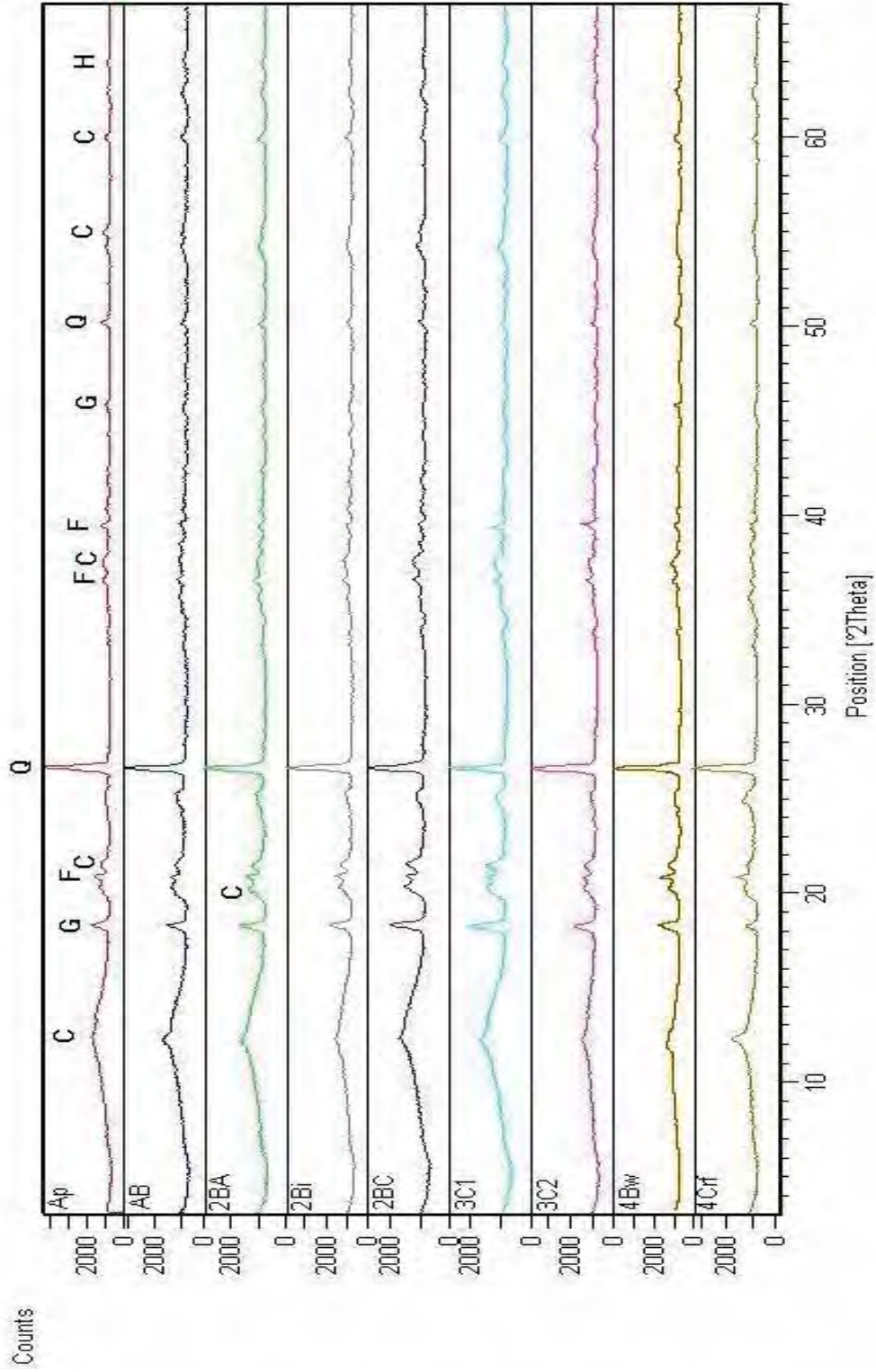


Figura 14: Difratoograma de Raio-X para o Ponto 2 (P.O.).

5.4. Integração dos Dados

Com os dados coletados e produzidos foi possível realizar a integração dos mesmos na tentativa de estabelecer a gênese e evolução dos solos e suas relações com os outros componentes da paisagem.

O transecto percorrido na Depressão Periférica está inserido num planalto que abrange a porção leste-sudoeste da Quadrícula de São Carlos, permeando as cidades de Corumbataí e Rio Claro, onde a cobertura de alteração intempérica (CAI) predominante é a Cobertura Corumbataí. A área possui relevo ondulado a fortemente ondulado com padrão de drenagem dendrítica podendo estar mais entalhado e exibindo vertentes fortemente inclinadas ou dissecadas, distribuído em altitudes que variam de 600 a 800 m, onde domina o intemperismo de tipo latossólico (oxídico), ocorrendo também processos incipientes cambissólicos, intermediários ou podzólicos, não muito expressivos ou regossólicos e de gleização. Os materiais encontrados são de textura variável, de coloração cinzenta clara a escura, o que combinada com o relevo condiciona a uma permeabilidade média/alta. Os solos dessa cobertura estão representados por Argissolos Vermelho-Amarelo, Latossolos Vermelho e principalmente por Neossolos litólicos, com tonalidades pardo-escuro, vermelho, vermelho-escuro e cinza claro a escuro.

Este planalto foi caracterizado pelo Neossolo Regolítico gravitacional, distroférico concrecionário; cambissólico distroférico argilúvico, latossólico gravitacional concrecionário, paleolatosólico vermelho distroférico concrecionário gravitacional, unidade Ribeirão Preto (EMBRAPA – IAC, 1981) (perfil 1 D.P.), pertencente ao Terciário superior/Pleistoceno médio em sua sequência de profundidade e Pleistoceno Médio a Pleistoceno Superior na segunda sequência, sendo a sequência de topo mais moderna, desenvolvida durante o Pleistoceno superior ao Holoceno.

Os condicionantes morfoclimáticos que contribuíram no desenvolvimento destas três sequências pedogênicas se tornam mais evidentes pela análise dos índices de Richer e Parker (*in* COLMAN, 1982), os quais indicam uma condição subtropical subúmida/subseca que promovera depósitos colúvio-alvionares/gravitacionais Holocênicos. De acordo com Penteado (1968), este nível planáltico (denominado de superfície Rio Claro pela mesma e de superfície Neogênica por De Martonne (1943)) teve seu desenvolvimento semelhante ao da superfície Urucáia (OKA-FIORI, 1980) (ação erosiva da rede de drenagem), sendo, portanto o desdobramento daquela superfície em um período geológico mais recente (Quaternário), cujas marcas de tal evolução ficaram nos paleossolos residuais da Formação Corumbataí, onde se

assentam de maneira discordante os sedimentos modernos da Formação Rio Claro de idade Pleistoceno Superior – Holoceno (FERREIRA & CAETANO-CHANG, 2008).

Tais depósitos podem apresentar, em alguns outros locais do planalto, Argissolos Vermelhos Distro/Eutroféricos, associados aos Neossolos destes materiais argilosos, com presença e contribuição dos arenitos Pirambóia e Botucatu já latossolizados e laterizados do Terciário Superior, assim como concreções de lateritas com cutans de argiloferrans e magnetitas arredondadas muito pequenas, médias e grandes, o que contribui na definição da origem policíclica dos sedimentos e das respectivas contribuições basálticas. Esses sedimentos passam por um incremento de alcalinos em condições um pouco mais secas, promovendo uma argilização moderna associada a uma melanização marcante e que recobriu uma sequência de fluxo gravitacional semelhante à de topo, o qual se diferencia por apresentar seixos de quartzo leitoso de aproximadamente 2 cm de diâmetro e alguns quartzos angulares de aproximadamente 0,5 cm de diâmetro na massa e concentrados no contato inferior, desenvolvidos num ambiente climático mais úmido, determinando com isto uma maior lixiviação de alcalinos e desenvolvimento de argilominerais monossilícticos associados a uma bissialitização incipiente (interestratificados) que caracterizam os horizontes/volumes Ab e 3Bit que recobrem soterrando outra sequência de fluxo em massa gravitacional, sendo esta enriquecida de concreções hematíticas que mostra os quartzos cimentados, com forma subangular e arredondada, assim como outros que apresentam nucleação de basalto alterado, associados a alguns seixos de quartzo leitoso, sendo definidos como 4Bwt por possuir mais de 50% de quartzos do tamanho de areia média/grossa limonitizados e proporcionando uma maior argilização superimposta com ganho de sílica e alcalinos, o que promoveu a geração de interestratificados esmectíticos associados a monossilícticos e alíticos em degradação em condições subtropicais mais secas.

Já nos volumes 5Bw₂ são ainda mais evidentes as cutículas de limonita em mais de 50% dos quartzos constitutivos deste material, definindo o ambiente tropical muito úmido propício para o desenvolvimento dos monossilícticos do tipo caulínítico e associado a interestratificados montmoriloníticos, apresentando por sua vez feldspatos plagioclásicos residuais como traços. As hematitas se encontram com maior evidência devido à presença das concreções na massa total do horizonte.

Tais paisagens mostram-se com boa capacidade de suporte para a produção de culturas, mas esta capacidade para manejo determina certos cuidados de engenharia para não promover/induzir os processos de erosão.

O perfil 2 (D.P.) representa, como o perfil 1, uma aloformação que no presente estudo e por sua ampla distribuição regional pode manter-se a denominação já estabelecida por EMBRAPA – IAC (1981) de unidade Ribeirão Preto. Esta unidade/alofomação apresenta algumas variações de horizontes que por vezes são classificadas como horizontes latossólicos Bw por sua estrutura se manifestar como pó-de-café após ser desagregado, entretanto quando seco, é maciço com mega-estruturas prismáticas e que podem romper-se em blocos subarredondados ou subangulares grandes que finalmente se desagrupam em migalhas (pó-de-café) ou em pequenos prismas e blocos subangulares finos com presença de cutans (filmes) de argila por fases verticais e horizontais, o que vem a determinar o desenvolvimento de um horizonte B textural (Bt), o qual pode alterar-se com o aprofundamento do perfil. Este fato deve estar ligado às várias mudanças climáticas pelas quais passou a região, promovendo momentos em que dominou o ambiente adequado à ação marcante dos movimentos de massa lentos (gravitacionais) que trazem como componentes a riqueza em materiais já latossolizados e laterizados, em especial materiais das Formações Serra Geral, Botucatu, Pirambóia e Corumbataí em proporções variáveis, mas com aparente dominância dos materiais da Serra Geral, pois as cores primordiais são os vermelhos ferrugem, típicos da alteração dos basaltos/diabásios associados às concreções de aproximadamente 2 a 5 cm de diâmetro, clastos subangulares/subarredondados de laterita com presença de grãos de quartzo típicos das formações Botucatu/Pirambóia, assim como de pedorelitos especialmente em porções distais de tais fluxos. Tais mudanças podem ser evidenciadas pelo comportamento demonstrado pelos índices de Richer/Parker (*in* COLMAN, 1982) em que a Formação Corumbataí intrudida por diabásios mostra que tal intemperismo se deu em condições climáticas subtropicais quentes e úmidas devido a transformações dos feldspatos e alguns interstratificados caulinita-esmectita, apresentando perdas relativas de sílica e alcalinos nos horizontes Rr, Cr₃ e Cr₂, 4B/Cr₁ e 3Bwt₃. Isto caracteriza um intemperismo de 65% em relação a seu estado inicial e que chegara possivelmente a um domínio monossialítico bem definido durante o Terciário superior/Pleistoceno médio, pois os plintitos presentes aqui apresentam matriz avermelhada clara e caulinizções de pequeno porte, típicas dos Plintitos desta época geológica na região. Entretanto, durante o final deste desenvolvimento, passa por uma mudança climática mais úmida a qual se manifesta por um incremento no intemperismo e fundamentalmente na lixiviação dos alcalinos e sílica e uma melhor evidência do domínio monossialítico de tipo caulínítico e uma pequena, mas significativa, presença de alíticos.

Posteriormente a área passa por processos de deformação, o que motiva o soterramento por cascalheira composta por concreções de 2 a 5 cm de diâmetro e alguns seixos de quartzo

leitoso e clastos de lateritas que, junto com a matriz, dão origem a um horizonte 2Bt₂, representando a passagem para um clima subtropical quente e úmido com estação sazonal definida permitindo assim a transformação dos argilominerais detriticos presentes em interstratificados esmectíticos-cauliníticos, com tendência a este último. Já a sequência de topo Ap, BA e ABt₁, influenciada por uma maior precipitação dos componentes orgânicos humificados, na medida em que vem sendo soerguida a melanização se torna mais evidente, ainda que as fontes destes alomembros/alofácies provenham de materiais mais intemperizados, pois eles apresentam, além dos interstratificados, as gibsitais em processos de neodeformação durante o Holoceno atual/subatual, o que faz parte da antiga planície do Ribeirão Rio Claro.

São solos de boa fertilidade, difícil manejo mecanizado, fragilidade moderada e sem práticas de conservação.

O segundo transecto (percorrido no Planalto Ocidental) se iniciou próximo ao município de São Carlos e seguiu a rodovia Washington Luis, sentido à cidade de Rio Claro. O primeiro ponto está inserido na Serra de São Carlos, em porções elevadas do terreno com dissecação variante (de pouco a fortemente dissecado) recobrimdo as demais unidades litoestratigráficas, formando níveis cascalhentos ou carapaças ferruginosas que sustentam o relevo tabuliforme. Apresenta densidade de drenagem média à baixa (com padrão variando de angular a subangular), com composição litológica basicamente arenosa, com a presença de siltitos, conglomerados, secundariamente argilas, ocorrendo em algumas áreas grandes quantidades de frações mais grosseiras do tipo cascalho e seixos. Os sedimentos são evidenciados por uma série de cores e tonalidades de vermelho, pardo, bruno e cinza, com os mais diversos processos de alteração e unidades do tipo monossiláticas e alíticas, onde eventos tectônicos geraram o escalonamento e a movimentação desse material de alteração que repousa de forma discordante sobre as Formações Serra Geral e intrusivas básicas, Pirambóia e Botucatu, e soterrada pela Formação Rio Claro. Os tipos pedológicos geralmente encontrados na área são os Latossolos Vermelho-Amarelos Húmicos, Argissolo Vermelho-Amarelo Petroplântico, Neossolo litólico, Cambissolo e Plintossolo pétrico em residual alteração latossólica.

O perfil 1 (P.O.) representa uma paisagem constituída por desenvolvimento e elaboração próprios da ação paleofluvial, a qual deixou seus registros na paisagem atual. Estes registros encontram-se bem definidos e caracterizados nos volumes dos solos e preserva as mudanças ambientais pelas quais passou ou passa esta área. Este nível planáltico corresponde a mais antiga (pós-Cretáceo) e elevada (950 e 1100 m) superfície de aplainamento regional,

ocorrendo no topo das serras de Itaqueri e São Pedro a sudoeste, platô de São Carlos e serra do Cuscuzeiro a noroeste (PENTEADO, 1968).

Nestas áreas são encontrados os denominados Latossolos Vermelho-Amarelos textura média, geralmente coberturas avermelhadas muito espessas (variando entre 3 a 15 m), onde é possível observar e caracterizar mantos concrecionários em linhas ou na massa por vezes associados com seixos de quartzo ou quartzito, apresentando cutículas residuais de ferro hematítico ou limonítico entre fraturas. Quando quebrados podem ser mais bem definidos, sendo possível diferenciá-los em leitosos, hialinos, sacaroidais róseos, fumê. Oka-Fiori (1980) caracteriza os sedimentos dessa área como aluviais antigos, arenosos, permeáveis, muito espessos, de cor vermelho-escuro (enriquecidos em ferro), remanescentes da superfície Sul-Americana onde, a partir dos quais foram esculpido os níveis planálticos e todas as formas de relevo da Depressão Periférica (SOARES & LANDIM, 1973). Também estão associados os seixos das lateritas de diferentes litologias incluindo ígneas e sedimentares, umas mais metálicas e outras mais terrosas.

Tais coberturas tiveram como fonte, além dos produtos de alteração dos basaltos e delas mesmo, materiais dos arenitos Botucatu e Pirambóia, ou todos eles associados em sedimentos provindos da alteração e/ou relessilificação incipiente ou total dos sedimentos da bacia Bauru.

A fertilidade é média, requerindo neutralização da acidez e uma única aplicação de fertilizantes de acordo com as necessidades das culturas a serem implantadas, devido à estrutura favorável à retenção de cátions e boa solubilidade dos mesmos.

O segundo perfil (perfil 2 P.O.) apresenta-se como uma sequência inferior do perfil 1 (P.O.), caracterizando um depósito latossólico sobre material já alterado da Formação Itaqueri que, por sua vez, é recoberto por depósitos sequenciais de mesma fonte e que se encontram reinteremperizados. Em sua parte inferior, logo acima do horizonte latossólico, aparece uma linha de cascalhos com tamanhos e formas variadas, de subangulares a arredondados de 1 a 15 cm de diâmetro, aproximadamente. Os cascalhos maiores se concentram na parte inferior da linha, sendo recobertos pelos menores, o que indica possivelmente um antigo leito de rio que foi sendo abandonado e perdeu gradativamente sua energia, mas que ainda recebia materiais espalhados em períodos de cheia do novo canal formado (planície de inundação).

Os difratogramas retratam a evidência autóctone dos materiais depositados, onde os horizontes apresentam praticamente os mesmos minerais, com alteração no grau de definição dos interestratificados caulinita-esmectita em processo de formação/destruição dentro dos horizontes intermediários (BA, Bi, BC). Tais processos se devem a determinadas alterações

climáticas pelas quais o perfil foi exposto durante sua formação, variando de climas subsecos a subtropicais, com estações chuvosas às vezes mais bem definidas que promoveram a variação da quantidade de sílica e alcalinos à medida que os movimentos tectônicos escalonavam a área expondo superficialmente os horizontes. Estes, por sua vez, eram erodidos e depositados sobre as áreas abatidas subseqüentes renovando o material de superfície.

Segundo Christofoleti & Queiroz Neto (1966) a Serra de Santana é um exemplo de inversão de relevo devido apenas à evolução geomorfológica. Pois se acredita que antes do Plio-pleistoceno a área se tratava de um local rebaixado (bacia de receptação), porém, desde então atua como área elevada no modelado regional (dispersor de drenagem). Em 1966, estes mesmos autores utilizando de métodos de datação relativa, atribuíram a idade desses depósitos com sendo do Plio-Pleistoceno, porém, admitiram que o mesmo pudesse ser mais moderno. Melo (1995), utilizando de métodos de datação, atribuiu idade Quaternária a esse material.

6. CONCLUSÕES

Através deste estudo foi possível compreender determinados processos e produtos que deram origem às coberturas superficiais e conseqüentemente a algumas paisagens representativas da Quadrícula de São Carlos a partir dos métodos empregados.

A imagem orbital do satélite LANDSAT permitiu obter de uma maneira simples e imediata, e com boa precisão geodésica, a representação visual e planimétrica dos elementos da área. Juntamente com as cartas topográficas, obteve-se uma visão ampla dos compartimentos abordados e dos elementos presentes na área de estudo. Uma vantagem já comprovada pelas imagens orbitais é que elas mostram ao pesquisador uma grande área da superfície terrestre e permitem, através da análise visual ou mesmo quantitativa, verificar se há variação nos padrões regionais. Juntamente com as cartas topográficas, obteve-se uma visão ampla dos compartimentos abordados e dos elementos presentes na área de estudo, orientando perfeitamente as campanhas de campo.

As análises laboratoriais assim como as observações feitas em campo tiveram grande auxílio no estabelecimento de correlações de processos paleoclimáticos envolvidos na formação e caracterização dos solos poligenéticos presentes em grande número na área de estudo.

Tal estudo mostrou-se de grande importância no reconhecimento do comportamento natural das paisagens do centro-oeste paulista para a realização de um ordenamento territorial e consequente planejamento regional, visando estabelecer critérios qualitativos e quantitativos para a determinação da capacidade suporte relativa às diferentes intervenções antrópicas no meio físico, como erosão, uso urbano-industrial, áreas de preservação e etc.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.N. A Terra Paulista. **Boletim Paulista de Geografia**, n.º 23, p. 5-38, 1956.
- AB'SABER, A.N. Conhecimentos sobre as flutuações climáticas do Quaternário no Brasil. **Notícia Geomorfológica**, n.º 1, p. 24-30, 1958.
- ALMEIDA, F.F.M. **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista**. São Paulo: IGEOG, 1974. 99p. (Série Teses e Monografias n.º 14).
- ALMEIDA, F.F.M. & BARBOSA, O. Geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro, estado de São Paulo. **Boletim. Divisão Geologia e Mineralogia/ DNPM**, Rio de Janeiro, n. 143, 96 p., 1953.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth Science Review**, 17:1-19, 1981.
- ALVES, D.B. Desenvolvimento de metodologia de preparação de amostras para análise difratométrica de argilominerais no Centro de Pesquisas da Petrobrás. **Boletim de Geociências PETROBRÁS, Rio de Janeiro**, v.1, n.2, pp. 157-175, 1987.
- BARBOSA, I.O.; LACERDA, M.P.C.; BILICH, M.R. Relações pedomorfogeológicas nas chapadas elevadas do Distrito Federal. **R. Bras. Ci. Solo** vol.33 no.5. Viçosa set./out. 2009.
- BIRKELAND, P. W. **Soils and Geomorphology**. Oxford: Oxford University Press, 1984.
- BIGARELLA, J.J. Variações climáticas no Quaternário do Brasil e sua datação radio-métrica pelo método do carbono 14. **Paleoclimas, São Paulo**, n. 1, p. 01-22, 1971.
- BJÖRNBERG, A.J.S. **Sedimentos pós-cretácio do leste do Estado de São Paulo**. Tese (Concurso Livre Docência) - Escola de Eng. de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1965.
- BJÖRNBERG, A.J.S. **Contribuição ao estudo do Cenozóico paulista: tectônica e sedimentologia**. Tese (provisório do cargo de professor). Escola de Engenharia de São Carlos. USP. 126p. 1969.
- BJÖRNBERG, A.J.S. & LANDIM, P.M.B. Contribuição ao estudo da Formação Rio Claro (Neoceno-zóico). **Bol. Soc. Bras. Geol., São Paulo**, v.15, n.4, p. 43-68, 1966.

- BJÖRNBERG, A.J.S. *et al.* Nota sobre basculamentos tectônicos no Estado de São Paulo. **Ciência e Cultura, São Paulo, 20(2):160.** 1968a.
- BJÖRNBERG, A.J.S. *et al.* O controle tectônico da Serra Geral. **Ciência e Cultura, São Paulo, 20(2):161.** 1968b.
- BJÖRNBERG, A.J.S. *et al.* Basculamentos tectônicos modernos no Estado de São Paulo. In: **Congresso Brasileiro de Geologia, 25°, São Paulo. Anais.** São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia. v.2 p . 159-174. 1971.
- BOTERO, J.P. **Fisiografia y estudio de suelos.** Centro Interamericano de Fotointerpretacion, Bogotá: 1978.
- CAETANO-CHANG, M.R. **A Formação Pirambóia no Centro-Leste do Estado de São Paulo.** Tese (Livre-Docência). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP – *Campus* Rio Claro. 196p. 1997.
- CAETANO-CHANG, M.R. & WU, F.T. As formações Pirambóia e Botucatu no Estado de São Paulo. In: **Simpósio de Geologia do Sudeste, 4, 1995, Águas de São Pedro, Anais...** Águas de São Pedro: SBG, 1995. p. 64.
- CAETANO-CHANG, M.R. & WU, F.T. Diagênese de arenitos da Formação Pirambóia no centro-leste paulista. **Revista Geociências, São Paulo, v. 22 (nº especial): p. 33-39,** 2003.
- CAETANO-CHANG, M.R.; WU, F.T.; BRIGHETTI, J.M.P. Caracterização eólica de arenitos da Formação Pirambóia, proximidades de São Pedro (SP). In: **Simpósio de Geologia do Sudeste, 2, 1991, São Paulo. Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1991, v. 2, p. 53-58.
- CAMARGO, J.C.G. **Avaliação das imagens Landsat para estudos morfométricos e topológicos de bacias hidrográficas, em uma área do Planalto Ocidental Paulista: interflúvio Tietê-Aguapeí (Feio).** Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – INPE. São José dos Campos, SP. INPE-2444-TDL/093. 259p. 1981.
- CARVALHO, W.A. **Relações entre relevo e solos da bacia do Rio Capivara - município de Botucatu, SP.** Tese de Doutorado. Universidade Estadual do Estado de São Paulo. São Paulo. 1981. 193p.
- CARVALHO, A.; MELFI, A.; BITTENCOURT, I.; QUEIRÓZ NETO, J.P.; NAKASHIMA, P. Sedimentos neo-cenozóicos na área de Campinas, est. São Paulo. XXI Congr. Bras. de Geol., **Anais..., pp.58-70,** 1969.
- CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B (Org). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** 2.ed. Ed. Bertrand do Brasil S. A.: Rio de Janeiro, 1995, p. 415-440.
- CHRISTOFOLETTI, A. & PEREZ FILHO, A. Estudo sobre a forma de bacias hidrográficas. **Boletim de Geografia Teorética, 5(9,10): 83-92.** 1975a.

- CHRISTOFOLETTI, A. & QUEIROZ NETO, J.P. Os sedimentos da Serra de Santana (SP). **Boletim Paranaense de Geografia**, n. 18/20, 231-246, 1966.
- COLMAN, S.M. **Chemical weathering of basalts and andesites**: evidence from weathering rinds. Washington – USG printing office, 1982.
- CORTÊZ-LOMBADA, A.; JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; REY, J.C. **Gênesis, classification y aitud de exploracion de alguns suelos de la Orinoquia y la Amazônia colombianas**. Fund. Univ. bogota, Dept. Invest. Cient., Bogotá – Colômbia, 1973, 185 p.
- COTTAS, L.R. & BARCELOS, J.H. Novas considerações sobre a geologia da região de Itaqueri da Serra, São Paulo. In: Simpósio Regional de Geologia, 3, Curitiba. **Atas do III Simpósio Regional de Geologia**, São Paulo: SBG, v. 2, p. 70-76. 1981.
- DANIELS, R.B.; GAMBLE, E.E.; CADY, J.G. The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. **Adv. Agron.**, n.23, pp. 51-87, 1971.
- CUNHA, P.; MARQUES JÚNIOR, J.; CURI, N.; PEREIRA, G.T. & LEPSCH, I.F. Superfícies geomórficas e atributos de latossolos em uma seqüência arenítico-basáltica da região de Jaboticabal (SP). **R. Bras. Ci. Solo**, vol.29, p.81-90, 2005.
- EMBRAPA. CNPS. **Mapa de solos do Brasil**. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro, 1981. 9 p. Comunicado expositivo do mapa de solos do Brasil.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Manual de métodos de análises de solos**. 2 ed. revisado e atualizado. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997, 212 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos/Embrapa Informática agropecuária/Embrapa comunicação para Transferencia de Tecnologia, 1999a, 370 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação**. Brasília, 1999b, 412 p.
- ESPÍNDOLA, C.R. **Pedogênese em áreas basálticas do reverso de cuestras no médio curso do rio Tietê**. Tese de livre docência. Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrônômicas. Botucatu, São Paulo. 1979.
- FACINCANI, E.M. **Morfotectônica da Depressão Periférica Paulista e Cuesta Basáltica: Regiões de São Carlos, Rio Claro e Piracicaba**. Tese (Doutorado em Geociências). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP – *Campus* de Rio Claro. 2000.
- FERNANDES, A.J. **Tectônica cenozóica na porção média da bacia do rio Piracicaba e sua aplicação à hidrogeologia**. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia). Instituto de Geociências. USP. São Paulo. 1997.
- FERREIRA, S.R. **Análise pedostratigráfica das formações Rio Claro e Piraçununga, no centro-leste do Estado de São Paulo**. 2005. 157 f. Tese (Doutorada em Geociências e

- Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.
- FERREIRA, S. R. & CAETANO CHANG, M. R. Datação das Formações Rio Claro e Piraçununga por Termoluminescência. **Revista da Escola de Minas**, v. 61, p. 129-134. 2008.
- FREITAS, R.O.de. Ensaio sobre o relevo tectônico do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro**, 13(2): 171-222. 1953.
- FULFARO, V.J. & SUGUIO, K. A Formação Rio Claro, Neocenozóico, e seu ambiente de deposição. IGG, **Revista de Instituto Geográfico e Geológico, São Paulo**, v. 20, n. único, p. 45-60, 1968.
- FULFARO, V. J.; SAAD, A. R.; SANTOS, M. V.; VIANNA, R. B. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências, São Paulo**, v. 12, n.4, p. 590-610. 1982.
- GONÇALVES, J.M.M. **Caracterização das coberturas de alteração e suas aplicações na região entre os municípios de Analândia, Itirapina e São Carlos (SP)**. 1993. 176 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1993.
- GOOSEN, D. Interpretación de fotos aereas y su importancia en levantamiento de suelos. **Boletín sobre Suelos** – Organizacions de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion, Roma, n. 6, 1968. 58p.
- GOOSEN, D. **Physiography and soils of the Llanos Orientales, Colômbia**. Academisch Proefschrift, 199 p. 1971.
- HASUI, Y. Neotectônica: aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. In: **I Workshop sobre tectônica e sedimentação cenozóica continental no sudeste brasileiro**. **Anais...Boletim** 11. Belo Horizonte: SBG-MG. p. 1-31. 1990.
- HASUI, Y. *et al.* **Compartimentação estrutural e evolução tectônica do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1989. (Relatório Técnico nº 27394).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 92p. 1992.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico de pedologia**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2005. 300 p. (Manuais técnicos em geociências, n. 4).
- JESUS, N.de. **Caracterização ambiental da Serra do Japi com ênfase em recuperação de área minerária na Microbacia do Rio das Pedras**. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP – Campus de Rio Claro. 202 p. 1999.

- JESUS, N.de. **Inter-relação entre geologia/relevo/solo/vegetação e atuação dos processos morfodinâmicos da unidade de paisagem Serra do Japi: uma contribuição à conservação.** Tese (Doutorado em Geociências). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP – *Campus* de Rio Claro. 217 p. 2004.
- JIMÉNEZ-RUEDA, J.R. Geografía e geología del medio y alto Igara Parana; la evolución de los suelos bajo los efectos del cultivo de corte y quema. **Bulletin de la Societe Suisse D’Ethnologie**, Basel, nº Especial – Culture sur brûlis et évolution du milieu forestier en Amazonie du Nord-Ouest, p. 15-29, 1975.
- JIMÉNEZ-RUEDA, J.R. **Modelos sequenciais de gênese aplicados a solos da Região de Jequitaiá - MG.** 1980. 188f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- JIMÉNEZ-RUEDA, J.R. **Caracterização das coberturas de alteração intempéricas e suas múltiplas aplicações na região centro oeste do Estado de São Paulo.** Rio Claro, Relatório Final de projeto auxílio à pesquisa FAPESP (nº 89/3495-0), 1993.
- JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; DEMATTÊ, J.L.I. Solos originados de lamitos da formação Marília (grupo Bauru) da região de Monte Alto, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 12, p. 161-170, 1988.
- JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; MATTOS, J.T. Monitoreo de las actividades antrópicas para la evaluación de la capacidad de soporte del medio físico: diagnóstico y pronóstico. In: Simposio Latinoamericano sobre Riesgo Geológico Urbano, 2.; Conferencia Colombiana de Geología Ambiental, 2., 1992, Pereira: **Anais..., Pereira (Colombia)**, 1992. v.1.
- JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; PESSOTI, J.E.S.; MATTOS, J.T. Uso de sensoriamento remoto no zoneamento agroecológico da região as Serra do Mar no Estado de São Paulo. In: Simpósio Latinoamericano de Percepção Remota, n. 4, **Anais ... Bariloche**, 1989.
- JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; NUNES, E.; MATTOS, J.T. Caracterização fisiográfica e morfoestrutural da folha São José de Mipibu-RN. **Geociências, São Paulo**, v.12, n.2, pp. 481-491, 1993.
- JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; PESSOTI, J.E.S.; MATTOS, J.T. Modelo para o estudo da dinâmica evolutiva dos aspectos fisiográficos dos pantanais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, Número Especial, pp. 1763-1774, outubro, 1998.
- JIMÉNEZ-RUEDA, J.R., SILVA, C.L., HASUI, Y., MORALES, N., BORGES, M.S., COSTA, J.B.S. Análise pedostratigráfica da Bacia de Piraçununga – SP. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, n. 4, 1999, São Pedro-SP. **Anais**, São Pedro-SP, SBG/UNESP, p. 84. 1999.
- JIMÉNEZ-RUEDA, J.R. *et al.* **Aspectos Fisiográficos das coberturas superficiais do setor centro-oeste da Depressão Periférica Paulista.** Rio Claro, Relatório Final de projeto auxílio à pesquisa FAPESP (nº 08/55053-3), 2011.

- LEMOS, R.C.de & SANTOS, R.D.dos. **Manual de descrição e coleta no campo**. 3. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 83 p.
- LANDIM, P. M. B. **O Grupo Passa Dois na Bacia do Rio Corumbataí (SP)**. DNPM, DGM, Bol. 25:103p., 1970.
- LANDIM, P.M.B; SOARES, P.C.; GAMA JR., E.G. **Estratigrafia do nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná**. Curso de Especialização (convênio IPT-UNESP). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP – *Campus* de Rio Claro. 1980.
- LEPSCH, I.F.; BUOL, S.W.; DANIELS, R.B. Soil-landscape relationships in the Ocidental Plateau of São Paulo State, Brazil. I. Geomorphic surfaces and soil mapping units. **Soil Sci. Soc. Amer. J.**, n.41, pp. 1997.
- MACK, G.H. & JAMES, W.C. **Short course manual on paleosols for sedimentologists**. Cincinnati, Ohio: Geological Society of America, 1992, 127 p.
- MARQUES JÚNIOR, J. & LEPSCH, I.F. Depósitos superficiais neocenozóicos, superfícies geomórficas e solos em Monte Alto, SP. **Geociências**, vol.19, p.90-106, 2000.
- MAYNARD, J.B. Chemistry of modern soils as guide to interpreting precambrian paleosols. **J. of Geology**, v.100, pp. 279-289, 1992.
- MCCOY, R.M. Drainage network analysis with K-band radar imagery. **Geographical Review** 59:493-512, 1969.
- MELFI, A.J. & PEDRO, G. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil - parte I - caracterização e repartição dos principais tipos de evolução pedogeoquímica. **Rev. Bras. Geoc.**, v.7, n.4, pp. 271-286. 1977.
- MELO, M.S. **A Formação Rio Claro e depósitos associados: sedimentação cenozóica na Depressão Periférica Paulista**. 1995. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) – IG/USP, São Paulo, 144 p.
- MELO, M.S. & PONÇANO, W.L. **Gênese, distribuição e estratigrafia dos depósitos cenozóicos no Estado de São Paulo**. São Paulo, IPT, 1983, 74p. (Série Monografias 9).
- MELLO E SOUZA, S.H. **Fácies sedimentares das Formações Estrada Nova e Corumbataí no Estado de São Paulo**. São Paulo. Dissertação (Mestrado em Paleontologia e Estratigrafia). Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo. 142 f. 1985.
- MENARDI JR., A. **Regime e ritmo das chuvas na Bacia do rio Piracicaba: variações e impactos**. 2000. 291 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.
- MEZZALIRA, S. (Org.). **Léxico Estratigráfico do estado de São Paulo**. **Boletim n. 5 do Instituto Geológico**. 1981.
- MIOTO, J.A. **Sismicidade e Zonas Sismogênicas do Brasil**. Tese (Doutorado em...). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP – *Campus* de Rio Claro. 276 p. 1993.

- MONTEIRO, C.A.F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: estudo geográfico sob forma de Atlas**. São Paulo: Instituto de Geografia - USP, 1973.
- MORAES REGO, L.F. Notas sobre a geomorfologia de São Paulo e sua gênese. **Inst. Astron. Geofísico de São Paulo**, São Paulo, 1932.
- MÜNSELL. **Soil Color Charts**. New Windson: Kollmorgen Instruments – Macbeth Division, 1994.
- NAKAZAWA, V.A.; FREITAS, C.G.L.; DINIZ, N.C. **Carta Geotécnica do Estado de São Paulo: escala 1:500.000**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (Publicação IPT 2089). São Paulo. 1994.
- NARDY, A.J.R.; ENZWEILER, J.; BAHIA, O.; OLIVEIRA, M.A.F.; PENEIRO, M.A.V. Determinação de elementos maiores e menores em rochas silicáticas por espectrometria de fluorescência de raios-x, resultados preliminares. In: **Congresso Brasileiro de Geoquímica. 6. 1997. Anais....**, 1997.
- NARDY, A.J.R.; MACHADA, F.B.; OLIVEIRA, M.A.F. As rochas vulcânicas mesozóicas ácidas da Bacia do Paraná: litoestratigrafia e considerações geoquímico-estratigráficas. **Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, 38(1): 178-195**, março de 2008.
- OHARA, T. **Zoneamento geoambiental da região do alto-médio Paraíba do Sul (SP) com sensoriamento remoto**. 1995. Tese (Doutoramento em Geologia Regional) - IGCE, UNESP, Rio Claro, SP, 235 p.
- OHARA T., JIMÉNEZ-RUEDA J.R., MATTOS J.T. Análise da evolução pedogenética através de índices pedogeoquímicos de perfis de alteração intempérica nos planaltos do Paraitinga-Paraibuna e da Serra da Mantiqueira e no Vale do Paraíba (SP). In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, XXVI., Rio de Janeiro, Anais...**, em CD-ROM, 1997.
- OKA-FIORI, C. **Contribuição ao estudo das formações superficiais das quadrículas de Piracicaba e São Pedro**. Dissertação (Mestrado apresentado ao Departamento de Geografia e Planejamento). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP – *Campus* de Rio Claro. 121 p. 1980.
- OKA-FIORI, C. & SOARES, P.C. Cobertura Cenozóica entre o rio Piracicaba e Serra de São Pedro. **Ciênc. Cultura, 27-7, supl.: 188 (abstract)**. 1975.
- OLIVEIRA, J.B. & PRADO, H. Levantamento Pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de São Carlos. II – Memorial Descritivo. **Bol. Téc. Inst. Agron. Campinas, n. 98**. Campinas-SP. 188p. 1984.
- OLIVEIRA, V.A. & JIMÉNEZ-RUEDA, J.R. Relação solos/material litológico subjacente em latossolos de dois compartimentos do planalto central goiano. **Geociências. São Paulo: UNESP, v.21, n.1/2, pp. 85-96**, 2002.
- PENTEADO, M.M. **Geomorfologia do setor centro-oeste da Depressão Periférica Paulista**. 1968. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Ciências

- e Letras de Rio Claro, Rio Claro. (Série Teses e Monografias, São Paulo, n. 22, 1976, p. 86).
- PERROTTA, M.M.; SALVADOR, E.D.; LOPES, R.C.; D'AGOSTINO, L.Z.; PERUFFO, N.; GOMES, S.D.; SACHS, L.L.B.; MEIRA, V.T.; GARCIA, M.G.M.; LACERDA FILHO, J.V. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:750.000**. Programa Geologia do Brasil - PGB, CPRM, São Paulo. 2005.
- PETRI, S. & FÚLFARO, V.I. - Geologia da Chapada dos Parecis - Mato Grosso, Brasil, in **Revista Brasileira de Geociências vol.11, n. 4** - São Paulo - Dez. 1981.
- PIRES NETO, A.G. **Estudo Morfotectônico das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari, Jundiá e áreas adjacentes no Planalto Atlântico e Depressão Periférica**. Projeto (150011/94-96). Instituto de Geociências – Rio Claro. 70p. 1996.
- PONÇANO, W.L.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, F.F.M. DE; PRANDINI, F.L.. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, IPT, v. 2. Escala 1:500.000. (Publicação IPT 1183) (Série Monografias 5). 1981.
- PUPIM, F.N. **Zoneamento geoambiental como subsídio a implantação e gestão de obras lineares: quadrícula de São Carlos - SP, escala 1:100.000**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP – *Campus* de Rio Claro, 111 p. 2007.
- PUPIM, F.N. **Aspectos Fisiográficos do Município de Rio Claro – SP**. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP – *Campus* de Rio Claro, 121 p. 2010.
- QUEIROZ NETO, J.P. **Interpretações dos solos da serra de Santana para fins de classificação**. 1969. Tese (Doutorado em Agronomia) – USP/ESALQ, Piracicaba, 123p.
- QUEIROZ NETO, J.P. O Estudo das formações superficiais no Brasil. **Revista do Instituto Geológico, São Paulo, v.22, n.1/2, pp. 65-78**, 2001.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, L.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001, 285 p.
- RANZANI, G. Solos do Cerrado. In: **I Simp. sobre Cerrado, Ed. USP, São Paulo, p. 37-74**. 1971.
- RICCOMINI, C. **Tectonismo gerador e deformador dos depósitos sedimentares pós-gondvânicos da porção centro-oriental do Estado de São Paulo e áreas vizinhas**. Tese (Livre Docência). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 100p. 1995.
- RICCOMINI, C. Considerações sobre a posição estratigráfica e tectonismo deformador da formação Itaqueri na porção centro-leste do Estado de São Paulo, **Revista do IG, São Paulo, 18(1/2), p 41-48**, 1997.

- RICCOMINI, C.; POHL, L.L.; FELISBINO JR., S.E.; FAMBRINI, G.L.; SANT'ANNA, L.G.. Tectônica transcorrente na Bacia do Paraná: o exemplo da Zona de Cisalhamento de Paraisolândia, SP. In: **Simpósio de Geologia do Sudeste, 2., São Paulo. Atas. São Paulo: SBG-SP/RJ, p.181-182.** 1991.
- RIEDEL, P.S.; MATTOS, J.T.; JIMÉNEZ-RUEDA, J.R. Estudo das coberturas de alteração de parte do Centro-Leste paulista através de dados de sensoriamento remoto. In: IV Simpósio Latinoamericano de Sensoriamento Remoto, 1989, Bariloche. **Anais do IV Simpósio Latinoamericano de Sensoriamento Remoto.** Buenos Aires: Selper, 1989, v. 2, p. 640-649.
- RIZZINI, C.T. A Flora do Cerrado – Análise Florística das Savanas Centrais. In: **I Simp. sobre Cerrado, Ed. USP, São Paulo, p. 105-154.** 1971.
- ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo: USP, v. I e II. 64 p. e 2 mapas, escala 1:500.000. 1997.
- RUHE, R.V. 1960. Elements of the soil landscape. **7 th Intern. Congress of soil Sci. Madison, USA. 23: 165-169.**
- SAADI, A. Neotectônica da Plataforma Brasileira: esboço e interpretação preliminares. **Geonomos, 1(1): 1-15.** 1993.
- SALVI, L.L.. **Tipologia Climática do Estado de S. Paulo, Segundo Técnicas de Quantificação.** Revista do Departamento de Geografia da USP. 1984.
- SCHNEIDER, R.L.; MÜHLAMNN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: **Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre, Anais...**, Porto Alegre: SBG, v. 1, p. 41-65. 1974.
- SETZER, J. **Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo.** Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí, 61p. 1966.
- SIMMONSON, R.W. **Concept os soil.** Adv. Agron. n.20, pp. 1.47, 1968.
- SOARES, P.C. Elementos estruturais da parte nordeste da Bacia do Paraná: classificação e gênese. In: **Congresso Brasileiro de Geologia , 28., Porto Alegre. Anais...** Porto Alegre: SBG, v.4, p.107-121. 1974.
- SOARES, P.C. & LANDIM, P.M.B. Aspectos regionais da estratigrafia da Bacia do Paraná no seu flanco nordeste. In: **Congresso Brasileiro de Geologia, 27, Aracaju, Anais...** Aracaju: SBG, v.1, p. 243-256. 1973.
- SOARES, P.C.; SINELLI, O.; PENALVA, F.; WERNICK, E.; SOUZA, A.de; CASTRO, P.M. R. Geologia do nordeste do Estado de São Paulo. In: **Congresso Brasileiro de Geologia, 27, Aracaju, Anais...** Aracaju: SBG, v.1, p. 209-228. 1973.
- SOUSA, M.O.L. **Evolução tectônica dos altos estruturais de Pitanga, Artemis, Pau d'Alho e Jibóia – centro do estado de São Paulo.** Tese (Doutorado em Geologia

- Regional) Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP – *Campus* de Rio Claro, 206 p. 2002.
- TERAMOTO, E.R.; LEPSCH, I.F.; VIDAL-TORRADO, P. Relações solo, superfície geomórfica e substrato geológico na microbacia do Ribeirão Marins (Piracicaba-SP). **Rev. Sci. Agri.**, vol. **58**, n. **2**. Piracicaba, abr./jun. 2001.
- VERDADE, F.C. Conceito de solo e evolução da Pedologia. In: MONIZ, A.C. **Elementos de Pedologia**. São Paulo, Ed. Universidade de São Paulo, 1972, 4599.
- VETTORI, L. **Métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro. M.A., Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1968, 24p. (boletim técnico n.7).
- VILLOTA, H. **Técnicas modernas de mapeo de suelos de Ladera**. Bogotá: Centro Interamericano de Fotointerpretacion (CIAF); Ministerio de Obras Públicas y Transporte, 32 p. 1983.
- VILLOTA, H. **Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras**. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi; Dep. Nacional de Estadística, 184 p. 2005.
- VOLKMER, S. **Caracterização mineralógica das coberturas de alteração intempérica da quadrícula de São Carlos (QSC), SP: Escala 1:100.000**. 1993. 157 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1993.
- ZALÁN, P.V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J.C.J.; MARQUES, A.; ASTOLFI, M.A.M.; VIEIRA, I.S.; APPI, V.T.; ZANOTTO, O.A. Bacia do Paraná. In: Gabaglia, G.P.R. & Milani, E.J. (Coords.). **Origem e evolução de bacias sedimentares**. Rio de Janeiro: PETROBRAS, 1990, p. 135-168.
- ZINCK, A. **Aplicacion de la geomorfologia al levantamiento de suelos em zonas aluviales y definicion del ambiente geomorfologico con fines de descripcion de suelos**. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi; Subdireccion Agrologia, 1987. 176 p.

ANEXOS

Discriminação das análises laboratoriais.A - Análises Químicas de Solo (Avaliação da Fertilidade do Solo):

Ponto	Horizonte	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)
1 (D.P.)	A/C ₁	15,3	13	11,4
	2A/C ₂	18,62	3,4	12,3
	3Bit ₁	21,42	15,7	13,1
	C ₃	19,38	13,6	12,8
	4Bwt ₂	12,5	12,4	7,4
	C ₄	19,12	15,2	12,5
	5Bw ₂	20,65	21,9	11,8
2 (D.P.)	Ap	16,57	26,4	14,4
	BA	23,2	27,8	14,6
	2ABt ₁	24,73	24,1	15,2
	Bt ₂	24,73	23,4	14,5
	C ₁	25,75	27,1	15,2
	3Bwt ₃	25,75	25,4	14,9
	4B/Cr ₁	25,5	29	12,8
	Cr ₂	21,42	27,9	11,8
	Cr ₃	21,67	26,7	10,6
Rr	20,14	26,6	9,6	
1 (P.O.)	A/C	16,06	8,2	8,9
	2Bi ₁	17,34	8,3	9,1
	Bit	18,87	8	9,5
	Bi ₂	19,38	8,2	9,9
	3Bi ₃	21,93	9,5	10,2
	4BCrg	17,85	18,4	3,8
	Crf/Rrf	13,77	9,7	3,7
2 (P.O.)	Ap	11,47	6,5	6,1
	AB	13,26	7,3	6,2
	2BA	15,55	8,1	7,1
	Bi	17,6	8,8	7,8
	BC	24,48	15	10,7
	3C ₁	16,57	9,1	7,6
	C ₂	14,79	8,3	7,4
	4Bw	17,59	10,4	7
	Crf	12,24	12,2	6,1

B - Análises Químicas de Solo (Avaliação da Fertilidade do Solo) parte 1:

Ponto	Horizonte	P Resina (mg/dm ³)	M.O. (g/dm ³)	pH (CaCl ₂)	K (mmol _c /dm ³)	Ca (mmol _c /dm ³)	Mg (mmol _c /dm ³)	H + Al (mmol _c /dm ³)
1 (D.P.)	A/C ₁	9	24	5,4	0,6	33	17	22
	2A/C ₂	4	19	4,6	0,4	15	7	47
	3Bit ₁	3	8	4,7	0,3	12	4	26
	C ₃	2	5	5,4	0,3	12	3	18
	4Bwt ₂	3	2	4,4	0,8	3	4	20
	C ₄	2	2	5,1	0,6	2	4	18
	5Bw ₂	1	1	4,2	1,3	1	2	38
2 (D.P.)	Ap	1	9	4,3	0,4	3	2	50
	BA	1	8	4,2	0,4	3	2	52
	2ABt ₁	3	6	4,5	0,4	3	2	33
	Bt ₂	6	4	4,4	0,6	1	1	29
	C ₁	3	3	4,1	1,4	1	1	34
	3Bwt ₃	5	4	4,2	0,8	1	1	52
	4B/Cr ₁	2	3	4	0,9	1	1	150
	Cr ₂	1	4	4	0,7	1	1	166
	Cr ₃	1	4	4	0,6	2	1	150
Rr	5	3	4,1	0,4	1	1	42	
1 (P.O.)	A/C	5	16	4,2	0,6	8	4	38
	2Bi ₁	4	12	4,5	0,4	2	2	29
	Bit	4	8	4,5	0,5	2	1	22
	Bi ₂	5	6	5,1	0,3	1	1	16
	Bi ₃	5	3	5,5	0,8	4	1	13
	4BCrg	4	2	4,3	0,2	1	1	17
	Crf/Rrf	4	2	5,5	0,3	1	1	10
2 (P.O.)	Ap	2	16	4,2	0,6	3	2	38
	AB	2	13	4,3	0,4	3	1	31
	2BA	2	8	4,6	0,3	4	1	24
	Bi	2	8	5,4	0,5	5	2	18
	BC	2	7	5,3	0,3	2	1	16
	3C ₁	3	4	5,7	0,5	5	2	13
	C ₂	3	3	5,6	0,3	9	6	16
	4Bw	3	2	4,5	0,4	11	4	22
	Crf	3	2	4,3	0,3	5	3	26

B - Análises Químicas de Solo (Avaliação da Fertilidade do Solo) parte 2:

Ponto	Horizonte	Al (mmol _c /dm ³)	SB (mmol _c /dm ³)	CTC (mmol _c /dm ³)	V (%)	S (mg/dm ³)
1 (D.P.)	A/C ₁	0,6	50,6	72,6	70	5
	2A/C ₂	6,9	22,4	69,4	32	7
	3Bit ₁	3,1	16,3	42,3	39	7
	C ₃	1,3	15,3	33,3	46	9
	4Bwt ₂	7,7	7,8	27,8	28	2
	C ₄	1,4	6,6	24,6	27	1
	5Bw ₂	20,4	4,3	42,3	10	1
2 (D.P.)	Ap	14,5	5,4	55,4	10	1
	BA	6,4	5,4	57,4	9	1
	2ABt ₁	5,2	5,4	38,4	14	1
	Bt ₂	8,2	2,6	31,6	8	1
	C ₁	12,2	3,4	37,4	9	1
	3Bwt ₃	21,4	2,8	54,8	5	1
	4B/Cr ₁	59,4	2,9	152,9	2	1
	Cr ₂	67	2,7	168,7	2	1
	Cr ₃	63,5	3,6	153,6	2	1
	Rr	23,2	2,4	44,4	5	2
1 (P.O.)	A/C	7,6	12,6	50,6	25	12
	2Bi ₁	5,1	4,4	33,4	13	6
	Bit	2	3,5	25,5	14	3
	Bi ₂	0,6	2,3	18,3	13	2
	3Bi ₃	0,3	5,8	18,8	31	1
	4BCrg	9,7	2,2	19,2	11	2
	Crf/Rrf	0,4	2,3	12,3	19	3
2 (P.O.)	Ap	5,5	5,6	43,6	13	5
	AB	5,2	4,4	35,4	12	15
	2BA	2,2	5,3	29,3	18	45
	Bi	0,6	7,5	25,5	29	25
	BC	0,6	3,3	19,3	17	5
	3C ₁	0,4	7,5	20,5	37	13
	C ₂	0,6	15,3	31,3	49	95
	4Bw	4,1	15,4	37,4	41	160
	Crf	13,1	8,3	34,3	24	36

B - Análises Químicas de Solo (Avaliação da Fertilidade do Solo) parte 3:

Ponto	Horizonte	B (mg/dm ³)	Cu (mg/dm ³)	Fe (mg/dm ³)	Mn (mg/dm ³)	Zn (mg/dm ³)
1 (D.P.)	A/C ₁	0,22	2,7	39	48	16,7
	2A/C ₂	0,12	3,6	55	13,7	1,8
	3Bit ₁	0,46	1,7	21	2,3	0,2
	C ₃	0,4	0,5	13	0,8	0,1
	4Bwt ₂	0,34	0,3	10	1	0,2
	C ₄	0,58	0,3	11	1	0,2
	5Bw ₂	0,23	0,3	7	0,4	0,2
2 (D.P.)	Ap	0,27	0,6	24	2,6	0,2
	BA	0,1	0,7	22	3,8	0,2
	2ABt ₁	0,26	0,3	18	1	0,2
	Bt ₂	0,19	0,5	12	1	0,2
	C ₁	0,25	0,4	10	0,7	0,2
	3Bwt ₃	0,23	0,4	10	1,5	0,2
	4B/Cr ₁	0,2	0,3	5	0,9	0,2
	Cr ₂	0,08	0,3	4	0,9	0,2
	Cr ₃	0,1	0,3	5	0,6	0,2
Rr	0,43	0,3	6	0,6	0,1	
1 (P.O.)	A/C	0,02	1,2	71	10,2	0,9
	2Bi ₁	0,18	1,1	33	2,6	0,4
	Bit	0,12	0,6	22	1,6	0,1
	Bi ₂	0,16	0,6	18	0,7	1
	3Bi ₃	0,12	0,2	7	0,3	0,1
	4BCrg	0,12	0,3	3	0,3	0,1
	Crf/Rrf	0,02	0,2	6	0,2	0,1
2 (P.O.)	Ap	0,53	1,2	99	4,3	0,8
	AB	0,26	1,1	56	3,1	0,5
	2BA	0,25	0,7	24	3,9	0,6
	Bi	0,27	0,7	18	0,9	0,3
	BC	0,34	0,5	16	0,6	0,1
	3C ₁	0,36	0,4	12	0,4	0,2
	C ₂	0,2	0,3	7	0,9	0,3
	4Bw	0,57	0,2	6	3,4	0,5
	Crf	0,2	0,5	6	4,1	0,3

C - Análises Físicas de Solo (Granulometria):

Ponto	Horizonte	Argila (%)	Areia Grossa (%)	Areia Fina (%)	Areia Total (%)	Silte (%)
1 (D.P.)	A/C ₁	44	32	9	41	15
	2A/C ₂	50	30	7	37	13
	3Bit ₁	64	26	6	32	4
	C ₃	61	28	5	33	6
	4Bwt ₂	5	61	4	65	30
	C ₄	60	28	6	34	6
	5Bw ₂	55	23	9	32	13
2 (D.P.)	Ap	77	7	2	9	14
	BA	82	7	2	9	9
	2ABt ₁	79	7	3	10	11
	Bt ₂	80	6	3	9	11
	C ₁	72	6	3	9	19
	3Bwt ₃	71	6	3	9	20
	4B/Cr ₁	72	3	2	5	23
	Cr ₂	63	2	1	3	34
	Cr ₃	65	2	1	3	32
	Rr	7	35	3	38	55
1 (P.O.)	A/C	44	52	4	56	0
	2Bi ₁	47	48	5	53	0
	Bit	49	47	4	51	0
	Bi ₂	46	45	7	52	2
	3Bi ₃	53	43	4	47	0
	4BCrg	3	47	6	53	44
	Crf/Rrf	3	62	4	66	31
2 (P.O.)	Ap	28	68	2	70	2
	AB	33	64	3	67	0
	2BA	40	57	3	60	0
	Bi	42	55	3	58	0
	BC	42	54	4	55	0
	3C ₁	43	53	4	57	0
	C ₂	7	51	8	59	34
	4Bw	4	49	11	60	36
	Crf	3	55	7	62	35

D - Análises Químicas por Fluorescência de Raio-X (em %, salvo Zr):

Ponto	Horizonte	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	Soma	Zr (ppm)
1 (D.P.)	A/C ₁	71,45	0,93	10,71	5,68	0,02	0,22	0,04	0,05	0,4	0,05	10,46	100,01	320
	2A/C ₂	60,41	3,18	18,79	10,67	0,07	0,28	0,11	0,08	0,32	0,11	5,98	100	394
	3Bit ₁	51,37	2,97	20,87	13,16	0,04	0,25	0,07	0,05	0,2	0,1	10,93	100,02	417
	C ₃	55,26	3,17	19,07	12,49	0,04	0,23	0,06	0,05	0,19	0,08	9,37	100,01	399
	4Bwt ₂	56,51	2,98	18,63	12,43	0,05	0,26	0,04	0,05	0,3	0,07	8,69	99,99	396
	C ₄	78,62	0,97	14,42	4,79	0,02	0,19	0,07	0,09	0,33	0,04	0,5	100,03	179
	5Bw ₂	60,32	2,58	17,67	11	0,04	0,38	0,04	0,07	0,72	0,08	7,11	100	383
2 (D.P.)	Ap	43,41	3,76	26,21	15,48	0,04	0,24	0,05	0,06	0,13	0,13	10,47	100	428
	BA	43,15	3,78	26,9	14,93	0,04	0,23	0,04	0,05	0,14	0,13	10,59	100	422
	2ABt ₁	42,62	3,92	26,36	11,92	0,06	0,22	0,04	0,05	0,12	0,11	11,01	96,43	444
	Bt ₂	42,89	3,67	26,82	16,01	0,05	0,23	0,04	0,05	0,17	0,11	9,96	100	418
	C ₁	40,66	3,3	27,6	16,37	0,04	0,23	0,03	0,05	0,2	0,1	11,44	100,02	44
	3Bwt ₃	41,07	3,19	26,27	16,61	0,04	0,24	0,04	0,06	0,26	0,11	12,13	100,02	406
	4B/Cr ₁	45,62	2,37	26,4	14,09	0,03	0,33	0,03	0,06	0,71	0,12	10,23	100	346
	Cr ₂	50,63	1,67	26,19	9,98	0,02	0,39	0,05	0,12	0,86	0,11	9,99	100,01	279
	Cr ₃	56,88	1,62	22,29	10,7	0,02	0,35	0,04	0,08	0,86	0,12	7,03	100	268
Rr	79,45	0,48	8,23	5,56	0,02	0,07	0,06	0,07	0,1	0,08	5,88	99,99	107	
1 (P.O.)	A/C	65,95	1,93	14,28	7,96	0,03	0,1	0,05	0,05	0,06	0,07	9,51	100	484
	2Bi ₁	63,2	2,08	16,29	8,19	0,09	0,11	0,04	0,06	0,04	0,06	9,86	100,01	514
	Bit	63,68	2,02	16,6	7,99	0,03	0,1	0,04	0,05	0,04	0,06	9,39	100	486
	Bi ₂	63,86	2,1	16,14	8,26	0,03	0,1	0,03	0,05	0,04	0,06	9,33	99,99	508
	3Bi ₃	59	2,34	19,08	9,13	0,03	0,12	0,03	0,05	0,04	0,05	10,12	100	568
	4BCrg	66,57	1,61	19,29	4,18	0,02	0,12	0,04	0,06	0,13	0,03	7,96	100	390
	Crf/Rrf	77,95	1,35	11,46	3,33	0,01	0,03	0,03	0,06	0,03	0,02	5,75	100,02	301
2 (P.O.)	Ap	74,98	1,27	10,71	5,37	0,03	0,06	0,05	0,06	0,06	0,04	7,37	100	309
	AB	70,8	1,42	13,57	6,02	0,03	0,06	0,04	0,06	0,03	0,04	3,95	100	336
	2BA	71,75	1,47	12,68	6,2	0,02	0,06	0,04	0,06	0,03	0,04	7,67	100	338
	Bi	67,86	1,66	14,71	6,93	0,03	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04	8,57	100	401
	BC	67,79	1,64	14,35	7,82	0,02	0,06	0,03	0,06	0,03	0,04	8,16	100	394
	3C ₁	67,11	1,75	15,12	7,22	0,03	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04	8,55	100,02	414
	C ₂	67,34	1,38	12,48	5,29	0,04	0,14	0,06	0,06	0,09	0,02	13,08	99,99	368
	4Bw	65,95	1,43	11,9	6,56	0,02	0,1	0,05	0,05	0,05	0,02	13,86	100,01	376
	Crf	75,31	1,41	12,59	5	0,07	0,12	0,04	0,06	0,09	0,02	5,3	100,01	342