

**UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
**Campus de Rio Claro (SP)**

DANIEL BARTOLOMEU

**ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE  
CRISTAIS PAULISTA (SP) COM BASE NA  
CARACTERIZAÇÃO E ASPÉCTOS EVOLUTIVOS DO  
MEIO FÍSICO**

Rio Claro – SP  
2009

**UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
**Campus de Rio Claro (SP)**

**ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE  
CRISTAIS PAULISTA (SP) COM BASE NA  
CARACTERIZAÇÃO E ASPÉCTOS EVOLUTIVOS DO  
MEIO FÍSICO**

**DANIEL BARTOLOMEU**

Orientador: Jairo Roberto Jiménez-Rueda

Co-Orientadora: Maria Margarita Torres Moreno

*Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP,  
campus de Rio Claro, como parte das exigências para  
o cumprimento da disciplina Trabalho de Conclusão  
de Curso no ano letivo de 2009”*

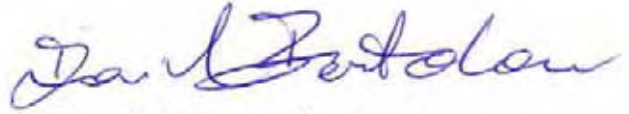
Rio Claro – SP  
2009

551.4+ Bartolomeu, Daniel  
B292z Zoneamento geoambiental do município de Cristais Paulista (SP) com base na caracterização e aspectos evolutivos do meio físico / Daniel Bartolomeu. - Rio Claro : [s.n.], 2009  
74 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Geologia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Orientador: Jairo Roberto Jiménez-Rueda  
Co-Orientador: Maria Margarita Torres Moreno

1. Geografia física – Aspectos ambientais. 2. Zoneamento geoambiental. 3. Aloformações. 4. Pedogeoquímica. 5. Mapeamento. 6. Alteração intempérica. I. Título.

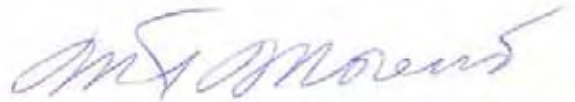
Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP  
Campus de Rio Claro/SP



Autor: Daniel Bartolomeu



Orientador: Prof. Dr. Jairo Roberto Jiménez-Rueda



Co-Orientadora: Profa. Dra. Maria Margarita Torres Moreno

## Agradecimentos

Com imensa alegria venho a agradecer todo o apoio dado pelos meus pais durante este período de forma incondicional.

A todos os orientadores que tive na graduação que contribuíram de uma forma ou de outra para minha formação, assim como a todos os professores que passaram o conhecimento geológico de forma impar.

A FAPESP pelas duas bolsas de pesquisa concedidas na graduação.

A Prefeitura de Cristais Paulista (SP), pelo apoio na realização deste trabalho e ao pessoal da Casa da Agricultura deste município pela ajuda nos trabalhos de campo.

## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVOS.....	02
3. MÉTODO E ETAPAS DE TRABALHO.....	02
3.1. Revisão Bibliográfica.....	03
3.2. Fotointerpretação.....	03
3.2.1. Caracterização dos Solos e Coberturas Sedimentares Modernas.....	04
3.3. Métodos de Campo.....	04
3.4. Métodos de Laboratório.....	05
3.4.1. <i>Obtenção e Interpretação de Difrações de Raios X (DRX)</i> .....	05
3.4.2. <i>Análises Químicas</i> .....	06
3.4.3. <i>Microscopia Óptica</i> .....	06
3.4.4. <i>Granulometria</i> .....	07
3.4.5. <i>Determinação da Porosidade</i> .....	07
3.5. Processamento Digital de Dados.....	08
3.5.1. <i>Morfometria - Mapa Hipsométrico</i> .....	08
3.5.2. <i>Modelo Numérico do Terreno (MNT) e Carta de Declividade</i> .....	08
3.6. Interpretação e Correlação dos Dados.....	08
3.6.1. <i>Sistemática Adotada Para Estabelecer o Zoneamento Geoambiental</i> .....	08
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	09
4.1. Contextualização Geológica Regional.....	09
4.1.1. <i>Introdução</i> .....	09
4.1.2. <i>Considerações Tectônicas Gerais</i> .....	10
4.1.3. <i>Contexto Litológico e Estratigráfico Local</i> .....	11
4.1.3.1. <i>Formação Aquidauana</i> .....	12
4.1.3.2. <i>Formação Pirambóia</i> .....	12
4.1.3.3. <i>Formação Botucatu</i> .....	13
4.1.3.4. <i>Formação Serra Geral</i> .....	13
4.1.3.5. <i>Formação Itaqueri</i> .....	13
4.1.3.6. <i>Grupo Bauru</i> .....	14
4.1.3.7. <i>Coberturas Terciárias e Quaternárias Indiferenciadas</i> .....	14
4.2. Contextualização Geomofológica Regional.....	14
4.3. Contextualização Pedológica Regional.....	15
4.4. Clima Atual.....	17

4.5. Evoluções Paleogeográfica e Paleoclimática da Área Desde o Período Cretáceo.....	17
4.6. Potencial Natural à Erosão.....	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	20
5.1. Refotointerpretação.....	21
5.2. Etapas de Campo e Amostragem.....	21
5.3. Caracterização da Evolução das Coberturas de Alteração, Relação com os Materiais de Origem e Discussões.....	31
5.3.1. Latossolo Vermelho Amarelo, Neossolo Fluvico e Plintossolo.....	32
5.3.2. Neossolo Litólico.....	39
5.3.3. Neossolo Quartzarênico/Regolítico Háptico Cambissólico – Aloformação Água Limpa.....	40
5.3.4. Cambissolo Sesquioxidrico (com contribuição de basalto/diabásio) – Aloformações Taquara e Cristais.....	43
5.3.5. Neossolos Quartzarênicos (Fm. Botucatu e Aloformação Onça).....	45
5.3.6. Gleissolo.....	46
5.3.7. Nitossolo Vermelho.....	46
5.3.8. Organossolos Tiomórficos Sápricos.....	48
5.4. Zoneamento Geoambiental.....	49
6. CONCLUSÕES.....	57
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
APÊNDICE 1 - Caracterização Granulométrica.....	65
APÊNDICE 2 - Caracterização por Análises Químicas (Fluorescência de Raios X).....	66
APÊNDICE 3 - Caracterização da Porosidade.....	67
APÊNDICE 4 - Caracterização por Microscopia Óptica.....	68
ANEXO 1 – Relação das cartas topográficas utilizadas no trabalho.....	73

## **RESUMO**

Este estudo caracteriza no município de Cristais Paulista (SP) a ocorrência das litologias formais e aloformais (depósitos sedimentares recentes) e de solos, por meio de mapeamento, determinando propriedades do material em campo e laboratório, com base nos dados levantados, é proposto um padrão evolutivo para os materiais intemperizados residuais e transportados (aloformações), com a integração dos dados foi gerado como produto final um Zoneamento Geoambiental na área de estudos, constituindo uma importante ferramenta para o planejamento urbano da área.

## **ABSTRACT**

This study characterizes the city of Cristais Paulista (SP) the occurrence of lithologies formal and allostratigraphic units (new sedimentary deposits) and soil, through mapping, determining the material properties in laboratory and field, based on the data it is proposed evolutionary pattern for the residual material weathered and transported (allostratigraphic units), with the integration of the all data was generated as a final product Zoning Geoenvironmental in the study area is an important tool for urban planning area.

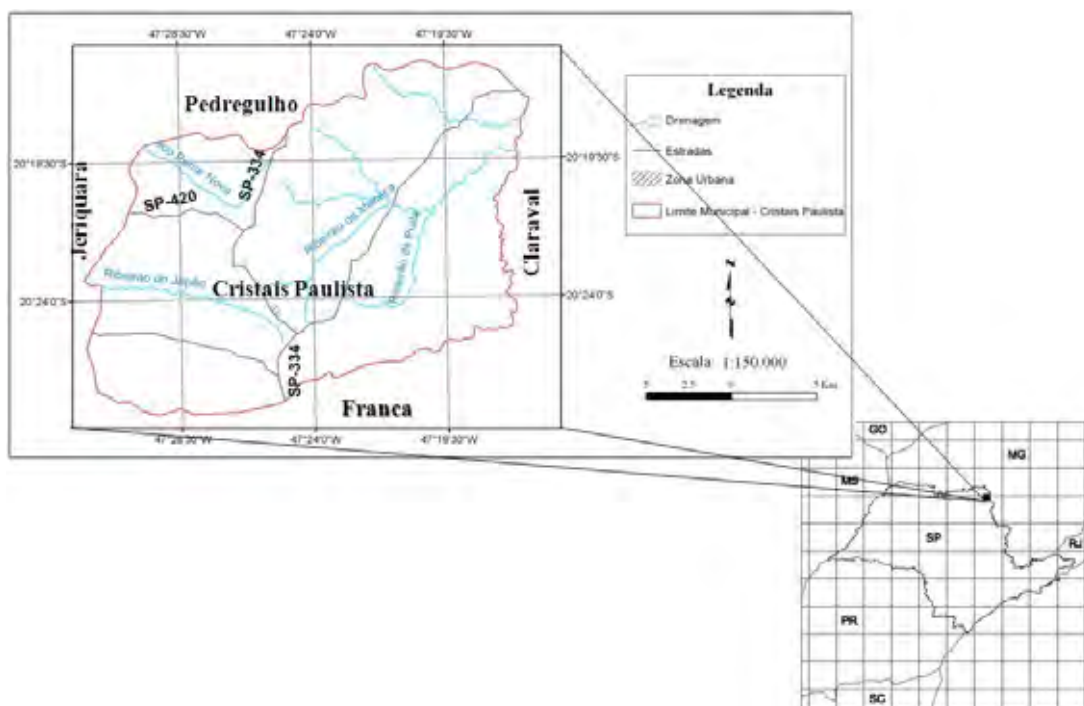
**Palavras Chaves:** Fisiografia, Evolução Intempérica, Zoneamento Geoambiental, Mapeamento.

## 1. INTRODUÇÃO

A área de estudo abrange o município de Cristais Paulista (SP), localizado no Nordeste do estado de São Paulo, situado em parte das cartas topográficas Pedregulho (SF-23-V-A-II-3) e Jeriquara (SF-23-V-A-I-4), tendo como principal via de acesso a rodovia Cândido Portinari (SP-334), como mostra a figura 01. O município faz parte da região administrativa de Franca (SP), possuindo cerca de 6.775 habitantes IBGE (2002). De acordo com o Relatório Zero do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí-Mirim/Grande (IPT, 2000) o município de Cristais Paulista (SP) tem sua área administrativa na sub-bacia do Rio Canoas.

Na área de estudos há uma deficiência de informações geológicas, geomorfológicas e pedológicas na escala de semi detalhe, devido à existência apenas de mapeamentos de cunho regional na escala 1:500.000 e 1:1.000.000.

A geração de conhecimento a cerca de aspectos fisiográficos, geológicos, pedológicos e sobre evolução das coberturas superficiais e sua organização em um produto temático em forma de zonas geoambientais é de grande importância para a área tanto no desenvolvimento do conhecimento científico nesta região, quanto para a melhor organização do planejamento de expansão urbana, podendo auxiliar na compreensão de problemas ambientais no local, descritos por IBGE (2002) como deslizamentos de encostas e alta taxa de erosão, colaborando com estudos de planejamentos para medidas de contenção de possíveis desastres.



**Figura 01.** Limite municipal de Cristais Paulista (SP) com as principais vias de acesso modificado de IBGE (1972a,b).

Neste sentido, Vedovello (2000) ressalta a importância da análise das características de elementos componentes do meio físico de diversas regiões, devido o crescente aumento do uso e ocupação do espaço físico e da utilização dos recursos naturais, de tal modo que o planejamento não deve apenas ser limitado a aspectos sócio econômicos.

Segundo Ohara et al. (2003) e Crisóstomo Neto (2003), o Zoneamento Geoambiental é uma ferramenta importante que fornece subsídios técnicos para orientar e elucidar a tomada de decisões na implementação de alternativas de desenvolvimento regional compatíveis com a sustentabilidade e vulnerabilidade de sistemas ambientais. Nesse sentido, as características geoambientais representam os elementos naturais que compõem o meio físico, como a fisiografia, geologia, pedologia e os aspectos climáticos, os quais são a base para o entendimento da estruturação e organização do espaço físico, e por isso, a elaboração de um estudo voltado ao planejamento geoambiental, vem a contribuir na seleção de áreas naturais de acordo com suas potencialidades e fragilidades para diversos fins.

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao planejamento geoambiental, permite um estudo integrado do meio físico, contribuindo como base fundamental para o procedimento metodológico que fornecerá subsídios a uma compartimentação geoambiental.

## **2. OBJETIVOS**

O presente trabalho tem como finalidade a execução de um zoneamento geoambiental da área voltado para fins gerais de ocupação.

A partir da caracterização dos domínios fisiográficos, delimitar as litologias (formal e aloformal) e as classes e subclasses de solos da área, em escala de semi detalhe.

Estabelecer as relações das coberturas com os materiais de origem, caracterizando o padrão evolutivo das mesmas na área.

## **3. MÉTODO E ETAPAS DE TRABALHO**

Os métodos utilizados neste trabalho são revisão bibliográfica, foteointerpretação, campo, métodos laboratoriais para caracterização do material coletado em campo (difração de raios X, análises químicas, microscopia óptica, granulometria, porosidade), processamento digital de dados (tratamento de dados, geração de mapa hipsométrico, MNT e carta de declividade) e integração dos dados com aplicação da sistemática para estabelecer o Zoneamento Geoambiental.

A descrição dos métodos está organizada abaixo, na ordem em que o trabalho foi desenvolvido.

### **3.1. Revisão Bibliográfica**

A revisão bibliográfica teve como objetivo caracterizar o estado atual de conhecimentos na área de estudos, focando aspectos do meio físico (geologia, geomorfologia e pedologia), clima, paleogeografia e paleoclima, necessários para elaborar a caracterização da evolução pedogenética dos materiais encontrados. Também foi realizado um estudo sobre os métodos empregados no trabalho.

### **3.2. Fotointerpretação**

A fotointerpretação foi baseada nos conceitos expostos por Soares e Fiori (1976), fazendo uso de fotografias aéreas na escala 1:25.000 e estereoscópios de bolso e espelho da marca *Zeiss*. Dessa forma a foto interpretação se deu em três etapas:

*Fotoleitura*: objetivando o reconhecimento e identificação dos elementos das imagens com os objetos correspondentes e sua repartição.

*Foto Análise*: objetivando o estudo das relações entre as imagens, associação e ordenação das partes de imagem.

*Fotointerpretação*: objetivando o estudo da imagem fotográfica visando a descoberta e avaliação, por métodos indutivos, dedutivos e comparativos do significado, função e relação dos objetos correspondentes às imagens.

Como feições texturais interessantes para este estudo com base em Soares e Fiori (1976) pode se destacar: elementos de drenagem, superfícies de relevo (quebras positivas e negativas) e formas e limites de vertente, constituindo a propriedade fundamental na análise da imagem o que permite separar feições com significado diferente ou associar feições com o mesmo significado dado por condições naturais.

Para a etapa preliminar, a fotointerpretação teve um caráter geral, focando a delimitação e classificação de elementos fisiográficos como: drenagens, diques marginais, complexos de diques, várzeas, planaltos e vertentes, para tal foi estabelecida uma legenda fisiográfica baseada em Botero (1979).

Na etapa final, as fotografias aéreas foram reinterpretadas, com base em dados de campo, buscando um melhor ajuste de contatos, corrigindo a caracterização das unidades

fisiográficas, esta etapa seguiu a metodologia descrita por Vergara (1971), Soares e Fiori (1976) e Botero (1979).

A legenda fisiográfica final foi estabelecida tendo como base, a amplitude dos planaltos, sendo estes subdivididos em: Planalto Alto (acima de 1000m); Planalto Médio (de 900 a 1000m); Planalto Baixo (abaixo de 900m) e a forma de encostas (côncava, convexa, retilínea e mista).

### **3.2.1. Caracterização dos Solos e Coberturas Sedimentares Modernas**

Para a geração do mapa de solos e de coberturas sedimentares modernas, em conjunto com as fotos aéreas foi utilizada uma imagem de satélite TM/LANDSAT-5 (Orbita 220, Ponto 74, imageada em 1984), onde por padrões de reflexão foi possível delimitar alguns domínios de solos que não foi possível identificar nas fotos aéreas, esta etapa seguiu a metodologia proposta por Prost (1994) e Jensen (2009).

### **3.3. Métodos de Campo**

As etapas de campo objetivaram inicialmente um reconhecimento da área e conferência dos resultados obtidos com a fotointerpretação preliminar. Sendo estabelecida uma logística de campo de forma que as rotas de caminhamento fossem perpendiculares ao maior número de unidades fotofisiográficas possíveis. Para a classificação dos perfis de solo encontrados, foram utilizadas as convenções adotadas pela EMBRAPA (2006) e informações verbais de Jiménez-Rueda (2009). O material geológico de natureza sedimentar foi caracterizado pela observação e descrição das fácies sedimentares, mineralogia e granulometria, classificando assim o tipo de rocha e a unidade geológica a qual pertence, foi realizada uma classificação estratigráfica formal, de acordo com as convenções adotadas pelo “*Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica*”, e também uma classificação *aloformal*, seguindo as convenções adotadas pelo “*North American Stratigraphic Code - Foreword to the Revised Edition*” North American Commission on Stratigraphic Nomenclature (2005), sendo as *aloformações* definidas como discontinuidades em unidades individuais que definem depósitos superficiais, caracterizadas por heterogeneidade lítica, sendo que as características químicas, físicas e paleontológicas podem variar lateralmente e verticalmente em toda unidade, a qual deve ser mapeável em escala coerente com o trabalho realizado na região onde a mesma é definida, deve possuir uma seção tipo, o estabelecimento da unidade não necessariamente é relacionada a sua gênese, mas a interpretação genética pode influenciar

o traçado de seus limites, as superfícies geomorfológicas podem ser utilizadas para definição de limites aloestratigráficos porém seu nome não deve ser utilizado na classificação da mesma, solos e paleossolos residuais não definem aloformações, sendo que as mesmas são unidades exclusivamente deposicionais, a evolução geológica e limites temporais não definem unidades aloestratigráficas, podendo ser fatores que influenciam esta caracterização, as unidades aloestratigráficas tem sua extensão delimitada a partir da área tipo, podendo ser correlacionada a outras unidades na região.

As rochas ígneas foram classificadas conforme a descrição granulométrica, textural, estrutura e mineralogia determinando o tipo de rocha e a unidade geológica a qual pertence Suguio (2003) & Wernick (2004).

Após serem definidos os domínios fisiográficos com dados de campo e refotointerpretação, é caracterizada a ocorrência dos materiais predominantes nestes domínios, procede se então à etapa de coletas de amostras significativas (materiais de maior repetição no domínio), para caracterização mais detalhada em laboratório.

As amostras de solo foram coletadas de duas formas, utilizando cilindros volumétricos (indeformadas) e coleta de amostras para análises gerais (deformadas), preenchendo um saco de aproximadamente 1 kg. As amostras sempre foram coletadas na porção central dos horizontes, sendo coletadas do horizonte inferior para o superior como indicado por Vieira e Vieira (1983).

As amostras de rocha foram coletadas retirando se um fragmento representativo, para as análises pretendidas com uso de um martelo geológico.

### **3.4. Métodos de Laboratório**

#### ***3.4.1. Obtenção e Interpretação de Difrações de Raios X (DRX)***

As amostras de solo coletadas (CP02, CP03, CP04a,b,c, CP06a,b,c,d, CP07a,b, CP08, CP10, CP11, CP12, CP15, CP16 – (*Maiores detalhes no item 5.2.; Tabelas 02 e 03.; pag. 25-26*) foram homogeneizadas e quarteadas, posteriormente passaram por moagem em moinho “oscilante” de tungstênio nos laboratórios do DPM/IGCE/UNESP-RC. Após moagem as amostras são peneiradas, com uma peneira sedimentológica da marca GRANU-TEST de abertura igual a 0,075mm.

Para a coleta de dados por DRX foi utilizado o espectrômetro de difração de raios X SIEMENS D5000, e para interpretar os dados obtidos foi utilizado o software EVA 2.0.

Para este trabalho as DRX foram obtidas na amostra total (amostras não tratadas), a análise da mineralogia foi baseada em Gomes (1984), Navrotsky (1994) e Scapin (2003).

### 3.4.2. Análises Químicas

Para as análises químicas totais do solo, por espectrometria de fluorescência de raios X (empregando amostras fundidas em matriz de borato), foram utilizadas amostras selecionadas (CP02, CP03, CP07a, CP07b, CP08, CP10, CP11, CP16) posteriormente a interpretação das difrações de raios X, conforme a mineralogia das amostras. Foram utilizadas as mesmas amostras preparadas para as difrações de raios X. As análises foram realizadas nos laboratórios do DPM/IGCE/UNESP-RC com a finalidade de melhor determinar os índices de alteração intempérica através da porcentagem de elementos no material analisado Jackson (1970) e Mojica (1990).

Os índices intempéricos calculados com base na EMBRAPA (2006) foram:  $K_i$  e  $K_r$ .

O índice  $K_i$  é calculado segundo a fórmula 1, sendo  $SiO_2$  e  $Al_2O_3$  a porcentagem destes óxidos obtidos por fluorescência de raios X, e P.M a massa molecular destes óxidos.

$$\text{Fórmula 1: } K_i = \frac{\left(\frac{SiO_2}{P.M}\right)}{\left(\frac{Al_2O_3}{P.M}\right)}$$

O índice  $K_r$  é calculado segundo a fórmula 2, sendo  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  e  $Fe_2O_3$  a porcentagem destes óxidos obtidos pela fluorescência de raios X, e P.M a massa molecular destes óxidos.

$$\text{Fórmula 2: } K_r = \frac{\left(\frac{SiO_2}{P.M}\right)}{\left(\frac{Al_2O_3}{P.M} + \frac{Fe_2O_3}{P.M}\right)}$$

### 3.4.3. Microscopia Óptica

As amostras de rochas ígneas foram laminadas no laboratório do DPM/IGCE/UNESP-RC. As amostras de rochas sedimentares, laminadas no laboratório da UNICAMP, para confecção de lâminas delgadas impregnadas (análise de porosidade aparente e mineralogia). Para a interpretação foi utilizado um microscópio petrográfico da marca Zeiss e uma câmera fotográfica digital acoplada ao microscópio da marca Canon com 5.0 mega pixels para registrar as imagens. As interpretações se deram conforme indicado por Keer (1977). As amostras analisadas foram: CP01, CP04, CP09, CP12r, CP13, CP14.

#### 3.4.4. Granulometria

Este ensaio foi realizado a seco, para se ter uma idéia total da granulometria do material. Para a realização deste ensaio as amostras (CP02, CP04a,b,c, CP06a,b,c,d, CP07a,b, CP08, CP11, CP12, CP15, CP16) coletadas em campo foram homogeneizadas, secas em estufa, a uma temperatura de 70° C por 48 horas, posteriormente dispostas em um dessecador, onde são separadas 100 gramas de material, disposto no topo de numa seqüência de peneiras da marca GRANU-TEST de 2; 1; 0,5; 0,25; 0,062 mm e fundo, o material recebeu vibrações, em um vibrador granulométrico da marca PROOUTEST por 30 minutos. Posteriormente o material retido nas peneiras e fundo é pesado em uma balança de precisão.

#### 3.4.5. Determinação da Porosidade

As amostras coletadas para este ensaio foram: CP02, CP04a, CP04b, CP04c, CP06a, CP06b, CP06c, CP06d, CP07a, CP07b, CP08, CP11, CP15, CP16. Para determinar a porosidade do material, foi calculada a densidade aparente e real segundo Castro (1976), Olarte (1979) e Gonzales e Castro (1990). A densidade aparente ( $D_a$ ) em g/cm<sup>3</sup> foi calculada pelo método do cilindro, este método determina a densidade aparente relacionando o peso da amostra seca a 105° C ( $P_{as}$ ) sobre o volume de amostra ( $V_a$ ) coletada *in situ* (fórmula 3).

$$\text{Fórmula 3: } D_a = \frac{P_{as}}{V_a}$$

A densidade real ( $D_r$ ) em g/cm<sup>3</sup> foi calculada utilizando um picnômetro, devido a disponibilidade desde nos laboratórios do DPM/IGCE/UNESP. No método do picnômetro relaciona se o peso do picnômetro com ar ( $P_a$ ), o peso do picnômetro saturado em água ( $P_{ag}$ ), peso da amostra seca em estufa ( $P_s$ ), e o peso do picnômetro com a amostra e água ( $P_{ags}$ ), sendo  $D_{ag}$  a densidade da água em g/cm<sup>3</sup> (valor tabelado, conforme a temperatura da água no momento da medida). A partir destes dados obtidos com uma balança de precisão da marca SHIMADZU – Modelo – “*Libror – AEG – 1206*” foi possível calcular a densidade real do material pela relação indicada na fórmula 4.

$$\text{Fórmula 4: } D_r = \frac{D_{ag} (P_s - P_a)}{(P_{ag} + P_s - P_a - P_{ags})}$$

A partir das densidades real e aparente foi calculada a porosidade total (P) do material amostrado dividindo a diferença da densidade real ( $D_r$ ) e aparente ( $D_a$ ), pela densidade real (fórmula 5).

$$\text{Fórmula 5: } P = \frac{D_r - D_a}{D_r}$$

### **3.5. Processamento Digital de Dados**

#### ***3.5.1. Morfometria - Mapa Hipsométrico***

A hipsometria consiste na subdivisão do terreno por classes altimétricas, a classificação hipsométrica apresentada no trabalho foi baseada nas informações de cartas topográficas do município na escala 1:10.000 (anexo 1), utilizando curvas de níveis cotadas (equidistâncias das curvas igual a 5m), digitalizadas no software ArcGIS 9.3, onde os dados foram processados usando o módulo 3D Analyst.

#### ***3.5.2. Modelo Numérico do Terreno (MNT) e Carta de Declividade***

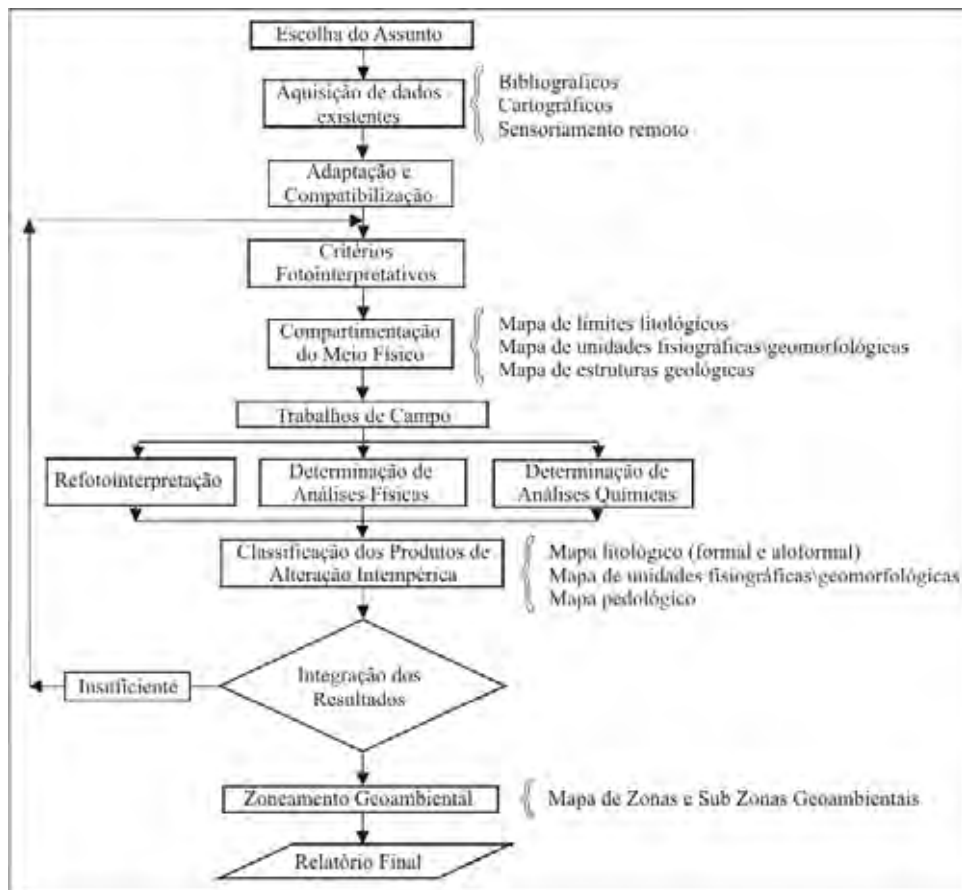
O modelo numérico do Terreno (MNT) foi gerado utilizando o mesmo produto cartográfico do item anterior, processado no módulo 3D Analyst do software ArcGIS 9.3, e posteriormente ajustado em perspectiva no software ArcScene, a carta de declividade foi gerada no mesmo módulo do software ArcGIS 9.3, definindo intervalos de 0 - 1%, 1,1 - 5%, 5,1% - 12%, 12,1% - 20%, 20,1 - 30%, 30,1 - 47% e >47%, para facilitar a classificação das zonas geoambientais conforme este parâmetro, sendo valores internacionalmente adotados.

### **3.6. Interpretação e Correlação dos Dados**

Os dados obtidos nas etapas anteriores foram organizados em forma de texto, tabelas e gráficos. Os dados referentes à fotointerpretação final e caracterização em laboratório do material foram direcionados para definir um padrão de evolução intempérica do material encontrado e aplicação na definição de Zonas Geoambientais na área.

#### ***3.6.1. Sistemática Adotada Para Estabelecer o Zoneamento Geoambiental***

A definição das zonas e sub zonas geoambientais foi realizada conforme metodologia proposta por Ohara et al. (2003) e Crisóstomo Neto (2003). Onde seguiu as etapas do fluxograma apresentado na figura 02.



**Figura 02.** Fluxograma das atividades realizadas para definir as Zonas e Sub Zonas Geoambientais, modificado de Ohara et al. (2003).

Os limites das zonas geoambientais são definidos por contatos litológicos que podem ser limites erosivos e descontinuidades estruturais (discordâncias e falhas). Estas zonas são condicionadas por deformações tectônicas que moldam as formas de relevo e seus respectivos graus de alteração intempérica. As variáveis consideradas são os tipos de paisagens ou unidades fisiográficas, graus de dissecação do relevo e processos específicos de alteração intempérica ou do tipo de colóide intempérico predominante (paragênese de colóides) que resulta em um mapa de zonas e subzonas geoambientais.

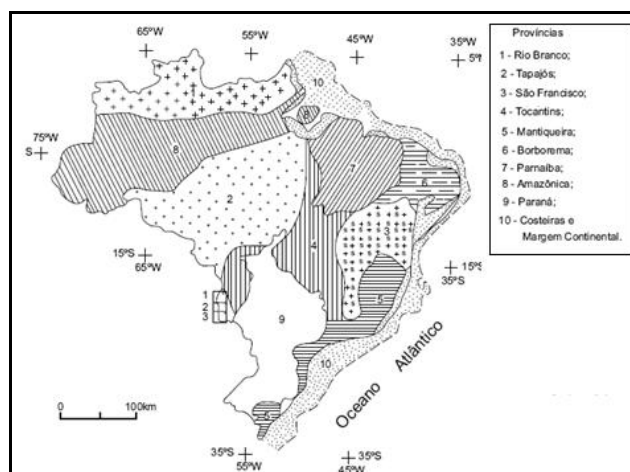
## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1. Contextualização Geológica Regional

#### 4.1.1. Introdução

A área de estudo está inserida no contexto geológico da Bacia do Paraná, trata se de uma bacia intracratônica, estabelecida sobre a Plataforma Sul-Americana, bordejada

principalmente pelas Províncias Tocantins e Mantiqueira como mostra a figura 03, Almeida et al. (1977). Segundo Milani (1997, 2004) a deposição na bacia varia entre o Neo Ordoviciano e Neo Cretáceo. Ocupando uma área total de 1.400.000 km<sup>2</sup>, estende se no Brasil por 1.100.000 km<sup>2</sup>, nos estados do Mato Grosso, Paraná, São Paulo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Goiás Zalán et al. (1990) apud Lisboa et al. (2005).



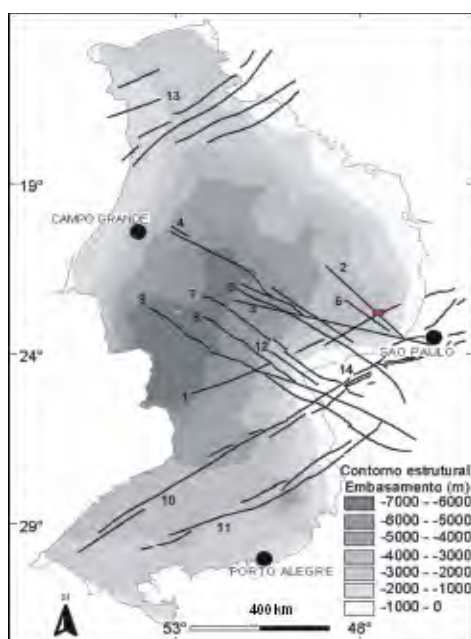
**Figura 03.** Províncias estruturais do Brasil segundo Almeida et al. 1977.

Segundo Milani (2004), sucessivos episódios de sedimentação acomodaram os depósitos da Bacia do Paraná o que a torna uma bacia de registro policíclico. Seis unidades constituem seu arcabouço estratigráfico: 1) Superseqüência Rio Ivaí (Caradociano – Llandoveryano), representada pelas formações Alto Garças, Iapó e Vila Maria; 2) Superseqüência Paraná (Lochkoviano – Frasniano), representada pelas formações Furnas e Ponta Grossa; 3) Superseqüência Gondwana I (Westphaliano – Scythiano), representada pelo Grupo Itararé ou/e pelas formações Dourados, Tatuí, Rio Bonito, Palermo, Irati, Corumbataí, Serra Alta, Teresina, Pirambóia, Rio do Rasto e Sanga do Cabral; 4) Superseqüência Gondwana II (Neoanisiano – Eonoriano), representada por depósitos fluviais e lacustrinos locais sendo eles concernentes à Formação Santa Maria; 5) Superseqüência Gondwana III (Neojurássico – Berriasiano), representada pelas formações Botucatu e Serra Geral; 6) Superseqüência Bauru (Senoniano).

#### **4.1.2. Considerações Tectônicas Gerais**

De forma geral a Bacia do Paraná possui uma inclinação homoclinal com deflexão na direção aproximada E-W, com mergulho suave de 1,5° em direção à calha do rio Paraná. Em alguns locais os valores de mergulho são relativamente altos, decorrentes de tectonismo

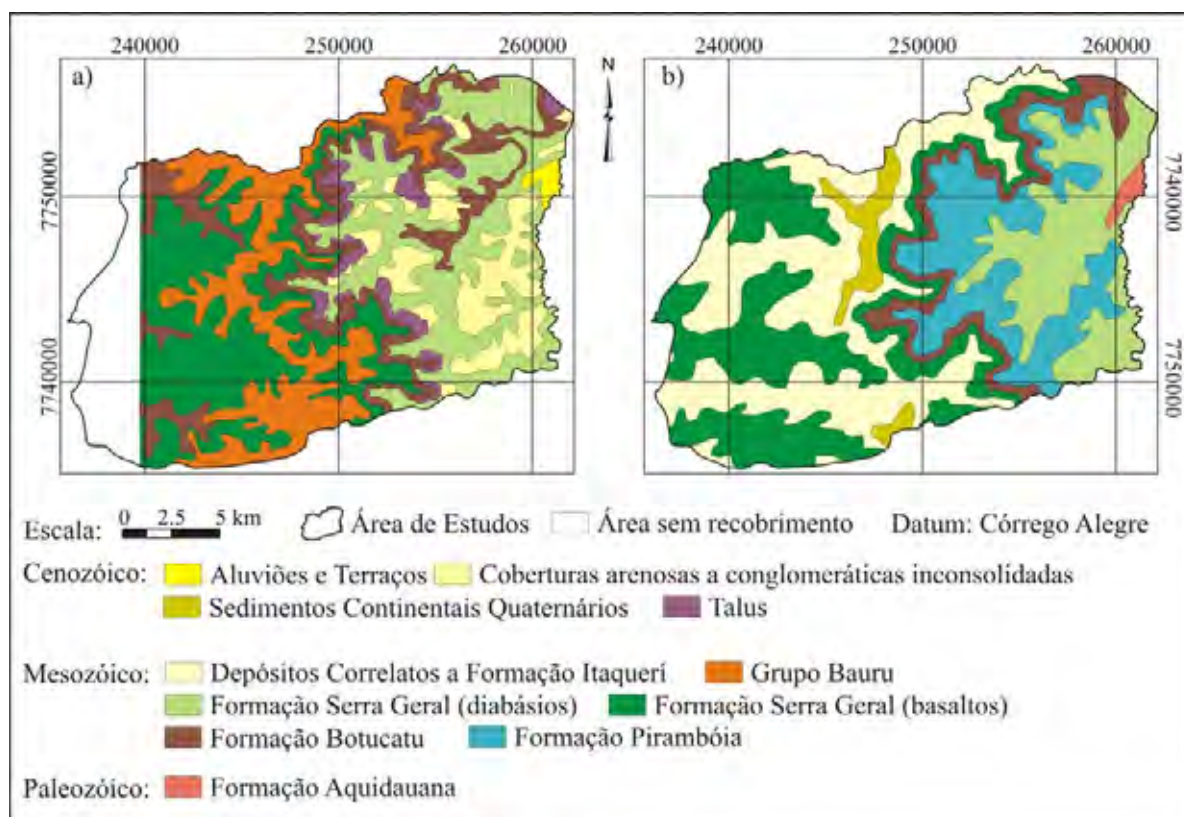
associado a derrames basálticos e intrusões de sills de diabásio (IPT, 1981b). Estão presentes dois estilos estruturais principais, derivados de deformações associadas a intrusões ígneas e deformações associadas a reativações de elementos tectônicos lineares do embasamento cratônico (figura 04) Araújo et al. (2006). Os tipos básicos de estruturas que ocorrem são: falhas isoladas, sistemas lineares de falhas, horst, e domos. Segundo Soares (1973), as falhas isoladas são bastante freqüentes, porém de pequena expressão regional. As falhas mais freqüentes são normais, podendo ocorrer falhas inversas. Os rejeitos geralmente são inferiores a 20m, podendo apresentar dobras de arrasto e diques de diabásio associados.



**Figura 04.** Principais estruturas, falhas e lineamentos na Bacia do Paraná com o contorno estrutural (em metros): 1. Falha de Jacutinga. 2. Lineamento Tietê. 3. Lineamento Paranapanema. 4. Falha de Guapiara. 5. Falha Santo Anastácio. 6. Lineamento Barra Bonita - Itu. 7. Falha São Jerônimo - Curiúva. 8. Falha Rio Alonzo. 9. Falha Cândido de Abreu - Campo Mourão. 10. Zona de Falha Lancinha - Cubatão. 11. Zona de Falha Blumenau - Soledade. 12. Arco de Ponta Grossa. 13. Zona de Cisalhamento Transbrasiliiano. 14. Zona de Cisalhamento Ribeira. Araújo et al. (2006).

### 5.1.3. Contexto Litológico e Estratigráfico Local

Segundo IPT (1981a,b), Perdoncini (2003), a geologia da área de estudo é composta por formações relativas aos períodos Permocarbonífero, Triássico, Jurássico e Cretáceo com presença das formações Aquidauana (Grupo Itararé), Pirambóia, Botucatu e Serra Geral), ocorrendo também na região rochas intrusivas básicas (*Sills*) relacionadas a Formação Serra Geral e sedimentos Cenozóicos ou mais recentes correlatos a Formação Itaqueri, como pode ser observado na figura 05a,b, Perdoncini (2003) afirma que ocorrem depósitos do Grupo Bauru na área na porção oeste, onde segundo IPT (1981a,b) ocorrem os sedimentos correlatos a Formação Itaqueri, IPT (1981a) afirma que na porção leste da área ocorre a Formação Aquidauana, já Silva e Vidigal (1998) descreveram uma soleira de diabásio denominada “Borda da Mata” no mesmo local. Também ocorrem coberturas terciárias e quaternárias indiferenciadas representadas por sedimentos bastante imaturos na região Janoni (2007).



**Figura 05.** Mapas geológicos da área de estudos organizados na mesma escala e com padronização de cores para as formações. **a)** Perdoncini (2003). **b)** IPT (1981a,b).

#### **4.1.3.1. Formação Aquidauana**

A Formação Aquidauana é caracterizada principalmente por arenitos (médios a grossos), diamictitos, conglomerados e depósitos pelíticos, os diamictitos aparecem tanto maciços quanto estratificados ou em arranjo caótico Milani (1997). A Formação Aquidauana apresenta uma oxidação generalizada e forte coloração avermelhada possuindo na região do estudo uma espessura de aproximadamente 100 m Hellmeister Junior (1997).

#### **4.1.3.2. Formação Pirambóia**

Segundo IPT (1981a) na área de estudo a Formação Pirambóia está em contato basal com intrusivas básicas. Soares (1973), Chang (1997) e Milani (1997) descrevem a Formação Pirambóia como sendo de origem flúvio-eólica, constituída por arenitos de granulação fina a média, com moderada a boa seleção, portando grãos sub arredondados, com superfícies de truncamento que delimitam corpos de geometria cuneiforme, possui estratificações cruzadas tangenciais na base, de médio a pequeno porte. Ocorrem também intercalações de camadas

com espessura de até 3 metros, de arenitos de tamanho fino a médio, com seleção moderada, possuindo estratificação plano paralela, e finas camadas de argilitos e siltitos, além de raras lentes de arenitos conglomeráticos.

#### ***4.1.3.3. Formação Botucatu***

A Formação Botucatu geralmente encontra-se em contato basal com o topo da Formação Pirambóia, descrita por Milani (1997) e Scherer e Lavina (2006) como depósitos de grandes dunas de composição arcossiana (granulação fina a média bimodal, boa seleção de grãos, sendo foscos com alta esfericidade, avermelhados, apresenta estratificação cruzada tangencial de médio a grande porte, ocorrendo arenitos grosseiros a conglomeráticos de até 5 m de espessura na base desta unidade). Sua gênese é relacionada a processos de sedimentação eólicos com influência fluvial na sedimentação basal. A espessura total da Formação Botucatu varia em São Paulo entre 50 a 100 metros.

#### ***4.1.3.4. Formação Serra Geral***

A Formação Serra Geral Segundo Milani (1997) deriva de um intenso vulcanismo fissural mesozóico, gerando uma espessa cobertura de lavas toleíticas de até 1000m, e uma intrincada rede de diques e soleiras que cortam a seção sedimentar pré magmatismo na Bacia do Paraná. As lavas basálticas de composição toleítica se intercalam com lavas andesíticas e riódacíticas. As lavas toleíticas possuem textura afanítica a porfirítica com amígdalas e vesículas (preenchidas por zeólita e raramente albita), composta por olivina, plagioclasio, piroxênios (augita e pigeonita) e óxidos de Fe-Ti.

#### ***4.1.3.5. Formação Itaqueri***

A Formação Itaqueri não possui uma definição cronológica e genética clara na literatura, sendo confundida com depósitos do Grupo Bauru e com depósitos Cenozóicos mais novos, alguns autores citam estes depósitos como sendo de origem cretácea, inferior ao Grupo Bauru Almeida & Barbosa (1953), as relações de contato com estas unidades também não se encontram bem definidas, IPT (1983). De acordo com Janoni (2007) a Formação Itaqueri na região ocorre como uma mancha irregular no reverso das cuestas basálticas, isoladas de outras coberturas pós-basálticas, representado em suas partes mais elevadas testemunhos da antiga extensão do Planalto Ocidental. Composta predominantemente por arenitos, geralmente

ocorrem corpos lenticulares de siltitos e conglomerados oligomíticos com estruturas hidrodinâmicas, porém, com seixos e calhaus de composição predominantemente quartzítica e quartzosa, considerado por Hellmeister Junior (1997) como Formação Franca de idade Terciário Inferior, denominação que vem caindo em desuso.

#### ***4.1.3.6. Grupo Bauru***

Segundo Soares et al. (1973) o Grupo Bauru possui idade Aptiano-Maastrichtiana (Cretáceo), sendo formado da base para o topo pelas formações Caiuá (arenitos muito finos a médios, com boa esfericidade), Santo Anastácio (arenitos de granulação muito fina a média com freqüentes nódulos e cimentação calcíferos, lentes de lamito, siltito e argilito), Adamantina (arenitos de granulação muito fina a fina com estratificação cruzada intercalada com lamitos, siltitos e arenitos lamíticos) e Marília (arenitos grossos e conglomeráticos maciços, ricos em feldspato, com lamitos vermelhos e calcários associados).

Segundo Perdoncini (2003) o Grupo Bauru ocorre na região do estudo como canais intercalados com preenchimento conglomerático e areno-conglomerático, apresentando estratificações cruzadas e estrutura maciça gradando, por vezes, para arenitos conglomeráticos, os quais podem passar para conglomerados no topo. Ocorrem rochas pelíticas exibindo cor vermelha amarelada a acastanhada e aspecto mosqueado associadas. O referido Grupo ocorre distribuído nas principais elevações da área, ao longo da estrada que liga Franca a Pedregulho, sobre a serra da Faquinha, assentando se em contato erosivo sobre derrames basálticos, com espessuras variando de 3 a 10m.

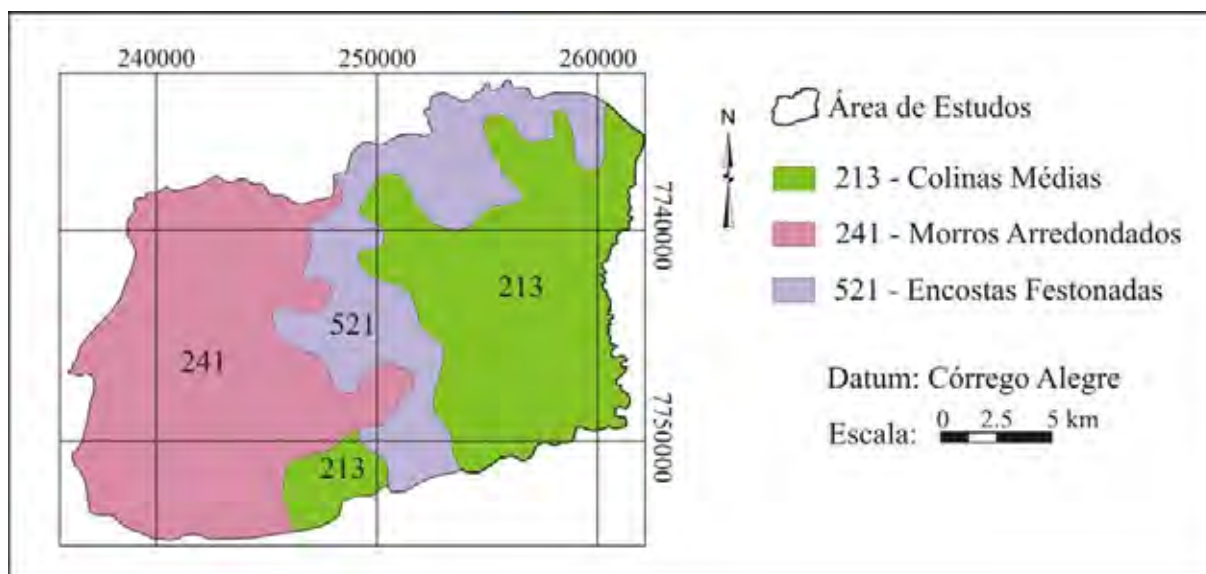
#### ***4.1.3.7. Coberturas Terciárias e Quaternárias Indiferenciadas***

Na região também ocorrem coberturas terciárias e quaternárias indiferenciadas representadas por sedimentos bastante imaturos, mal selecionados, constituídos por depósitos colúvio aluviais associados à evolução geomorfológica e a encostas, vales e terraços da drenagem atual Janoni (2007).

## **4.2. Contextualização Geomoforológica Regional**

Segundo IPT (1981c) a região está inserida no domínio geomorfológico de cuevas basálticas, ocorrendo afloramentos de basaltos, o que permite uma exposição da porção frontal das cuevas, numerosos relevos testemunhos isolados como baús, peões e pequenas

chapadas. Na porção do reverso, a ação da drenagem conseqüente foi intensa formando cânions e relevos residuais com amplitudes quase sempre superiores a 1000. Como pode ser observado na figura 06, na porção leste da área de estudos ocorrem colinas médias (213), compondo restos de planalto em altitudes progressivamente mais baixas com planícies de inundação associadas, passando para Escarpas Festonadas (521), na porção central da área delimitando as cuestas e na porção oeste onde ocorrem Morros Arredondados (241) como resultado de forte entalhamento da drenagem IPT (1981c).



**Figura 06.** Mapa geomorfológico da área IPT (1981c).

#### 4.3. Contextualização Pedológica Regional

De acordo com Lemos et al. (1960), como pode ser observado na figura 07b, na área ocorrem Latossolo Roxo (associada a Terra Roxa), Latossolo Vermelho Amarelado, Regossolos, Solos Podzólicos Vermelho Amarelados, e Solos Hidromórficos.

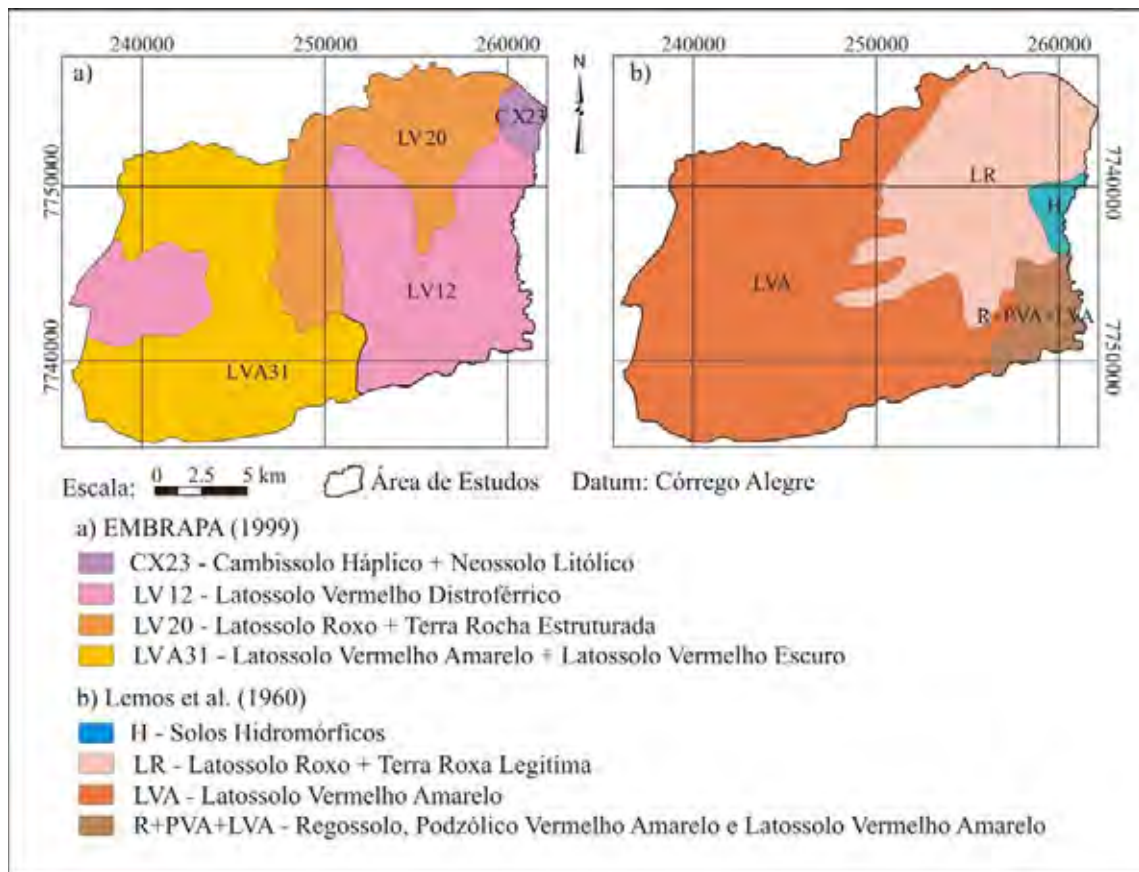
O Latossolo Vermelho Amarelado ocorre desde a porção central da área até o seu limite extremo oeste, descrito como solos normalmente profundos, com transições difusas entre horizontes e diferenciação de horizontes pouco evidentes. O Latossolo Roxo ocorre na porção nordeste da área, descritos como solos muito profundos, associados a argilosos, bem drenados e de coloração arroxeada, formados a partir de rochas de composição basálticas. Os Regossolos cuja ocorrência está associada com Latossolos Vermelho Amarelados e Podzólicos Vermelho Amarelados aparecem no canto sudeste da área, caracterizados por profundos mantos de alteração, muito friáveis, de textura muito leve, acentuadamente drenado. Os solos Podzólicos Vermelho Amarelados, associados aos Regossolos, constituem

um material moderadamente drenado, devido sua baixa permeabilidade, possuindo como característica morfológica marcante a presença de cascalhos ao longo de todo o perfil. Os solos Hidromórficos, de ocorrência restrita a região leste da área, caracterizado como solos intrazonais, possuem características associadas com saturação em água, que pode determinar uma acumulação de matéria orgânica ou fenômenos de redução.

Segundo a classificação atual de solos (EMBRAPA, 2006) os solos Hidromórficos passam a ser Gleissolos, os Regossolos passam a ser Neossolos e os solos Podzólicos passam a ser Argissolos, os Latossolos Roxos encontram se hoje como Latossolos Vermelhos.

No mapeamento executado pela EMBRAPA (1999), como pode ser observado na figura 07a, nas regiões oeste e sul-sudeste foram descritos Latossolos Vermelhos distróféricos com horizonte A moderado e textura argilosa. Nas regiões central da área, noroeste e sudoeste ocorrem Latossolos Vermelho Amarelos Distroféricos com horizonte A moderado e proeminente textura média associados à Latossolos Vermelho Distroféricos com horizonte A moderado e textura média a argilosa.

Nas porções centrais da área e nordeste ocorrem Latossolo Roxo Distroférico, com relevo suavemente ondulado associado à Latossolos Vermelhos Distroféricos e Eutroféricos, todos com horizonte A moderado e textura argilosa. Na região extremo nordeste da área ocorrem Cambissolos Háplicos Distróficos, associados a Neossolo Litólico Distrófico, ambos com textura média e fase pedregosa, também ocorrem Latossolos Vermelhos Distróficos com textura argilosa, todos com horizonte A moderado.



**Figura 07.** a) Mapa pedológico da área de estudos modificado de EMBRAPA (1999). b) Mapa pedológico da área de estudos modificado de Lemos et al. (1960).

#### 4.4. Clima Atual

O clima da região é tropical alternadamente seco e úmido, sendo controlado por massas equatoriais e tropicais. A região apresenta variação chuvas anuais médias entre 1.500mm a 2.000mm, em função das altitudes (800 a 1000m). Cerca de 80% das chuvas são concentradas de outubro a março (com trimestre mais chuvoso entre novembro e janeiro), apresenta influência de sistemas tropicais advindos do Centro-oeste do país. O período mais seco, de abril a setembro, apresenta o trimestre mais crítico entre junho e agosto, quando somente 5% das chuvas ocorrem IPT (2000).

#### 4.5. Evoluções Paleogeográfica e Paleoclimática da Área Desde o Período Cretáceo

A evolução paleogeográfica da área foi estabelecida de forma generalizada com base nas reconstruções apresentadas por Vrielynck e Bousse (2003) e nas informações extraídas do CD-ROM Plate Tectonics – And How the Earth Works (1997).

Estas informações estão apresentadas na tabela 01, onde foram correlacionadas as idades em Ma e as latitudes paleogeográficas da área de estudos. Estes dados são utilizados como subsidio para traçar a evolução paleoclimática que será utilizada para melhor compreender a evolução intempérica dos materiais geopedológicos encontrados na área de estudos.

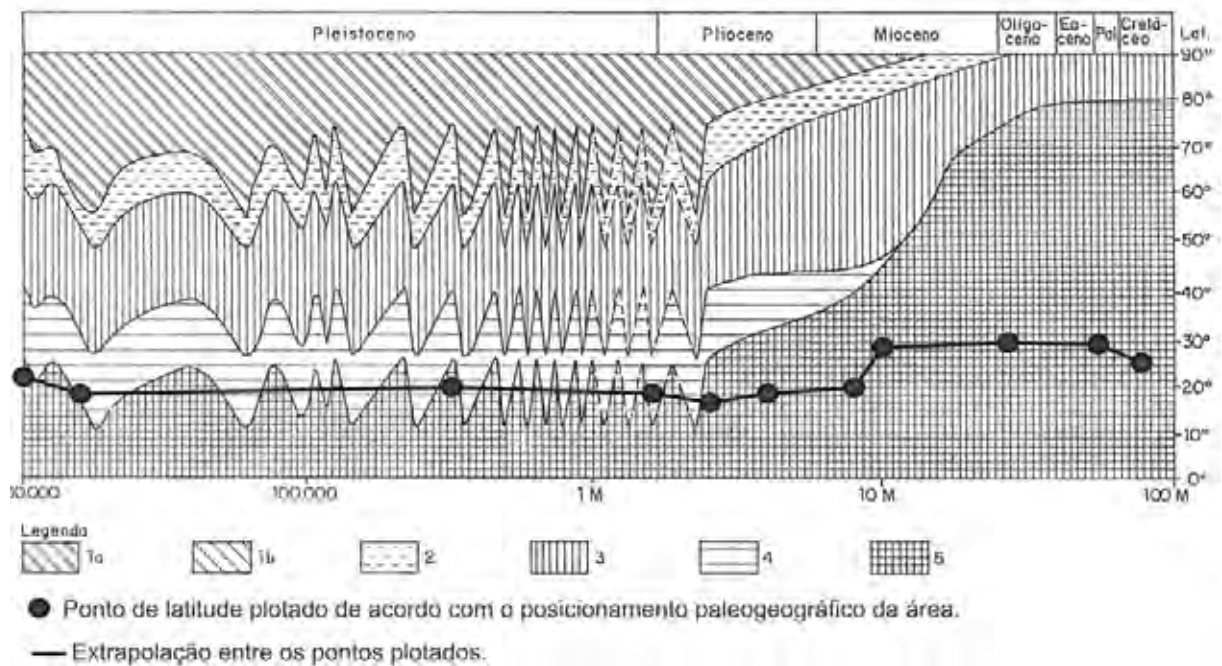
**Tabela 01.** Idades e latitudes do posicionamento paleogeográfico estimado da área de 8 a 0,01 Ma, extraído do CD-ROM Plate Tectonics – And How the Earth Works (1997).

<b>Idade (Ma)</b>	<b>Latitude</b>
95	27°S
67	29°S
45	30°S
10	29°S
8	20° S
6	18° S
4	16° S
2	18° S
0,5	19° S
0,01	22° S

Com base nas informações sobre a disposição dos continentes citadas no item anterior, localizando a área, em termos de latitude, é possível plotar as posições da área no gráfico paleoclimático, apresentado por Sutherland (1985) e extrapolar o paleoclima nas idades entre os pontos, unindo os mesmos. Dessa forma caracterizar o paleoclima da área do período cretáceo até a 10 mil anos atrás como pode ser visto na figura 08.

A reconstituição paleoclimática da área, permite indicar sob quais condições climáticas, os materiais de origens dos solos foram expostos no tempo geológico, inferindo que tipo de alterações seriam esperadas para cada material, assim como sugerir idades de alteração relativas.

Como comportamento paleo morfoclimático na área, segundo dados da figura 06, de 95 a 5 Ma, a área esteve sujeita a um clima tropical úmido. Nesta situação climática ocorre grande quantidade de chuva, fazendo com que maiores volumes de água se infiltrem, carreando para o nível freático e cursos d'água muitos nutrientes da solução do solo. As cargas elétricas, responsáveis pela capacidade de troca dos cátions, são então neutralizadas primeiramente, pelo hidrogênio e depois por alumínio, que conferem ao solo propriedades ácidas, sob a ação deste clima, geralmente são formados colóides caulíniticos e gibbsiticos em ambiente de laterização, dando origem a Latossolos Primavesi (1979) e Lepsch (2002).



**Figura 08.** Paleoclima da área a partir das latitudes obtidas por posições paleogeográficas, representado esquematicamente em variações latitudinais de regiões morfogênicas do mundo, sendo 1a – região glacial, 1b – região glacial montanhosa, 2 – região não glacial fria, 3 – regiões temperadas úmidas, 4 – regiões áridas/semi áridas, 5 – regiões tropicais úmidas (tempo em escala logarítmica), modificado de Sutherland (1985).

De aproximadamente 4 Ma a 10 mil anos, segundo os dados da figura 06, o clima na área de estudos vem oscilando, entre clima tropical úmido e de regiões áridas/semi áridas. Nesta condição climática é esperado um desenvolvimento pedogenético de solos normalmente pouco espessos, que contêm menos argila e mais minerais primários, que pouco ou nada foram afetados pelo intemperismo químico.

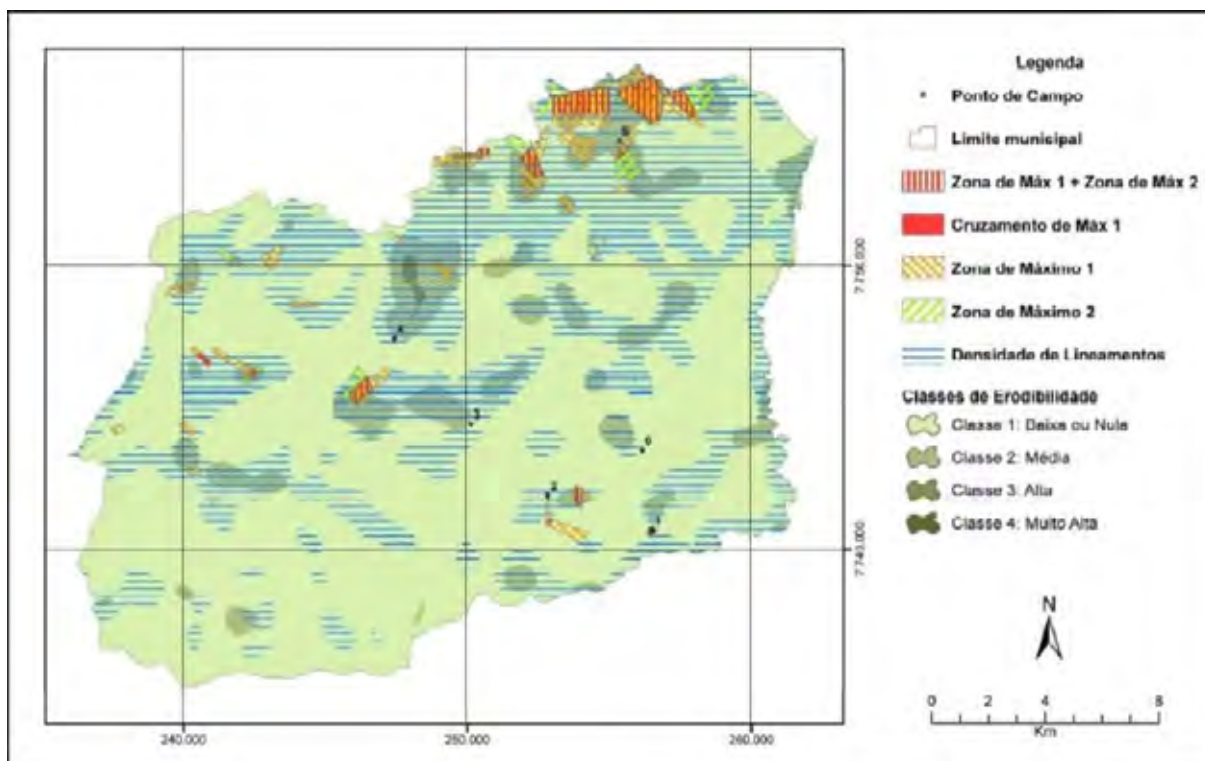
Com isso ocorre a geração de solos com estruturas incipientes, podendo formar Cambissolos, Neossolos ou solos Podzólicos com colóides expansivos (esmetctitas), Primavesi (1979) e Lepsch (2002).

Os solos das regiões áridas a semi-áridas, quando comparados com os das regiões úmidas, apresentam comumente menores quantidades de matéria orgânica (ou de carbono) e maiores quantidades de cátions básicos trocáveis, Lepsch (2002).

#### 4.6. Potencial Natural à Erosão

Segundo dados apresentados por Cocenza (2008) em trabalho realizado no município de Cristais Paulista (SP), estudando aspectos erosivos na área, o autor elaborou uma Carta

morfoestrutural de potencial a erosão, levando em conta aspectos estruturais da área (figura 09). A carta temática citada é importante na definição de subzonas geoambientais, conferindo características diferentes para a mesma grande zona (litológica).



**Figura 09.** Carta morfoestrutural de potencial a erosão (Cocenza, 2008).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos são: refotointerpretação, resultados finais das etapas de campo e amostragem, mineralogia principal (DRX) e a caracterização do meio físico e as discussões sobre a evolução dos solos e relação com os materiais de origem na área de estudos, subdivisão em zonas geoambientais com base nas características levantadas anteriormente, estão.

Os resultados referentes à caracterização granulométrica, análises químicas (fluorescência de raios X), porosidade e microscopia óptica, por serem caracterizações em laboratório mais pontuais e descritivas, estão apresentados respectivamente nos apêndices 1, 2, 3 e 4. Sendo que estes dados estão integrados nas discussões do item 5.3, quando pertinente.

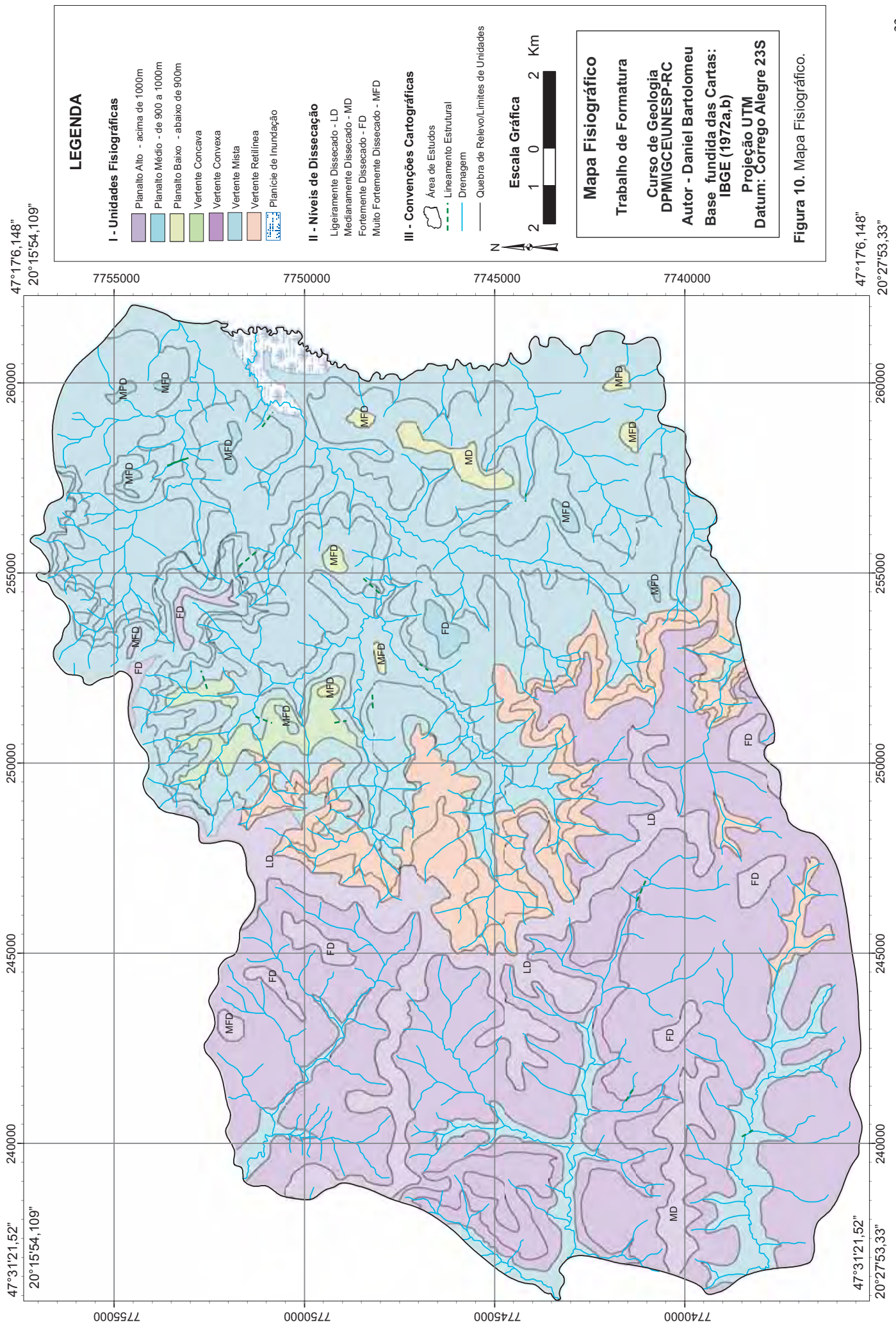
### ***5.1. Refotointerpretação***

Com os dados de campo, foi possível proceder a uma nova fofotointerpretação da área, tendo parâmetros constatados em campo sobre o meio físico. Foi gerado um mapa fisiográfico, mais refinado da área apresentado na figura 10, com as quebras de relevo positivas e negativas indicadas. Neste mapa é possível observar que nos domínios fisiográficos de vertente misto ocorrem várias quebras de declive, mas a feição morfológica do vertente é a mesma a cima e a baixo da quebra de declive. A partir deste mapa, foi gerado um mapa de solos da área (figura 11) e também foi possível com as informações extrair um mapa litológico (formal e aloformal). Na figura 12 são apresentados ambos os mapeamentos, executados com detalhe na escala 1:50.000.

### ***5.2. Etapas de Campo e Amostragem***

As etapas de campo foram concluídas, com cerca de 1500 km percorridos em veículo, na área do município, com apoio da prefeitura de Cristais Paulista (SP) e acompanhamento de um agrônomo da prefeitura. Foram descritos 126 pontos (Figura 13) no município e em todo trajeto de locomoção foram feitas observações na continuidade do material de cobertura, conferindo e marcando quebras de relevo (feição interessante para o trabalho) com um GPS. Ao total foram realizadas três etapas de campo, sendo uma etapa de dois dias e duas etapas de cinco dias.

Tendo como base os mapas fisiográficos e de solo (preliminares) foi realizada a coleta de amostras representativas para análise em laboratório e um adensamento de pontos na ultima etapa de campo. Na área foram descritas rochas das formações Itaquerí (a amostra de rocha mais sã encontrada foi classificada como horizonte Cr (ponto 85)), Botucatu, Serra Geral e intrusivas básicas associadas à Formação Serra Geral (tabela 02), o material de cobertura descrito em campo, classificados segundo a padronização da EMBRAPA (2006), sendo que algumas classificações estão de acordo com Jimenez-Rueda, (2009 – Informação Verbal), estando apresentado de forma resumida na tabela 02, que incluem a representação de pontos onde foi possível identificar em campo a unidade litoestratigráfica.



**LEGENDA**

**I - Unidades Fisiográficas**

- Planalto Alto - acima de 1000m
- Planalto Médio - de 900 a 1000m
- Planalto Baixo - abaixo de 900m
- Vertente Concava
- Vertente Convexa
- Vertente Mista
- Vertente Retilínea
- Planície de Inundação

**II - Níveis de Dissecação**

- Ligeiramente Dissecado - LD
- Medianamente Dissecado - MD
- Fortemente Dissecado - FD
- Muito Fortemente Dissecado - MFD

**III - Convenções Cartográficas**

- Área de Estudos
- Lineamento Estrutural
- Drenagem
- Quebra de Relevo/Limites de Unidades

Escala Gráfica



**Mapa Fisiográfico**

Trabalho de Formatura

Curso de Geologia  
DPMIGCE/UNESP-RC

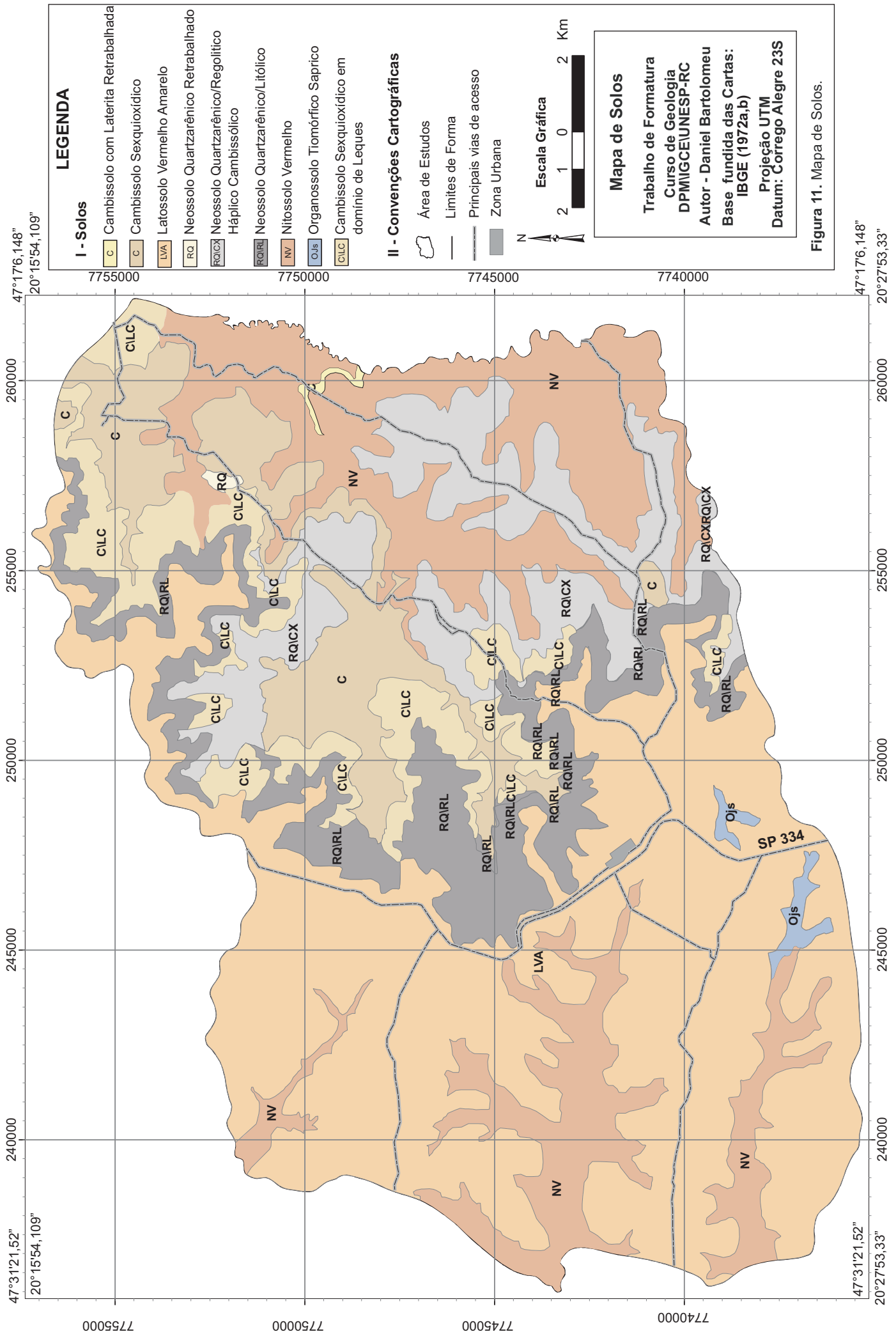
Autor - Daniel Bartolomeu

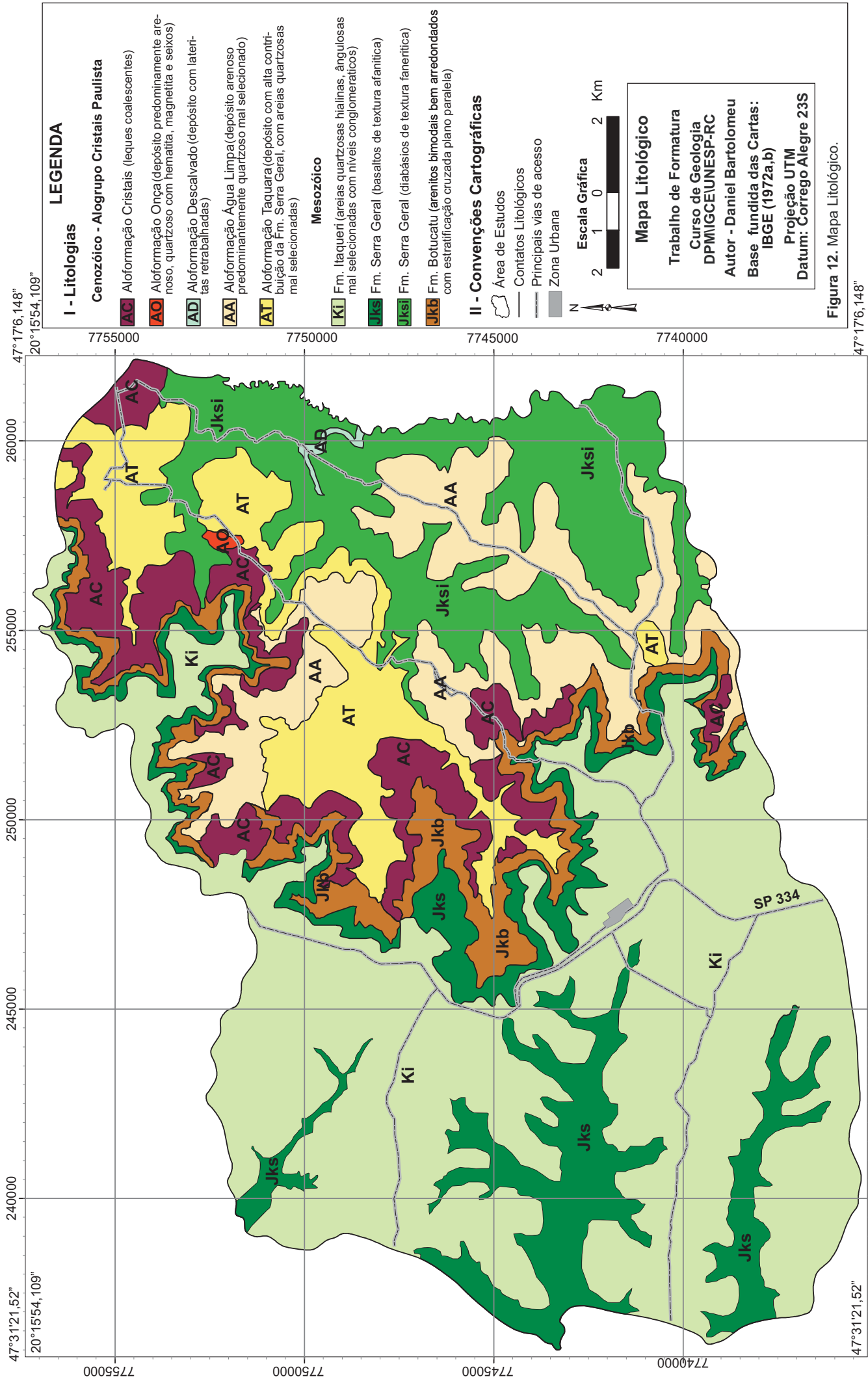
Base fundida das Cartas:  
IBGE (1972a,b)

Projeção UTM

Datum: Corrego Alegre 23S

Figura 10. Mapa Fisiográfico.





**Tabela 02.** Síntese dos pontos de solos (coberturas de alteração) e litologias descritas em campo com o número do ponto e amostras representativas coletadas.

<b>Solos e Litologias Descritas</b>	<b>Pontos de Campo (ponto amostrado em negrito)</b>	<b>Nomenclatura das Amostras Coletadas</b>
Latossolo Vermelho Amarelo	1, 3, 4, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 59, <b>60</b> , 61, 62, 63, 64, 73, 74, 75, 76, 82, <b>84</b> , 86, 115, 120, 121, 125.	CP06a,b,c,d, CP08.
Neossolo Quartzarênico/Regolítico Háplico Cambissólico – Aloformação Água Limpa	8, 9, 10, 27, 37, <b>49</b> , <b>51</b> , 52, 83, 94, 95, 96, 97, 100, 101, 102, 103.	CP02, CP03.
Cambissolo sesquioxidico (com contribuição de basalto/diabásio) – Aloformações Taquara e Cristais	23, 24, 25, 26, 29, 30, 31, 33, 36, 40, 45, 50, 91, 92, 98, 99, 104, 105, 106, 107, 108, <b>112</b> , 114, 116.	CP16.
Gleissolo	21.	----
Nitossolo Vermelho	5, 41, 44, 47, 53, 55, 57, <b>58</b> , 65, 66, 71, 72, 77, 79, <b>80</b> , 81.	CP04a,b,c, CP07a,b.
Neossolo Flúvico/Litólico	2, 6, 17, 22, 42, 43, 85, <b>87</b> , <b>89</b> , 113, 117, 118.	CP10, CP12.
Organossolos Tiomórfico Sápricos	68, <b>119</b> .	CP17.
Neossolo Quartzarênico – Aloformação Onça	35, <b>110</b> , 111.	CP15.
Plintossolo	46, <b>88</b> .	CP11.
Diabásio (Fm. Serra Geral)	5, 6, 7, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 47, <b>48</b> , 105, 106, 110, 111.	CP01.
Fm. Serra geral	22, 23, 39, 41, <b>89</b> , 122, 126.	CP12r.
Fm. Botucatu	25, 26, 39, 72, <b>93</b> , <b>109</b> .	CP13, CP14.
Fm. Itaqueri	1, 2, 3, 4, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 43, 46, 68, <b>85</b> , 86, 87, 88.	CP09.

O quadro abaixo (tabela 03), mostra a relação das amostras com o tipo de solo ou rocha e horizonte/perfil onde foi coletada.

**Tabela 03.** Relação entre a amostra coletada, solo, perfil/horizonte e ponto de coleta.

<b>Ponto</b>	<b>Classificação do Solo/Rocha</b>	<b>Perfil/Horizonte/Rocha</b>	<b>Amostra</b>
60	Latossolo Vermelho Amarelo	Bw/contacto com Plintito	CP06a
60	Latossolo Vermelho Amarelo	Bw/contacto com Plintito	CP06b
60	Latossolo Vermelho Amarelo	Bw	CP06c
60	Latossolo Vermelho Amarelo	Bw/contacto com horizonte A	CP06d
84	Latossolo Vermelho Amarelo	Bw	CP08
49	Neossolo Quartzarênico/Regolítico Háplico	Horizonte C	CP02

	Cambissolico		
51	Neossolo Quartzarênico/Regolítico Háplico Cambissolico	Horizonte C	CP03
112	Cambissolo Sesquioxídico (com contribuição de basalto/diabásio)	Bi	CP16
58	Nitossolo Vermelho	B nítico	CP04a.
58	Nitossolo Vermelho	2B nítico	CP04b.
58	Nitossolo Vermelho	3B nítico	CP04c.
80	Nitossolo Vermelho	B nítico	CP07a.
80	Nitossolo Vermelho	2B nítico	CP07b.
87	Neossolo Flúvico/Litólico	Matriz do Neossolo Flúvico	CP10
89	Neossolo Flúvico/Litólico	Fase solo do Neossolo Litólico (de basalto)	CP12
119	Organossolos Tiomórficos Sápricos	Horizonte Orgânico Sáprico	CP17
110	Neossolo Quartzarênico	Horizonte C	CP15
88	Plintossolo	Horizonte Plintico	CP11
46	Diabásio (Fm. Serra Geral)	Diabásio	CP01
89	Fm. Serra geral	Fase Rocha (Basalto) do Neossolo Litólico	CP12r
93	Fm. Botucatu	Arenito	CP13
109	Fm. Botucatu	Arenito	CP14
85	Fm. Itaqueri	Arenito	CP09

Os Latossolos Vermelho Amarelos (figura 14c) ocorrem na maior parte do município, no reverso das cuestas, em planaltos e vertentes convexas, constituindo o padrão de alteração da Formação Itaqueri na área, sendo caracterizados em campo por sua textura média (com cerca de 17 a 20% de argila), presença de carvão em alguns locais (ponto 59), magnetita, quartzo (muito fino a grosso), seixos de laterita retrabalhados.

Os Neossolo Quartzarênico/Regolítico Háplico Cambissolico (Aloformação Água Limpa), ocorrem formando depósitos arenosos, imaturos nas porções mais rebaixadas do município, constituídos basicamente por areias das formações Botucatu e Itaqueri, retrabalhadas.

Assim como os Neossolo Quartzarênico/Regolítico Háplico Cambissolico, os Cambissolos Sesquioxídicos com contribuição de basalto/diabásio (Aloformações Taquara e Cristais), são provenientes de paleo alterações basálticas oxídicas, ocorrendo nas porções mais rebaixadas da área, possuindo textura média. Portador de areias mal selecionadas, constituída por quartzo proveniente das formações Botucatu e Itaqueri, com certo teor de magnetita (constatada em campo), hematita e fragmentos na granulometria areia de basalto, diabásio e laterita que caracteriza um depósito.

O Gleissolo, observado apenas no ponto 21, ocorre em contato com uma lente siltosa da Formação Itaqueri. No local foram encontrados restos de laterita, vestígios de plintificação e óxidos de manganês precipitados em fraturas (figura 12a). Este solo apresenta característico horizonte Glei com mosqueamento de cores, redução de ferro e textura arenosa. A redução de ferro indica que o solo esteve em contato com o lençol freático recentemente. Este solo indica ser de alteração direta do substrato (Formação Itaqueri), estando exposto devido ao forte declive do afloramento observado, denotando uma maior denudação deste local.

O Nitossolo Vermelho (figura 14f) ocorre em zonas mais rebaixadas do relevo e nas porções superiores, próximo a drenagens, caracteriza-se por estrutura em blocos e prismática, apresentando superfícies lisas estriadas, possuem textura média a arenosa conglomerática.

Os Neossolos Flúvicos (figura 14h) ocorrem nos pontos 23, 31, 56, 92, 102 e 125, presente nas porções mais altas do município, recebendo esta denominação pela classificação da EMBRAPA, já que constituem paleocanais da Formação Itaqueri, onde pela orientação dos seixos foi possível medir direções de paleo correntes, melhor discutidas no *item 5.3.1*. Os seixos possuem bom arredondamento, são alongados, constituídos de quartzo, quartzito, formação ferrífera bandada (BIFs) e laterita.

Os Neossolos Litólicos (figura 14b) ocorrem associados à alteração da Formação Serra Geral, constituindo um horizonte Cr, com fragmentos de rochas basálticas exibindo alteração em padrão de esfoliação esferoidal “acebolamento”.

Os Organossolos Tiomórficos Sápricos (figura 14d) foram observados em dois afloramentos, representados pelos pontos 68 e 119, estando associados possivelmente a lentes silticas da Formação Itaqueri, onde é formada uma região alagadiça de brejo, com grande acúmulo de matéria orgânica.

O Neossolo Quartzarênico (Aloformação Onça) do ponto 35, corresponde a um solo retrabalhado da Formação Botucatu com pouca contribuição sedimentológica da Formação Serra Geral, constituindo um afloramento de aproximadamente 7 m de altura com uma linha de seixos (quartzo) de aproximadamente 10 cm a 1 m da base do afloramento.

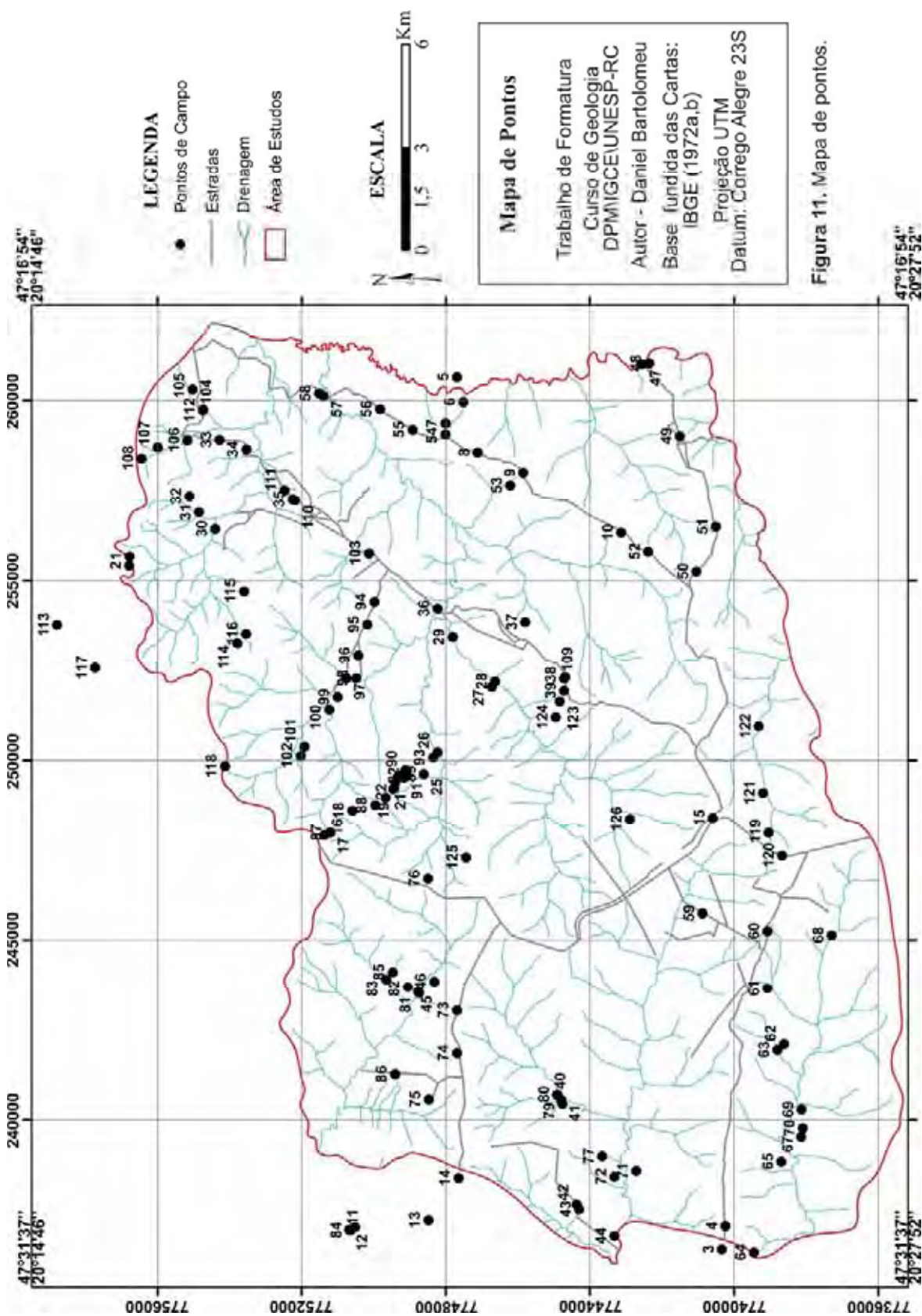


Figura 11. Mapa de pontos.

Os grãos de quartzos que constituem cerca de 95% do afloramento são mal selecionados variando de granulometria fina a grossa, indicando mistura de população (bimodalidade), também foi observada a presença de magnetitas no material.

O Plintossolo ocorre em posição estratigráfica abaixo dos Latossolos Vermelho Amarelos, observados nos pontos 46 e 88, possuem textura arenosa a conglomerática, sendo quartzosos.

Os Cambissolos com laterita retrabalhada (Aloformação Descalvado) ocorrem em uma faixa restrita na porção oeste da área (figura 11), estando associados a um antigo depósito, interpretado com a mesma gênese dos Cambissolos Sexquioxídicos (ítem 5.3.4), com lateritas retrabalhadas em forma de seixos.

A Formação Serra Geral ocorre entre os arenitos das formações Botucatu e Itaqueri, sendo constituída por basaltos de textura afanítica, coloração cinza a negra e estrutura maciça.

Os diabásios (figura 14g) ocorrem nas porções mais rebaixadas da área, sendo relacionados ao *Sill Borda da Mata*, possuem textura fanerítica fina a média, com cristais de plagioclásio ripiformes e piroxênios visíveis a olho nu.

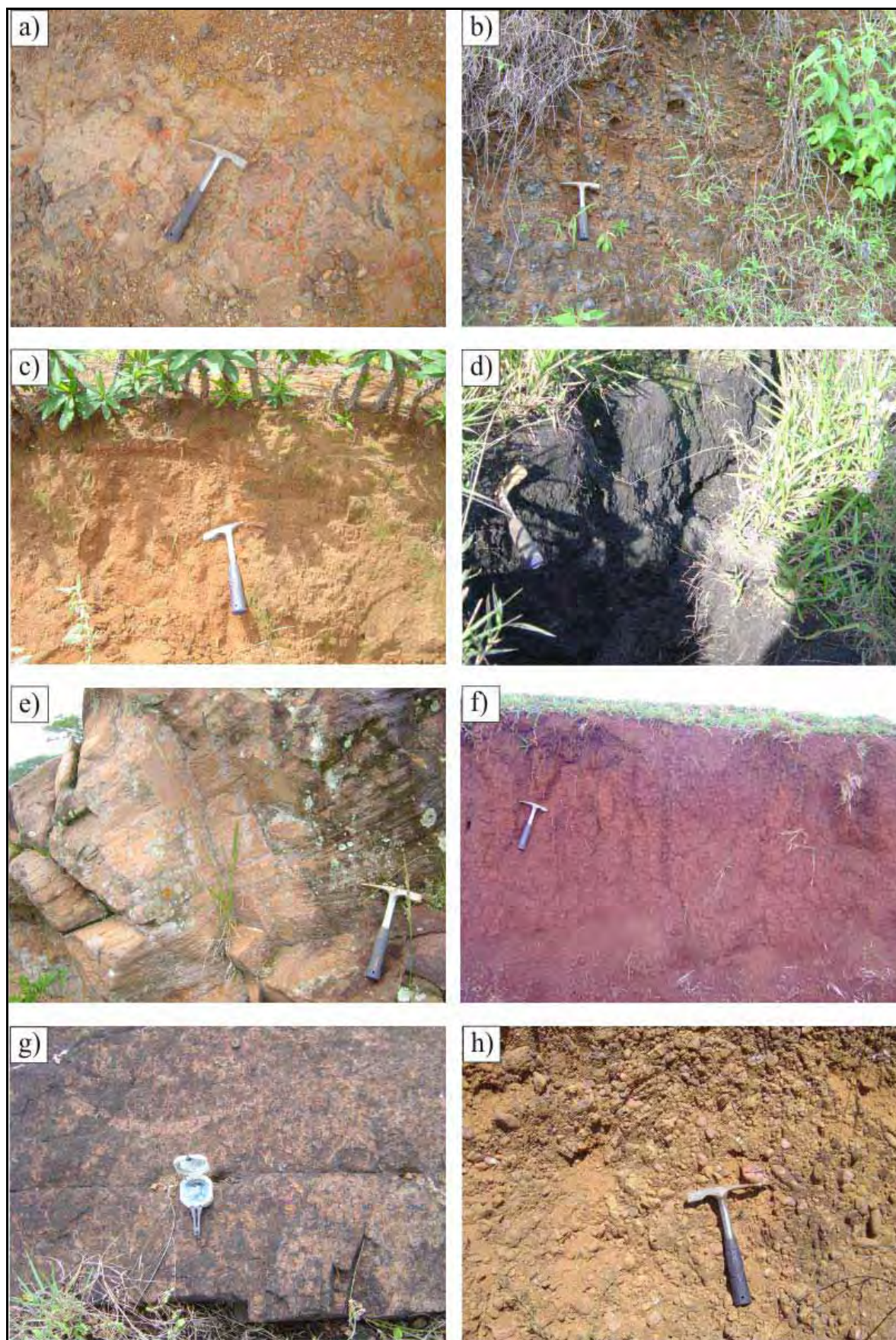
A Formação Botucatu (figura 14e) foi descrita em campo como consistindo de arenitos bimodais bem arredondados, com estratificação cruzada plano paralela, aflora no *front* de cuesta, tendo uma superfície mais resistente próxima ao contato com os basaltos da Formação Serra Geral.

A Formação Itaqueri foi descrita em vários perfis de alteração no topo das cuestas, acima do nível de ocorrência da Formação Serra Geral, sendo constituídas por areias hialinas, grãos mal selecionados e angulosos com níveis conglomeráticos, também foram observadas porções silticas.

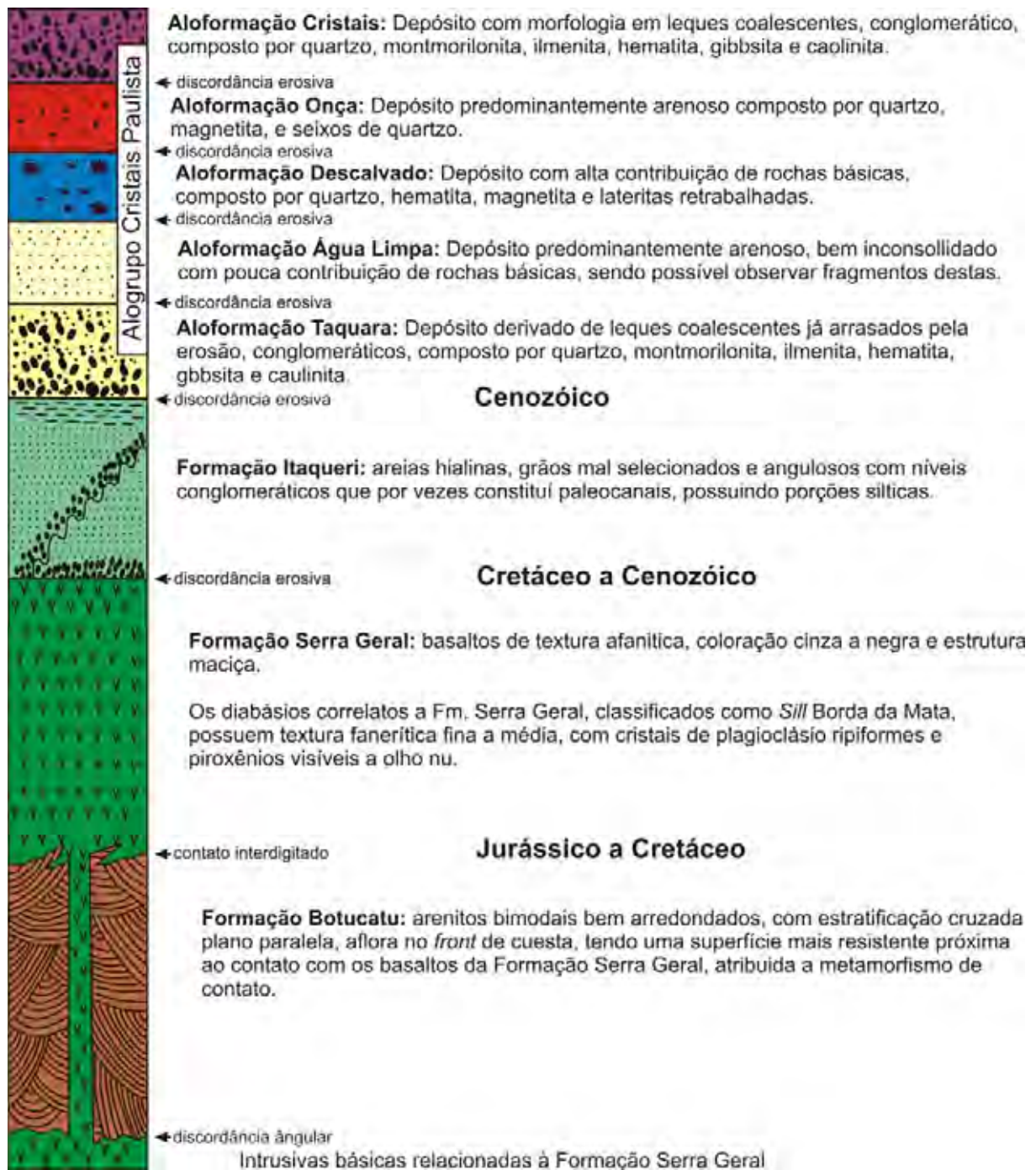
Na área de estudos como abordado anteriormente na revisão bibliográfica, são citadas ocorrências das formações Pirambóia e Aquidauana e do Grupo Bauru.

Foram realizados caminhamentos específicos voltados à observação destas unidades nos locais onde a ocorrência era indicada na bibliográfica, porém não foram encontrados afloramentos ou indícios da ocorrência destas unidades litológicas na área, por tal motivo, supõe-se que não ocorrem na área.

Para a definição das *aloformações* e configuração final do mapa litológico (formal e aloformal) mostrado na figura 12, como já descrito anteriormente no *item 3.3.*, seguindo os parâmetros discutidos, na área de estudos, os solos poligenéticos são interpretados como *aloformações* constituindo depósitos superficiais, também foi possível estabelecer uma coluna estratigráfica, apresentada na figura 15, com o empilhamento relativo dos estratos geológicos observados.



**Figura 14.** *a)* Gleissolo, *b)* Neossolo Litólico, *c)* Latossolo Vermelho Amarelo, *d)* Organossolos Tiomórficos Sápricos, *e)* Formação Botucatu, *f)* Nitossolo Vermelho, *g)* Diabásio “Sill Borda da Mata”, *h)* Neossolo Flúvico.



**Figura 15.** Coluna estratigráfica formal e aloformal da área de estudos.

### 5.3. Caracterização da Evolução das Coberturas de Alteração, Relação com os Materiais de Origem e Discussões

Os aspectos evolutivos da área foram definidos a partir dos perfis de solo, devido a maior abrangência destes em sessões aflorantes. Devido a esta característica da área estudada,

uma discussão sobre as características destes materiais e aspectos genéticos faz se de grande interesse tanto em termos didáticos quanto práticos.

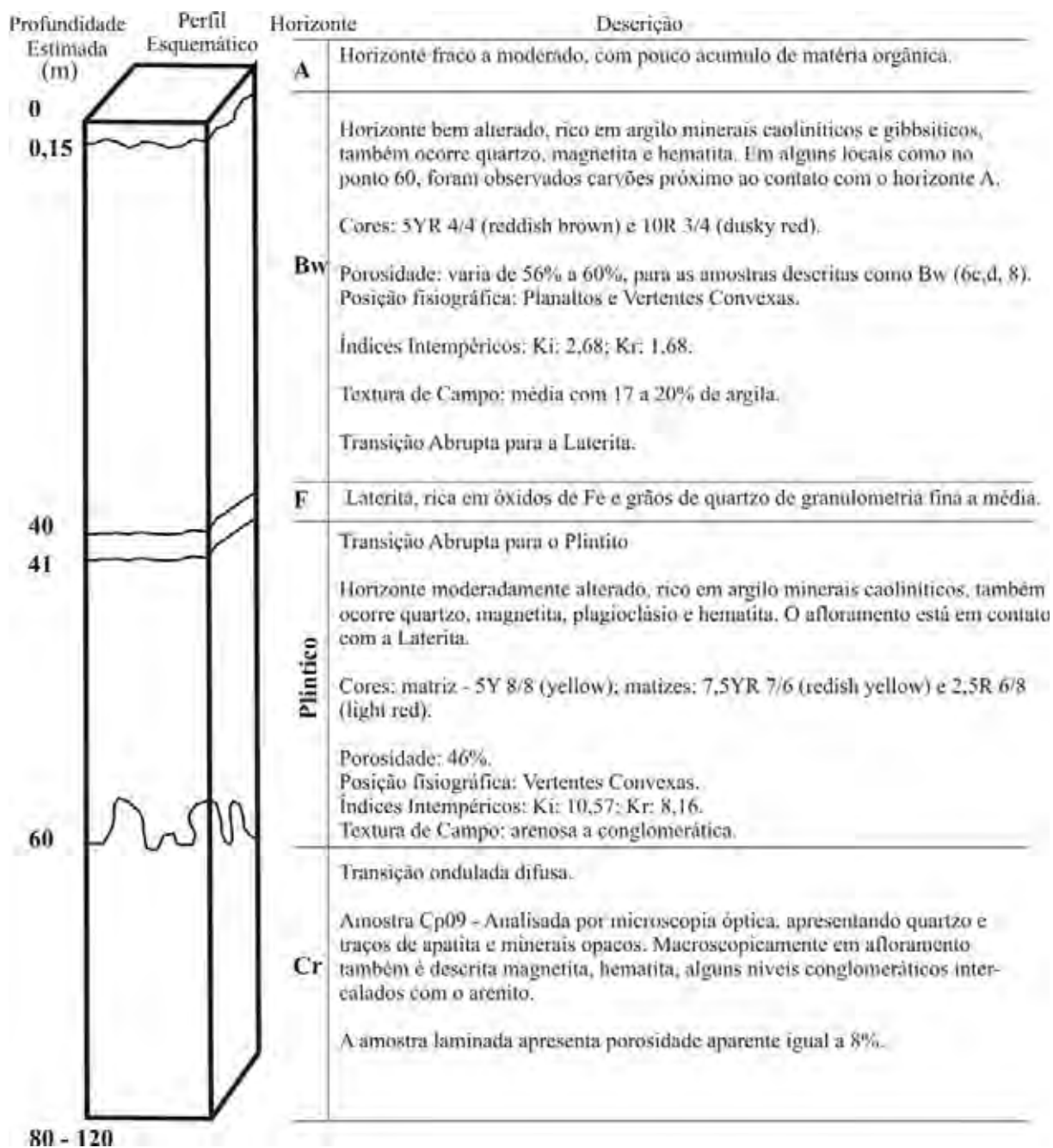
Quando pertinente em perfis de solos poligenéticos a definição destes como *aloformações* também é discutida.

### ***5.3.1. Latossolo Vermelho Amarelo, Neossolo Fluvico e Plintossolo***

O Latossolo Vermelho Amarelo, ocorre com um perfil característico de dimensões decamétricas, sendo observado em vários pontos (tabela 02), segundo informações orais obtidas na casa da agricultura do município de Cristais Paulista, quando é feita perfuração objetivando explorar água subsuperficial nestas áreas, após perfurar cerca de 30 a 40 metros é encontrada uma laterita de aproximadamente 1 m de espessura (descrita no ponto 88 como uma massa de óxidos de Fe, com quartzo hialino de dimensões variadas dentro da granulometria areia), que é seguida por aproximadamente 20 m de solo plintificado, também descrito no ponto 88. Posteriormente encontra se um horizonte Cr, descrito no ponto 85. Um esquema do perfil pode ser observado na figura 16, com as características obtidas por análises em campo e laboratório.

É possível observar uma variação na porosidade das amostras (figura 16, apêndice 3), sendo a porosidade do horizonte Cr aparente, devido sua obtenção ter sido realizada por microscopia óptica, porém é um valor menor que a porosidade dos horizontes mais superiores, o que denota uma evolução intempérica com perda de material em direção a superfície. Os índices  $K_i$  e  $K_r$ , também mostra uma variação, sendo menores no horizonte Bw, indicando maior acúmulo de  $Al_2O_3$  e  $Fe_2O_3$  em relação ao  $SiO_2$ .

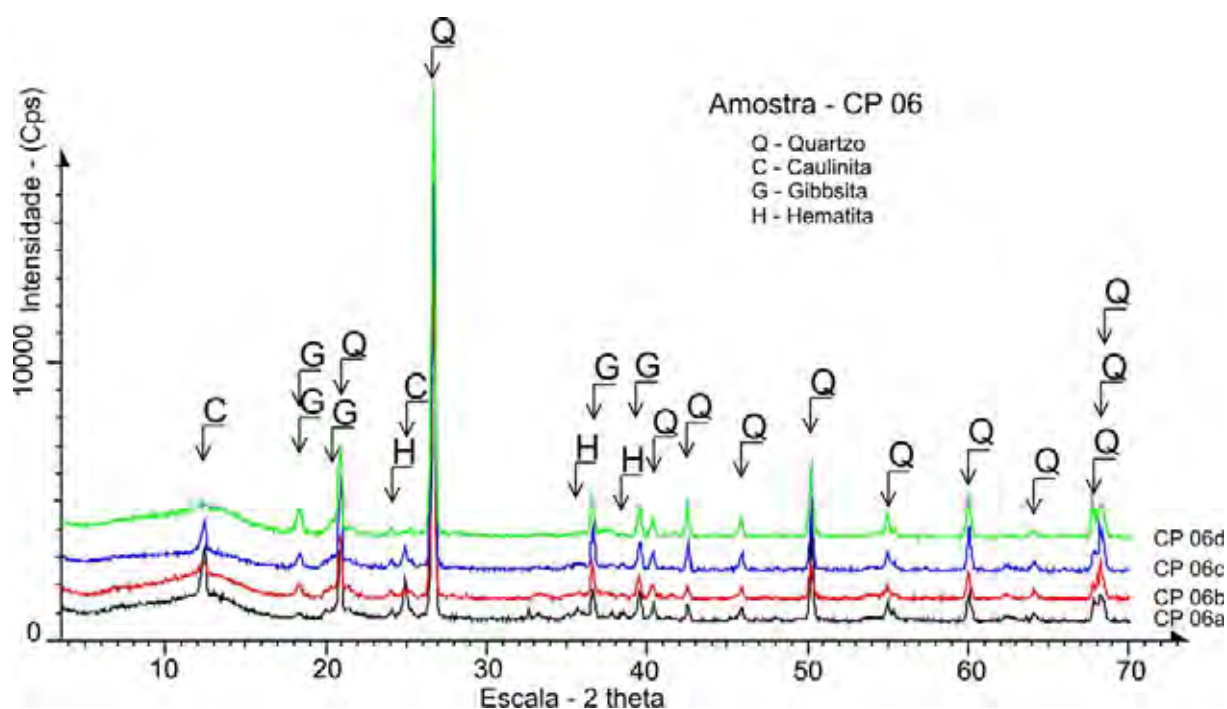
Este solo indica ser de origem residual, produto do intemperismo da Formação Itaqueri (figura 12), interpretada como cobertura Cenozóica, para formar um perfil de intemperismo tão expressivo como o que se observa. É possível inferir que o início dos processos intempéricos teve origem logo após a deposição do material, nas épocas relativas ao Oligoceno, Mioceno e Plioceno, tendo em vista os padrões paleoclimáticos da área nesta época (figura 08).



**Figura 16.** Perfil esquemático do Latossolo Vermelho Amarelo.

Na DRX da amostra CP06 (figura 17), foi interpretada uma mineralogia composta por quartzo, caulinita, gibbsita e hematita. O quartzo ocorre bem cristalizado, com picos bem definidos e agudos, a gibbsita ocorre bem cristalizada nos horizontes mais superiores do perfil (d, c, b), apresentando picos bem definidos e agudos, este comportamento se mostra inverso na caulinita, que apresenta picos melhor definidos nas porções mais inferiores do perfil (a, b, c) a inflexão nos picos da caulinita nas duas amostras mais superiores (c, d), sugere que a caulinita está se transformando em gibbsita conforme aumenta o nível de intemperismo. A hematita ocorre com picos discretos, sendo bem definida e cristalina.

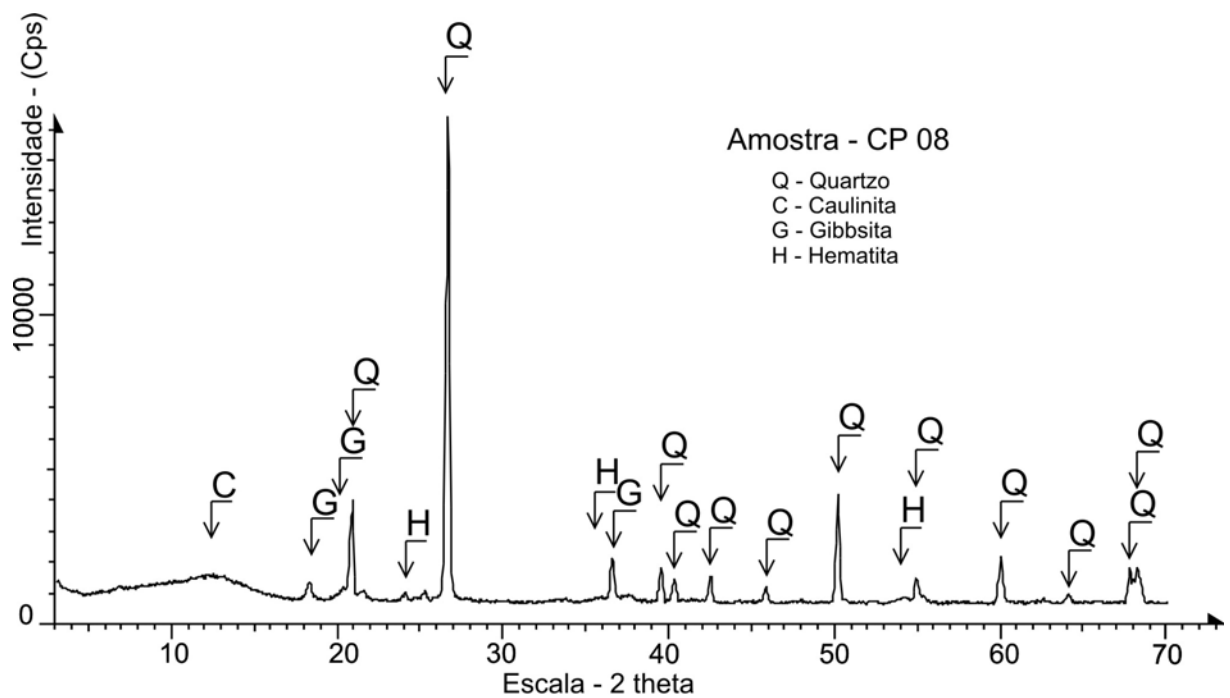
Já no gráfico de DRX da amostra CP08 (figura 18), foi interpretada uma mineralogia composta por quartzo, caulinita, gibbsita e hematita. O quartzo ocorre bem cristalizado com picos agudos e bem definidos, a caulinita ocorre com picos discretos e muito mal definidos, a inflexão na curva da caulinita em direção a gibbsita sugere que a caulinita está se transformando em gibbsita, esta por sua vez ocorre com picos discretos porém bem cristalina, como a hematita.



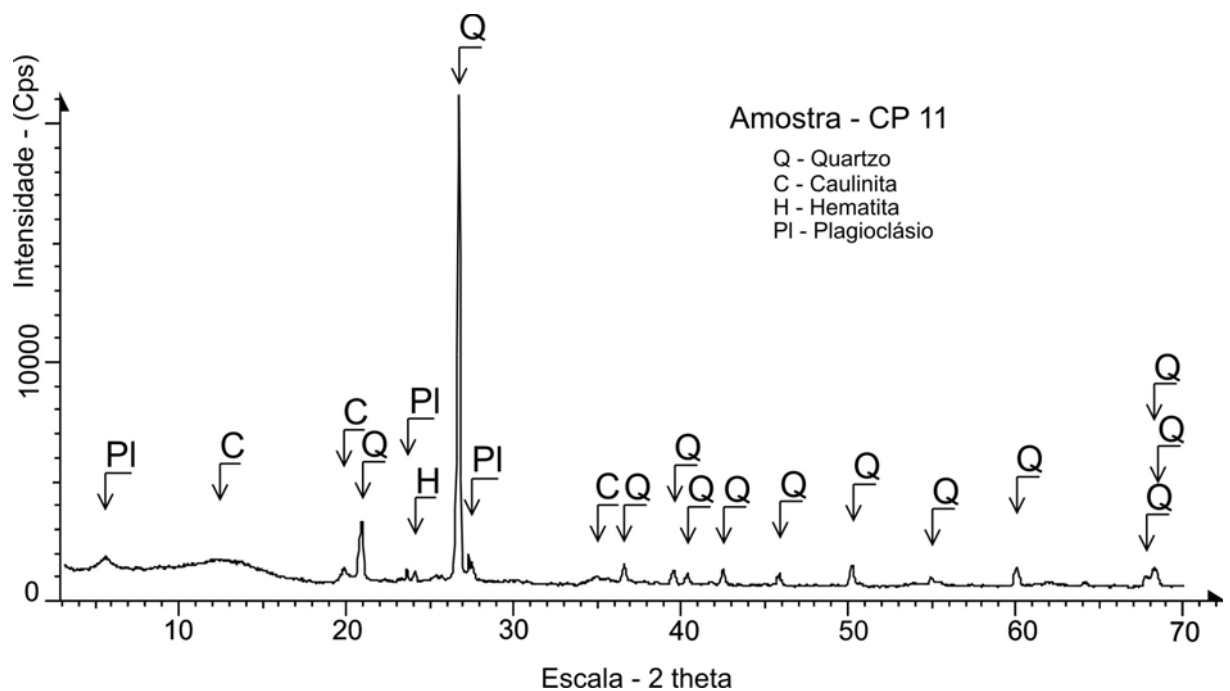
**Figura 17.** DRX da amostra CP06, (radiação  $\text{CuK}\alpha$  e velocidade  $3^\circ (2\theta)/\text{min}$ ).

Jimenez-Rueda (2009) Informação Verbal, atenta para o fato de que em alguns pontos os Latossolos Vermelho Amarelos sofreram retrabalhamento de curta distância, dentro do domínio fisiográfico a que pertencem, sofrendo perda de algumas características estruturais e texturais típicas de Latossolos.

No gráfico de DRX da amostra CP11 (figura 19), referente ao plintito, foi interpretada uma mineralogia composta por quartzo, caulinita, hematita e plagioclásio. O quartzo ocorre de forma bem cristalina com picos bem definidos e agudos, a caulinita ocorre com picos por vezes mal definidos e abaulados, ocorrendo também alguns picos agudos e bem definidos, o plagioclásio ocorre com picos discretos, porém com uma cristalinidade boa e a hematita ocorre de forma bem discreta.



**Figura 18.** DRX da amostra CP08, (radiação  $\text{CuK}\alpha$  e velocidade  $3^\circ (2\theta)/\text{min}$ ).



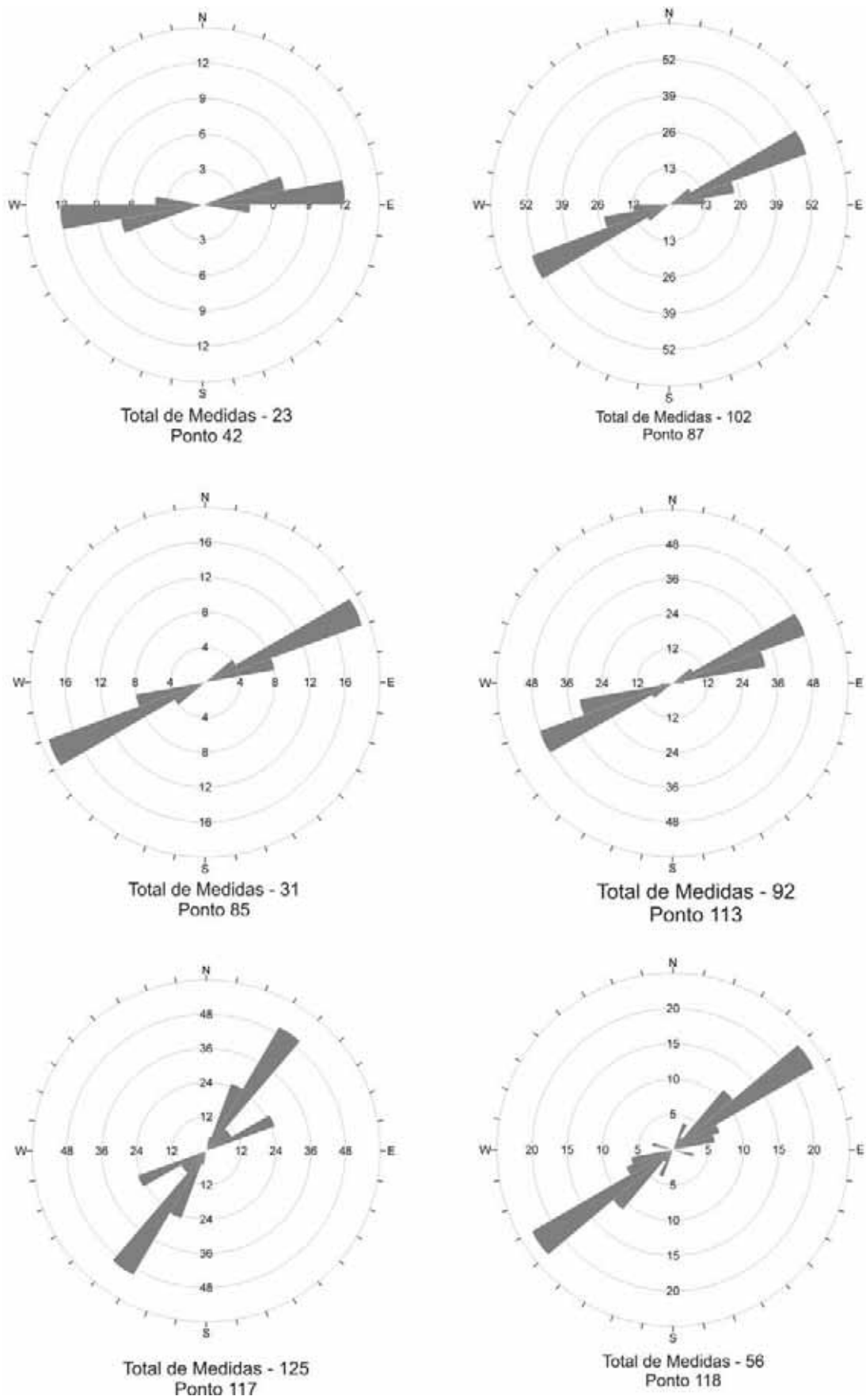
**Figura 19.** DRX da amostra CP11, (radiação  $\text{CuK}\alpha$  e velocidade  $3^\circ (2\theta)/\text{min}$ ).

Os Neossolos Flúvicos associados ao ambiente geomorfológico de ocorrência do Latossolo Vermelho Amarelo, receberam esta denominação devido à classificação da EMBRAPA (2006), porém a interpretação geológica para a ocorrência deste material é que se trata de paleocanais inerentes ao antigo sistema de drenagem da época de sedimentação da Formação Itaqueri. Em campo foi observada uma tendência para a orientação dos seixos que compõe os Neossolos Flúvicos, este padrão está representado em forma de rosetas de paleo correntes (figura 20), estas rosetas foram dispostas em planta com a área de estudos

delimitada, onde foi possível esquematizar como seria um esboço deste paleocanal (figura 21).

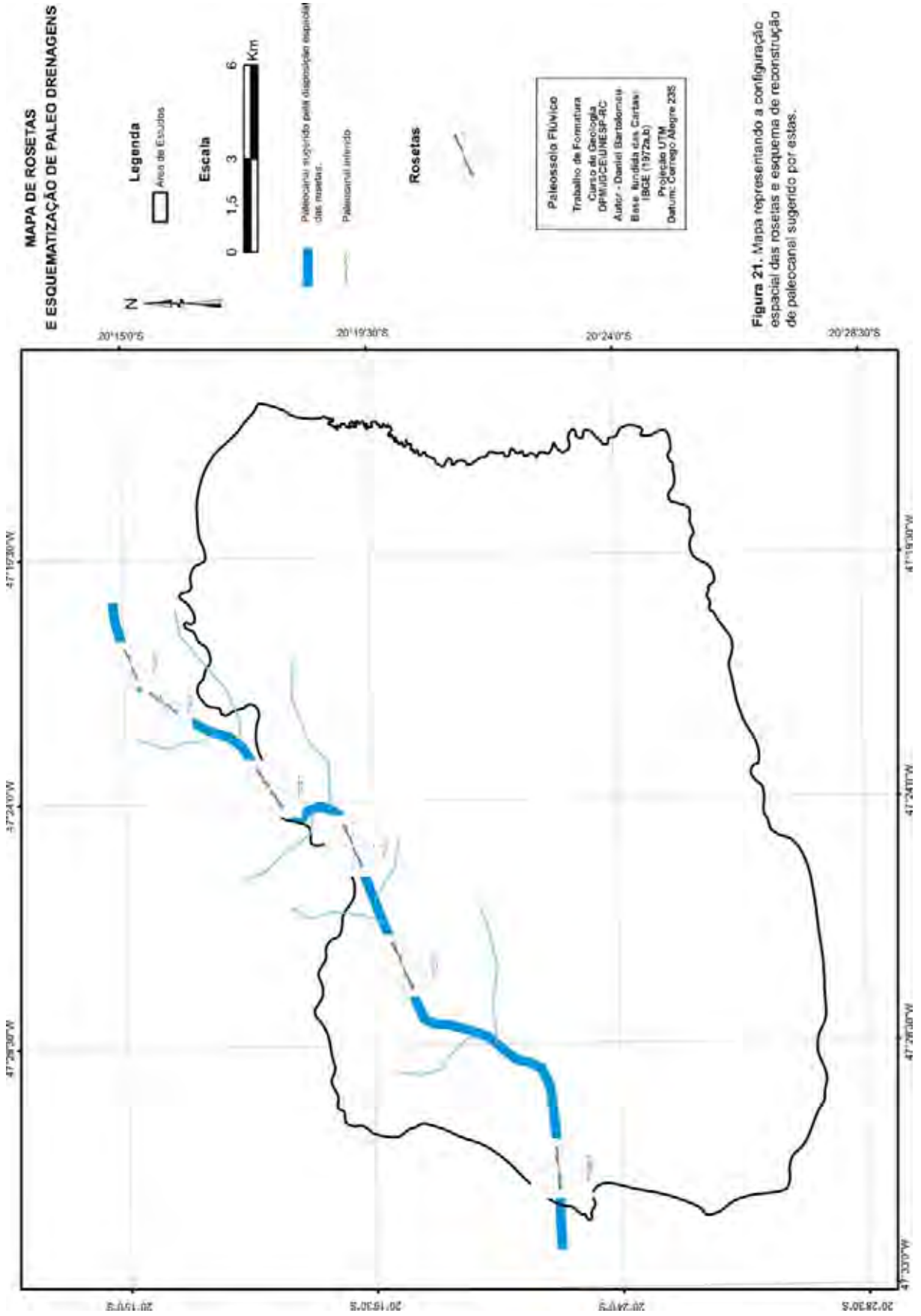
Este padrão de paleodrenagem somado à constituição dos seixos observados (quartzito, quartzo de veio, BIF's (formações ferríferas bandadas), laterita, muscovita quartzito) indica que a proveniência do material foi de nordeste para sudoeste, podendo ser associada claramente à erosão do Grupo Araxá-Canastra. Perdoncini (2003), baseada em vários autores, correlaciona essa direção de sedimentação na área de estudos, ao soerguimento do Alto Paranaíba, que teria condicionado a erosão dos quartzitos e xistos do Grupo Araxá-Canastra, até encontrar as rochas básicas da Bacia do Paraná (basaltos e diabásios), estas que funcionaram como um nível de base local, acomodando esta sedimentação e pela resistência à erosão que oferecem, o sistema de drenagens acabou tendo uma inversão em sua direção.

Foi feita uma análise da matriz dos seixos, onde na DRX da amostra CP10 (figura 22), foi interpretada uma mineralogia composta por quartzo, caulinita, gibbsita e hematita. O quartzo ocorre bem cristalizados com picos agudos e bem definidos, a caulinita ocorre com picos discretos e mal definidos, a inflexão na curva da caulinita em direção a gibbsita sugere que a caulinita está se transformando em gibbsita, esta por sua vez ocorre com picos bem discretos, com uma cristalinidade regular, como a hematita. A mineralogia de alteração da matriz dos seixos confirma à hipótese acima proposta, estando correlacionada a mineralogia de materiais bastante intemperizados. Os índices  $K_i$  e  $K_r$  (apêndice 2), são respectivamente 12,02 e 7,94, mostrando uma semelhança com os valores obtidos para o plintito.

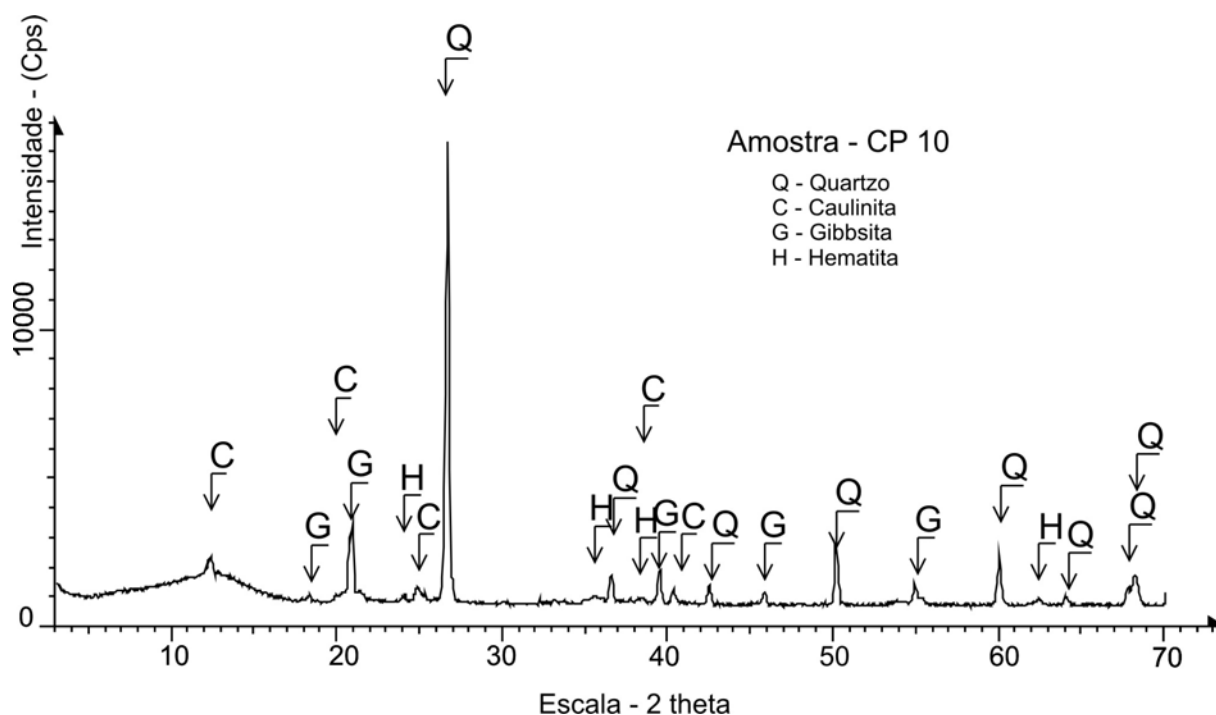


**Figura 20.** Rosetas de paleo correntes fluviais.

**MAPA DE ROSETAS  
E ESQUEMATIZAÇÃO DE PALEO DRENAGENS**



**Figura 21.** Mapa representando a configuração espacial das rosetas e esquema de reconstrução de paleocanal sugerido por estas.



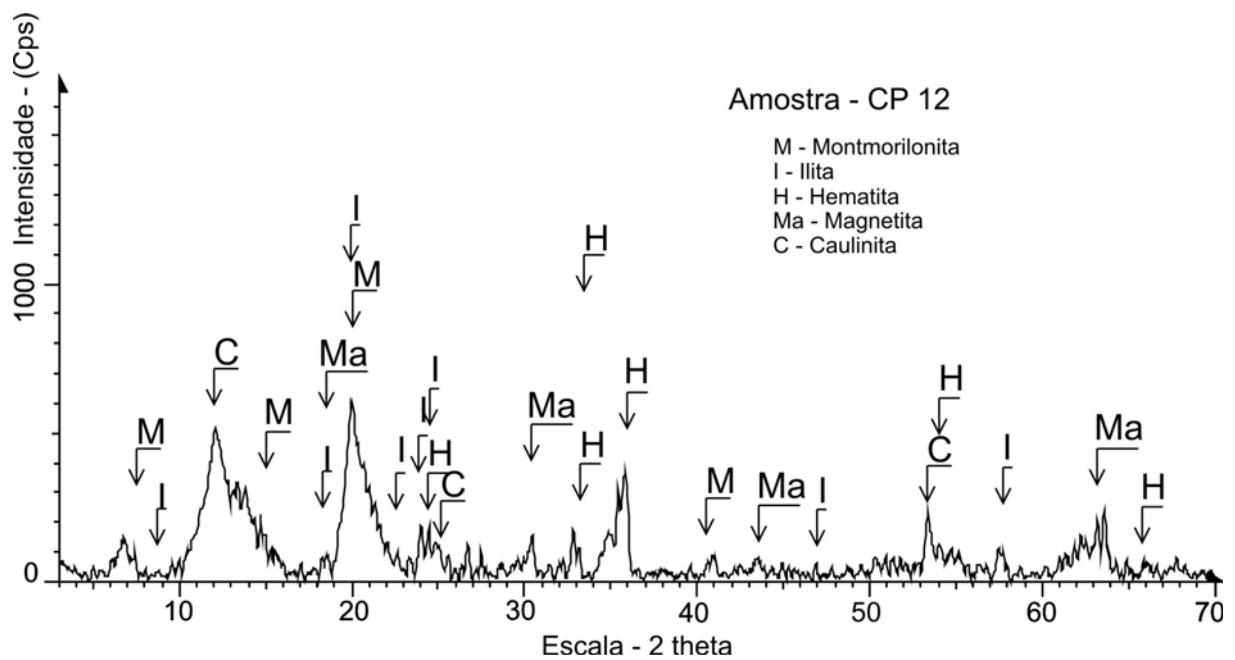
**Figura 22.** DRX da amostra CP10, (radiação CuK $\alpha$  e velocidade 3° (2 $\theta$ )/min).

### 5.3.2. Neossolo Litólico

O Neossolo Litólico é um solo relativamente jovem, associado ao intemperismo residual da Formação Serra Geral, constituindo um horizonte Cr (figura 14b), este solo foi descrito no contato da Formação Itaquerí com a Serra Geral, presente em uma quebra de relevo, mostrando diferenças de resistência aos processos de denudação entre as duas litologias. A amostra CP12, coletada no ponto 89, constitui a porção/fase solo deste horizonte, enquanto que a amostra CP12r, corresponde à rocha ainda presente no horizonte.

No gráfico de DRX da amostra CP12 (figura 23), foi interpretada uma mineralogia composta por montmorilonita, ilita, hematita, magnetita e caulinita. A montmorilonita ocorre com picos discretos, mal cristalizada, como a hematita, a ilita ocorre bem cristalina com picos bem definidos, assim como a caulinita, a magnetita por sua vez ocorre com cristalinidade relativamente boa, com alguns picos bem definidos e agudos.

É possível sugerir uma correlação da formação deste perfil de solo, sob ação dos paleoclimas mais recentes, onde a ação de clima árido/semi árido reflete a formação de montmorilonita e ilita, apresentando caulinita, que se originou nos períodos onde o clima mudou para tropical úmido.



**Figura 23.** DRX da amostra CP12, (radiação  $\text{CuK}\alpha$  e velocidade  $3^\circ (2\theta)/\text{min}$ ).

A petrografia da amostra CP12r (apêndice 4), mostrou uma grande predominância de plagioclásio, interpretado como o material de origem da caulinita, que juntamente com os anfibólios e piroxênios, são correlacionados ao material de origem que formou montmorilonita, e ilita, e os minerais opacos descritos na microscopia óptica são correlacionados a hematita e magnetita, constituindo estes minerais resistados ao intemperismo.

### ***5.3.3. Neossolo Quartzarênico/Regolítico Háptico Cambissólico – Aloformação Água Limpa***

Este material de cobertura é interpretado como tendo uma origem poligenética, descrito em campo como de constituição predominantemente arenosa, com baixa contribuição de rochas básicas (basaltos e diabásios), sendo possível observar fragmentos destas rochas. O material arenoso é correlacionado às formações Itaqueri e Botucatu, devido à análise sedimentológica do material, sendo possível observar areias sub angulosas, hialinas relacionadas à Formação Itaqueri e areias mais grosseiras bem arredondadas e foscas, relacionadas à Formação Botucatu, no afloramento do ponto 51, ocorrem alguns blocos com aproximadamente 20 cm de comprimento por 10 cm de largura e 10 cm de espessura, cravados na matriz arenosa poligenética, reforçando a idéia de que o material constitui um depósito coluvio aluvial recente. O ponto citado trata se de uma vossoroca (figura 24), onde

foi possível medir sua espessura em até 15m, em afloramento, indicando um depósito de dimensões consideráveis.

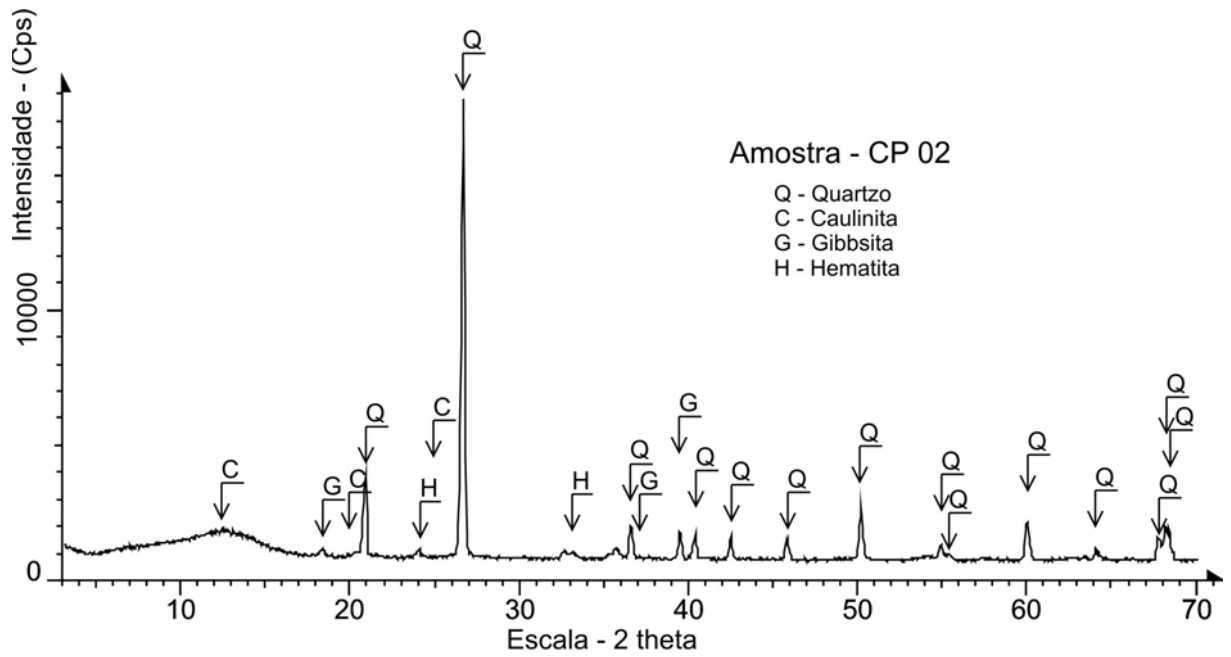


**Figura 21.** Vossoroca do ponto 51 (Aloformação Água Limpa).

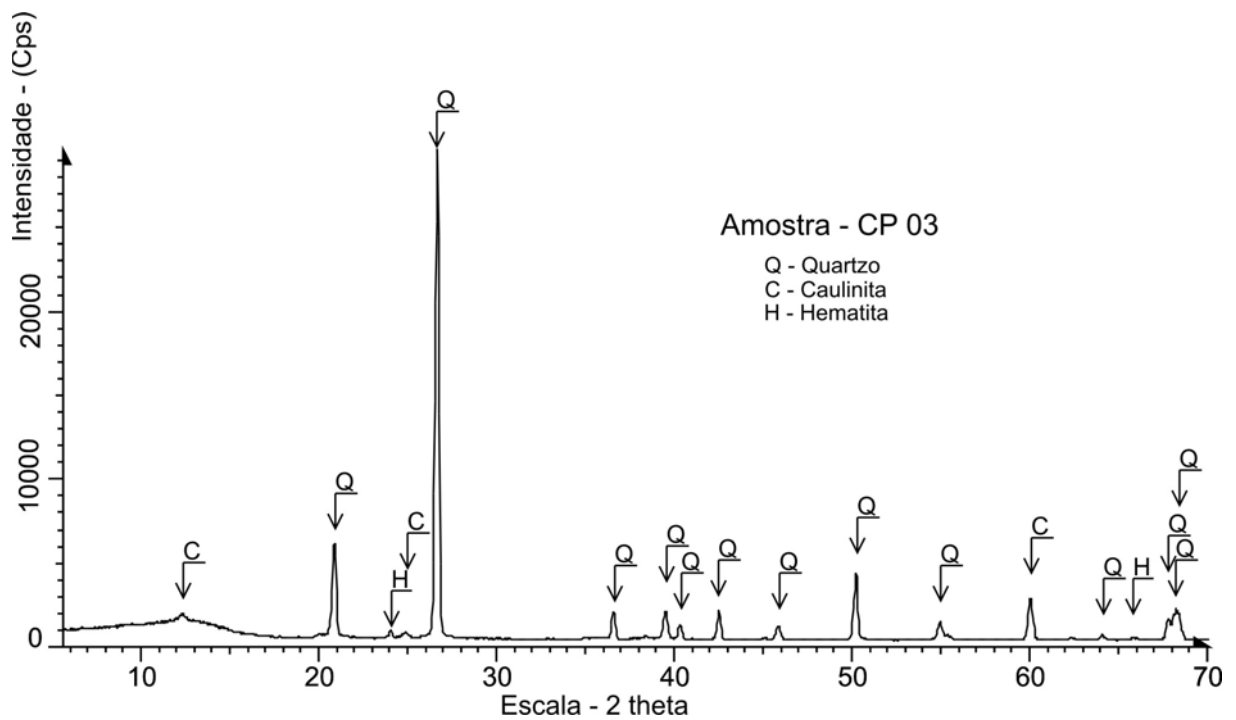
No gráfico de DRX da amostra CP02 (figura 25), foi interpretada uma mineralogia composta por quartzo, caulinita, gibbsita e hematita. O quartzo ocorre bem cristalizado com picos agudos e bem definidos, a caulinita ocorre com picos discretos e mal definidos, a inflexão na curva da caulinita em direção a gibbsita sugere que a caulinita está se transformando em gibbsita, esta por sua vez ocorre com picos discretos porém bem cristalina, como a hematita.

No gráfico de DRX da amostra CP03 (figura 26), foi interpretada uma mineralogia constituída de quartzo, caulinita e hematita. Onde o quartzo, ocorre bem cristalizado, devido a morfologia dos picos, bem agudos, a caulinita e a hematita ocorrem com picos bem discretos, a hematita mais cristalina que a caulinita.

Este solo possui porosidade de 43% e índices intempéricos  $K_i$  igual a 27,40 e  $K_r$  igual a 11,47 para a amostra CP02 e  $K_i$  igual a 30,17 e  $K_r$  igual a 25,92 para a amostra CP03, indicando ser um material extremamente imaturo em termos pedogenéticos.



**Figura 25.** DRX da amostra CP02, (radiação  $\text{CuK}\alpha$  e velocidade  $3^\circ (2\theta)/\text{min}$ ).



**Figura 26.** DRX da amostra CP03, (radiação  $\text{CuK}\alpha$  e velocidade  $3^\circ (2\theta)/\text{min}$ ).

Devido à morfologia aflorante do solo (figura 11), que sugere a forma de um leque (de dimensões consideráveis) e possuir uma constituição imatura segundo padrões de alteração, com contribuição de várias litologias e material pedogenético que ocorre em porções superiores topográficamente da área de estudos, este solo é interpretado como de origem

poligenética, tendo sido remobilizado e depositado no local com o material a partir de eventos de movimentos de massa de grande porte.

#### **5.3.4. Cambissolo Sesquioxidico (com contribuição de basalto/diabásio) – Aloformações Taquara e Cristais**

Estes cambissolos com contribuição de basalto/diabásio ocorrem formando depósitos com duas morfologias distintas (figura 11), um dos tipos de ocorrência é em forma de Leques Coalescentes (C/CL), constituindo a Aloformação Cristais e o outro tipo (C) que constitui a Aloformação Taquara é interpretado como sendo originário também em processos de formação de Leques Coalescentes, porém mais antigos, dessa forma a morfologia superficial em forma de Leques Coalescentes não é mais observada nos padrões de relevo, esta interpretação se dá devido à constituição dos materiais serem muito semelhantes, sendo que nos dois casos há presença de material conglomerático ânguloso, formando por vezes níveis intercalados com o solo, material típico deste tipo de feição.

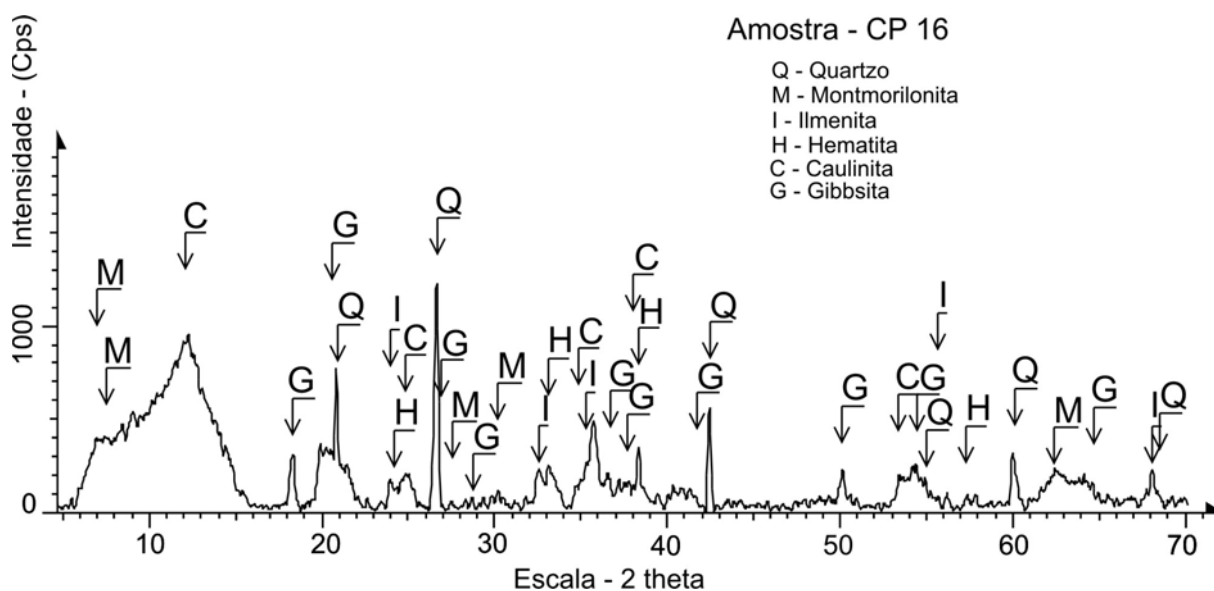
A morfologia em leque coalescente pode ser observada na figura 27.



**Figura 27.** Forma de relevo em Leques Coalescentes (Aloformação Cristais).

Estes solos, possuem sua origem relacionada ao material das vertentes e topo das cuestas, tendo grande contribuição de material de rochas básicas (basaltos e diabásios) intemperizados, com análise em campo por lupa, também é possível observar mistura entre sedimentos arenosos das formações Itaqueri e Botucatu.

O material possui textura média (feita em campo), no gráfico de DRX da amostra CP16 (figura 28), foi interpretada uma mineralogia composta por quartzo, montmorilonita, ilmenita, hematita, gibbsita e caulinita. O quartzo ocorre de forma bem cristalina com picos bem definidos e agudos, a montmorilonita ocorre de forma bem discreta, a inflexão no pico abaulado da caulinita sugere que esta está se formando a partir da montmorilonita, a caulinita que apresenta uma cristalinidade relativamente boa. A gibbsita ocorre bem cristalizada com picos agudos e bem definidos, como a ilmenita que ocorre de forma mais discreta, como a hematita.



**Figura 28.** DRX da amostra CP16, (radiação  $\text{CuK}\alpha$  e velocidade  $3^\circ (2\theta)/\text{min}$ ).

Em campo também foi possível identificar magnetita, com auxílio de imã. Correlaciona-se a formação deste solo a períodos paleoclimáticos recentes, devido à presença de montmorilonita (paleoclimas árido e semi árido), e a presença de minerais mais evoluídos intempericamente como caulinita e gibbsita (paleoclima tropical úmido) é correlacionado à mistura dos materiais intemperizados no topo da cuesta basáltica e depositados em forma de leques.

A amostra CP16 apresentou índices intempéricos  $K_i$  igual a 2,00 e  $K_r$  igual a 1,16, e porosidade de 60%, mostrando-se bem evoluída segundo estes parâmetros de análise, esses valores são atribuídos à contribuição do material latossólico superior, como já citado

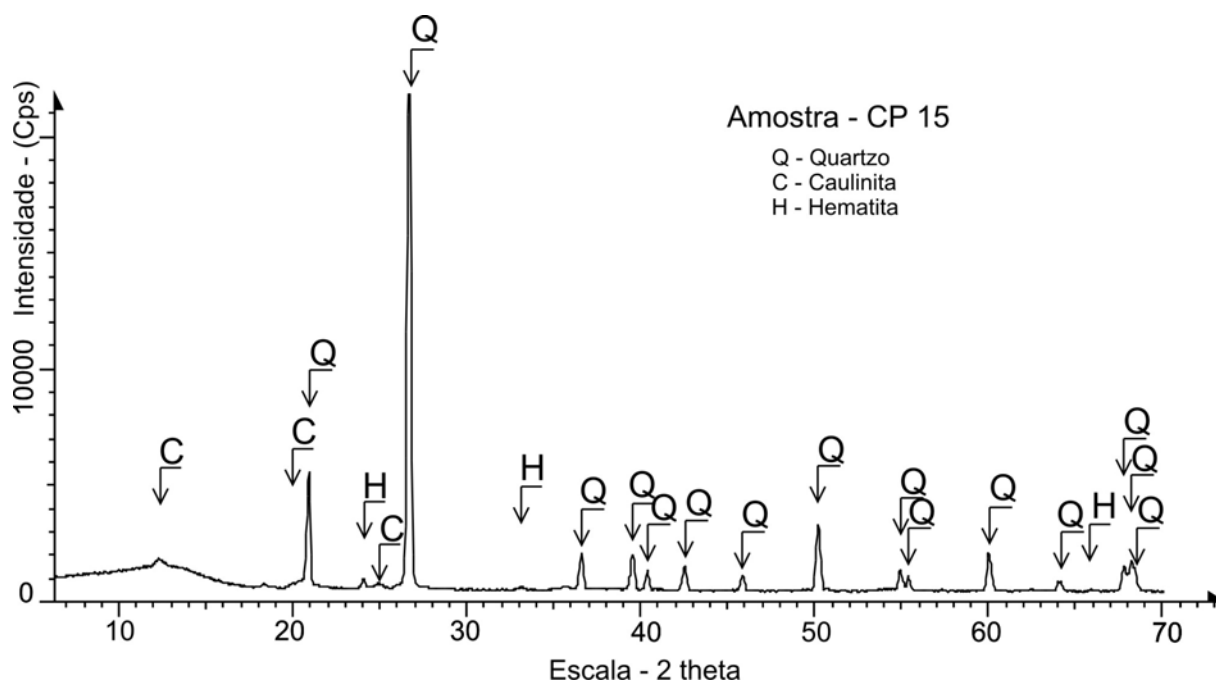
anteriormente. O que torna este solo de origem poligenética, onde talvez a matriz poderia ser classificada como Latossolo Vermelho, devido sua evolução pedogenética em termos geoquímicos e mineralógicos.

### ***5.3.5. Neossolos Quartzarênicos (Fm. Botucatu e Aloformação Onça)***

Estes solos ocorrem relacionados a depósitos como descritos no ponto 110 (amostra CP15), classificado como Aloformação Onça, e em Neossolos Quartzarênicos Litólicos, relacionados aos afloramentos da Formação Botucatu (figura 12), nomeado como RQ/RL no mapa da figura 11, neste caso estes solos estão relacionados à exposição do material geológico predominantemente arenoso ao intemperismo, ocorrendo em vertentes retilíneas. Este solo foi analisado por petrografia óptica (amostras CP13 e CP14, inerentes aos pontos 93 e 109). Mostram uma porosidade aparente que varia entre 15 e 18%, constituídos essencialmente por quartzo de granulometria bi modal.

No primeiro caso, onde este material constitui um depósito retrabalhado, ocorre em vertentes mistos, sendo que no gráfico de DRX da amostra CP15 (figura 29) foi interpretada uma mineralogia composta por quartzo, caulinita e hematita. O quartzo ocorre bem cristalizado, devido a morfologia dos picos, bem agudos, a caulinita e a hematita ocorrem com picos bem discretos, sendo a hematita mais cristalina que a caulinita. Em amostra de mão também é possível identificar magnetita com auxílio de imã, a amostra CP15 apresenta uma porosidade determinada em 49%, e textura arenosa.

A presença de caulinita é atribuída à mistura de material argiloso durante o retrabalhamento do material, por isso seu padrão na DRX é bem discreto. A origem do depósito é relacionada diretamente, à Formação Botucatu, devido principalmente à morfologia dos grãos deste depósito serem idênticas a morfologia dos grãos da Formação Botucatu (areias foscas, bimodais, bem arredondadas). A mistura de material silto argiloso (5,89% determinado a seco) na amostra é atribuída à contribuição da Formação Itaqueri, de onde é interpretada a proveniência da caulinita.



**Figura 29.** DRX da amostra CP15, (radiação  $\text{CuK}\alpha$  e velocidade  $3^\circ (2\theta)/\text{min}$ ).

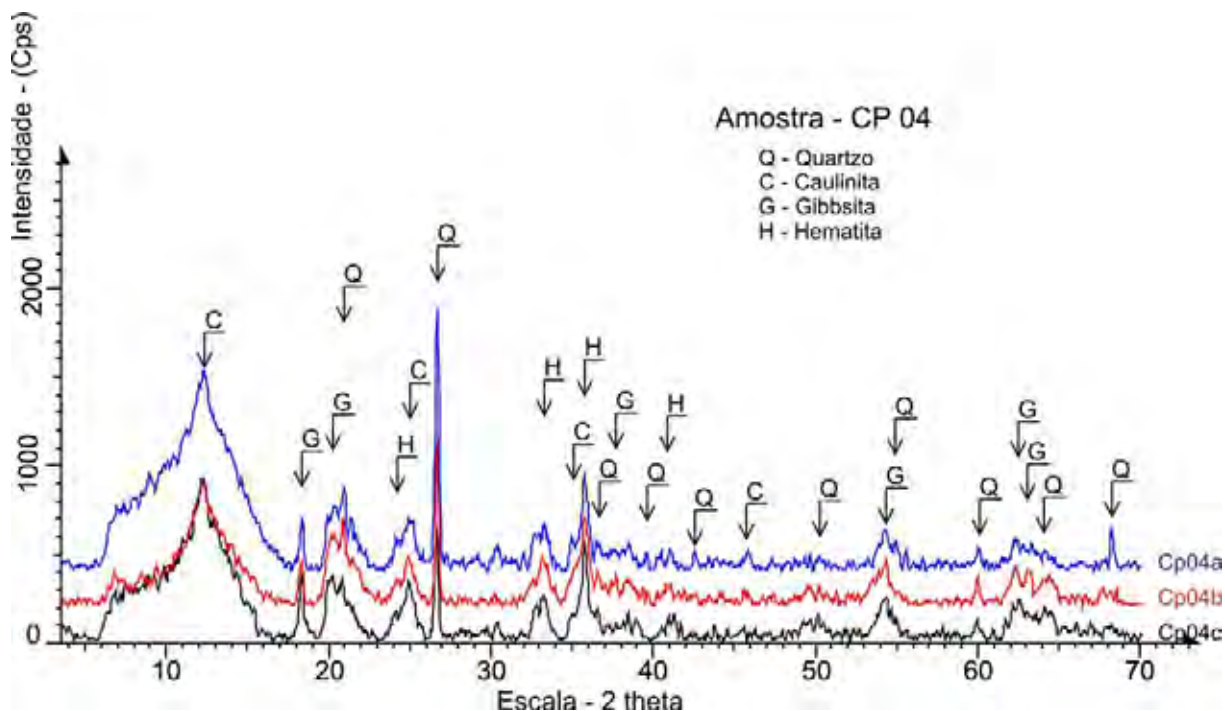
### 5.3.6. Gleissolo

O Gleissolo, descrito somente no ponto 21 (figura 14a), é correlacionado ao processo de gleização do Plintito da Formação Itaqueri (item 5.3.1), este processo se deu devido à presença de uma nascente de água no local, onde pelo nível do lençol freático estar aflorante e “minando” água, ocorre redução de material formando a gleização do material. A posição fisiográfica de ocorrência deste solo é em vertente convexa associada a drenagem.

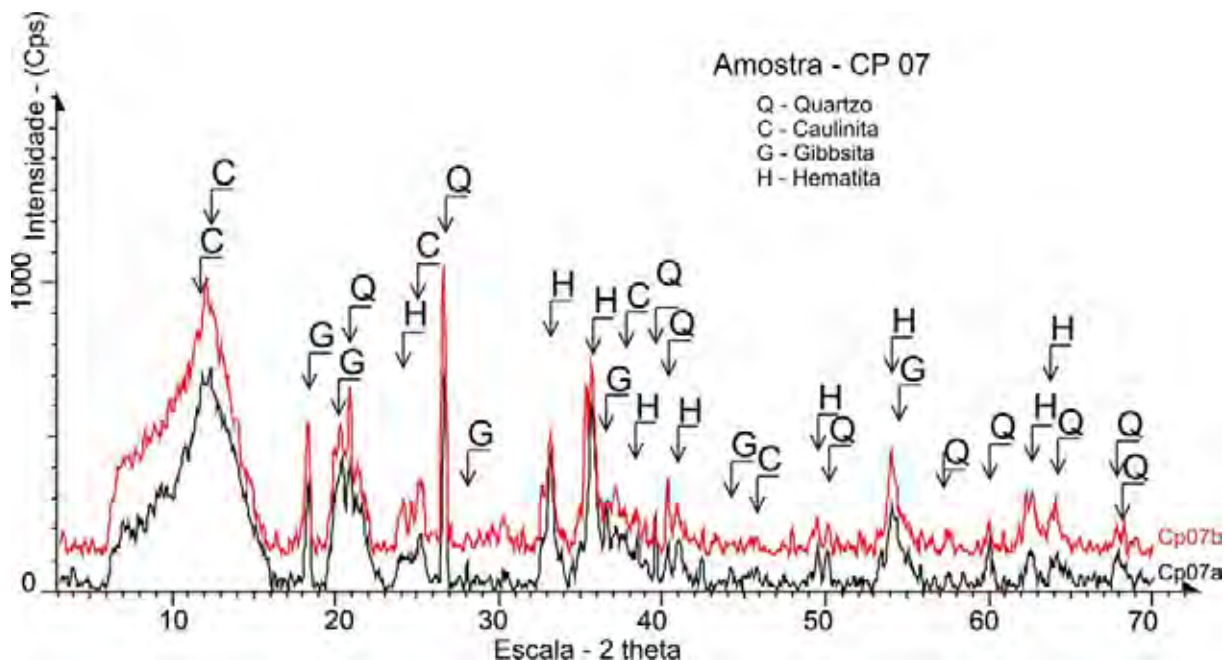
### 5.3.7. Nitossolo Vermelho

Os Nitossolos Vermelhos (figura 14f), foram caracterizados em laboratório por meio das amostras CP04 e CP07, onde no DRX da amostra CP04 (figura 30), foi interpretada uma mineralogia composta por quartzo, caulinita, gibbsita e hematita. O quartzo ocorre bem cristalizado, nas três amostras, como a gibbsita, a caulinita ocorre com uma cristalinidade boa, com o pico um pouco aberto, a hematita ocorre de forma discreta, com picos pouco expressivos, porém bem cristalizada. Como na amostra anterior, o DRX da amostra CP07 (figura 31), foi interpretado como portador de uma mineralogia composta por quartzo, gibbsita, caulinita e hematita. O quartzo ocorre de forma bem cristalizada, com picos bem definidos e agudos, a gibbsita também ocorre bem cristalizada, com picos agudos, a caulinita ocorre com picos abaulados, com uma inflexão voltada para a gibbsita sugerindo que esta se

forma a partir da caulinita, a hematita ocorre com picos bem cristalizados e agudos, sendo melhor cristalizada na amostra CP07b.



**Figura 30.** DRX da amostra CP04, (radiação CuK $\alpha$  e velocidade 3° (2 $\theta$ )/min).



**Figura 31.** DRX da amostra CP07, (radiação CuK $\alpha$  e velocidade 3° (2 $\theta$ )/min).

Pela mineralogia afirma se que estes solos são bem evoluídos, a amostra 07 foi escolhida para análise química, sendo a amostra CP07a, inerente a um horizonte B nítico mal estruturado, possuindo valor de Ki igual a 2,02, e Kr igual a 1,25, porosidade igual a 62%, a

amostra CP07b, foi descrita como horizonte 2B nítico com estrutura prismática, possuindo valor de  $K_i$  igual a 1,88 e  $K_r$  igual a 1,17, e porosidade calculada em 60%. Os valores dos índices intempéricos ( $K_i$  e  $K_r$ ), somados a mineralogia composta por gibbsita e caulinita reforçam a afirmação de se tratar de solos bem evoluídos assim como os valores da porosidade. Estas amostras também apresentam quartzo, bem cristalizado, em ambas as DRX, em amostra de mão a quantidade de quartzo observada é significativa, sendo um material mal selecionado, com partículas arredondadas a angulosas, com esfericidade boa a má, ocorre em zonas mais rebaixadas do relevo e nas porções superiores, próximo a drenagens, observa se também estrutura em blocos e prismática, apresentando superfícies lisas estriadas (Clay skin), que caracterizam o horizonte nítico. Este material fisiograficamente ocorre associado a vertentes mistos. A presença de quartzo é muito importante para interpretar a proveniência deste solo, onde a partir de sua análise por lupa (morfologia dos grãos e aspecto), é interpretada uma proveniência sedimentar para este. Este depósito é interpretado como sendo de origem colúvio aluvionar, estando relacionado a depósitos de vertente, com contribuição de quartzo e colóides intempéricos da Formação Itaqueri, que se mistura com materiais da Formação Serra Geral (basaltos) nas encostas da porção superior do município.

Porém este depósito colúvio aluvionar não possui quebras de relevo significativas, o que inviabiliza a definição de uma aloformação para a escala do levantamento, devido este material se confundir com a alteração residual da Formação Serra Geral e ter uma natureza bem superficial, para a sua caracterização como aloformação é indicado uma campanha de campo com um maior adensamento nesta área em escala de detalhe, caso seja necessária sua definição para alguma finalidade.

Esta mistura de material confere ao solo uma textura caracterizada em campo como média, com cerca de 20% de argilas. Estes solos poderiam por sua mineralogia, índices intempéricos e textura serem caracterizados como Latossolos Vermelhos (antiga terra roxa).

Assim como os Latossolos Vermelho Amarelos, estes Nitossolos devido sua mineralogia, é possível sugerir que os processos intempéricos que deram origem ao material intemperizado estão correlacionados a paleoclimas de regiões tropicais úmidas.

### ***5.3.8. Organossolos Tiomórficos Sápricos***

Os Organossolos Tiomórficos Sápricos (figura 14d) foram descritos em dois pontos na área de estudos (pontos 68 e 119), constituem solos desenvolvidos, ricos em matéria orgânica de natureza sáprica, saturados em água, possuem coloração 10YR 2/1 (back), e teor de fibras esmagadas menos de 10%. O material de origem deste solo é correlacionado a material

orgânico, proveniente de acumulação de restos vegetais, em ambiente mal drenado. A fisiografia de ocorrência deste solo está relacionada a vertentes retilíneas de baixa inclinação, provavelmente condicionados a lentes silto/argilosas da Formação Itaqueri, que seria responsável pela formação da região alagadiça e acúmulo de material orgânico. Supõe-se que a idade de formação relativa desta paisagem esteja entre o Pleistoceno/ Holoceno.

#### **5.4. Zoneamento Geoambiental**

As zonas geoambientais são constituídas pelos limites litológicos, e as subzonas por variações dentro destes, para o presente trabalho devido à caracterização do meio físico realizada, foram consideradas como variações significativas para a definição de subzonas geoambientais, hierarquicamente as variações fisiográficas (figura 10), tipos diferentes de solos (figura 11), sendo estes solos contidos nos domínios fisiográficos (motivo pelo qual somente a fisiografia entrou na classificação das subzonas) e potencial natural à erosão (figura 09) definindo subzonas geoambientais (figura 35), alguns parâmetros como a declividade (figura 32) e a hipsometria do terreno (figura 33), foram usados para auxiliar na caracterização das zonas e subzonas geoambientais que são apresentadas na tabela 04.

O potencial natural a erosão foi subdividido em três classes, sendo as classes alto/muito alto potencial natural a erosão, agrupadas em uma única classe devido à importância equivalente das classes para este estudo, as outras são médio e baixo.

Na figura 33, pode ser observado um modelo morfométrico da área, mostrando o padrão hipsométrico do relevo. A figura 32 foi elaborada por processamento a partir dos dados da figura 33, utilizando o software ArcGIS, gerando uma carta de declividade em porcentagem. Pode-se observar nas figuras 34a, b, uma perspectiva da área em relevo (MNT), também elaborado no software ArcGIS.

Com isso, foram obtidas oito zonas geoambientais e trinta e quatro subzonas, segundo Ohara et al. (2003), a paragênese dos argilominerais é importante para caracterizar as zonas e subzonas geoambientais, indicando a unidade de alteração intempérica (UAI), e os solos (CAI – Coberturas de Alteração Intempérica), sendo que estas informações encontram-se integradas a características como declividade (valor médio predominante na subzona em porcentagem e graus) e porosidade média dos materiais de cobertura na tabela 05.

E na tabela 06, estão indicadas as principais sugestões de uso para cada subzona, a partir da análise dos dados compilados nas tabelas 04 e 05, e características dos materiais componentes de cada subzona apresentados neste trabalho.

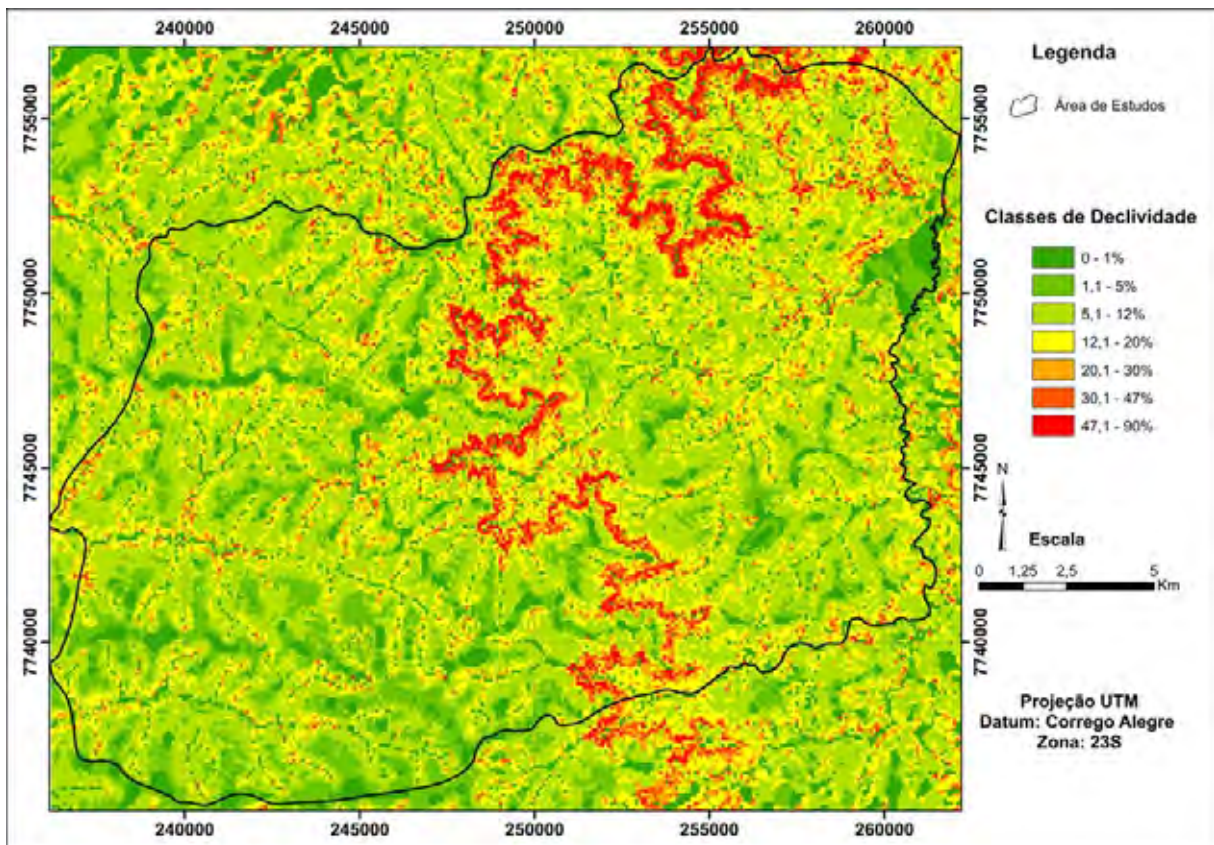


Figura 32. Mapa de declividade da área de estudos em porcentagem.

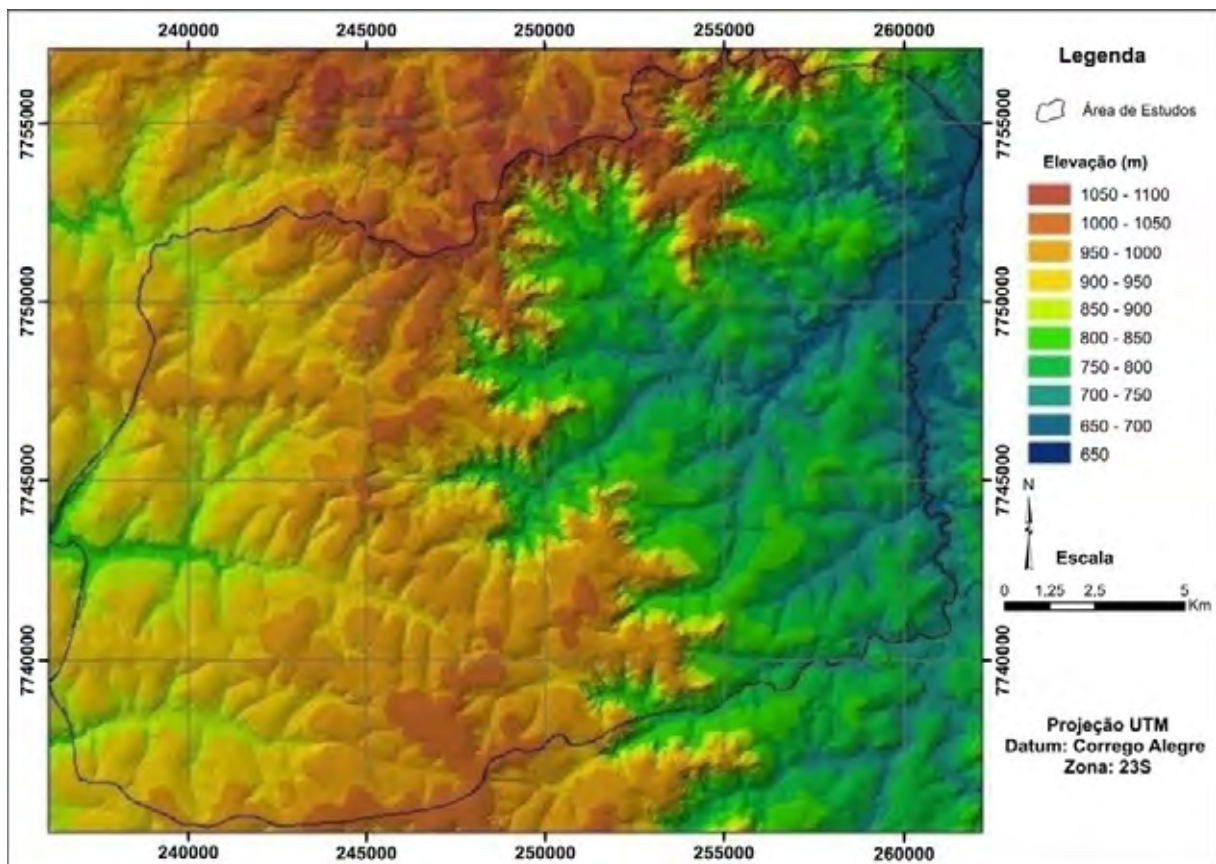
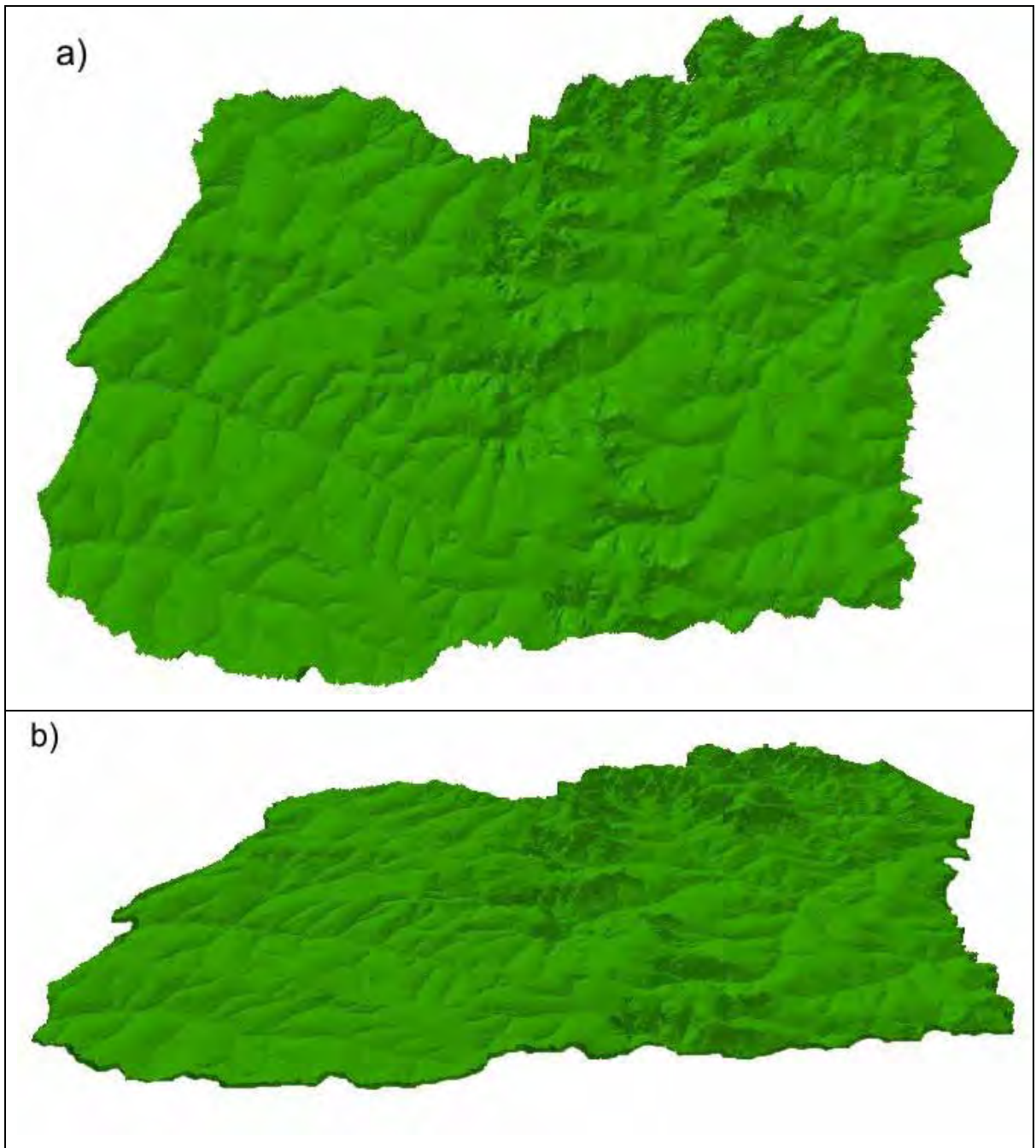
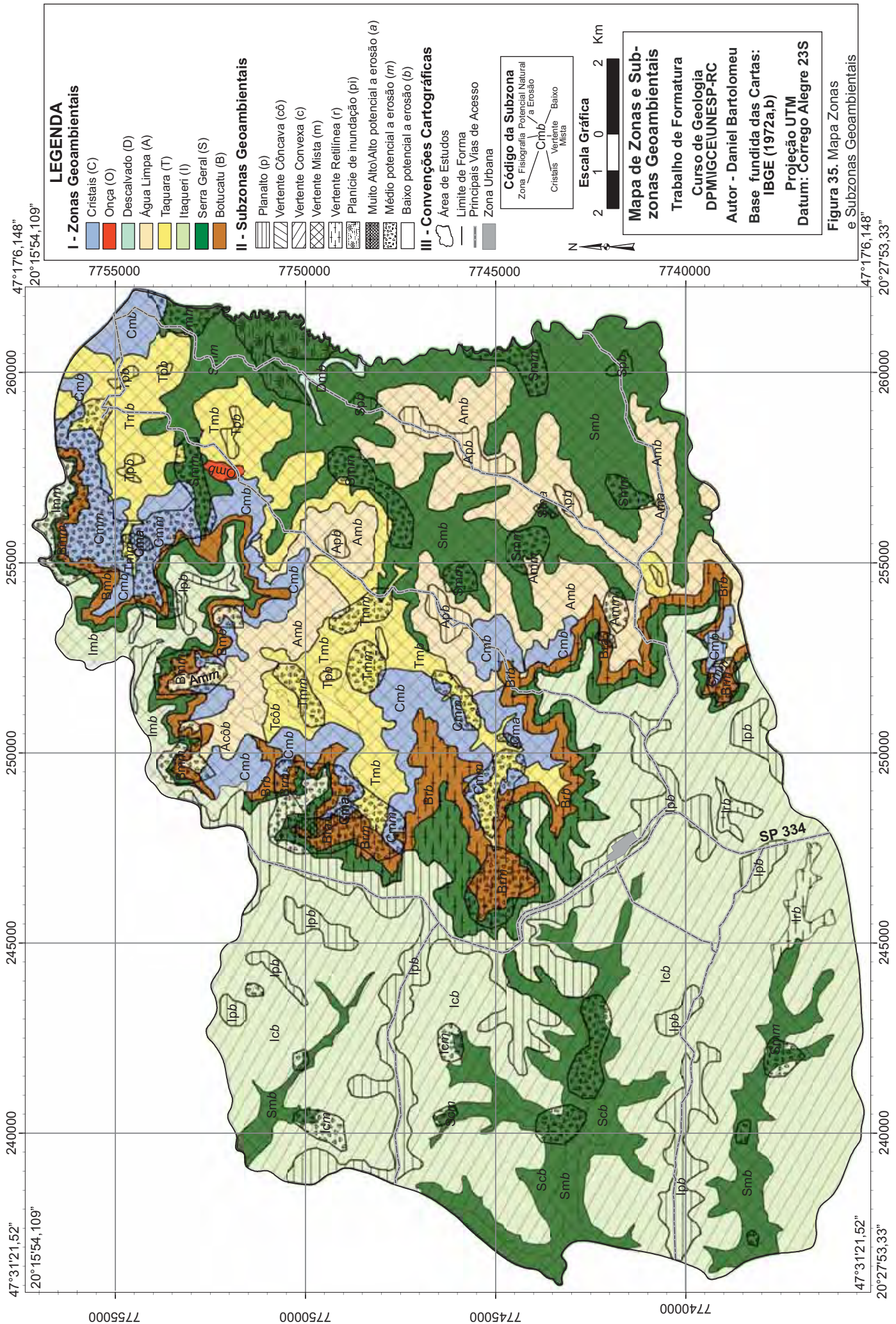


Figura 33. Mapa hipsométrico da área de estudos.



**Figura 34.** Modelo numérico do terreno da área de estudos. **a)** perspectiva em visada nadir. **b)** perspectiva em visada oblíqua.



**Tabela 04.** Divisão das zonas e subzonas geoambientais, sendo: Cristais (C), Onça (O), Descalvado (D), Água Limpa (A), Taquara (T), Itaqueri (I), Serra Geral (S), Botucatu (B), Planalto (p), Vertente Convexo (c), Vertente Côncava (co), Vertente Mista (m), Vertente Retilínea (r), Planície de Inundação (pi), Muito Alto/Alto potencial a erosão (a), Médio potencial a erosão (m), Baixo potencial a erosão (b).

Zona	Subzona e Características			
	Solo (CAI)	Fisiografia	Potencial a Erosão	Código
Cristais	Cambissolo Sexquioxídico	Vertente Mista	Baixo	Cmb
		Vertente Mista	Médio	Cmm
			Muito alto/alto	Cma
Onça	Neossolo Quartzarênico	Vertente Mista	Baixo	Omb
Descalvado	Cambissolo com laterita retrabalhada	Vertente Mista	Baixo	Dmb
Água Limpa	Neossolo Quartzarênico/Regolítico o Háplico Cambissólico	Vertente Mista	Baixo	Amb
		Vertente Mista	Médio	Amm
		Vertente Mista	Muito alto/alto	Mma
		Vertente Côncava	Baixo	Acôb
		Planalto	Baixo	Apb
Taquara	Cambissolo Sexquioxídico	Vertente Mista	Baixo	Tmb
		Vertente Mista	Médio	Tmm
		Planalto	Baixo	Tpb
		Vertente Côncava	Baixo	Tcôb
Itaqueri	Latossolo Vermelho Amarelo	Vertente Convexa	Baixo	Icb
		Planalto	Baixo	Ipb
		Vertente Mista	Baixo	Imb
		Vertente Mista	Médio	Imm
	Organossolos Tiomórficos Sápricos	Vertente Retilínea	Baixo	Irb
Serra Geral	Nitossolo Vermelho	Vertente Convexa	Baixo	Scb
		Vertente Convexa	Médio	Scm
		Vertente Mista	Baixo	Smb
		Vertente Mista	Médio	Smm
		Vertente Mista	Muito Alto/Alto	Sma
		Planalto	Baixo	Spb
		Planície de Inundação	Baixo	Spib
	Neossolo Litólico	Vertente Retilínea	Baixo	Srb
		Vertente Retilínea	Médio	Srm
		Vertente Retilínea	Muito Alto/Alto	Sra
Botucatu	Neossolo Litólico	Vertente Retilínea	Baixo	Brb
		Vertente Retilínea	Médio	Brm
		Vertente Retilínea	Muito Alto/Alto	Bra
		Vertente Mista	Baixo	Bmb
		Vertente Mista	Médio	Bmm

**Tabela 05.** Características (paragênese de argilominerais, UAI – unidades de alteração intempéricas, declividade média da subzona e variação hipsométrica da subzona, porosidade dos materiais) das zonas e subzonas geambientais.

Zona	Subzona	Paragênese	UAI	Declividade Média	Porosidade
Cristais	Cmb	Montmorillonita	Bissialítica	23° / 26%	60%
	Cmm	Caulinita	Monossialítica	23° / 26%	60%
	Cma	Gibbsita	Alítica	23° / 26%	60%
Onça	Omb	Caulinita	Monossialítica	11° / 12%	49%
Descalvado	Dmb	---	---	5° / 6%	---
Água Limpa	Amb	Montmorillonita	Bissialítica	11° / 12%	43%
	Amm			22° / 25%	43%
	Mma	Caulinita	Monossialítica	22° / 25%	43%
	Acôb	Gibbsita	Alítica	12° / 25%	43%
	Apb			5° / 6%	43%
Taquara	Tmb	Caulinita Gibbsita	Monossialítica Alítica	7° / 8%	60%
	Tmm			7° / 8%	60%
	Tpb			5° / 6%	60%
	Tcôb			5° / 6%	60%
Itaqueri	Icb	Caulinita Gibbsita	Monossialítica Alítica	17° / 12%	55%
	Ipb			5° / 6%	55%
	Imb			17° / 12%	55%
	Imm			34° / 38%	55%
	Irb			5° / 6%	---
Serra Geral	Scb	Caulinita Gibbsita	Monossialítica Alítica	11° / 12%	60%
	Scm			11° / 12%	60%
	Smb			19° / 21%	60%
	Smm			19° / 21%	60%
	Sma			11° / 12%	60%
	Spb			5° / 6%	60%
	Spib			5° / 6%	60%
	Srb	Montmorillonita	Monossialítica	11° / 12%	60%
	Srm	Illita	Alítica	11° / 12%	60%
Sra	Caulinita		11° / 12%	60%	
Botucatu	Brb	---	---	>42° / >47%	16% (aparente)
	Brm			>42° / >47%	16% (aparente)
	Bra			>42° / >47%	16% (aparente)
	Bmb			>42° / >47%	16% (aparente)
	Bmm			>42° / >47%	16% (aparente)

**Tabela 06.** Indicação de melhor uso das zonas e subzonas geambientais.

Zona	Subzona	Indicação de Melhore(s) Uso(s) e Observações
Cristais	Cmb	Indicado para agricultura e pecuária (devido sua gênese e declividade, possui riscos de deslizamento no plano entre os leques (coalescentes)).
	Cmm	Indicado para agricultura e pecuária (devido sua gênese e declividade, possui riscos de deslizamento no plano entre os leques (coalescentes) e erosão).

	<i>Cma</i>	Devido o alto potencial a erosão é indicado que a área seja de proteção, caso tiver algum uso, deve se proceder estudos voltados para a atividade desenvolvida, visando seu melhor manejo, devido sua gênese e declividade, possui riscos de deslizamento no plano entre os leques (coalescentes).
Onça	<i>Omb</i>	Devido a declividade e material, pode comportar obras lineares como estradas e fundações de construções desde que sejam feitos estudos mais detalhados sobre comportamento geotécnico das areias mal consolidadas cuja capacidade de suporte pode ser alterada devido a ocupação gerando problemas de erosão.
Descalvado	<i>Dmb</i>	Indicado para agricultura, pecuária, construção de estradas e fundações devido à maior resistência conferida pelas lateritas e baixa declividade. Poderia ser feito um estudo mais detalhado com estas lateritas para avaliar sua potencialidade econômica como material de construção civil.
Água Limpa	<i>Amb</i>	Solo expansível e friável, com declividade baixa a média, baixo potencial a erosão, indicado para agricultura e para obras lineares (estradas, dutos), com estabilização dos colóides expansivos.
	<i>Amm</i>	Solo expansível e friável com médio potencial a erosão e declividade acentuada, é indicado que a área seja de proteção, caso tiver algum uso, deve se proceder estudos voltados para a atividade desenvolvida, visando seu melhor manejo.
	<i>Mma</i>	Solo expansível e friável com alto potencial a erosão e declividade acentuada, é indicado que a área seja de proteção, caso tiver algum uso, deve se proceder estudos voltados para a atividade desenvolvida, visando seu melhor manejo.
	<i>Acôb</i>	Solo expansível e friável, com declividade baixa a média, baixo potencial a erosão, indicado para agricultura e para obras lineares (estradas, dutos), com estabilização dos colóides expansivos.
	<i>Apb</i>	Solo expansível e friável, com declividade baixa, baixo potencial a erosão, indicado para agricultura e para obras lineares (estradas, dutos) e fundações, com estabilização dos colóides expansivos.
Taquara	<i>Tmb</i>	Solo colapsível (presença de gibbsita e sexquióxidos e alta porosidade) e friável, com declividade baixa a média, baixo potencial a erosão, indicado para agricultura, pecuária e para obras lineares (estradas, dutos), desde que sejam executadas medidas para prevenir o colapso dos solos.
	<i>Tmm</i>	Solo colapsível (presença de gibbsita e sexquióxidos e alta porosidade) e friável, com declividade baixa a média, médio potencial a erosão, indicado para agricultura, pecuária e para obras lineares (estradas, dutos), desde que sejam executadas medidas para prevenir o colapso dos solos e a erosão.
	<i>Tpb</i>	Solo colapsível (presença de gibbsita e sexquióxidos e alta porosidade) e friável, com declividade baixa, baixo potencial a erosão, indicado para agricultura, pecuária, para obras lineares (estradas, dutos) e fundações, desde que sejam executadas medidas para prevenir o colapso dos solos.
	<i>Tcôb</i>	Solo colapsível (presença de gibbsita e sexquióxidos e alta porosidade) e friável, com declividade baixa a média, baixo potencial a erosão, indicado para agricultura, pecuária e para obras lineares (estradas, dutos), desde que sejam executadas medidas para

		prevenir o colapso dos solos.
Itaqueri	Icb	Indicado para agricultura, pecuária, obras lineares (estradas, dutos) e fundações devido seu baixo potencial a erosão e mineralogia estável. Devido ao declive e a composição do material pode apresentar problemas de erosão, com alteração da capacidade de suporte natural da área.
	Ipb	Indicado para agricultura, pecuária, obras lineares (estradas, dutos) e fundações, devido seu baixo potencial a erosão, mineralogia estável e baixa declividade é altamente indicado para expansão da zona hurbana.
	Imb	Indicado para agricultura, pecuária, obras lineares (estradas, dutos) e fundações devido seu baixo potencial a erosão e mineralogia estável. Devido ao declive e a composição do material pode apresentar problemas de erosão, com alteração da capacidade de suporte natural da área.
	Imm	Indicado que a área seja de proteção, devido ao médio potencial natural a erosão e composição pouco coesa, deve se proceder a um estudo detalhado e específico caso a subzona venha a ser usada, podendo apresentar problemas de erosão acentuada alterando a capacidade de suporte natural da área.
	Irb	Indicado para agricultura de culturas nobres, devido ao declive e a composição do material. É indicado neste caso que sejam feitas medidas necessárias para drenar a água do material, não é indicado a construção de obras no local devido a baixa capacidade de suporte do solo para estes fins.
Serra Geral	Scb	Indicado para agricultura, devido seu baixo potencial a erosão, mineralogia estável, possuindo alta declividade, pode limitar o uso de maquinário agrícola.
	Scm	Indicado para agricultura, devido seu médio potencial a erosão e alta declividade (que pode limitar o uso de maquinário agrícola), deve ser manejado com cuidado, a partir de estudos mais detalhados voltados ao uso escolhido.
	Smb	Indicado para agricultura e pecuária, devido seu baixo potencial a erosão, baixa a média declividade e mineralogia estável.
	Smm	Indicado para agricultura, devido seu médio potencial a erosão e média a alta declividade (que pode limitar o uso de maquinário agrícola), deve ser manejado com cuidado, a partir de estudos mais detalhados voltados ao uso escolhido.
	Sma	Devido o alto potencial a erosão é indicado que a área seja de proteção, caso tiver algum uso, deve se proceder estudos voltados para a atividade desenvolvida, visando seu melhor manejo.
	Spb	Indicado para agricultura, pecuária, obras lineares (estradas, dutos) e fundações, devido seu baixo potencial a erosão, mineralogia estável e baixa declividade.
	Spib	Indicado que a área seja de proteção, devido a constantes inundações em épocas de chuvas, podendo ser usada para o plantio de culturas específicas e pecuária.
	Srb	Solo expansível, com declividade baixa a média, baixo potencial a erosão, indicado para agricultura e para obras lineares (estradas, dutos), com estabilização dos colóides expansivos. Apresenta potencialidade para mineração de brita de basalto, devido a posição

		morfológica favorável, exposição de rocha e proximidade a zona hurbana.
	<i>Srm</i>	Solo expansível, com declividade baixa a média, médio potencial a erosão, indicado para agricultura e para obras lineares (estradas, dutos), com estabilização dos colóides expansivos. Apresenta potencialidade para mineração de brita de basalto, devido a posição morfológica favorável, exposição de rocha e proximidade a zona hurbana.
	<i>Sra</i>	Devido o alto potencial a erosão e a presença de colóides expansivos é indicado que a área seja de proteção, caso tiver algum uso, deve se proceder estudos voltados para a atividade desenvolvida, visando seu melhor manejo. Apresenta potencialidade para mineração de brita de basalto, devido a posição morfológica favorável, exposição de rocha e proximidade a zona hurbana.
Botucatu	<i>Brb</i>	Devido à média declividade, baixo potencial natural a erosão, composição mineralógica predominantemente quartzosa e por se tratar de zona de recarga do aquífero guarani, recomenda se que seja uma área de proteção, podendo ter alguns usos desde que sejam realizados estudos específicos voltados a finalidade.
	<i>Brm</i>	Devido à alta declividade, médio potencial natural a erosão, composição mineralógica predominantemente quartzosa e por se tratar de zona de recarga do aquífero guarani, recomenda se que seja uma área de proteção.
	<i>Bra</i>	Devido o alto potencial a erosão e alta declividade, composição mineralógica predominantemente quartzosa e por se tratar de zona de recarga do aquífero guarani, recomenda se que seja uma área de proteção.
	<i>Bmb</i>	Devido à alta declividade, baixo potencial natural a erosão, composição mineralógica predominantemente quartzosa e por se tratar de zona de recarga do aquífero guarani, recomenda se que seja uma área de proteção. Podendo ter alguns usos desde que sejam realizados estudos específicos voltados a finalidade.
	<i>Bmm</i>	Devido à alta declividade, médio potencial natural a erosão, composição mineralógica predominantemente quartzosa e por se tratar de zona de recarga do aquífero guarani, recomenda se que seja uma área de proteção.

## 6. CONCLUSÕES

Na área de estudos foi possível estabelecer a evolução dos solos e a sua relação com os materiais de origem, a partir dos métodos empregados, que também propiciaram caracterizar a variação litológica (formal e aloformal) e dos solos em distintos domínios fisiográficos, onde foi possível elaborar mapas litológicos e de solos, utilizando técnicas de campo e sensoriamento remoto, os dados obtidos na interpretação fisiográfica, foram de grande importância para orientar as etapas de campo, onde foram obtidos dados a cerca da

constituição dos solos, rochas, coleta de amostras para análises mais apuradas e feições da paisagem em planta, que indicaram processos sedimentológicos de formação das coberturas.

Em casos de solos poligenéticos, correlacionando às análises de DRX, químicas e de porosidade, foi possível estabelecer correlações com processos paleoclimáticos envolvidos na formação dos solos descritos atualmente na área.

Também foi possível aplicar os dados levantados em um Zoneamento Geoambiental e indicar diversos usos de cunho geral para os materiais caracterizados, contribuindo para o melhor conhecimento da distribuição dos materiais constituintes do meio físico na área e sua melhor utilização no processo de expansão do município.

## **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALMEIDA, F.F.M.; BARBOSA, O. Geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro. **Bol. Div. Geol. Min.**, Rio de Janeiro, DNPM, p.1-96, 1953.

ARAÚJO, C. C.; YAMAMOTO, J. K.; ROSTIROLLA, S. P. Arenitos asfálticos na Bacia do Paraná: estudo das ocorrências no Alto Estrutural de Anhembi. **Bol. Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 47-70, 2006.

ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. Províncias Estruturais Brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, n.8, 1977, Campina Grande. **Atas...** São Paulo: SBG, 1977.

BOTERO, P. J. **Fisiografía Y Estudio de Suelos**. Centro Interamericano de Fotointerpretación C.I.A.I. República de Colombia. Ministerio de Obras Públicas. Bogotá, Colombia. 23p. 1979.

CASTRO, D. M. **Propiedades Físicas de los Suelos**. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Bogotá (Colombia), 1976, p. 621.

CHANG, M. R. C. **A formação pirambóia no centro-oeste do estado de São Paulo**. 1997. 196 f. (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro (SP).

CD-ROM Plate Tectonics – And How the Earth Works (1997)

CRISÓSTOMO NETO, A. P. **Mapeamento Geoambiental com Imagem de Satélite do Vale do Paraíba**. 2003. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

COCENZA, D. **Potencial Natural de Erosão em Cristais Paulista - SP: Uma Análise de Sucetibilidade Utilizando o Modelo EUPS e a Sistemática Morfoestrutural**. Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Formatura do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Unesp, Campus de Rio Claro (SP). Rio Claro (SP). 2008. 73p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª Edição. Rio de Janeiro. Embrapa Solos. p. 306. 2006.

EMBRAPA. Solos do Estado de São Paulo: Descrição das Classes Registradas no Mapa Pedológico. Instituto Agrônomo. **Boletim Científico n. 45**. Campinas (SP), p. 107, 1999.

GOMES, C. B. **Técnicas analíticas instrumentais aplicadas à geologia**. Edgard Blucher LTDA. São Paulo (SP). 1984. p. 218.

GONZALES, H. M.; CASTRO, D. M. **Propriedades Físicas de los Suelos**. Ministerio de Hacienda y Credito Publico. Bogota (Colombia), 1990, p. 813.

HELLMEISTER JUNIOR, Z. **Aspectos Geológicos e Principais Recursos Minerais da Região de Franca-Pedregulho, Nordeste do Estado de São Paulo**. 1997. 255 f. Dissertação (Mestrado), Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, USP/IG, São Paulo (SP).

(IBGE) - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA. **Pedregulho (SP/MG):**. folha SF-23-V-A-II-3, Rio de Janeiro, 1972a. Escala 1:50.000.

(IBGE) - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA. **Jeriquara (SP):**. folha SF-23-V-A-I-4, Rio de Janeiro, 1972b. Escala 1:50.000.

(IBGE) - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA. Perfil dos Municípios Brasileiros - Gestão Pública 2002 – Informações consultadas no

site.<http://www.ibge.gov.br/munic2002/tabelas.php?codmun=351320&descricao=Cristais%20Paulista&status=> no dia 18 de Janeiro de 2008.

(IPT) – Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:500 000. Vol I. 1981a.

(IPT) – Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:500 000. Vol II. 1981b.

(IPT) – Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:500 000. Vol I. 1981c.

(IPT) – Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo. Gênese, Distribuição e Estratigrafia dos Depósitos Cenozóicos no Estado de São Paulo. **Publicação IPT n° 1364**. 1983.

(IPT) – COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SAPUCAÍ-MIRIM/GRANDE. Relatório zero: diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimentos de diretrizes técnicas para a elaboração do plano da bacia hidrográfica do Sapucaí-Mirim/Grande. **Relatório n° 40.672**. 2000.

JANONI, C. R. **Compartimentação morfotectônica da Alta Mogiana Paulista (Nordeste do Estado de São Paulo)**. 2007. 120 f. (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro (SP).

JACKSON, M. L. **Análisis Químico de Suelos**. Ediciones Omega, S. A. Barcelona (Spain), 1970, p. 662.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente – Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. Tradução Autorizada - INPE. Parêntese Editora. São José dos Campos (SP). 2009. p. 597.

JIMENEZ-RUEDA, J. R. – **Informações verbais recebidas deste pesquisador, como orientador deste trabalho**. 2009.

- KERR, P. F. **Optical mineralogy**. McGraw-Hill. New York (USA), 1977, p. 442.
- LEMONS, R. C.; BENNEMA, J.; SANTOS, R. D.; ITURRI, J. O.; INCLAN, R. S.; PANOSO, L. A.; MENDES, W.; MELO, J. O.; SILVEIRA, C. O. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Ministério da Agricultura**. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos. 1960 (MAPA + LEGENDA EXPANDIDA)
- LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. Oficina de Textos. São Paulo (SP), 2002. 192p.
- LISBOA, A. C.; AZEVEDO, D.A.; GONÇALVES, F. T. T.; LANDAU, L. Aplicação da Geoquímica Orgânica no Estudo dos Folhelhos Oleígenos Neopermianos da Formação Irati - Borda Leste da Bacia do Paraná – São Paulo, Brasil. *Anais...* 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás. 2005.
- MOJICA, S. F. **Fundamentos para la Interpretación de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas para Riego**. Sociedad Colombiana de la ciencia del Suelo. Bogotá (Colombia), 1990, p. 323.
- NAVROTSKY, A. **Physics and Chemistry of Earth Materials**. University of Cambridge. EUA, 1994, p. 414.
- MILANI, E.J. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do gondwana sul-ocidental**. 1997. 255 f. Tese (Doutorado). Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS).
- MILANI, E. J. Comentários Sobre a Origem e a Evolução Tectônica da Bacia do Paraná. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO-NEVES, B. B. (Org.). **Geologia do Continente Sul Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. p. 265-291.
- OLARTE, L. I. **Metodos Analíticos Del Laboratorio de Suelos**. Ministerio de Hacienda y Credito Publico. Bogota (Colombia), 1979, p. 664.

OHARA, T.; JIMÉNEZ-RUEDA, J. R.; MATTOS, J. T.; CAETANO, N. R. Zoneamento geoambiental da região do Alto-Médio Rio Paraíba do Sul e a Carta de Aptidão Física para a implantação de obras viárias. *Revista Brasileira de Geociências*. V 33 n° 2., suplemento, p. 173-182, 2003.

PERDONCINI, L. C. **Evolução tectono-sedimentar mesozóico-cenozóica da região de Franca**. 2003. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico do Solo: Agricultura em Regiões Tropicais**. Nobel. São Paulo (SP), 1979. 550p.

PROST, G. **Remote Sensing for Geologists a Guide to Image Interpretation**. Amoco Production Company. Huston, Texas. 1994. p. 353.

SCAPIN, M. A. **Aplicação da Difração e Fluorescência de Raios X (WDXRF): Ensaio em Argilominerais**. 2003. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Autarquia Associada à Universidade de São Paulo. São Paulo.

SCHERER, C. M. S.; LAVINA, E. L. C. Stratigraphic evolution of a fluvial–eolian succession: The example of the Upper Jurassic—Lower Cretaceous Guará and Botucatu formations, Paraná Basin, Southernmost Brazil. *Gondwana Research*. n. 9, p. 475–484. 2006.

SILVA, A. H. M.; VIDIGAL, F. G. **Geologia da Bacia do Rio das Canoas, Região Nordeste do Estado de São Paulo**. Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Formatura do Curso de Geologia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP. Campus de Rio Claro (SP), 1998, p. 101.

SOARES, P.C. **O Mesozóico Gondwânico no estado de São Paulo**. 1973. 52 f. Tese (Livro-Docência), IG/USP, São Paulo (SP).

SOARES, P.C.; FIORI, A.P., 1976. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. *Notícia Geomorfológica*, Campinas (SP), n.16, p. 17-39, 1976.

SUGUIO, K. **Geologia sedimentar**. Edgard Blucher. São Paulo (SP), 2003, p. 400.

SUTHERLAND, D. G. Geomorphological Controls on the Distribution of Placer Deposits. **Geological Society of London**. Printed in Northern Ireland. V. 142. p. 727-737. 1985.

The North American Commission on Stratigraphic Nomenclature. North American Stratigraphic Code. **The American Association of Petroleum Geologists Bulletin**. V. 89, N. 11, 2005. p. 1547-1591.

VEDOVELLO, R. **Zoneamentos Geotécnicos Aplicados à Gestão Ambiental, a Partir De Unidades Básicas de Compartimentação - UBCs**. 2000. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

VERGARA, M. L. **Manual de Fotogeologia**. Publicaciones Cientificas de La Junta de Energia Nuclear. Madrid (Spain), 1971, p. 287.

VRIELYNCK, B.; BOUSSE, P. **The Changing Face of the Earth**. Unesco Publishing - Comission fot the Geological Map of the World. Paris, France, 2003. p. 30.

WERNICK, E. **Rochas Magmáticas: Conceitos Fundamentais e Classificação Modal, Química, Termodinâmica e Tectônica**. Editora UNESP. São Paulo (SP), 2004, p. 655.

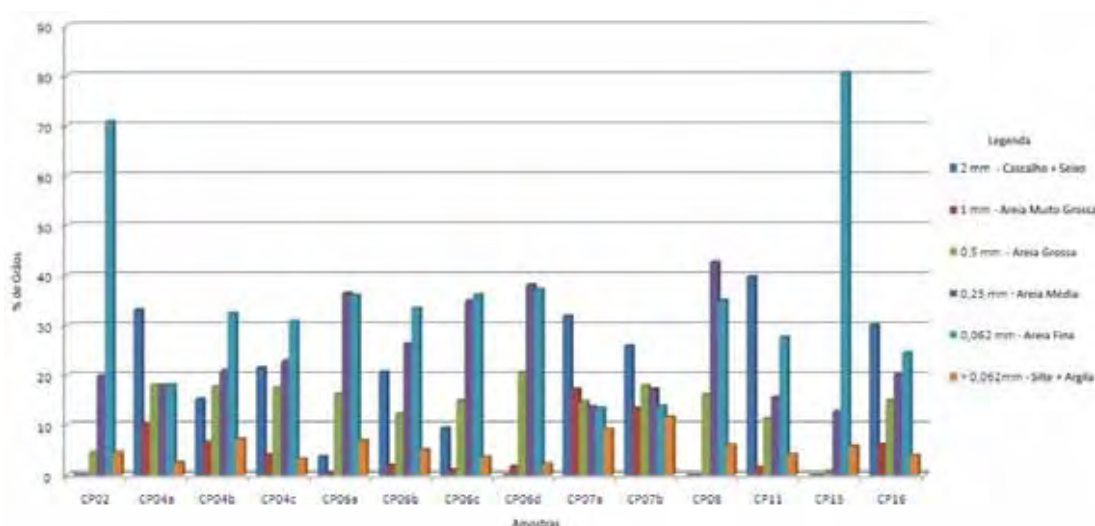
**APÊNDICES**  
**E**  
**ANEXOS**

## APÊNDICE 1 - Caracterização Granulométrica

A análise granulométrica feita a seco, apresentada na tabela A1 e na figura A1, mostra uma predominância granulométrica arenosa para as amostras, tendo uma distribuição relativamente homogênea dentro desta fração para a maioria das amostras, excetuando as amostras CP02 e CP15, que mostram uma predominância de areia fina. E as amostras CP04a,b,c e CP07a,b possuem uma quantidade considerável de cascalhos e seixos.

**Tabela A1.** Resultado da análise granulométrica (a seco) das amostras.

Amostra	Cascalho + Seixos 2 mm	Areia Muito Grossa 1 mm	Areia Grossa 0,5 mm	Areia Média 0,25 mm	Areia Fina 0,062 mm	Silte + Argila > 0,062mm
CP02	--	--	4,60	19,90	70,90	4,60
CP04a	33,05	10,16	18,10	18,05	18,13	2,51
CP04b	15,19	6,53	17,70	20,88	32,50	7,20
CP04c	21,50	4,13	17,50	22,80	30,85	3,22
CP06a	3,73	0,47	16,30	36,52	36,06	6,92
CP06b	20,74	2,07	12,33	26,37	33,40	5,09
CP06c	9,44	1,00	14,92	34,85	36,14	3,65
CP06d	--	1,73	20,70	38,12	37,20	2,25
CP07a	31,90	17,15	14,71	13,68	13,40	9,16
CP07b	25,9	13,37	17,93	17,25	13,87	11,68
CP08	--	--	16,22	42,70	34,98	6,10
CP11	39,74	1,48	11,30	15,60	27,60	4,28
CP15	--	--	0,72	12,72	80,67	5,89
CP16	30,11	6,20	14,95	20,20	24,56	3,98



**Figura A1.** Representação gráfica da distribuição granulométrica das amostras (feita a seco).

## APÊNDICE 2 - Caracterização por Análises Químicas (Fluorescência de Raios X)

As amostras selecionadas por difração de raios X foram analisadas por fluorescência de raios X, para os elementos maiores (tabela A2) a fim de se obterem os índices intempéricos apresentados na tabela A3.

**Tabela A2.** Análises químicas das amostras selecionadas em % de óxidos.

Amostra	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI
CP02	77,51	3,67	4,81	10,47	0,09	0,05	0,04	0,06	0,01	0,07	3,20
CP03	91,05	0,28	5,13	1,32	0,02	0,01	0,03	0,07	0,04	0,03	2,02
CP07a	29,13	6,96	23,72	24,50	0,15	0,63	0,07	0,04	0,18	0,31	14,31
CP07b	28,27	7,35	25,44	24,11	0,14	0,65	0,06	0,04	0,18	0,29	13,47
CP08	35,08	6,61	22,19	20,84	0,30	1,79	0,51	0,08	0,57	0,45	11,58
CP10	73,05	2,19	10,33	8,31	0,07	0,11	0,04	0,08	0,11	0,08	5,63
CP11	71,62	1,96	11,51	5,33	0,10	1,69	0,12	0,14	2,61	0,11	4,81
CP16	28,06	8,33	23,88	26,83	0,16	0,31	0,14	0,04	0,05	0,27	11,93

**Tabela A3.** Índices intempéricos (Ki e Kr) das amostras selecionadas.

Classificação do Solo	Amostra	Índices Intempéricos	
		Ki	Kr
Neossolo Quartzarênico/Regolítico Háptico Cambissólico	CP02	27,40	11,47
Neossolo Quartzarênico/Regolítico Háptico Cambissólico	CP03	30,17	25,92
Nitossolo Vermelho	CP07a	2,08	1,25
Nitossolo Vermelho	CP07b	1,88	1,17
Latossolo Vermelho Amarelo	CP08	2,68	1,68
Neossolo Flúvico	CP10	12,02	7,94
Plintossolo	CP11	10,57	8,16
Cambissolo Sesquioxídico (com contribuição de basalto/diabásio)	CP16	2,00	1,16

### APÊNDICE 3 - Caracterização da Porosidade

A porosidade calculada para as amostras está representada na tabela A4, com a indicação das densidades aparente e real.

**Tabela A4.** Porosidade das amostras.

<b>Amostra</b>	<b>Densidade Aparente</b>	<b>Densidade Real</b>	<b>Porosidade (%)</b>
CP02	1,57	2,778	43
CP04a	1,01	2,330	56
CP04b	0,90	2,697	66
CP04c	1,07	2,456	56
CP06a	1,39	2,640	47
CP06b	1,15	2,517	54
CP06c	1,03	2,486	60
CP06d	0,98	2,635	60
CP07a	0,91	2,434	62
CP07b	1,02	2,603	60
CP08	1,14	2,450	56
CP11	1,27	2,390	46
CP15	1,35	2,664	49
CP16	1,00	2,500	60

## APÊNDICE 4 - Caracterização por Microscopia Óptica

As rochas encontradas na área de estudo foram caracterizadas em campo, e também por microscopia óptica. A descrição microscópica segue a baixo.

*Amostra CP01 – Rocha: Diabásio (A4.1.), intrusiva básica relacionada a Formação Serra Geral.*

Textura: fanerítica média.

Composição mineralógica e estimativa modal:

Plagioclásio: 55%

Opacos: 15%

Anfibólio: 10%

Óxidos de Fe: 10%

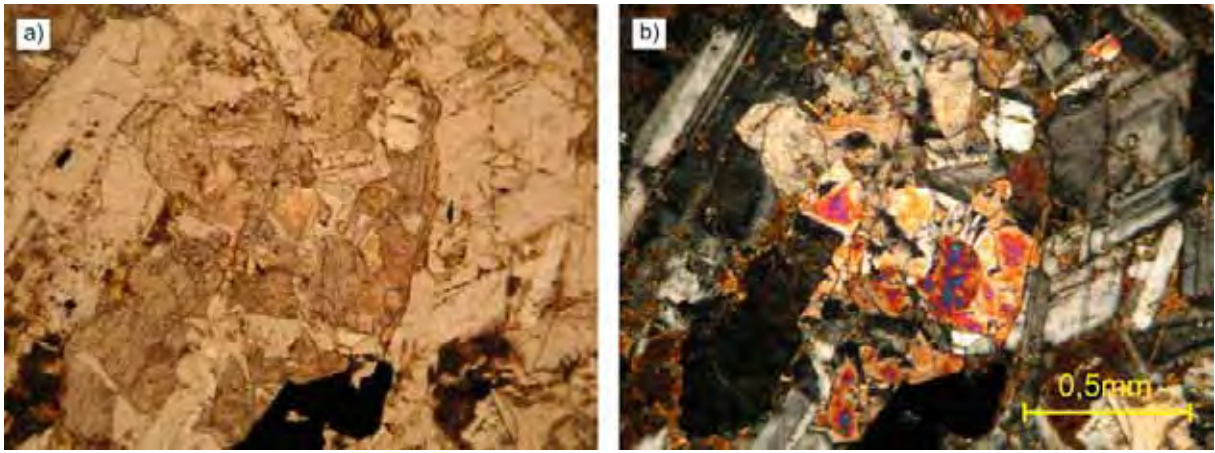
Piroxênio: 10%

O piroxênio ocorre com coloração em tons de marrom claro, hábito granular a prismático, com clivagem prismática, com ângulos basais que se interceptam a aproximadamente 90°, relevo alto, os piroxênios estão alterados, exibindo feições de urilitização (alteração em anfibólios), possuem um tamanho de aproximadamente 0,5mm.

Os anfibólios possuem cor verde acastanhada, com hábito prismático tabular, possuem clivagem prismática com duas direções que se interceptam a aproximadamente 120°, possuem um tamanho de aproximadamente 2,5mm. Os óxidos de Fe, ocorrem no contato de alguns cristais de plagioclásios e anfibólios.

Os plagioclásios, compõe a maior parte da lâmina, são incolores e por vezes turvos por alteração, possuem hábito colunar bem eudral, apresentam macla polissintética, seguindo a lei da albita, aplicando o método de identificação de Michel-Levi têm se a indicação de que trata-se de andesina. Estes minerais possuem tamanho em média de 2 mm.

Os minerais opacos, provavelmente magnetita e hematita, ocorrem com hábito eudral a sub edral, dispersos pela lâmina, com tamanho de aproximadamente 1 mm em média.



**Figura A4.1.** Diabásio da Formação Serra Geral. a) polarizadores descruzados. b) polarizadores cruzados.

*Amostra CP12r – Rocha: Basalto (A4.2.), Formação Serra Geral.*

Textura: Anfanítica Grossa.

Composição mineralógica e estimativa modal:

Plagioclásio: 50%

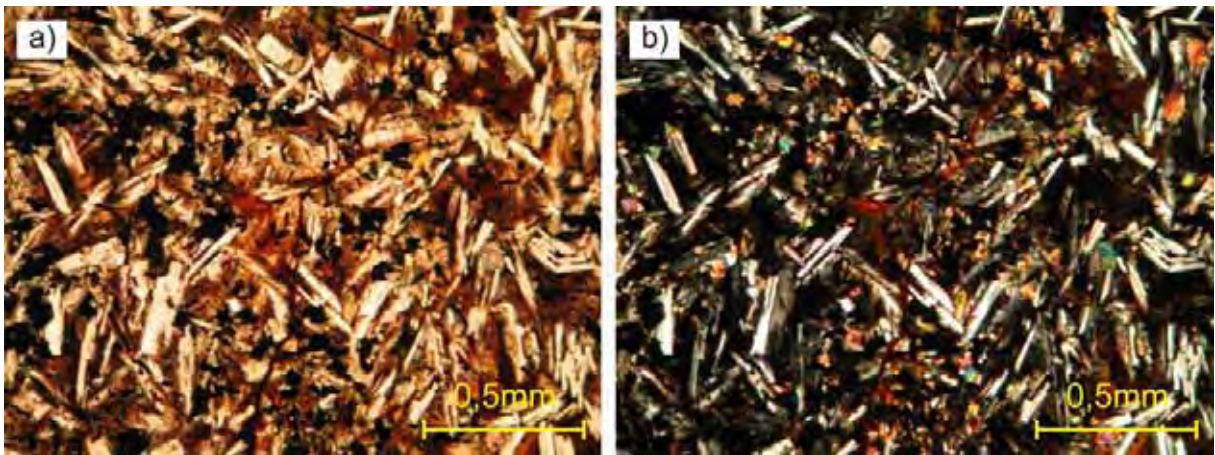
Opacos: 20%

Anfibólio: 10%

Óxidos de Fe: 10%

Piroxênio: 10%

Os plagioclásios, como na amostra anterior, compõe a maior parte da lâmina, são incolores e por vezes turvos por alteração, possuem hábito colunar bem eudral, apresentam macla polissintética, seguindo a lei da albita, aplicando o método de identificação de Michel-Levi têm se a indicação de que trata-se de labradorita. Estes minerais possuem tamanho em média de 0,5 mm. Os piroxênios e anfibólios ocorrem compondo a matriz da lâmina, ambos com diâmetro de aproximadamente 1 mm, são subedrais. Os óxidos de Fe, ocorrem preenchendo fraturas na lâmina e os minerais opacos ocorrem dispersos na lâmina, sendo anedrais a subedrais, com diâmetro variável em torno de 0,2 a 0,3 mm.



**Figura A4.2.** Basalto da Formação Serra Geral. **a)** polarizadores descruzados. **b)** polarizadores cruzados.

*Amostra CP09 – Rocha (horizonte Cr): Arenito (Figura A4.3.), Formação Itaqueri.*

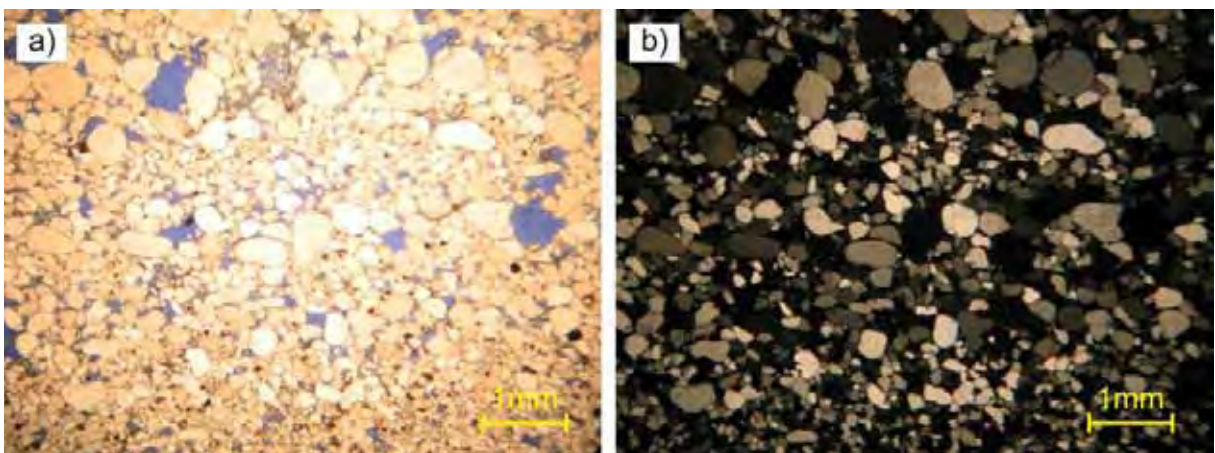
Composição mineralógica e estimativa modal:

Quartzo: 90%

Traços: 2% (apatita, opacos)

Porosidade aparente: 8%

O quartzo ocorre com granulometria (diâmetro aparente do grão) que varia de 0,1 a 1 mm, sendo a rocha mal selecionada dentro dessa variação granulométrica, na lâmina se observam grãos alongados (baixa esfericidade) e bem arredondados, esse tipo de grão compõe cerca de 70% da lâmina, grãos sub arredondados com alta esfericidade compõe cerca de 20% da lâmina e grãos sub angulosos com alta esfericidade compõe cerca de 10% da lâmina.



**Figura A4.3.** Arenito da Formação Itaquerí, impregnado com corante azul. **a)** polarizadores descruzados. **b)** polarizadores cruzados.

*Amostra CP13 – Rocha: Arenito (figura A4.4.), Formação Botucatu.*

Composição mineralógica e estimativa modal:

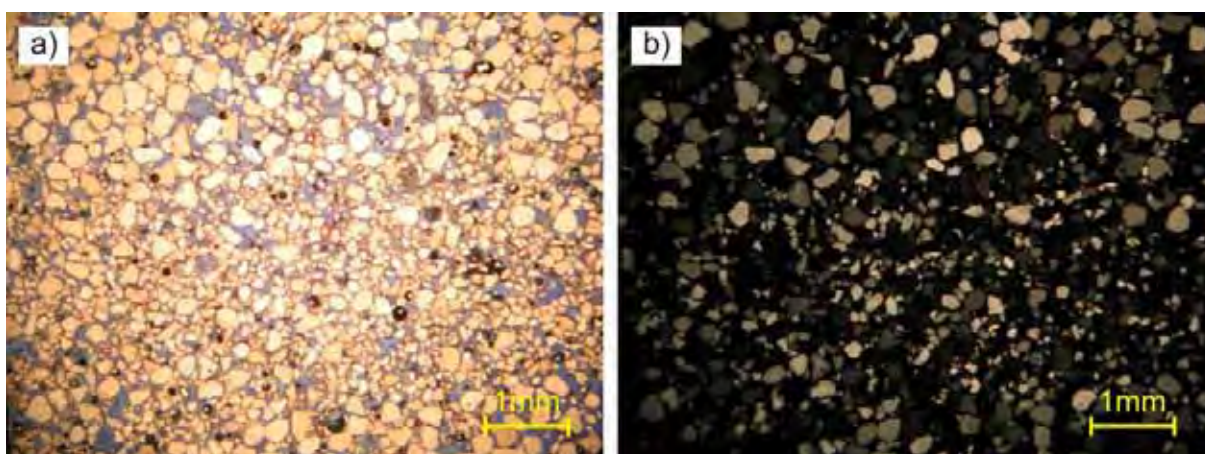
Quartzo: 84%

Traços: 1% (turmalina)

Porosidade aparente: 15%

Os grãos de quartzo ocorrem bem selecionados em duas frações granulométricas, uma que varia de 0,1 a 0,2 mm (aproximadamente 40% dos grãos) e outra que possui 0,5 mm (aproximadamente 60% dos grãos), em torno de 90% dos grãos são bem arredondados com esfericidade média e 10% dos grãos são sub arredondados também com esfericidade média.

A turmalina ocorre como traço, estando presente com hábito prismático, coloração verde clara e tamanho de aproximadamente 0,1 mm.



**Figura A4.4.** Arenito da Formação Botucatu, impregnado com corante azul. **a)** polarizadores descruzados. **b)** polarizadores cruzados.

*Amostra CP14 – Rocha: Arenito (figura A4.5.), Formação Botucatu.*

Composição mineralógica e estimativa modal:

Quartzo: 81%

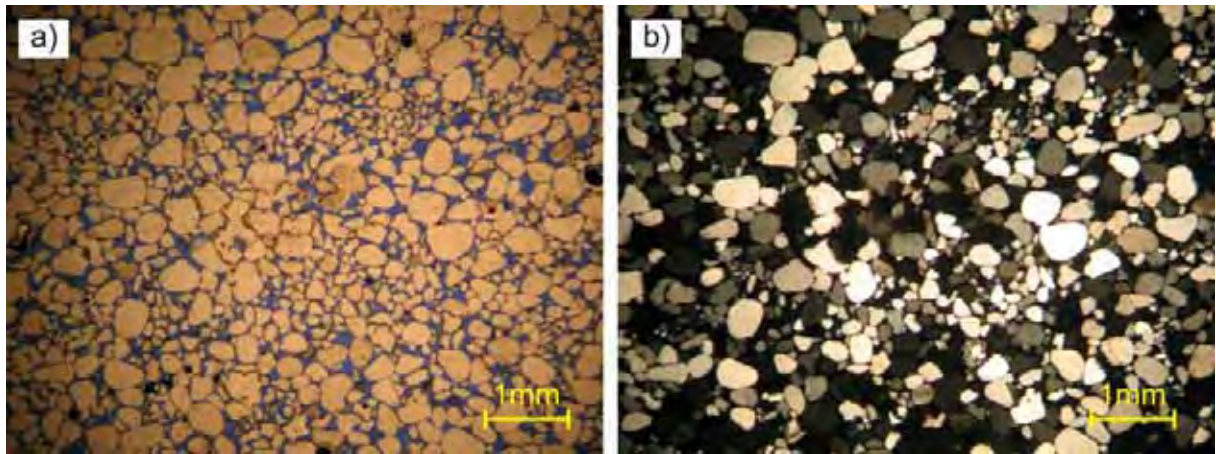
Traços: 1% (turmalina)

Porosidade aparente: 18%

Os grãos de quartzo ocorrem bem selecionados em duas frações granulométricas, uma que varia de 0,1 a 0,3 mm (aproximadamente 40% dos grãos) e outra que possui 1,5 mm (aproximadamente 60% dos grãos), em torno de 80% dos grãos são bem arredondados com

esfericidade média, 18% dos grãos são sub arredondados também com esfericidade média e 2% dos grãos são angulosos com esfericidade média.

A turmalina ocorre como traço, estando presente com hábito prismático, coloração verde clara e tamanho de aproximadamente 0,1 mm.



**Figura A4.5.** Arenito da Formação Botucatu, impregnado com corante azul. **a)** polarizadores descruzados. **b)** polarizadores cruzados.

## ANEXO 1 – Relação das cartas topográficas utilizadas no trabalho.

**Tabela 1.** Relação das cartas topográficas utilizadas no trabalho, sendo CA – Datum Córrego Alegre (MG), MI – Datum Marégrafo Imbituba – SC.

<b>Carta Topográfica</b>	<b>Identificação da folha</b>	<b>Escala</b>	<b>Datum horizontal</b>	<b>Datum Vertical</b>	<b>Meridiano de referência</b>
Pedregulho	SF-23-V-A-II-3	1:50.000	CA	MI	45° W Gr.
Jeriquara	SF-23-V-A-I-4	1:50.000	CA	MI	45° W Gr.
015-095	SF-23-V-A-II-3-NE-F	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Caititu	SF-23-V-A-II-3-SO-C	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Claraval	SF-23-V-A-II-3-SE-B	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Cond. Belvedere dos Cristais	SF-23-V-A-II-3-SO-D	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Córrego das Goiabas	SF-23-V-A-II-3-SE-A	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Córrego do Indaiá	SF-23-V-A-II-3-NO-C	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Córrego das Paineiras	SF-23-V-A-I-4-NE-D	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Córrego do Oriente	SF-23-V-A-I-4-NE-F	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Córrego do Quirino	SF-23-V-A-I-4-SE-B	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Córrego São João	SF-23-V-A-II-3-NO-B	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Córrego Taquara	SF-23-V-A-II-3-NE-E	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Cristais Paulista	SF-23-V-A-II-3-SO-B	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Fazenda Sta. Paula	SF-23-V-A-II-3-SE-D	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Franca 1	SF-23-V-A-II-3-SO-F	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Morro do Mouchão	SF-23-V-A-II-3-NE-B	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.

Ribeirão Água Limpa do Indaiá	SF-23-V-A-II-3-NO-D	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Ribeirão do Japão	SF-23-V-A-II-3-SO-A	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Ribeirão da Prata	SF-23-V-A-II-3-NE-D	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Ribeirão Pouso Alegre	SF-23-V-A-II-3-SE-C	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Ribeirão Corrente	SF-23-V-A-I-4-SE-D	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Ribeirão do Salgado	SF-23-V-A-II-3-SO-E	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Santa Maria	SF-23-V-A-II-3-NO-E	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Serra da Faquinha	SF-23-V-A-II-3-NE-A	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Serra do Indaiá	SF-23-V-A-II-3-NE-C	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.
Vila Chave da Taquara	SF-23-V-A-II-3-NO-F	1:10.000	CA	MI	45° W Gr.