

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

**UMA CONTRIBUIÇÃO AO CONHECIMENTO GEOMORFOLÓGICO  
DA REGIÃO DE CÁSSIA, SUDOESTE DO ESTADO DE MINAS  
GERAIS.**

Samia de Moura Passarella

Orientador: Prof. Dr. Norberto Morales

Dissertação de Mestrado elaborada junto  
ao Programa de Pós-Graduação em  
Geociências – Área de Concentração em  
Geologia Regional, para obtenção do  
Título de Mestre em Geociências.

Rio Claro – SP  
2009

551.4a Passarella, Samia de Moura  
P286c Uma contribuição ao conhecimento geomorfológico da  
região de Cássia sudoeste do estado de Minas Gerais / Samia  
de Moura Passarella. - Rio Claro : [s.n.], 2009  
95 f. : il., figs., fots. + mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Orientador: Norberto Morales

1. Geomorfologia. 2. Compartimentação geomorfológica.  
3. Faixa Brasília. 4. Bacia do Paraná. 5. Relevo residual. 6.  
Geomorfologia estrutural. I. Título

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

## **COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Norberto Morales  
(IGCE/UNESP)

---

Profª Dra Cenira Lupinaci  
(IGCE/UNESP)

---

Prof. Dr. Mario Lincoln de Carlos Etchebehere  
(UNG)

## **SUPLENTE**

Prof. Dr. Manoel Luis dos Santos  
(UEM-PR)

Prof. Dr. José Eduardo Zaine  
(IGCE-UNESP)

---

## **ALUNA**

Samia de Moura Passarella  
Rio Claro (SP), 05 de março de 2009

***“A maior glória não é ficar de pé, mas levantar-se cada vez que cai.”***  
**(Confúcio 551 a 479 a. C.)**

***Dedico esta dissertação aos meus avós Darcílio e Cinyra, e meus amigos  
Kokubun e Clarice.***

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de deixar registrado o meu reconhecimento e gratidão a todos que colaboraram com a realização deste trabalho e que me perdoem os que não foram citados de forma particular, mas acredito que as trocas de conhecimento e amizade que obtive nesses anos de trabalho merecem ser mais que reconhecidas apenas em simples paginas desta dissertação e por isso me limito a agradecer-los de forma geral.

A CNPq agradeço o apoio financeiro com o projeto (CNPq – Processo 471398/2006-3 - Edital Universal) e a concessão da bolsa de mestrado.

A instituição Universidade Estadual Paulista-UNESP (campus de Rio Claro) e ao Programa de Pós-Graduação em Geologia Regional por todo o universo de conhecimento oferecido e que me foi permitido explorar.

Ao professor Dr. Norberto Morales, agradeço imensamente o cuidadoso trabalho de orientação e o tempo despendido nas saídas de campo, discussões, correções e sugestões que sempre foram muito construtivas para o meu crescimento acadêmico e profissional.

A professora Dra. Cenira Lupinacci, pela amizade, pelo acompanhamento de meu trabalho e pela forma didática a qual me ensinou e introduziu aos conhecimentos geomorfológicos.

Ao professor José Eduardo Zaine, pelas contribuições e atenção oferecidas a este trabalho.

Aos professores do programa de pós-graduação pelas disciplinas muito bem ministradas.

As queridas Rôsangela, Andréia e Angela por toda a atenção, competência e prestatividade que sempre tiveram comigo.

Ao casal Marli Carina e Luis Felipe Ribeiro, pela amizade e por me ajudarem na confecção desta dissertação.

Aos Doutorandos Iata Anderson, Fabrício Conradini, Sydney Kuerten e aos mestrandos André De Mario, Matheus Vidotti, Jéferson Cassu Manzano e Hiran Zani pela ajuda com a parte técnica de meu trabalho.

Ao graduando e amigo muito querido, José Eduardo Sartori (Samy), pelas trocas de informações, saídas de campo, trabalhos conjuntos e ótimas conversas.

Aos companheiros, amigos e freqüentadores assíduos do Prédio do Programa de Pós Graduação em Geociências-Hans Dirk Hebert, por passarem por quase todas as etapas de meu trabalho fazendo parte de meu dia a dia.

Ao Doutorando, namorado e amigo, Cleber José Soares pela “paciência”, apoio, atenção e carinho.

A minha família que me forneceu estrutura e perseverança para que eu trilhasse e alcançasse os meus objetivos qual quer que fossem eles.

E especialmente ao grande amor de minha vida, meu pai querido, que sempre está do meu lado aonde quer que eu esteja sempre me fazendo sentir que sou capaz, acompanhando com atenção todos os meus passos e acima de tudo sendo o pai maravilhoso, implicante e atrapalhado que é.

## SUMÁRIO

|                                                                         |                               |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>                                               | <b>1</b>                      |
| 1.1-Justificativa .....                                                 | 2                             |
| 1.2-Objetivos .....                                                     | 3                             |
| 1.3-Localização da área de estudo e acesso .....                        | 4                             |
| <b>2. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>                                     | <b>5</b>                      |
| 2.1-Levantamento bibliográfico.....                                     | 5                             |
| 2.2-Confeção dos mapas .....                                            | 5                             |
| 2.3-Mapa de rede de drenagem .....                                      | 5                             |
| 2.4-Mapa topográfico.....                                               | 6                             |
| 2.5-Mapa de feições de relevo e de compartimentação geomorfológica..... | 6                             |
| 2.6-Mapa geológico .....                                                | 7                             |
| 2.7-Fotointerpretação .....                                             | 7                             |
| 2.8-Trabalhos de campo.....                                             | 8                             |
| 2.9-Tratamento e integração dos dados .....                             | 8                             |
| <b>3. CONCEITOS E TERMINOLOGIAS .....</b>                               | <b>8</b>                      |
| 3.1-Morfoestrutura e morfotectônica .....                               | 8                             |
| 3.2-Relevos tectônicos .....                                            | 9                             |
| 3.2.1-Relevos associados a falhas.....                                  | 10                            |
| 3.3-Drenagem: padrões e anomalias .....                                 | 13                            |
| 3.3.1-Padrões de drenagem.....                                          | 13                            |
| 3.3.2- Capturas de drenagem.....                                        | 13                            |
| 3.3.3-Anomalias de drenagem .....                                       | 15                            |
| <b>4. CONTEXTO GEOLÓGICO .....</b>                                      | <b>16</b>                     |
| 4.1-Quadro geológico regional.....                                      | 16                            |
| 4.1.1-Complexo Campos Gerais .....                                      | Erro! Indicador não definido. |
| 4.1.2-Faixa Brasília.....                                               | 19                            |
| 4.1.3-Faixa Brasília Meridional (FBM) .....                             | 19                            |
| 4.1.4-Grupo Canastra.....                                               | 20                            |
| 4.1.5-Grupo Araxá .....                                                 | 20                            |

## SUMÁRIO

|                                                                |                                      |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>4.2.-Bacia Sedimentar do Paraná .....</b>                   | <b>21</b>                            |
| 4.2.1-Origem e Evolução.....                                   | 21                                   |
| <b>4.3-Quadro Geológico Local. ....</b>                        | <b>24</b>                            |
| 4.3.1-Complexo Campos Gerais.....                              | 24                                   |
| 4.3.2-Sequência Vulcano-Sedimentar Morro do Ferro.....         | 25                                   |
| 4.3.3-Metassedimentos do Grupo Araxá .....                     | 26                                   |
| 4.3.4-Zona de Falha de Cássia .....                            | 27                                   |
| 4.3.5-Bacia do Paraná .....                                    | 28                                   |
| <b>5. CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO .....</b>                        | <b>31</b>                            |
| <b>5.1-Geomorfologia regional .....</b>                        | <b>31</b>                            |
| I - Domínio do escudo exposto .....                            | 31                                   |
| II - Remanescentes de cadeias dobradas.....                    | 31                                   |
| III - Bacias e coberturas sedimentares do paraná.....          | 32                                   |
| <b>6. GEOMORFOLOGIA DA ÁREA .....</b>                          | <b>33</b>                            |
| <b>6.1- Análise do Relevo .....</b>                            | <b>33</b>                            |
| <b>Compartimento I - Planaltos Residuais Cuestiformes.....</b> | <b>34</b>                            |
| <b>Compartimento II - Patamares da Canastra .....</b>          | <b>44</b>                            |
| Relevo residual relacionado às rochas sedimentares .....       | 45                                   |
| Relevo residual controlado por rochas pré-cambrianas .....     | 50                                   |
| Serras do Chapadão e da Fortaleza: .....                       | 51                                   |
| A Serra do Itaú.....                                           | 56                                   |
| Zona de Falha de Cássia .....                                  | 58                                   |
| <b>Compartimento III - Planalto de Varginha .....</b>          | <b>62</b>                            |
| <b>6.2-Análise da rede de drenagem.....</b>                    | <b>Erro! Indicador não definido.</b> |
| <b>6.2.1-Lineamentos .....</b>                                 | <b>66</b>                            |
| <b>7. DISCUSSÃO .....</b>                                      | <b>69</b>                            |
| <b>8. CONCLUSÕES.....</b>                                      | <b>80</b>                            |
| <b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                     | <b>84</b>                            |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                 |                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Figura 5.1.</b> Mapa de compartimentação geomorfológica regional baseado no projeto Radambrasil (1983). .....                                                                                                | <b>Erro! Indicador não definido.</b> |
| <b>Figura 6.1.</b> Modelo Digital do Terreno montado com bases nas imagens SRTM, com indicação da hipsometria e compartimentação geomorfológica da área de estudo. ....                                         | 37                                   |
| <b>Figura 6.2.</b> Mapa de compartimentos com indicação e destaque das principais feições de relevo analisadas neste estudo.....                                                                                | 38                                   |
| <b>Figura 6.3.</b> Perfil topográfico evidenciando a passagem do compartimento 1 para o 2, através da escarpa erosiva (sobreelevação de 6X). .....                                                              | 41                                   |
| <b>Figura 6.4.</b> Perfil esquemático do compartimento “Planaltos Residuais Cuestiformes” e seus respectivos litotipos dispostos em camadas horizontais a sub-horizontais. <b>Erro! Indicador não definido.</b> |                                      |
| <b>Figura 6.5.</b> Modelo digital do terreno com hipsometria destacando a região do Planalto de Franca, a presença de escarpas erosivas, as cristas alinhadas e a Falha de Cássia. ....                         | 45                                   |
| <b>Figura 6.6.</b> Perfil Topográfico evidenciando feições residuais relacionadas tanto a rochas sedimentares (Morro Testemunho) quanto a rochas metamórficas (Serra do Chapadão) com sobrelevação de 8X. ....  | 47                                   |
| <b>Figura 6.7.</b> MDT com indicações de exemplos de relevo residual, zona periclinal e de cristas alinhadas. O destaque na imagem é para o Sinformal do Chapadão. ....                                         | 53                                   |
| <b>Figura 6.8.</b> Fotografia aérea ressaltando a Serra do Chapadão e as feições de destaque geomorfológico. ....                                                                                               | <b>Erro! Indicador não definido.</b> |
| <b>Figura 6.9.</b> Mapa dos padrões de rede de drenagem da área de estudo evidenciando o padrão de drenagem treliça na região do Chapadão.....                                                                  | 56                                   |
| <b>Figura 6.10.</b> Mapa Geológico Estrutural da Serra da Fortaleza e do Chapadão, Morales (1993).....                                                                                                          | 58                                   |
| <b>Figura 6.11.</b> Fotografia aérea registrando a Antiforma de Itaú.....                                                                                                                                       | 59                                   |
| <b>Figura 6.12.</b> Sistema de drenagem com o padrão dendrítico ajustado com as cristas referentes à Antiforma do Itaú. ....                                                                                    | 60                                   |
| <b>Figura 6.13.</b> MDT referente à Zona de Falha de Cássia.....                                                                                                                                                | <b>Erro! Indicador não definido.</b> |
| <b>Figura 6.14.</b> Padrões de drenagem associados a Zona de Falha de Cássia, evidenciando anomalias. ....                                                                                                      | <b>Erro! Indicador não definido.</b> |

|                                                                                                                                                                                                                 |                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Figura 5.1.</b> Mapa de compartimentação geomorfológica regional baseado no projeto Radambrasil (1983). .....                                                                                                | <b>Erro! Indicador não definido.</b> |
| <b>Figura 6.1.</b> Modelo Digital do Terreno montado com bases nas imagens SRTM, com indicação da hipsometria e compartimentação geomorfológica da área de estudo. ....                                         | 37                                   |
| <b>Figura 6.2.</b> Mapa de compartimentos com indicação e destaque das principais feições de relevo analisadas neste estudo.....                                                                                | 38                                   |
| <b>Figura 6.3.</b> Perfil topográfico evidenciando a passagem do compartimento 1 para o 2, através da escarpa erosiva (sobreelevação de 6X). .....                                                              | 41                                   |
| <b>Figura 6.4.</b> Perfil esquemático do compartimento “Planaltos Residuais Cuestiformes” e seus respectivos litotipos dispostos em camadas horizontais a sub-horizontais. <b>Erro! Indicador não definido.</b> |                                      |
| <b>Figura 6.5.</b> Modelo digital do terreno com hipsometria destacando a região do Planalto de Franca, a presença de escarpas erosivas, as cristas alinhadas e a Falha de Cássia. ....                         | 45                                   |
| <b>Figura 6.6.</b> Perfil Topográfico evidenciando feições residuais relacionadas tanto a rochas sedimentares (Morro Testemunho) quanto a rochas metamórficas (Serra do Chapadão) com sobrelevação de 8X. ....  | 47                                   |
| <b>Figura 6.7.</b> MDT com indicações de exemplos de relevo residual, zona periclinal e de cristas alinhadas. O destaque na imagem é para o Sinformal do Chapadão. ....                                         | 53                                   |
| <b>Figura 6.8.</b> Fotografia aérea ressaltando a Serra do Chapadão e as feições de destaque geomorfológico. ....                                                                                               | <b>Erro! Indicador não definido.</b> |
| <b>Figura 6.9.</b> Mapa dos padrões de rede de drenagem da área de estudo evidenciando o padrão de drenagem treliça na região do Chapadão.....                                                                  | 56                                   |
| <b>Figura 6.10.</b> Mapa Geológico Estrutural da Serra da Fortaleza e do Chapadão, Morales (1993).....                                                                                                          | 58                                   |
| <b>Figura 6.11.</b> Fotografia aérea registrando a Antiforma de Itaú.....                                                                                                                                       | 59                                   |
| <b>Figura 6.12.</b> Sistema de drenagem com o padrão dendrítico ajustado com as cristas referentes à Antiforma do Itaú. ....                                                                                    | 60                                   |
| <b>Figura 6.13.</b> MDT referente à Zona de Falha de Cássia.....                                                                                                                                                | <b>Erro! Indicador não definido.</b> |
| <b>Figura 6.14.</b> Padrões de drenagem associados a Zona de Falha de Cássia, evidenciando anomalias. ....                                                                                                      | <b>Erro! Indicador não definido.</b> |

|                                                                                                                                                                                                                    |                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Figura 6.15.</b> Perfil topográfico evidenciando a dissecação diferencial entre os compartimentos 2 e 3 (sobrelevação 10x). .....                                                                               | 64                                   |
| <b>Figura 6.16.</b> Mapa da rede de drenagem destacando pelas cores seus respectivos padrões de drenagem. ....                                                                                                     | 67                                   |
| <b>Figura 6.17.</b> Mapa de lineamentos traçados sobre a rede de drenagem. ....                                                                                                                                    | 69                                   |
| <b>Figura 6.18.</b> Diagramas de roseta referentes ao comprimento e frequência acumulados dos lineamentos da área estudada, com intervalo de 10 graus. ....                                                        | 70                                   |
| <b>Figura 6.19.</b> Estereogramas referentes às medidas de fraturas (das cartas de Cássia e São Sebastião do Paraíso) extraídas do mapeamento geológico e estrutural do Projeto Cássia (Oliveira et al.,1983)..... | 70                                   |
| <b>Figura 7.2.</b> MDT com indicações de exemplos de relevo residual e de cristas alinhadas. O destaque na imagem é para os Morros da Angolinha e do Santana (1042) ao SW da Serra do Chapadão.....                | <b>Erro! Indicador não definido.</b> |
| <b>Figura 7.3.</b> Fotografia aérea destacando as feições Serra do Itambé e do Agapito, onde é possível conferir relevo residual e escarpas erosivas, facilmente reconhecidas nesta fotografia aérea.....          | <b>Erro! Indicador não definido.</b> |
| <b>Figura 7.4.</b> Fotografia aérea da feição do Chapadão, com a intenção de destacar a forma triangular das suas vertentes. ....                                                                                  | <b>Erro! Indicador não definido.</b> |
| <b>Figura 7.5.</b> Fotografia aérea destacando cristas alinhadas em direção a porção N da Serra da Fortaleza referentes ao compartimento “Planalto Varginha”.....                                                  | <b>Erro! Indicador não definido.</b> |
| <b>Figura 7.6.</b> Mapa topográfico assinalado com feições de relevo, dando destaque para o alinhamento da Serra do Itambé.....                                                                                    | 80                                   |

## ÍNDICE DE FOTOS

|                                                                                                                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Foto 6.1.</b> Visada dando destaque às variações de relevo contidas no compartimento “Planaltos Residuais Cuestiformes” das escarpas erosivas para uma superfície de aplainamento rebaixada (Ponto 4).....                           | 37 |
| <b>Foto 6.2.</b> Vista panorâmica destacando superfície de aplainamento (Ponto 31). <b>Erro! Indicador não definido</b>                                                                                                                 |    |
| <b>Foto 6.3.</b> Registros de lateritas da região de Franca (Ponto 26).....                                                                                                                                                             | 38 |
| <b>Foto 6.4.</b> Visada dando ênfase ao Planalto de Franca e relevos residuais, testemunhos da superfície de aplainamento Sul-Americana. Na porção rebaixada, a superfície de aplainamento de Patrocínio Paulista (Ponto 32). ....      | 39 |
| <b>Foto 6.5.</b> Foto referente à ilustração do perfil esquemático do compartimento “Planaltos Residuais Cuestiformes” (Ponto 34). .... <b>Erro! Indicador não definido.</b>                                                            |    |
| <b>Foto 6.6.</b> Escarpa sustentada por arenitos da Formação Botucatu (Ponto 37). <b>Erro! Indicador não definido.</b>                                                                                                                  |    |
| <b>Foto 6.7.</b> Escarpa sustentada por arenito da Formação Botucatu, destacando a estratificação cruzada de grande porte desta formação (Ponto 38)... <b>Erro! Indicador não definido.</b>                                             |    |
| <b>Foto 6.8.</b> Escarpas de erosão, marcando o limite entre os compartimentos I e II (Ponto1). <b>Erro! Indicador não definido.</b>                                                                                                    |    |
| <b>Foto 6.9.</b> Visada W para E para o Morro do Santana, relevo residual por rochas areníticas da Formação Aquidauna recobrimdo o embasamento pré-cambriano (Ponto 67).....                                                            | 45 |
| <b>Foto 6.10.</b> Relevo residual da área, sustentado por rochas areníticas da Formação Aquidauna recobrimdo o embasamento pré-cambriano. Ao fundo, percebe-se a escarpa erosiva limítrofe entre os compartimentos 1 e 2 (Ponto 7)..... | 46 |
| <b>Foto 6.11.</b> Coberturas sedimentares cenozóicas, com retrabalhamento de arenitos, basaltos e outras rochas (Ponto2). ....                                                                                                          | 47 |
| <b>Foto 6.12.</b> Coberturas sedimentares cenozóicas, com presença de clastos de tamanhos e formas variadas indicando transporte coluvial (Ponto 2). ....                                                                               | 47 |
| <b>Foto 6.13.</b> Sedimentos argilosos de coloração preta rico em matéria orgânica indicando possível depósito lacustre (Ponto 46). ....                                                                                                | 48 |
| <b>Foto 6.14.</b> Foto destacando uma brecha sedimentar similar a leque aluvial (Ponto 46).....                                                                                                                                         | 49 |
| <b>Foto 6.15.</b> Coberturas sedimentares cenozóicas, com presença de clastos de tamanhos e formas variadas indicando transporte coluvial (Ponto 48). ....                                                                              | 49 |
| <b>Foto 6.16.</b> Registro de lateritas imaturas nas proximidades de Capetinga (Ponto 39). ....                                                                                                                                         | 50 |

- Foto 6.17.** Foto panorâmica com visada de NE para SW exibindo a porção norte da Serra da Fortaleza (Ponto 60). ..... **Erro! Indicador não definido.**
- Foto 6.18.** Feições do tipo triangulares, definidas por camadas litológicas inclinadas, reconhecidas nos flancos das serras, na porção interna da sua confluência presentes na Serra do Chapadão (Ponto 64). ..... 55
- Foto 6.19.** Visada de N para S, onde se pode notar uma feição do tipo “*hogback*”, que sugere inclinação de camadas e a interpretação das estruturas inclinadas (Ponto 54). **Erro! Indicador não def**
- Foto 6.20.** Visada de W para E mostrando o compartimento “Planalto Varginha”, com morros alongados e fortemente orientados (Ponto 74). ..... 63
- Foto 6.21.** Visada SW para NE destacando o alinhamento de cristas sustentadas por gnaisses, referentes ao compartimento “Planalto Varginha”. Na porção W da foto nota-se a presença do Morro do Níquel (Ponto 70). ..... 64
- Foto 6.22.** Visada N para S destacando uma possível pediplanização dos terrenos pré-cambrianos (Ponto 74). ..... 64
- Foto 7.1.** Visada de SSW para NNE da escarpa e morro testemunho de topos achatados sustentados pelos basaltos da Formação Serra Geral e arenitos da Formação Botucatu, retratando o relevo residual do Planalto de Franca (Ponto 34). ..... **Erro! Indicador não definido.**
- Foto 7.2.** Visada para N de feições de escarpa e relevo residual com a cidade de Capetinga ao fundo, mostrando a passagem do compartimento “Relevos Residuais Cuestiformes” para os “Patamares da Canastra” (Ponto 36). ..... **Erro! Indicador não definido.**
- Foto 7.3.** Mesma visada da foto anterior, mostrando no primeiro plano afloramento de diabásios do *Sill* Borda da Mata (sustentando a escarpa), e os terrenos pré-cambrianos ao fundo (Ponto 36). ..... **Erro! Indicador não definido.**
- Foto 7.4.** Visada de E para W de relevo residual formado por rochas sedimentares, isolado em meio aos terrenos pré-cambrianos: Morro do Santana (Ponto 66). **Erro! Indicador não definido.**
- Foto 7.5.** Visada de E para W de relevo residual formado por rochas sedimentares isolados em meio aos terrenos pré-cambrianos: Morro da Angolinha (Ponto 67). **Erro! Indicador não definido.**
- Foto 7.6.** Visada de W para E mostrando exemplo de relevo associado às camadas inclinadas, com destaque para as formas triangulares das vertentes, resultando em padrões moderadamente assimétricos: Serra da Fortaleza (Ponto 64). ..... **Erro! Indicador não definido.**
- Foto 7.7.** Visada de W para E de relevo com pequena inclinação dos estratos conferido através da observação dos traços dos contatos entre as camadas nas encostas e vertentes, localmente formando estruturas que se assemelham aos *hogbacks* (Ponto 51). **Erro! Indicador não definido.**

- Foto 7.8.** Anomalias de relevo na forma de cristas alinhadas com visada NW-SE, semelhante às facetas trapezoidais, feições topográficas normalmente associadas a relevo de falhas (Ponto 22)..... 77
- Foto 7.9.** Brecha silicosa aflorando na região da Serra do Agapito, NW da área de estudo (Ponto 42). .....**Erro! Indicador não definido.**

**Foto 7.8.** Anomalias de relevo na forma de cristas alinhadas com visada NW-SE, semelhante às facetas trapezoidais, feições topográficas normalmente associadas a relevo de falhas (Ponto 22)..... 77

**Foto 7.9.** Brecha silicosa aflorando na região da Serra do Agapito, NW da área de estudo (Ponto 42). .....**Erro! Indicador não definido.**

## RESUMO

A região de Cássia, no sudoeste do estado de Minas Gerais, assim como a maior parte do sudeste brasileiro encontra-se fortemente afetada por processos intensos de denudação associados ao soerguimento de arcos e altos, deposição de sedimentos em bacias marginais e formação de bacias continentais. Onde os atributos que a tornam interessante para este trabalho seriam relacionados à diversidade de sua constituição geológica e geomorfológica que abrange tanto aos terrenos cristalinos pré-cambrianos quanto as rochas e sedimentos da borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná.

Estas rochas estão configuradas em um quadro evolutivo de embasamento pré-cambriano, com desenvolvimento de grande bacia de sedimentação, com diferentes ciclos desde o Permiano até o final do Cretáceo, que podem ser notados pela presença de relevo residual com testemunhos da superfície de aplainamento, a partir da qual se instalou o sistema de drenagem atual, com a influência de processos exógenos e endógenos.

Portanto neste trabalho foi possível caracterizar três diferentes tipos de compartimentos geomorfológicos determinados através da compartimentação das unidades de relevo com as estruturas geológicas, de forma a realçar feições de relevo, padrões e anomalias de drenagens, que são típicas de diferentes estruturas do substrato rochoso, sendo eles: Compartimento “Planaltos Residuais Cuestiformes”, “Patamares da Canastra” e “Planalto de Varginha”.

No compartimento “Planaltos Residuais Cuestiformes” as feições ostentam um padrão de acamamento que varia de sub-horizontal a horizontal e que por isso passam a refletir um relevo fortemente assimétrico, marcado pela homogeneidade de feições escarpadas e alinhadas.

Para o compartimento “Patamares da Canastra”, o relevo possui um acamamento associado a camadas inclinadas, e por isso gera um padrão de relevo que varia de moderado a levemente assimétrico, conferido por cristas alinhadas sustentadas por quartzitos.

E o compartimento “Planalto de Varginha” tem a disposição de seus litotipos verticalizados forma feições típicas de cristas retilíneas e alinhadas sustentadas pelos gnaisses (litologia mais resistente do compartimento).

Ambos os compartimentos refletem em suas feições eventos relacionados com o tectonismo da Zona de Falha de Cássia, faixa que segue desde a porção NW da cidade



de Cássia, até as proximidades da parte N da Serra da Fortaleza que reforça que a identidade morfológica do relevo atual, foi controlada pelas litologias e estruturas presentes, conferidos aos processos endógenos, e postumamente retrabalhada por processos exógenos.

**Palavras-chave:** compartimentação geomorfológica, região de cássia e geomorfologia estrutural

## ABSTRACT

The region of Cassia, in the southwestern state of Minas Gerais, and most of southeastern Brazil is strongly affected by processes of denudation associated with intense soerguimento of arches and high, deposition of sediments in marginal basins and formation of continental basins . Where the attributes that make it interesting for this work would be related to the diversity of its geomorphological and geological formation that includes both the land pre-Cambrian crystalline rocks and sediments on the eastern edge of the Paraná Sedimentary Basin.

These stones are set in an evolutionary framework of pre-Cambrian basement, with development of large sedimentation basin, with different cycles from the Permian to the end of the Cretaceous, which may be noticed by the presence of residual relief with examples of the planing surface, from which it installed the current drainage system, with the influence of exogenous and endogenous processes.

So this work has been possible to characterize three different types of geomorphologic compartments determined by the subdivision of units relevant to the geological structures in order to highlight features of topography, drainage patterns and anomalies of which are typical of different structures of the rocky substrate, and them: Compartment "Waste Cuestiformes Plateau," "levels of Canastra" and "Plateau of Varginha.

In compartment "Plateau Waste Cuestiformes" bearing the features of a standard lodging that ranges from sub-horizontal to horizontal and therefore will reflect an emphasis strongly asymmetric, marked by the homogeneity of craggy features and aligned.

For the compartment "levels of Canastra, the relief has a lodging associated with inclined layers, and therefore generates a pattern of relief that varies from moderate to slightly asymmetric, given by crests aligned supported by quartzites.

And the compartment "Plateau de Varginha" has the disposition of its vertical form litotipos typical features of the crystal aligned straight and supported by gnaisses (lithology more resistant compartment).

Both compartments reflect on their features events related to the tectonic zone of the failure of Cássia, track that follows from the NW portion of the city of Cássia, to the

vicinity of the N part of the Serra da Fortaleza, which reinforces the importance of the current morphological identity was controlled by the lithology and structures present, given to endogenous processes, and posthumously reworked by exogenous processes.

**Keywords:** geomorphological subdivision, region of cassia and structural geomorphology

## 1. INTRODUÇÃO

A Geomorfologia é uma ciência que tem por objetivo analisar as formas de relevo, buscando compreender as relações processuais pretéritas e atuais (Cassetti, 1994). Estudos que aplicam esta ciência e suas metodologias têm grande importância para a aquisição de conhecimentos básicos a respeito do meio físico e das relações do modelado superficial com as estruturas das rochas na dinâmica dos processos atuantes na configuração da paisagem. Conhecimentos a respeito da geomorfologia de uma região são essenciais para a preparação de estudos de uso e ocupação, principalmente porque a dinâmica superficial do terreno é fortemente controlada pela evolução mais recente da paisagem local.

No presente trabalho, é apresentado um estudo direcionado à investigação sobre a Geomorfologia da região de Cássia, no sudoeste de Minas Gerais, com aplicação de técnicas de compartimentação (Ponçano *et al.*, 1981; Radambrasil, 1983) voltadas às caracterizações das unidades de relevo e de drenagem, ao papel das estruturas existentes no maciço rochoso e procurando reconhecer como estas estruturas influenciaram na conformação do relevo daquela região.

A aplicação de estudos deste tipo em áreas do embasamento cristalino adjacentes às bordas de bacias sedimentares constitui-se em situação privilegiada para o reconhecimento do papel dos diferentes litotipos e estruturas do arcabouço litológico no controle da instalação da rede de drenagem, na instalação de processos erosivos *versus* deposicionais e na distribuição das coberturas superficiais. Permite reconhecer as principais formas de relevo e de drenagem, bem como interpretar os mecanismos responsáveis pelo desenvolvimento da paisagem naquele local. Para algumas situações, é possível reconhecer ainda que as estruturas presentes nas rochas atuaram ora de forma passiva, com sistemas de drenagem se acomodando e amoldando de acordo com a posição espacial destas estruturas, ora de forma ativa, modificando e promovendo a formação de anomalias de relevo e ou de drenagem. Este trabalho busca reconhecer situações diversas do controle do conjunto litologia e estrutura presentes no substrato rochoso e seu papel no desenvolvimento do quadro geomorfológico atual.

A aplicação das técnicas é decorrente da integração de materiais cartográficos diversos da área de estudo, buscando o reconhecimento de uma compartimentação geomorfológica sustentada pelo conhecimento do quadro geológico daquela região, enfatizado pela caracterização das diferentes situações de terrenos representados pelas rochas de bacias sedimentares e de seu embasamento metamorfizado, além da distribuição das coberturas

superficiais, sejam elas sedimentares ou de alteração. Desta forma, os resultados relacionados a este estudo nos darão subsídios para caracterizar cada compartimento de acordo com o papel das principais estruturas geológicas que atuaram no modelado da paisagem, visando colaborar com o entendimento da evolução geomorfológica na região.

### **1.1-Justificativa**

A maior parte do sudeste brasileiro encontra-se fortemente afetada por processos intensos de denudação associados ao soerguimento de arcos e altos, deposição de sedimentos em bacias marginais e formação de bacias continentais.

Esses eventos geológicos, ainda sob forte investigação pela termocronologia e geocronologia, têm se apoiado em áreas tradicionais de conhecimento como Geomorfologia, Geotectônica e Estratigrafia.

A região sul do estado de Minas Gerais torna-se interessante neste estudo por ser constituída por terrenos cristalinos adjacentes à Bacia do Paraná, apresentando um quadro evolutivo de embasamento pré-cambriano, com desenvolvimento de grande bacia de sedimentação, com diferentes ciclos desde o Permiano até o final do Cretáceo. Este quadro é representado pelas rochas magmáticas e metamórficas do Cráton do São Francisco a leste, bordejado pelas rochas metamórficas da Faixa Brasília, representada na área pelos grupos Araxá e Canastra, com quartzitos, xistos e gnaisses diversos. Na região, a Bacia do Paraná é representada pelos sedimentos do Grupo Itararé, das formações Pirambóia e Botucatu e pelos magmatitos da Formação Serra Geral.

No quadro evolutivo regional, é destacada a importância da atuação do Soerguimento do Alto Paranaíba, reativando a borda da bacia na região, promovendo a formação dos sedimentos neocretácicos correlatos da Bacia do Bauru na área e mesmo sedimentos mais jovens.

A região foi submetida a longo período de estabilidade tectônica, tendo permitido o desenvolvimento de extensa superfície erosiva aplainada que recobre os altos da Serra da Canastra na margem direita do Rio Grande, mas também com inúmeros testemunhos de relevo residual, na forma de mesas, piões, ou planalto descontínuo, presentes na margem esquerda deste mesmo rio. Esta superfície de aplainamento é conhecida como a Superfície-Sulamericana (King, 1956), sendo caracterizada pelo desenvolvimento de espesso perfil de alteração com presença de crostas endurecidas lateríticas ferruginosas.

Os aspectos geomorfológicos impressos na paisagem desta área constituem importante subsídio para o entendimento da evolução do modelado, considerado a partir do desenvolvimento da superfície de aplainamento, com instalação da rede de drenagem e escultura das formas de relevo, vinculada principalmente aos processos exógenos, mas com forte influência dos processos endógenos responsáveis pela reativação de falhas.

Assim, o conjunto litologia e estrutura presente no maciço rochoso se mostra como local ideal para o estudo destas feições, do papel de cada tipo na organização do relevo e na distribuição das principais formas, como será apresentado nesta dissertação.

## **1.2-Objetivos**

Os objetivos principais desta dissertação estão relacionados à obtenção dos traços geomorfológicos principais da região compreendida pelas cartas topográficas 1:50.000 do IBGE, buscando reconhecer os principais acidentes geomorfológicos, os padrões e elementos de relevo e de drenagem, associando-os com os conjuntos litológicos presentes na área. Além disso, foi buscada a comparação e associação dos padrões da paisagem com as estruturas geológicas presentes nas rochas, determinando quais e como elas contribuíram no modelado da paisagem da região e no desenvolvimento do quadro geomorfológico reconhecido. Para alcançar estes objetivos, foram caracterizadas as formas, os padrões e as anomalias de relevo e de drenagem, de modo a reconhecer padrões e correlação dos padrões com os conjuntos litológicos e com as estruturas presentes neste substrato rochoso.

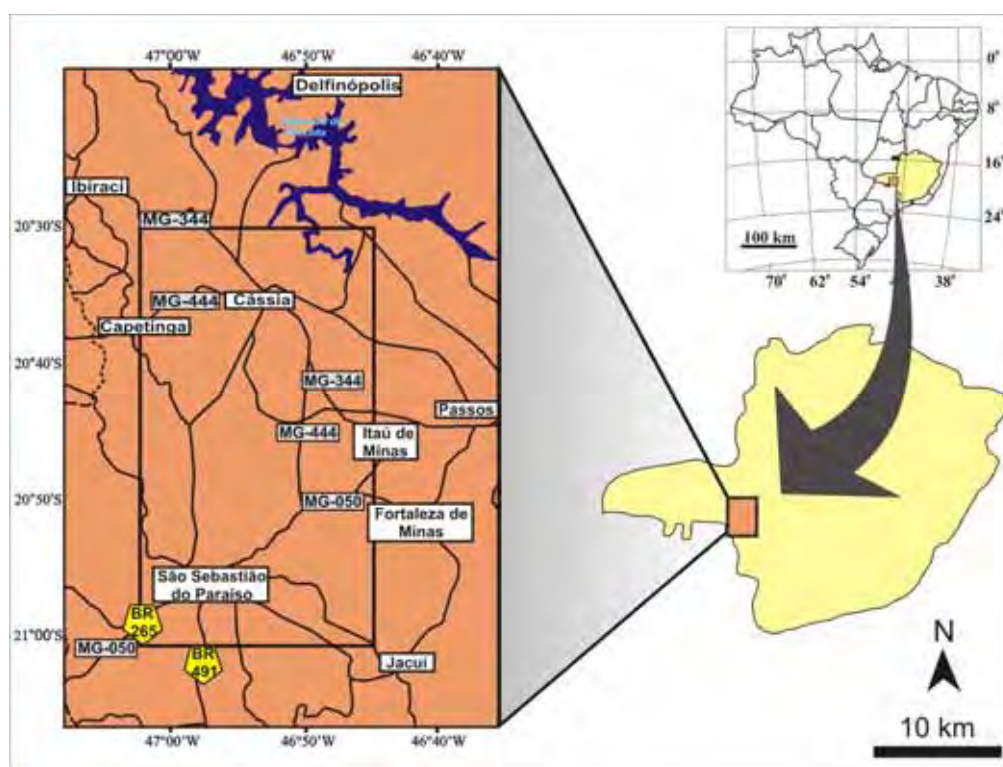
Para obter resultados a respeito desta padronização, procedeu à obtenção e análise dos seguintes produtos:

- mapa topográfico e de drenagem (a partir das cartas topográficas 1:50.000);
- modelo digital do terreno (a partir das imagens SRTM);
- caracterização de unidades de relevo, com destaque para as anomalias positivas (serras, cristas, morros alinhados e morros isolados);
- caracterização dos padrões, feições e anomalias de drenagem, com destaque para os linamentos e feixes de lineamentos, indicadores do padrão de fraturamento e das zoas de falhas;
- comparação entre as feições reconhecidas e as principais estruturas presentes nos maciços rochosos, presentes nas rochas sedimentares e metamórficas da área;

- integração e interpretação conjunta dos dados, de modo a elaborar um quadro de compartimentação geomorfológica da região.

### 1.3-Localização da área de estudo e acesso

A área investigada abrange a região compreendida por parte dos municípios de Cássia, São Sebastião do Paraíso, Itau de Minas, Ibiraci, Capetinga, Passos, Fortaleza de Minas e Jacuí, no sudoeste do estado de Minas Gerais, situada entre os paralelos 20°30' a 21°00' de latitude Sul e os meridianos de 47°00' a 46°45' de longitude Oeste (Figura 1.1).



**Figura 1.1** Mapa esquemático de localização da área de estudo, com indicação dos núcleos urbanos e das rodovias de acesso. (Fonte: Base cartográfica de mapas de rodovias GOOGLE 2007).

Essa área está situada na porção sul do estado de Minas Gerais, que abrange tanto uma região de cobertura sedimentar com contribuição de rochas magmáticas pertencente à Bacia do Paraná, quanto uma zona dominada por rochas metamórficas e com deformação tectônica, composta pelos grupos Araxá e Canastra.

Os principais acessos à área são feitos pela Rodovia MG-050, que liga São Sebastião do Paraíso a Passos, pela MG 344 e MG-444, que interligam as outras cidades da região. Além disso, um grande número de estradas secundárias facilita a locomoção pela área.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Os materiais utilizados e métodos aplicados ao desenvolvimento e suporte do trabalho, buscando alcançar os objetivos propostos, foram relacionados às atividades de revisão bibliográfica e trabalho com mapas e de campo para coleta de dados, sendo apresentados a seguir.

### **2.1-Levantamento bibliográfico**

O levantamento bibliográfico consistiu na pesquisa de artigos, dissertações, teses, livros e relatórios sobre metodologia, conceitos referentes ao tema, bem como o levantamento de informações geomorfológicas, geológicas e estruturais da área.

### **2.2-Confecção dos mapas**

Para a confecção dos mapas base foram utilizadas as cartas topográficas na escala 1:50.000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) dos municípios de: Cássia (Folha SF 23 V A VI 1) e São Sebastião do Paraíso (Folha SF 23 V A VI 3).

As folhas foram utilizadas para a preparação dos diversos mapas de drenagem e de topografia que deram suporte a esta pesquisa.

Os mapas foram todos desenhados e integrados no software ArcGIS 9.2, permitindo o seu rápido manuseio e integração. Como resultados, foram obtidos os mapas de drenagem, mapa topográfico, mapa de feições de relevo e mapa de compartimentação geomorfológica, com a finalidade de fundamentar e embasar a busca de dados para o desenvolvimento da pesquisa. Para a análise dos principais elementos tectônicos da paisagem foram elaborados mapas de lineamentos, padrões de drenagem e assinaladas em carta feições de destaque presentes no relevo. A distribuição dos principais conjuntos de rochas é apresentada no mapa geológico, com vistas à investigação de prováveis controles estruturais na preservação de depósitos superficiais, e possíveis indicadores de atividades neotectônicas.



### **2.3-Mapa de rede de drenagem**

O mapa da rede de drenagem foi elaborado a partir de cartas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na escala de 1:50.000. Posteriormente foi feito um trabalho de fotointerpretação que complementou informações a respeito dos traços de drenagem obtidos através das fotografias aéreas na escala de 1:60.000. Esses produtos foram integrados e no ambiente do software ARC.GIS-9.3, assim servindo de base para a análise da rede de drenagem adotada nesta dissertação.

Essa análise envolveu a caracterização dos diferentes padrões de drenagem a partir dos conceitos estabelecidos por Bishop (1995), juntamente com uma investigação detalhada das anomalias como capturas ou cotovelos de drenagem (anexos I, II, III). Também foi possível com esta análise conferir informações importantes a respeito dos principais traços de fraturas, permitindo assim uma análise macroscópica e reconhecimento do padrão de fraturamento e das principais zonas de fratura do maciço rochoso.

### **2.4-Mapa topográfico**

Os traços das curvas de nível também foram extraídos dos mapas do IBGE citados acima. As curvas foram ajustadas de uma folha para outra, de modo a constituírem linhas contínuas. Foram também utilizadas para a preparação do Modelo Digital do Terreno com atribuição de valores de cotas, e para a identificação das principais feições e padrão do relevo da área, bem como a caracterização de compartimentação local.

Para este mapa foram estabelecidas 6 classes altimétricas que permitem visualizar a variação altimétrica do relevo da área (Anexo IV).

### **2.5-Mapa de feições de relevo e de compartimentação geomorfológica**

O mapa de feições de relevo foi elaborado com base nas formas de relevo, caracterizando-se as principais províncias, as zonas e as unidades de relevo, através dos critérios apresentados por Almeida (1974), Ponçano *et al.*, (1981); Radambrasil (1983) e Meis (1984).

Resulta em uma distribuição de feições de relevo que, associadas ao modelo de elevação e ao quadro da rede de drenagem, ajuda a elaborar o mapa de compartimentação. Este produto foi elaborado a partir dos mapas de drenagem e de topografia, completado com os dados de fotointerpretação e trabalhos de campo. Com base no estudo da distribuição das coberturas superficiais e eventuais caracterizações do ambiente de sedimentação, foi possível o entendimento da evolução geomorfológica regional (anexo V).

## **2.6-Mapa geológico**

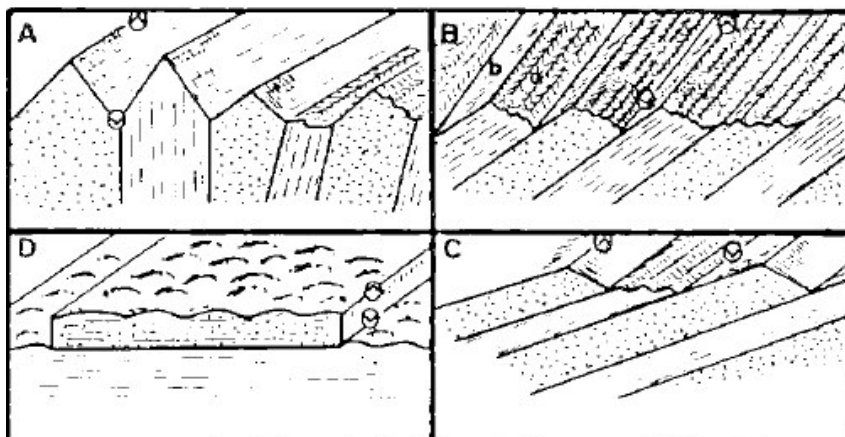
Para a distribuição dos principais conjuntos litológicos foi utilizado o mapa geológico, elaborado com base nos projetos Cássia e Alpinópolis, realizados nos anos de 1980 e 1981, (Oliveira, *et al.*, 1983) pela UNESP, em convênio com a CPRM. Mostra a distribuição dos principais litotipos ao longo da área, abrangendo os terrenos de rochas pré-cambrianas, os conjuntos sedimentares e magmáticos da Bacia do Paraná e completados com a distribuição das coberturas sedimentares. A integração dos dados geológicos foi revisada nos trabalhos de campo, com vistas à caracterização dos tipos de sedimentos que constituem as coberturas sedimentares superficiais. Estas feições são destaques ao longo das regiões com predomínio de rochas pré-cambrianas.

## **2.7-Fotointerpretação**

A fotointerpretação permitiu o reconhecimento das unidades de relevo, mostrando-se como ferramenta ideal para estudos deste tipo. Salienta-se sua importância na caracterização das anomalias de relevo e no mapeamento das coberturas sedimentares superficiais. As feições de drenagens retilíneas também são bastante evidentes, marcadas por sulcos retilíneos de fácil reconhecimento nas imagens aéreas.

Os critérios de análise das fotografias aéreas foram aqueles apresentados por Soares & Fiori (1976), conferido na figura 2.1, permitindo a separação em zonas homólogas a partir da feição de topia, resistência à erosão, perfil de encosta, permeabilidade e assimetria de relevo. A relação entre assimetria e estrutura das rochas mostrou-se muito consistente, possibilitando a caracterização dos diversos compartimentos e das feições anômalas associadas principalmente à inclinação das estruturas das rochas e sua resistência à erosão. Salienta-se que esta região fica interessante para a aplicação deste parâmetro, uma vez que entre as rochas de posição

horizontal, destacam-se os conjuntos da Bacia do Paraná; rochas inclinadas, que são destacadas pelas rochas pré-cambrianas, permitindo a caracterização de camadas inclinadas pelas formas das vertentes, ou mesmo camadas verticalizadas formando regiões de forte controle estrutural.



**Figura 2.1.** Representação esquemática das formas de relevo desenvolvidas em diferentes padrões de estrutura geológica e materiais diversos. Onde (A) corresponde a quebras positivas e relevo simétrico, (B) corresponde a quebras negativas e relevo fracamente assimétrico, (C) corresponde a relevos moderadamente assimétricos e (D) a relevos fortemente assimétricos (Soares & Fiori 1976).

## 2.8-Trabalhos de campo

Os trabalhos de campo foram realizados na região com o objetivo da caracterização das feições geomorfológicas (reconhecimento e documentação), do reconhecimento dos tipos litológicos principais e do levantamento de estruturas das rochas, com ênfase à caracterização e reconhecimento de falhas e do padrão de fraturamento do maciço rochoso.

## 2.9-Tratamento e integração dos dados

Os dados levantados foram alimentados em base de dados do ArcGIS, com o objetivo de facilitar a integração e interpretação.

Os dados estruturais foram tratados com o auxílio do software STERONET, que permitiu a caracterização das orientações preferenciais das principais estruturas reconhecidas.

As feições de relevo e de destaque, e os limites de compartimento assinalados no “Mapa de feições de destaque e compartimentação geomorfológica”, se mostraram adequados

aos objetivos desta dissertação, pois foram feitos com a intenção de se associar elementos do relevo com a disposição das estruturas rochosas.

### 3. CONCEITOS E TERMINOLOGIAS

#### 3.1-Morfoestrutura e morfotectônica

Com suas raízes fundamentadas nos conhecimentos científicos da Alemanha do século XIX e da primeira metade do século XX, a morfoestrutura e a morfotectônica tiveram suas concepções teóricas metodológicas usadas primeiramente por autores do leste europeu. Dentre estes autores se destacam Gerasimov e Mescherikov, cujas respectivas obras baseadas em preceitos teóricos e metodológicos de Penck forneceram uma nova óptica para os estudos da Geomorfologia (Gontijo, 1999).

Gerasimov & Mescherikov (1968 *apud* Gontijo, 1999) propuseram em seu trabalho uma classificação das formas de relevo baseadas de acordo com sua gênese.

Portanto conceituaram o termo “Morfoestrutura” como referente a unidades de relevo geradas por uma combinação dos elementos “atividade tectônica” e “clima”. E que ainda esta poderia ser submetida a um arranjo hierárquico que varia desde megamorfoestruturas (na qual a escala se compara a grandeza das massas continentais) a micromorfoestruturas que a escala se confere ao tamanho de vales que são controlados por falhas.

Autores como Saadi (1991) e Santos (1999) complementaram essa definição considerando que essas unidades morfológicas têm como característica principal o controle litoestrutural ser submetido a uma elaboração de paisagem controlada por processos erosivos.

No caso do termo “Morfotectônica” se considera o estudo das correlações e interações existentes entre a morfologia e a tectônica, assim compreendendo o exame das formas perante a tectônica (Guerra & Guerra, 2006). Logo, a morfotectônica, diferente da morfoestrutura, se resume apenas na relação das formas e da tectônica, sem levar em consideração processos denudacionais ou erosivos.

Para Stewart & Hancock (1994), o foco de estudo em comum entre a morfoestrutura e morfotectônica seria o relevo tectônico que é o objetivo principal de ambos, por expressar uma variada morfologia, cujas feições podem ser indicadoras de estilo, magnitude e taxa ou *timing* de movimentos tectônico.

### **3.2-Relevos tectônicos**

O modelado da paisagem atual que define a superfície do planeta é resultante da movimentação das placas tectônicas, onde cada domínio tectônico é responsável pela geração de relevos bem específicos. Porém não se pode deixar de considerar que os processos denudacionais possuem também seu grau de importância na constituição do modelado da superfície onde o interar desses processos faz com que o relevo esteja em constante mudança, buscando sempre o seu estado de equilíbrio.

O campo dos relevos associados à tectônica é dinâmico porque as forças agem e reagem, gerando um sistema de interferências (Penteado, 1978).

Esses sistemas de interferência dão as feições geomorfológicas uma curta durabilidade, já que são facilmente erodíveis e sua preservação depende principalmente das condições climáticas reinantes (Morizawa, 1975; Ollier, 1981 e Sylvester, 1988).

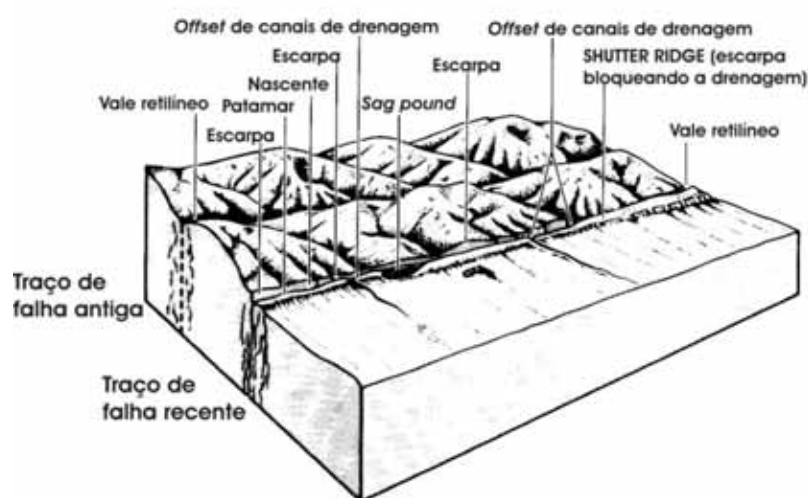
A existência de falhas ativas garante ao modelado uma gama de feições como: basculamentos, escarpas, flexuras, subsidências e deslocamentos de canais. Essas feições estão ligadas a diferentes categorias de falhas e por isso cada uma destas será abordada separadamente no texto, de forma a concentrar suas principais características e formas associadas.

#### **3.2.1-Relevos associados a falhas**

Segundo Guerra & Guerra (2006), falhas são consideradas uma ruptura e desnivelamento na continuidade das camadas que apresentaram certo grau de rigidez por ocasião dos movimentos tectônicos. Estes esforços dão o aparecimento de certas formas de relevo chamadas de estruturas falhadas. De acordo com o sentido e a direção são caracterizadas três diferentes tipos de falhas: transcorrente, normal, inversa, com diferentes movimentos relativos entre os blocos e diferentes planos de inclinação da ruptura do terreno, gerando cada um dos padrões feições específicas na paisagem (Figura 3.1).

As falhas transcorrentes, de acordo com Summerfield (1996), Gontijo (1999) e Costa (2005), são responsáveis pela geração de alguns padrões de relevo na paisagem, relacionados principalmente ao deslocamento lateral das unidades da paisagem. São eles:

- *Vale Linear*: Desenvolve-se ao longo do traço de falha em decorrência dos movimentos contínuos ao longo da falha tornando-a mais vulnerável a erosão; este padrão não se limita apenas às influências das falhas transcorrentes.
- *Deflexão de Canais*: Canais que entram na zona de falha em ângulo oblíquo e drenam paralelamente a falha por algum trecho antes de retornarem a direção principal do fluxo.
- *Offset de canais*: Canais deslocados por falhamentos que indicam o sentido do movimento.
- *Shutter Ridge*: Ocorre quando a falha desloca a topografia e move cristas de um lado da falha truncando pequenos vales (*gullies*).
- *Escarpas*: São feições que estão presentes em vários tipos de falhas mas que neste caso, são produzidas em transcorrências por: pequenos deslocamentos com componente vertical; topografia de relevo em paisagens deslocadas. Podem ser retilíneas e apresentam facetas triangulares separadas por pequenos vales (*gullies*), ou ser em monoclíneos (basculamentos) laterais que se repetem em *échelon*.
- *Sag ponds*: depressões entre duas linhas de falhas podendo variar entre divergentes ou transtensivas.
- *Benches*: elevações relativamente planas da topografia, levemente basculadas ou flexuradas devido ao deslocamento entre vários segmentos de falhas ou na linha da zona de falha.



**Figura 3.1.** Feições de relevo morfotectônico associados com zonas de falhas principais. (modificado de Keller, 1986).

As falhas normais possuem um plano de ruptura com alto ângulo de mergulho e um desnivelamento entre os blocos, promovendo um deslocamento vertical em relação à superfície (com abatimento do bloco superior em relação ao bloco inferior ao plano de falha) e podem apresentar dois tipos básicos distintos de geometria: planar ou lítrica, Figura 3.2.



**Figura 3.2.** Modelo de falha normal, com padrão geomorfológico esperado.

As falhas de geometria planar definem blocos isolados entre um par de planos adjacentes que ao se prolongarem geram um efeito dominó. Quando deixam vazios na sua estrutura de base, podem ser preenchidos por brechação, cataclases ou fluxo de materiais plásticos ou magmáticos (Gibbs, 1984, Costa, 1995 *apud* Gontijo 1999). Esse arranjo sobrevive principalmente dentro de *grabens*, associados a falhas normais de dimensões variadas, mas principalmente nas estruturas de grande escala.

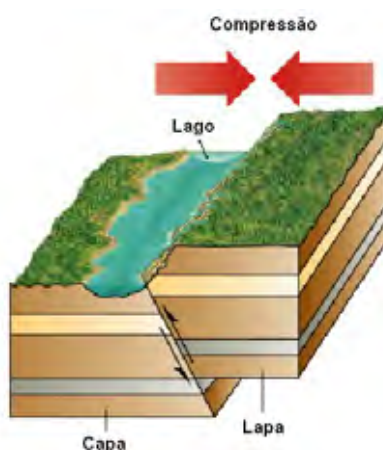
Já as falhas de geometria lítrica acomodam progressivamente distensão crescente em profundidade, diminuindo paulatinamente sua inclinação até alcançar a posição horizontal, em qualquer nível crustal, seja em pacotes sedimentares ou no embasamento.

As feições associadas às falhas normais que merecem mais atenção são:

- *Rift-valleys*: que são vales produzidos por forças de tensão ou de compressão e que por isso são caracterizados por feições em *horstes* e *grabens*, de comum ocorrência em bacias e lagos, na forma de vale alongados com bordas escarpadas, correspondentes às falhas limítrofes do vale.
- *Fronts lineares*: vertentes abruptas da escarpa de falha que desenvolvem-se em degraus escalonados.

- *Fronts montanhosos*: vertente abrupta de escarpas de falha de alto ângulo com grande rejeito associado.
- *Facetas de falhas*: são feições variáveis da escarpa de falha ao longo de sua evolução e erosão da escarpa, que devido à instalação de canais de drenagem no bloco soerguido, progressivamente modificam a escarpa, passando inicialmente por formas trapezoidais e posteriormente se desenvolvem formas triangulares, associadas à erosão e ao recuo da escarpa.

As falhas reversas também possuem um deslocamento vertical, porém a capa (bloco superior ao plano de falha) sobe em relação à lapa (bloco inferior ao plano de falha, Figura 3.3). Geram feições típicas como aquelas relacionadas ao soerguimento de terraços marinhos, à formação de colinas anticlinais (*upwarps*) ou sinclinais (*downwarps*), promovendo localmente o desenvolvimento de falhas normais de pequeno porte em regiões alçadas, levando ao aparecimento de *grabens* em topos de dobras.



**Figura 3.3.** Modelo de falha reversa com padrão geomorfológico esperado.

### 3.3-Drenagem: padrões e anomalias

#### 3.3.1-Padrões de drenagem

Os padrões de drenagem são influenciados por muitos fatores, como o clima, a litologia e suas estruturas e o homem. Howard (1967), Summerfield (1991) e Schumm (2007) afirmam que a drenagem apresenta um controle tão importante da tectônica que seus padrões são frequentemente usados como base de reconhecimento e classificação de estruturas geológicas na análise de cartas topográficas, fotos aéreas e satélites. Neste sentido, Howard



(1967) definiu os principais padrões de drenagem que apresentam forte controle tectônico, representado na Figura 3.4.

### 3.3.2- Capturas de drenagem

As capturas de drenagem ocorrem quando um canal erode mais agressivamente do que outro adjacente, capturando sua descarga por interceptação. Sua importância é a possibilidade de indicar modificações associadas a processos tectônicos.

Os principais tipos de capturas são apresentados de acordo com Bishop, 1995, como:

- *Decaptação*: também conhecida como *Beheading* envolve a reorganização da bacia (*catchment*) e da linha de drenagem de modo que a região a montante de uma bacia passa a correr para uma bacia adjacente.
- *Bottom-up processes*: resulta na interceptação de rios ativos e subtração de um sistema adjacente como exemplo das capturas em direção a montante. Define-se por ser o mais agressivo processo de erosão remontante.
- *Desvio ( Diversion - top dow processes)*: resulta da migração lateral do canal, onde o rio é empurrado para dentro de outro. Ocorre devido a basculamento, domeamento, soerguimento ou outros processos, ou por fluxos catastróficos. Sempre causa a drenagem invertida, sendo necessário um pequeno basculamento para que tal inversão ocorra. No entanto, uma simples reversão pode ocorrer com divisores baixos sem necessariamente estar associado a tectonismo.

Todos os tipos acima citados de capturas de drenagem causam algum impacto na carga sedimentar. Pode-se associar também com o aumento progressivo no suprimento sedimentar, refletindo um acréscimo na área de bacia e de descarga.

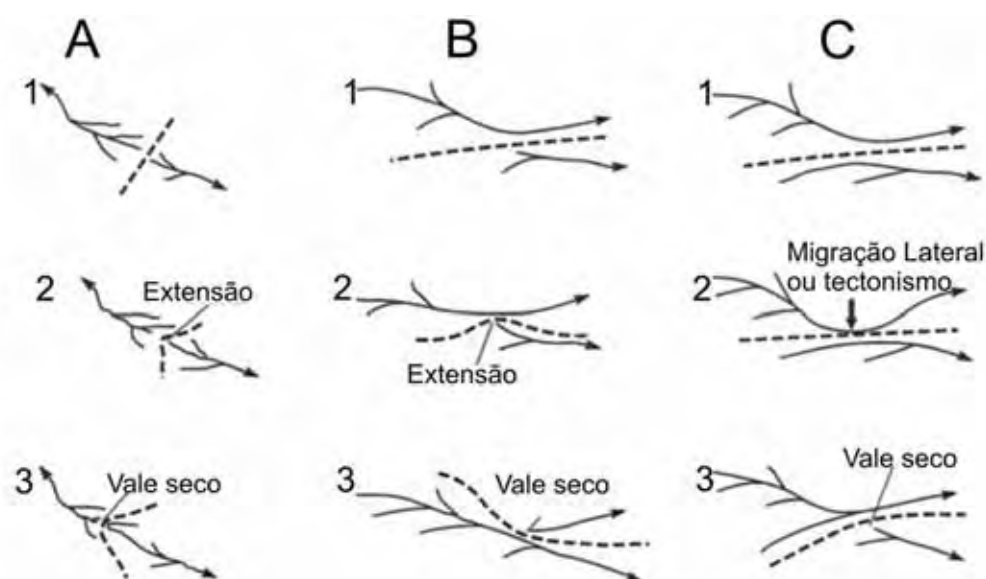
| Padrão básico e básico modificado | Significado                                                                                                                                                                                                                                                                  | Padrão básico e básico modificado | Significado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                   | <b>DENDRÍTICA:</b><br>Substrato com resistência uniforme. Sedimentos horizontais ou oblíquos. Rochas cristalinas com declive regional suave.                                                                                                                                 |                                   | <b>PARALELA:</b><br>Área de declive moderado a forte, e substrato resistente.                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                   | <b>SUBDENDRÍTICA:</b><br>Controle estrutural secundário dado por uma adaptação de um padrão dendrítico inicial, em controle estrutural incipiente, ou pelo encaixamento progressivo de drenagem sobre uma cobertura sedimentar que passa a sofrer influência do embasamento. |                                   | <b>SUBPARALELA:</b><br>Áreas com brando controle estrutural dado por estratos deformados e de resistência à erosão relativamente uniforme.                                                                                                                                                                                             |
|                                   | <b>PINULADA:</b><br>Padrão de textura fina, indicando substrato facilmente erodível.                                                                                                                                                                                         |                                   | <b>COLINEAR:</b><br>Formado por canais paralelos intermitentes que indicam área de lóess e cristas arenosas.                                                                                                                                                                                                                           |
|                                   | <b>ANASTOMOSADA:</b><br>Áreas de deposição: planícies aluvionares, deltas e planícies de maré.                                                                                                                                                                               |                                   | <b>RETANGULAR:</b><br>Áreas de juntas e/ou falhas em ângulo reto.                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                   | <b>DISTRIBUTÁRIA:</b><br>Áreas de deposição: leques aluviais e deltas.                                                                                                                                                                                                       |                                   | <b>ANGULAR:</b><br>Áreas de juntas e/ou falhas com ângulos variados e áreas com superposição de padrões de fratura.                                                                                                                                                                                                                    |
|                                   | <b>TRELIÇA:</b><br>Áreas de rochas dobradas ou com mergulhos bem marcados, rochas vulcânicas, ou metasedimentares.<br>- Áreas de fraturas paralelas.<br>- Áreas de relevos alongados e paralelos.<br>Os tributários maiores indicam a direção do mergulho das camadas.       |                                   | <b>RADIAL:</b><br>Áreas dômicas, vulcânicas e de relevos residuais.                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                   | <b>TRELIÇA DIRECIONAL:</b><br>Associam-se a rochas sedimentares inclinadas (homoclinais suaves) e áreas com encostas suaves e assimétricas.                                                                                                                                  |                                   | <b>CENTRÍPETA:</b><br>Associa-se a crateras, caldeiras vulcânicas e depressões cársticas.                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                   | <b>TRELIÇA RECURVADA:</b><br>Áreas de ápice de dobras com mergulho.                                                                                                                                                                                                          |                                   | <b>ANELAR:</b><br>Indicam domos, stock's e altos topográficos.                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                   | <b>TRELIÇA DE FALHA:</b><br>- Área de falhas paralelas irregulares, convergentes e divergentes.<br>- Freqüente em áreas de grábens e horsts alternados, sucessão de riftes paralelos.                                                                                        |                                   | <b>CONTORCIDO:</b><br>Áreas de rochas metamórficas quebradas ou grosseiramente acamadas. Indica a ocorrência de diques, veios e bandas de migmatitos mais resistentes. Os tributários mais longos de correntes subseqüentes curvados indicam o mergulho de camadas metamórficas e permitem a distinção entre antiformais e sinformais. |
|                                   | <b>TRELIÇA DE JUNTA:</b><br>Associam-se a falhas e/ou juntas retilíneas e paralelas.                                                                                                                                                                                         |                                   | <b>MULTI-BACIAS:</b><br>Associam-se a depósitos superficiais, áreas vulcânicas recentes, áreas de dissolução calcária, planícies costeiras e deltas.                                                                                                                                                                                   |

**Figura 3.4.** Principais padrões de drenagem, estabelecidos por Howard (1967).

### 3.3.3-Anomalias de drenagem

Os principais tipos de anomalia de drenagem segundo Bishop (1995) são Figura(3.5):

- *Cotovelo (elbow of capture)*: constitui o ponto de captura do rio, sempre em ângulo agudo, frequentemente da ordem de  $90^\circ$ , e indica a direção da mudança do canal.



**Figura 3.5.** Formas de arranjo de drenagem através de capturas (vistas em planta), onde a linha tracejada representa o divisor da drenagem. (A) corresponde a formação de *barbed drainage* através de extensão de cabeceira de um tributário, (B) e (C) capturas através de invasão lateral de uma bacia de drenagem adjacente, ou através de extensão de cabeceira de um tributário (B) ou migração lateral de um rio para capturar um tributário adjacente (C), Bishop (1995).

- *Vales secos (wind gaps)*: são as feições de vales abandonados que surgem após a captura. São identificados pela presença de sedimentos fluviais entre o cotovelo e o novo trecho capturado, que geralmente se encontra encachoeirado.
- *Anfiteatros ou Hollows*: são interpretados como prelúdio da captura de drenagem. Indicam que a cabeceira de drenagem encontra-se próxima de um divisor, ou seja, são sítios potenciais de capturas.

## **4. CONTEXTO GEOLÓGICO**

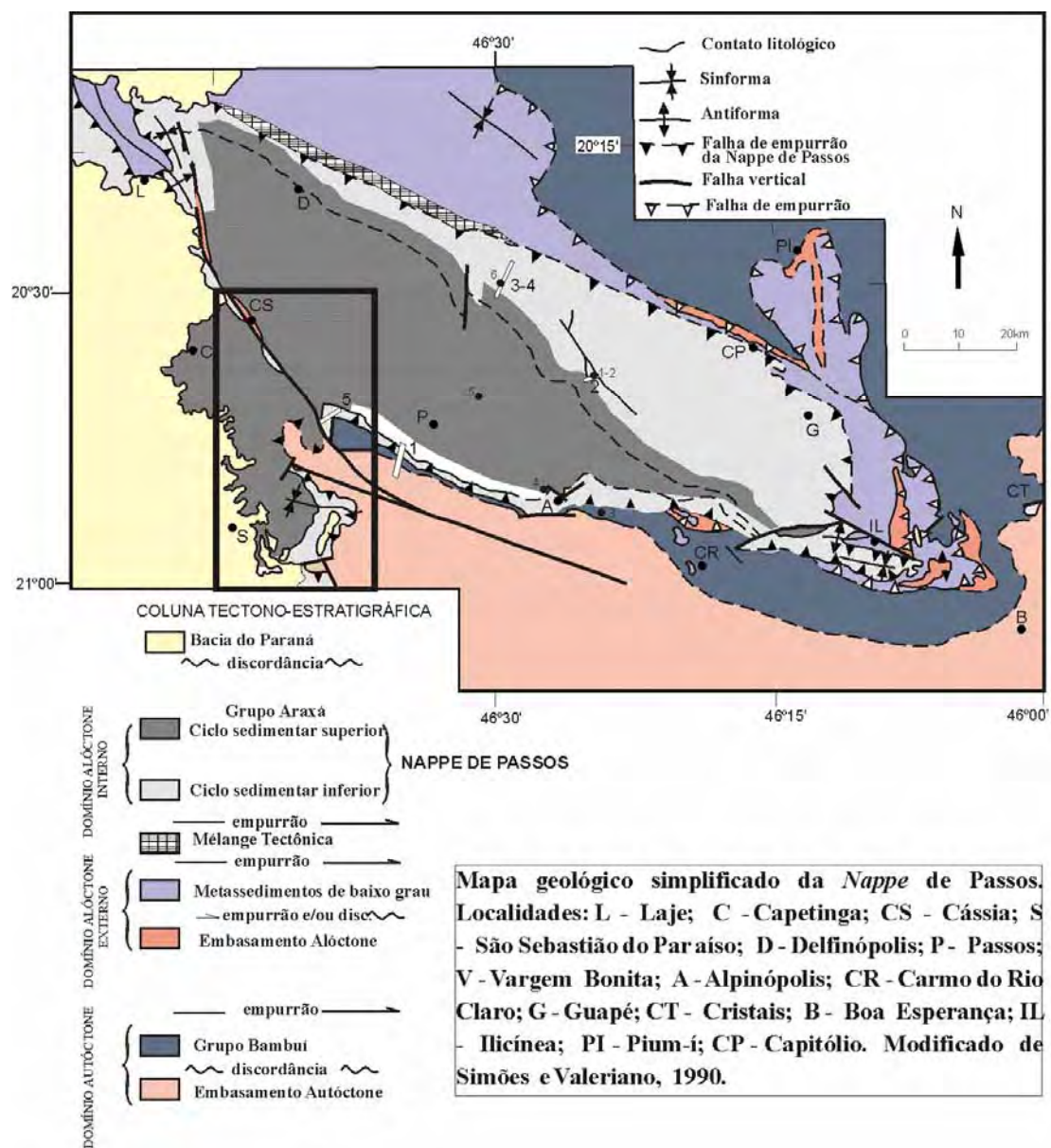
### **4.1-Quadro geológico regional**

A geologia da região é representada por rochas pertencentes ao Cráton do São Francisco e suas coberturas metassedimentares e/ou metavulcânicas, rochas da Faixa Brasília em sua porção meridional, ambos conjuntos representantes dos terrenos pré-cambrianos aflorantes no Escudo Atlântico. As rochas são seccionadas por grande número de zonas de cisalhamento, organizadas no chamado Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio (Figura 4.1). Na porção ocidental as rochas pré-cambrianas são recobertas pelos sedimentos e rochas magmáticas da Bacia do Paraná.

#### **4.1.1-Complexo Campos Gerais**

O Complexo Campos Gerais é marcado por rochas migmatíticas e gnáissicas, localmente intrusões graníticas, aparecendo áreas de domínio de rochas homogêneas ao lado de áreas de predomínio de gnaisses bandados, com estruturas migmatíticas preservadas. A distribuição dos conjuntos é influenciada por padrão anastomosado de zonas de cisalhamento, onde zonas lenticulares menos deformadas preservam feições migmatíticas, bandamento mais acentuado e grande número de dobras, enquanto faixas paralelas/subparalelas distorcem as estruturas mais antigas para seus traços, originando gnaisses bandados com grande número de intercalações lenticulares de rochas metabásicas/metaultrabásicas e metassedimentares.

O material migmatítico é caracterizado pela estrutura bandada, com a alternância de leitos félsicos e leitos máficos, centimétricos a decimétricos, de composições diversas. São rochas cinzentas, raramente mostrando mobilizados róseos. O material granítico róseo aparece na forma de bolsões, veios e lentes, gnaissificados, ou com diques discordantes. As bandas são descontínuas, irregulares e lenticularizadas, ricas em máficos e com maior proporção de plagioclásio. São ricas em biotita, chegando localmente a formar lentes muito estiradas de biotititos. As porções leucocráticas mostram granulação maior, menor quantidade de máficos. A composição geral varia de granodiorítica a tonalítica, chegando a se reconhecer uma composição diorítica em bandas máficas.



**Figura 4.1.** Mapa geológico regional da área estudada por Simões & Valeriano et al. (1990).

Nos mobilizados a composição pode chegar a sieno-granítica. Incluem plagioclásio, feldspato potássico, quartzo biotita, anfibólio, epidoto, muscovita, apatita, titanita, clorita, carbonatos, zircão, allanita, rutilo e localmente granada. Incluem intercalações de anfibolitos ou gnaisses anfibolíticos, compostos por hornblenda e plagioclásio, essencialmente.

Os gnaisses homogêneos são representados por biotita gnaisses graníticos de granulação fina a grossa, leucocrático a hololeucocráticos, com composição variando desde

cieno-granítica até tonalítica. Corpos homogêneos são mapeados como granitos, como por exemplo, o Granito São José.

A Seqüência Metavulcanos-sedimentar Morro do Ferro é caracterizada por faixas ou lentes variadas de rochas metaultrabásicas, com metassedimentos associados. Apresentam uma direção preferencial em torno de N70W, marcadas por inúmeras intercalações dentro dos migmatitos e gnaisses do Complexo Campos Gerais, principalmente nas zonas de cisalhamento e alto ângulo. A faixa principal passa ao sul de Fortaleza de Minas, em direção a Bom Jesus da Penha. São rochas de grande importância econômica na região, pois incluem as mineralizações de níquel laterítico (Morro do Níquel) e de níquel sulfetado (Mina de O'leto). Vários trabalhos foram realizados na região sobre essas rochas, dentre eles Teixeira (1978), Teixeira & Danni (1979), Carvalho *et al.*, (1982), Carvalho (1983, 1990), Teixeira *et al.*, (1984). Associados a metassedimentos quartzosos, incluem em seus litotipos xistos básicos a ultrabásicos. A forma dos corpos é essencialmente lenticular, formando lentes de vários tamanhos, com orientação geral paralela aos contatos do corpo. São freqüentes feições de hidrotermalismo atuando sobre essas rochas, ao longo de planos de fraturas, associadas à cataclase localizada. Os metassedimentos associados são caracterizados por rochas quartzosas, que formam pequenas cristas em meio aos xistos verdes.

Sustentando o Morro do Ferro e várias pequenas cristas alinhadas são encontrados hematita quartzitos bandados, com maior ou menor quantidade de minerais metálicos, chegando até mesmo a quartzitos puros, de menor importância todos embutidos a rochas metaultrabásicas mais ao sul.

Segundo o Radambrasil (1983), a idade obtida da datação de Rb-Sr para o Complexo Campos Gerais foi de 1700 Ma, onde os metassedimentos desse complexo jazem em discordância com os do Grupo Bambuí, em sua porção nordeste. Na região sul está em contato por falha com o Grupo Andrelândia e se sobrepõe ao Complexo Campos Gerais onde ocorrem numerosos testemunhos do Grupo Canastra, embutidos em sinclinais.

O Grupo Bambuí é representado por um conjunto de metassedimentos de baixo grau metamórfico que recobre os terrenos gnáissico-migmatítico-*greenstone* do Complexo Campos Gerais. Como se associam na base e no topo com rochas miloníticas, podem representar também um conjunto alóctone na área. Os afloramentos, entretanto, são poucos, de difícil caracterização. Corresponde pelo menos parcialmente à Seqüência Itaú de Teixeira & Danni (1978). A região em que melhor aparecem é a de Itaú de Minas, onde os mármore formam espessas intercalações, exploradas pela Companhia de Cimento Itaú. Boa parte da área aparece coberta por solo espesso, dificultando o reconhecimento, principalmente para se identificar se

são coberturas sedimentares cenozóicas ou produtos de alterações de rochas filíticas e ou carbonatadas.

Os filitos formam relevo suave com espessa cobertura de solo, acentuada pela presença de coberturas elúvio-coluvionares. São rochas sempre intemperizadas, com cores predominantemente avermelhadas, claras, alaranjadas e até ocre. A laminação é bem marcada pela alternância de cores claras e escuras. Os mármore aparecem embutidos no conjunto de filitos formando corpos maiores aflorantes e explorados economicamente.

#### **4.1.2-Faixa Brasília**

A Faixa Brasília é considerada por Fuck (1994), Valeriano *et al.* (1995) e Dardenne (2000) como um conjunto de terrenos e escamas de empurrão, de escala crustal que convergiram para leste, contra o Cráton do São Francisco, durante o Ciclo Brasileiro (Neoproterozóico) entre 780 a 640 Ma.

Sua compartimentação tectônica, separada em dois ramos com orientações e evolução metamórfica distintas, é composta pelos conjuntos rochosos Faixa Brasília Setentrional (FBS), com orientação NE, e a Faixa Brasília Meridional (FBM), com orientação NW, segundo Valeriano, (2004). A área estudada situa-se parcialmente sobre a porção meridional.

#### **4.1.3-Faixa Brasília Meridional (FBM)**

Nas localidades da área estudada, ou seja, na região de Passos e São Sebastião do Paraíso, Valeriano *et al.* (2004) consideram que a porção meridional da Faixa Brasília tem um estilo tectônico definido pelo empilhamento de extensas *nappes* de cavalgamento sub-horizontais, formadas essencialmente por rochas da margem passiva do Cráton São Francisco, deformadas e metamorfizadas por volta de 640 Ma, associadas ao Ciclo Brasileiro.

Para Dardenne, (2000), a zona de antepaís da FBM é marcada por empurrões rasos, com superfícies sub-horizontais de deslocamento, que afetaram os sedimentos neoproterozóicos do Grupo Bambuí. Na porção leste, o domínio faz limite gradativo com o embasamento cratônico, enquanto a oeste é recoberto bruscamente pela frente alóctone das *nappes* de cavalgamento.

A porção alóctone da FBM, para Valeriano *et al.* (2004), consiste no empilhamento de vários terrenos tectono-estratigráficos, limitados por superfícies de cavalgamento representados, na maioria, por unidades metassedimentares, onde, da base para o topo, estão os



grupos Bambuí, Vazante, Canastra, Ibiá, Paranoá, Araxá e Andrelândia. Para os mesmos autores, esse empilhamento tectônico se deu após o auge térmico do evento metamórfico.

Simões (1995) apresenta a dificuldade de separação em campo entre as unidades Canastra e Araxá na porção mais ao sul da Faixa Brasília, apresentando uma caracterização em ciclos sedimentares inferior e superior, cogitando que os mesmos poderiam representar os grupos Canastra e Araxá, respectivamente.

#### **4.1.4-Grupo Canastra**

O Grupo Canastra é representado por espesso pacote metassedimentar, iniciando com expressivo pacote de quartzitos, que sustentam a Serra da Ventania, passando gradualmente para xistos e muscovita e/ou biotita gnaisses com intercalações ocasionais de anfibolitos, representando a Sequência Passos (Teixeira & Danni, 1978) e a transição para o Grupo Araxá ou para o Ciclo Sedimentar Superior de Simões (1995). O estudo do metamorfismo ratifica do caráter inverso já reconhecido anteriormente (Teixeira & Danni, 1978; Oliveira *et al.*, 1983, Morales *et al.*, 1983; Heilbron *et al.*, 1987; Simões *et al.*, 1988 e Zanardo *et al.*, 1990), marcado por paragêneses de xisto-verde próximas à superfície de cavalgamento, alcançando condições de fácies de anfibolito cerca de 1 km estruturalmente acima.

Estas rochas sustentam os alinhamentos de serra da região, como a Serra da Fortaleza, a Serra do Chapadão, Serra do Itaú, Serra de São João, Serra do Formoso e Serra da Ventania. São reconhecidos desde quartzitos puros até quartzitos micáceos e quartzo xistos.

As ocorrências se ajustam ao longo de grandes estruturas sinformais, “Sinforme de Passos”, classificada como uma dobra regional com eixo orientado para WNW e flancos de direção WNW e mergulho para NNE e SSW, onde as rochas pertencentes ao Grupo Canastra estão sempre posicionadas na base de Nappe de Passos, em contato com o domínio autóctone, ocorrendo ao longo da maior parte da superfície de cavalgamento, conforme Simões (1995).

Para Silva (2003), o Grupo Canastra pode ser dividido em três escamas tectônicas imbricadas por falhas de empurrão. A inferior e a intermediária apresentam metamorfismo de fácies xisto verde, e a superior, com metamorfismo de transição entre a fácies xisto verde e anfibolito, esta última correlacionada ao Grupo Araxá.



#### 4.1.5-Grupo Araxá

O Grupo Araxá ocorre na porção centro-oeste das *nappes* metamórficas da FBM, composta por metassedimentos, com metavulcânicas, de idade neoproterozóica, depositadas em ambiente de plataforma continental, contendo melanges ofiolíticas que servem como indicador da incorporação da crosta oceânica, durante a fase orogênica.

Seer *et al.*, (2001) considera que esse grupo pode ser representado, de maneira geral, por rochas metassedimentares, predominantemente pelíticas em fácies anfibolito. As rochas metassedimentares são representadas por mica xistos, quartzo-mica xistos, granada-quartzo-mica xistos, estauroлита xistos, granada-cloritóide-quartzo-mica xistos, quartzitos e quartzitos micáceos. Já as rochas máficas compreendem desde anfibolitos grossos a finos (metabasaltos), clorita-anfibólio xistos até clorita xistos. Os anfibolitos apresentam afinidade geoquímica com basaltos toleíticos do tipo MORB, o que pode de fato mostrar a participação da crosta oceânica durante o evento metamórfico, ocorrendo, também, raros afloramentos de rochas ultramáficas, como serpentinitos e anfibólio-talco xistos.

O quadro deformacional atuante é heterogêneo tendo imprimido nas rochas da sequência alóctone estruturas típicas de *nappes*, com dobras e foliação de baixo ângulo caracterizadas por superposição e arranjos complexos. São reconhecidos diversos conjuntos de dobras associados ao processo de deformação principal (Morales *et al.*, 1983; Oliveira *et al.*, 1983; Heibron *et al.*, 1987; Simões, 1995 e Valeriano *et al.*, 2004), marcando direção de transporte tectônico para ESE (Simões *et al.*, 1988; Zanardo *et al.*, 1990; Zanardo, 1992; Morales, 1993; Simões, 1995 e Valeriano *et al.*, 2004). No final do evento deformacional, formaram-se dobras tardias abertas, associadas a zonas de cisalhamento empinadas, direcionais e sinistrais, que seccionam e fragmentam a Faixa Brasília na sua porção meridional (Alkmin *et al.*, 1993), e que se ajustou em torno do cinturão de Cisalhamento Campo do Meio (Morales, 1993), com destaque para a Zona de Falha de Cássia.

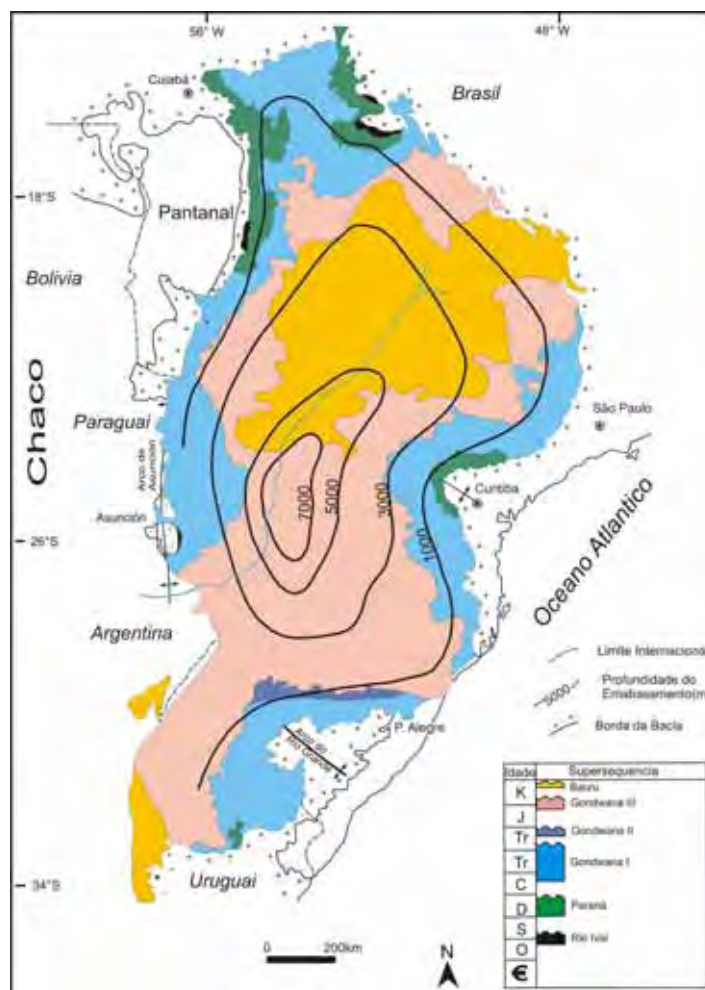
Estas feições dobradas formam marcantes alinhamentos de serras em forma periclinais, remanescentes ao longo da área, e as zonas de cisalhamento que se associam a extensos lineamentos de relevo e de drenagem.

## 4.2.-Bacia Sedimentar do Paraná

### 4.2.1-Origem e Evolução

A Bacia Sedimentar do Paraná é do tipo intracratônica, distribuída em grande parte do território brasileiro meridional com registro sedimentar-magmático, marcado por várias seqüências evolutivas (Figura 4.2.). A coluna estratigráfica proposta por Milani (1997) se encontra ilustrada na Figura 4.3.

Considera-se que a seqüência mais antiga da bacia tem idade entre Neo-Ordoviciano e Eossiluriano, correspondendo ao Grupo Rio Ivaí (Assine *et al.* 1994).



**Figura 4.2.** Distribuição das principais seqüências estratigráficas da Bacia do Paraná, na região fronteira entre o Brasil, Uruguai, Argentina, Paraguai e Bolívia, modificada de Milani (2004).

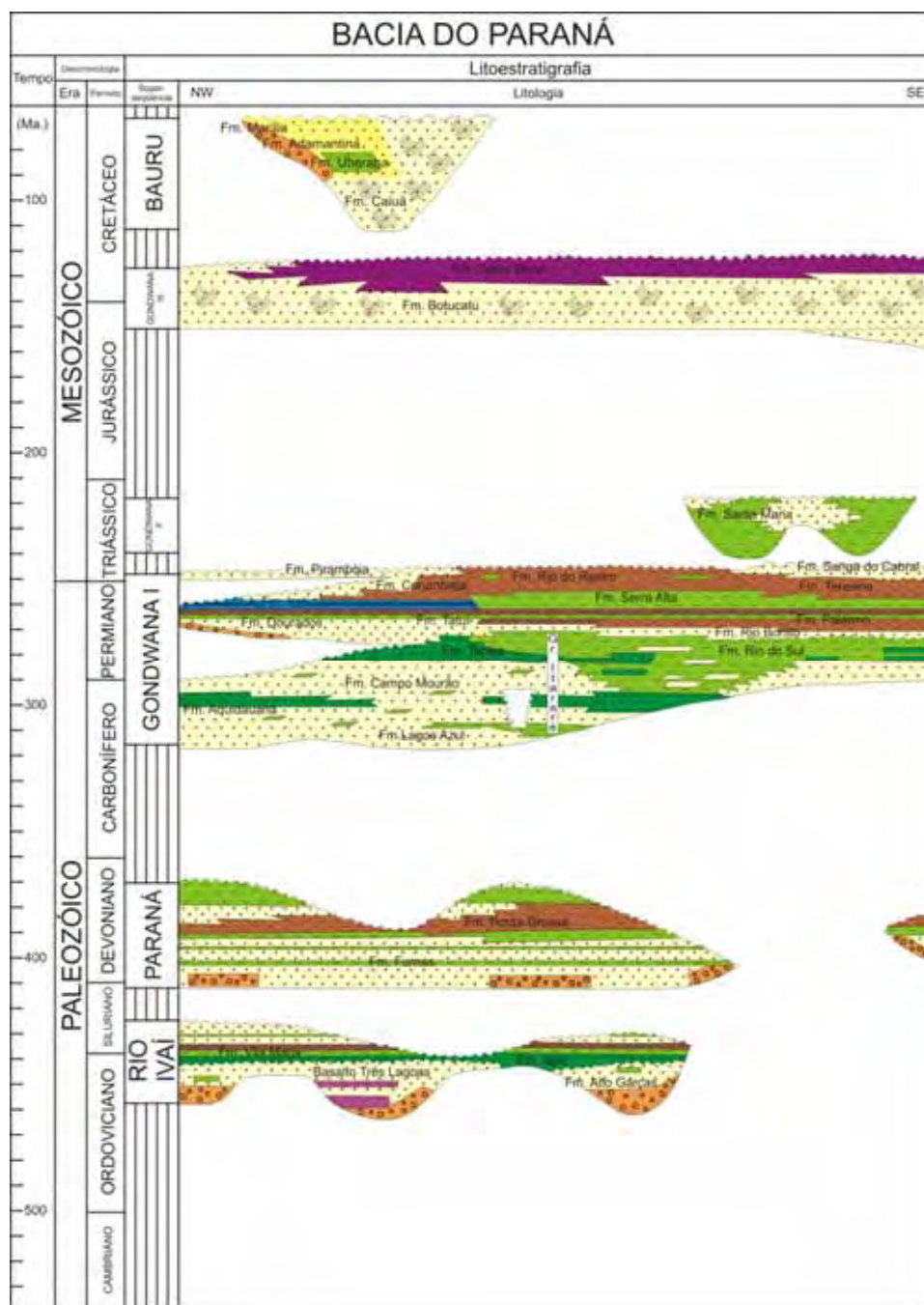
Após um hiato deposicional de aproximadamente 20 Ma, um importante episódio regressivo marcou a discordância no topo do Grupo Rio Ivaí, depositando sobre ela a seqüência devoniana do Grupo Paraná, composto pelas formações Furnas e Ponta Grossa.

Consecutivamente, após um intervalo de 50 Ma, no Neocarbornífero até o Neopermiano, iniciou-se o desenvolvimento de calotas de gelo nessa área, associado à epirogênese positiva, evento classificado como Superseqüência Gondwana I (Milani *et al.*, 1994 e Milani, 2004), incluindo as formações Lagoa Azul, Aquidauana, Campo Mourão, Rio do Sul, Rio Bonito, Taciba, Dourados que constituem o Supergrupo Itararé e Tatuí. A partir das formações Irati, Serra Alta, Teresina, Corumbataí, ocorreu enorme mudança climática por conta da migração da Placa Sul-Americana rumo ao norte, promovendo uma sedimentação associada a temperaturas mais altas, em clima tropical.

Após 50 Ma, a Superseqüência Gondwana II se inicia no Mesotriássico, com a Formação Santa Maria e arenitos Sanga do Cabral, localizando-se apenas na porção Sul da Bacia, com características indicadoras de ambiente lacustre e continental da área, depositando na porção NE da bacia os sedimentos continentais da Formação Pirambóia. Em 2004, Milani afirmou que, na Era Mesozóica, cerca de 80 Ma depois da superseqüência anterior, havia ocorrido uma grande desertificação das bacias intracratônicas brasileiras, inclusive na Bacia do Paraná, onde essa tendência de ressecamento culminou com uma ampla superfície de deflação eólica, relacionada à Formação Botucatu, que foi selada pelo grande evento magmático do vulcanismo Serra Geral.

Sobre os basaltos da Formação Serra Geral foram depositados os grupos Caiuá e Bauru, do Eocretáceo ao Neocretáceo, abrangendo, da base para o topo, as formações Uberaba, Adamantina e Marília.

Na região de Franca-SP, as coberturas sedimentares são representadas pela Formação Itaqueri (Bistrichi, *et al.*, 1981) e seus correlatos, ou, para alguns autores, a Formação Franca (Hellmeister, 1997).



**Figura 4.3.** Coluna estratigráfica geral da Bacia do Paraná por Milani (1997).

### 4.3-Quadro Geológico Local

A geologia referente à área estudada é representada por rochas do embasamento pertencentes ao Complexo Campos Gerais, metassedimentos pertencentes ao Grupo Araxá,

uma seqüência considerada como vulcano sedimentar e coberturas sedimentares da Bacia do Paraná (Oliveira *et al.*, 1983), representados pela Figura 4.4. É este mapa geológico, com distribuição das principais unidades litológicas e estruturas, que dá suporte ao quadro geomorfológico estudado e reconhecido neste trabalho.

#### **4.3.1-Complexo Campos Gerais**

As litologias que foram consideradas como pertencentes ao Complexo Campos Gerais na área de estudo são representadas por variedades graníticas, gnáissicas e migmatíticas.

As rochas graníticas situadas na porção SE da área remetem a tipos que variam de granito a tonalito, no entanto encontra-se com maior freqüência os granodioritos. Essas rochas mostram-se com foliação dada por cataclase e textura granular-cataclástica, com micas levemente orientadas e grãos de quartzo estirados. A existência do plagioclásio como feldspato predominante é associada à presença e concentração comum de microlíneo nesta região. Nota-se também para esse domínio a presença de fraturamento e microfalhamentos, conferidos por planos preenchidos por material micáceo secundário e pelos contatos das rochas graníticas com as demais rochas, onde é possível de se observar contatos abruptos.

Já os gnaisses e migmatitos são encontrados em maior concentração nas proximidades do município de Itaú de Minas e nas porções nordeste da folha de Cássia. Os gnaisses são em geral como leucocráticos, identificados através da coloração cinzenta, granulação média a grossa, estruturas bandadas, fitadas ou oclares e freqüentemente dobradas. Para os migmatitos a sua identificação fica restrita a faixas associadas aos gnaisses consideradas passagem transicional de zonas mais deformadas.

Percebe-se que o contato destes gnaisses com esses migmatitos se dá através de zona falha de empurrão com pacote metassedimentar, o que as leva a assumir feições de filonitos em áreas próximas (Oliveira *et al.*, 1983).

#### **4.3.2-Seqüência Vulcano-Sedimentar Morro do Ferro.**

Nesta seqüência predominam rochas máficas e ultramáficas metamorfasadas associadas a quartzitos finos, itabiritos, mica-quartzo xisto e filonitos, ocorrendo principalmente a sul e leste da Serra do Chapadão e a norte da Serra de Fortaleza, além de pequenas ocorrências pela área.

Entre os tipos máficos e ultra-máficos se destacam clorita xistos, clorita-tremolita xistos, magnetita-clorita xistos, serpentinitos e outros sub tipos. Estes materiais são identificados pela coloração geral verde escura, estrutura maciça a xistosa com texturas nematobástica a lepidoblásticas.

Nos arredores do Morro do Níquel (conferido e registrado em campo) encontram-se corpos alongados de contornos irregulares e extremidades rompidas, destacados pela ocorrência de serpentinitos, originado de intrusão de material peridotítico.

Na região do Morro do Ferro, metassedimentos como hematita quartzitos (itabiritos) metacalcários e brechas fosfáticas merecem destaque pela ocorrência em níveis topográficos bem mais elevados que os metaultramáficas. Quanto aos contatos desta unidade com as encaixantes nota-se que são de natureza tectônica, pelo fato de ser comum a existência de rochas como milonitos e filonitos, que se encontram numa situação presente de total concordância, tanto com as rochas do embasamento quanto com os metamorfitos do Grupo Araxá.

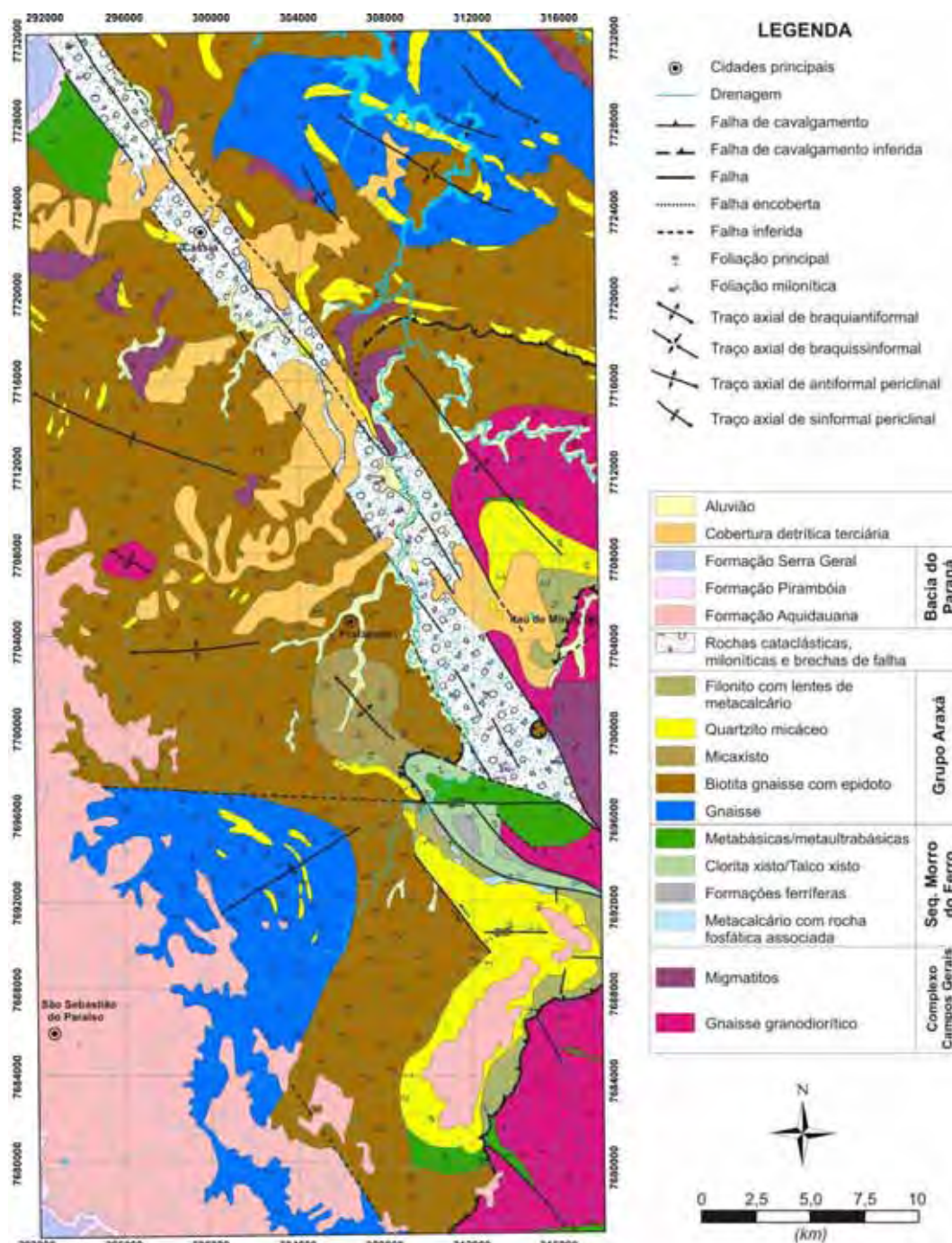
#### **4.3.3-Metassedimentos do Grupo Araxá**

Esses metassedimentos são representados por metacalcários, quartzitos, xistos e gnaisses diversos. Ao longo dos sopés das serras do Chapadão e da Fortaleza, flanco leste, e principalmente ao sul da Serra de Itau, ocorrem os metacalcários sob a forma de lentes intercaladas em rochas cataclásticas e de filonitos, que podem ser identificadas pela coloração cinza-claro ou até mesmo esbranquiçada, compostas ricamente por sílica, carbonatos, quartzo e flogopita.

As serras do Chapadão e da Fortaleza, de Itau e outras da mesma região, são sustentadas por corpos de quartzitos, relativamente espessos (centenas a dezenas de metros), que podem ser facilmente identificados em imagens SRTM, fotografias aéreas e em cartas topográficas. Possuem uma coloração clara com granulação fina e estrutura maciça, bandada, foliada ou finamente laminada. Exibem forte foliação, com dobras similares, intrafoliares ou concêntricas que redobram a xistosidade e lineações.

Os xistos representam a litologia principal do Grupo Araxá, representados por muscovita xistos, biotita xistos, quartzo muscovita xistos, granada xistos, cianita granada xistos com ou sem feldspato.





**Figura 4.4.** Mapa geológico da área estudada por Oliveira *et al.*, (1983).

Os gnaisses se distinguem pela maior ou menor riqueza em biotita e muscovita, quartzo, epidoto, cianita, granada e feldspatos, de composição granítica e mais raramente calcossilicática. Assim os tipos ricos em granada e biotita são caracterizados pela coloração cinzenta, granulação média a grossa, estruturas foliadas, bandadas ou fitadas e ricos em

porfiroblastos de granada. Os de composição granítica e granodiorítica possuem estruturas que variam entre homogênea a bandada ou fitadas e são reconhecidos através de intercalação assumindo muitas vezes feições migmatíticas. Os de tipo anfibolítico aparecem espalhados ao longo de toda a área podendo ser encontrados nos metassedimentos como corpos de dimensões e formas variadas.

#### **4.3.4-Zona de Falha de Cássia**

Para as litologias relacionadas a falhas como os cataclasitos, milonitos, blastomilonitos, filonitos, gnaisses miloníticos é importante ressaltar que estão contidas em uma importante feição de destaque que forma uma faixa de 1,5 km de espessura e segue o sentido NW-SE considerada por Wernick, *et al.*, (1979) como a “Zona Rúptil Cássia-Barbacena”, correspondendo à Zona de Falha de Cássia.

Segundo Oliveira *et al.*, (1983), a Zona de Falha de Cássia é representada por espessa faixa de rochas cataclásticas derivadas da deformação dos litotipos anteriormente descritos, com orientação NW-SE e mergulho de alto ângulo para SW. Seus traços passam pela cidade de Cássia e no flanco oeste do Antiforme de Itaú, próximo à cidade de Itaú de Minas.

#### **4.3.5-Bacia do Paraná**

Na região são reconhecidas rochas da Bacia do Paraná pertencentes ao Grupo Itararé, ao Grupo São Bento (Formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral) e coberturas cenozóicas.

O **Grupo Itararé** se distingue das outras unidades por sua grande espessura e pela heterogeneidade dos litotipos, conforme Pires (2001) e Castro (2004).

Para Fiori (1977) e Bravo (1997), na região ocorre a Formação Aquidauana, constituída por arenitos de granulação variável, lamitos e diamictitos com abundância em material argiloso de coloração típica vermelho tijolo, de origem glacial, fluvial ou lacustre. Predominam arenitos maciços e mais raramente os diamictitos, ocorrendo ainda lamitos, lamitos arenosos conglomeráticos, arenitos com estratificação cruzada, siltitos, ritmitos e argilitos. Estratigraficamente relaciona-se com os sedimentos glaciogênicos de idade permocarbonífera do Grupo Itararé (França & Potter, 1988; Milani, 2004).



Na área de estudo, a **Formação Aquidauana** assenta-se discordantemente sobre o embasamento cristalino pré-cambriano, e seu contato superior é também discordante com a Formação Pirambóia (Soares & Landim, 1973; Fiori, 1977 e Bravo, 1997).

Segundo Soares (1972) e Assine *et al.* (2004), os sedimentos da **Formação Pirambóia** constituem a porção basal da sequência do Grupo São Bento e se estendem desde a divisa dos estados de São Paulo e de Minas Gerais até o Paraná, com espessura máxima em torno de 300 m. Na região sul, o equivalente é denominado Grupo Rosário do Sul.

Soares (1975) definiu a Formação Pirambóia, com arenitos esbranquiçados, amarelados e avermelhados, médios e muito finos, siltico-argiloso, com grãos polidos, subangulares e subarredondados, com intercalações de finas camadas de argilitos e siltitos. As principais estruturas são estratificações cruzadas planares, acanaladas e plano paralelas.

Assine *et al.* (2004) sugerem que ela tenha ocorrido em ambiente fluvio-lacustre, com influência eólica, enquanto que para alguns autores como Caetano-Chang *et al.* (1991), Caetano-Chang & Wu (1992; 1993; 1994; 1995; 1996) e Brighetti & Caetano-Chang (1995), a dominância é eólica, em que associações de fácies de dunas, interdunas (úmidas e secas) e lençóis de areia, cortadas por fácies de canais fluviais temporários, compõem uma sucessão de subambientes interrelacionados.

Questões como a natureza dos contatos e a idade dessa formação ainda geram muitas dúvidas entre os pesquisadores, uma vez que não se tem uma visão plena de que ela seja discordante ou concordante com a Formação Botucatu, e que seus registros fossilíferos tenham um valor cronológico considerável para estimar sua idade, em função das relações cronoestratigráficas com a Formação Botucatu (Juro-Cretáceo) e como a Formação Corumbataí (Permiano Superior) e com correlação com o Grupo Rosário do Sul (Triássico Superior).

A **Formação Botucatu** se estende por toda a porção centro-sudoeste da Bacia do Paraná, abrange os estados brasileiros de Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Goiás e Mato Grosso do Sul, estendendo-se para os países Paraguai, Uruguai e Argentina. A área de maior evidência de afloramentos localiza-se na porção centro oeste do Mato Grosso do Sul.

Para Assine *et al.*, (2004), essa formação é constituída de arenitos de granulação fina e média, uniforme, com boa seleção de grãos e alta esfericidade. Apresentam tonalidade avermelhada e exibem estratificação cruzada, plana ou acanalada, de médio a grande porte, e ambiente de deposição tipicamente desértico, com forte influência eólica.

Soares & Landim (1973) admitem que essa formação possui um contato basal com a Formação Pirambóia que pode ser considerado gradacional brusco, apresentando uma

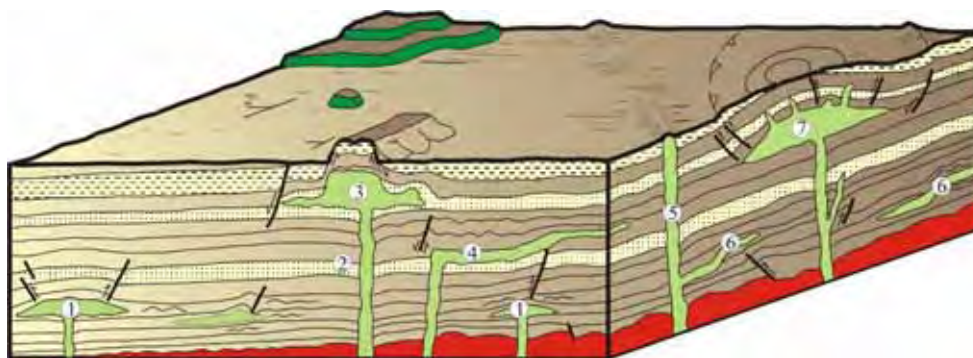
espessura que varia de 150 metros na sua faixa de afloramentos, no Estado de São Paulo, a 50-70 metros de espessura média, chegando a 130 metros em sua seção tipo.

Segundo as mesmas referências citadas, admite-se que sua deposição tenha ocorrido a partir do Eojurássico e perdurado até o Eocretáceo. No entanto, essa questão apresenta certa controvérsia, devido à escassez fossilífera, à espessura irregular, às continuidades laterais e ao diacronismo causados pelo início do magmatismo Serra Geral.

A **Formação Serra Geral** recobre grande parte do sul e sudeste do Brasil e também envolve os estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, São Paulo, sudoeste de Minas Gerais, sudeste do Mato Grosso do Sul, sul de Goiás e sudeste do Mato Grosso, além da parte ocidental do Uruguai, nordeste da Argentina e extremo leste do Paraguai. Por isso, é considerada por Milani *et al.* (1994) e Milani (2004), como a maior manifestação vulcânica, em área atingida, de caráter básico, em continente do planeta.

Segundo Marques & Ernesto (2004), essa intensa atividade ígnea ocorreu no Cretáceo inferior, principalmente na forma de derrames de lava de composição básica (cerca de 97%) e ácida (cerca de 3%), bem como na forma intrusiva.

Os processos extrusivos dessa formação são caracterizados por se assentarem, principalmente, sobre arenitos eólicos da Formação Botucatu, com os quais se encontram interdigitados. Seus derrames são essencialmente sub-horizontais, com inclinações médias de até 5°, em direção ao centro da bacia. As rochas são compostas, principalmente, por basaltos toleíticos e andesi-basaltos toleíticos, com dois piroxênios (augita e pigeonita), que constituem 90% do volume de material extrusivo.



**Figura 4.5.** Ilustração esquemática mostrando diversos tipos de estruturas relacionadas a intrusões de diabásio e suas geometrias na Bacia do Paraná. Simplificado de Zalán *et al.*, (1986) por Machado (2005). Legenda: Verde escuro - derrames de lava; Verde claro - rochas intrusivas; Vermelho - embasamento cristalino; Demais cores - rochas sedimentares da Bacia do Paraná; 1 - Estrutura do tipo Lacólito; 2 - *Sea-gull structure*; 3 - Bismálito formando horst, com estruturas do tipo apófise nas laterais; 4 - Intrusão provocando flexuras na rocha encaixante; 5 - Dique; 6 - *Sill Jump*; 7 - Domo associado à lacólito.

Quanto aos processos intrusivos, Machado (2005) afirma que esses são encontrados em toda Província Magmática do Paraná. Predominam rochas de composição química basáltica, do tipo toleítica, encontradas nas diferentes formas ilustradas na Figura 4.5.

Cabe ressaltar que ocorreu periodicamente a formação de *sills* e diques nas rochas intrusivas, e os derrames hoje formam relevos que sustentam em grande parte as cuestas basálticas do relevo paulista.

O **Grupo Bauru**, na abordagem de Soares *et al.*, (1980), é representado pelas formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília, com deposição em ambiente continental (Soares *et al.*, 1980; Batezelli *et al.*, 2007). Na região nordeste do estado de São Paulo é representado pelas rochas da Formação Itaqueri (IPT, 1981) ou Formação Franca (Hellmeister, 1997), também suprabasálticas e correlatas do Grupo Bauru, com arenitos, arenitos conglomeráticos, siltitos e argilitos.

As coberturas sedimentares superficiais, tidas como **cenozóicas**, aparecem formando depósitos de encosta ou terraços elúvio-coluvionares. Essas coberturas elúvio-coluvionares aparecem com conglomerados basais de pequena espessura, com seixos de quartzo, quartzito, micaxistos, passando por sedimentos mal selecionados areno-argilosos, às vezes conglomeráticos não estruturados. Grande parte destes clastos é angular e mal arredondada, indicando pequeno transporte. Com sua cor variando de vermelho escuro a ocre, formam pacotes espessos, com níveis argilosos maciços e estratificados, mal selecionados, com muitos fragmentos milimétricos de quartzo. Na região de Franca, depósitos de cimeira são representados por fluxos de detritos proximais, constituindo fragmentos de leques aluviais preservados no topo dos morros.

Os **depósitos aluvionares** marcam os locais de deposição atual, caracterizados por áreas planas associadas aos vales de algumas das principais drenagens, relacionados às planícies de inundação atuais. São compostos de areia de granulações variadas, com diferentes quantidades de silte e argila, incluindo material conglomerático. Os seixos são normalmente angulosos, constituídos principalmente de quartzo.

## **5. CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO**

### **5.1-Geomorfologia regional**

A geomorfologia regional da área foi baseada nos estudos e no mapa do projeto Radambrasil (1983), onde a região abrange domínios morfoestruturais como: “Escudo exposto”, “Remanescentes de cadeias dobradas”, “Bacias e coberturas sedimentares do São Francisco” e “Bacias e coberturas sedimentares do Paraná”.

#### **5.1.1- Domínio do escudo exposto (I)**

Este domínio engloba as regiões Planalto de Poços de Caldas-Varginha e Planalto Centro Sul de Minas e conseqüentemente as unidades Planalto Varginha, Planalto Poços de Caldas, Depressão Belo Horizonte e Planalto dos Campos das Vertentes. No mapa de compartimentação geomorfológica tanto regional como o da área de estudo se pode visualizar a ocorrência deste domínio na porção sudeste, correspondente a unidade morfoestrutural do Planalto Varginha (Figura 5.1).

Suas regiões e unidades estão relacionadas com porções emersas da plataforma estabilizada que resistiram as ações dos ciclos tectônicos posteriores ao Arqueano.

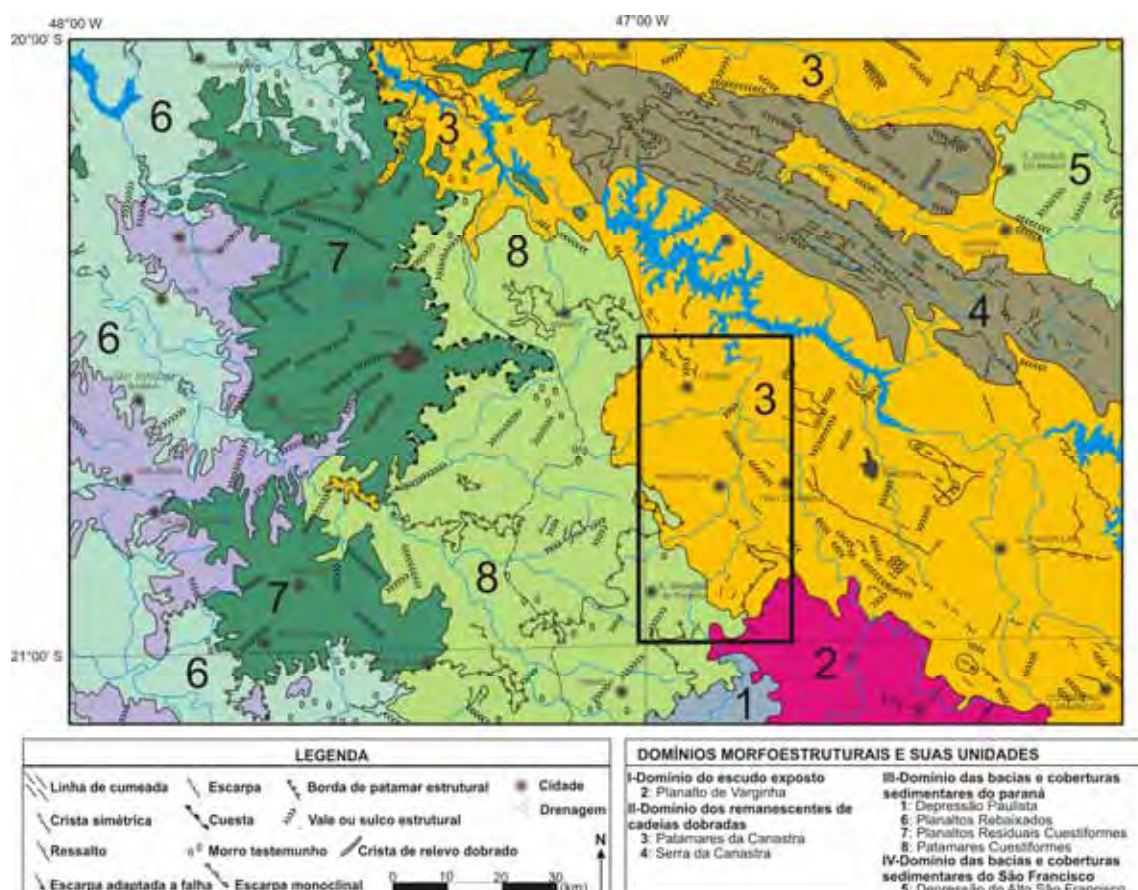
As deformações e deslocamentos do embasamento resultaram em maciços de elevações atingidos por estágios sucessivos de erosão, originando modelados de dissecação homogênea e diferencial.

#### **5.1.2-Domínio dos remanescentes de cadeias dobradas (II)**

Neste domínio estão contidas as regiões Planaltos da Canastra, Planaltos do Alto Rio Grande e Quadrilátero Ferrífero e que estão subdivididas nas unidades Patamares da Canastra e Serra da Canastra, contidas no mapa de compartimentação geomorfológica regional (Figura 5.1) e nas unidades da Depressão de Sapucaí, Planalto de Andrelândia e Alinhamentos de Cristas do Quadrilátero - Pará de Minas, ao norte da mesma figura.

São integrados no domínio, conjuntos de modelados resultantes da exumação de estruturas dobradas ao longo de vários ciclos geotectônicos. As marcas do controle estrutural

são refletidas através de extensos alinhamentos de cristas cortados por vales profundos ou compartimentos planálticos maciços. A dissecação presente no domínio é capaz de acusar influências estruturais e paleoclimáticas e os efeitos dos processos morfogenéticos mecânicos do escoamento superficial retratam características litológicas complexas e de idades variadas.



**Figura 5.1.** Mapa de compartimentação geomorfológica regional baseado no projeto Radambrasil (1983).

### 5.1.3–Domínio das bacias e coberturas sedimentares do Paraná (III)

Contendo as regiões Depressão Paulista, Patamares Orientais da Bacia do Paraná, Planaltos do Alto Rio Paraná e as unidades Patamares Cuestiformes, Planaltos Rebaixados e Planaltos Residuais Cuestiformes, localizadas na porção oeste da Figura 5.1, além das unidades Depressão do Tietê-Mogi Guaçu, Patamar de Itapetininga localizadas fora da área de estudo.

Esse domínio compreende relevos resultantes de dissecação homogênea e diferencial, assim como modelados de aplanamento englobando planalto, patamar e depressão sustentados

por arenitos, siltitos, argilitos e derrames basálticos. Os tipos de formas de relevo predominantes são de topos tabulares com bordas convexizadas, topos convexizados, relevos monoclinais e cuestas, em que o aspecto retilinizado de seus *fronts* sugere interferências tectônicas.

Nestes domínios morfoestruturais, foram atribuídas subdivisões do relevo com o propósito de organizá-lo de forma mais detalhada por regiões e unidades que serão comentadas mais adiante no texto.

## **6. GEOMORFOLOGIA DA ÁREA**

Este capítulo retrata os principais resultados alcançados na definição dos compartimentos da área, apresentando-os com suas principais características, estabelecidas a partir da análise do relevo, dos padrões de drenagem e do reconhecimento das principais anomalias. Os resultados alcançados estão relacionados aos estudos da geomorfologia da área e também foram norteados pela classificação de Ponçano *et al.*, (1981). Além disso, foram consideradas as estruturas principais do substrato rochoso, definindo formas específicas e constituindo no critério principal de separação entre os diferentes compartimentos geomorfológicos.

Para a caracterização das unidades do relevo e a caracterização dos principais compartimentos, foi necessário a confecção de produtos que evidenciassem seus principais traços e feições de destaque, como o Mapa de Compartimentação Geomorfológica e Modelo Digital do Terreno.

Além disso, serão apresentados os resultados da análise da rede de drenagem, com a caracterização dos padrões de drenagem e o quadro de lineamentos.

### **6.1- Análise do Relevo**

O quadro geomorfológico da área estudada é prontamente representado e visualizado com aproximação no Modelo Digital do Terreno (Figura 6.1), montado com base nas imagens SRTM disponibilizadas pela NASA. Neste modelado de relevo é possível visualizar os principais compartimentos, interpretados e representados nas Figuras 6.1 e 6.2, assim denominados:

- Compartimento I- Planaltos Residuais Cuestiformes;

- Compartimento II- Patamares da Canastra;
- Compartimento III- Planalto de Varginha.

O estudo padronizado das feições de relevo, com padrões de amplitude, declividade, formas de topo, drenagem, vales e vertentes, ajustados aos traços estruturais dos conjuntos litológicos presentes na área, permitiram a definição e delimitação dos três compartimentos para a região estudada.

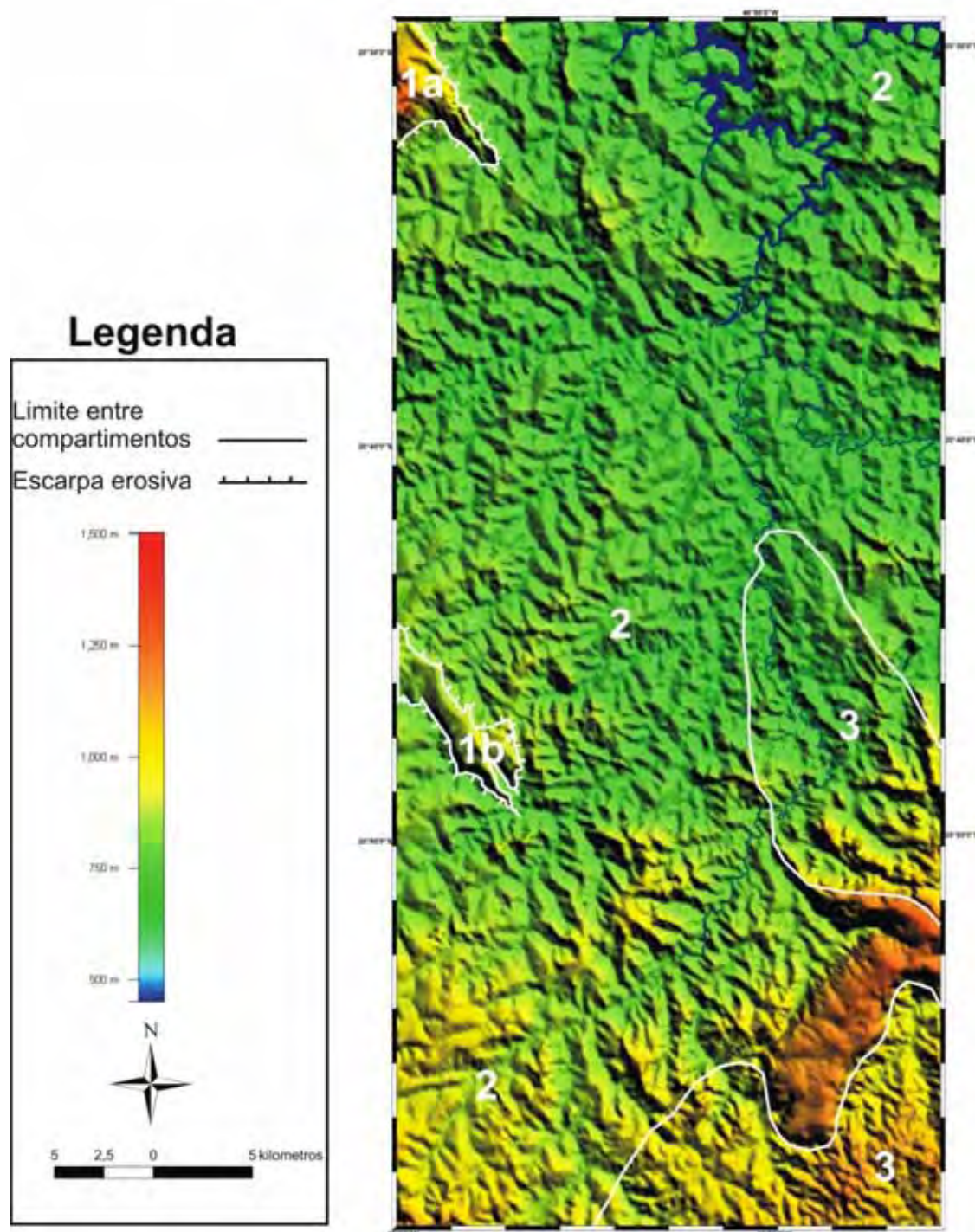
#### **6.1.1-Compartimento I - Planaltos Residuais Cuestiformes**

Este compartimento abrange a porção noroeste e oeste da área estudada, representado pelos setores 1a e 1b no mapa (Figuras 6.1 e 6.2). Sua extensão para oeste adentra os domínios do Planalto de Franca, porção do Planalto Ocidental Paulista e sua transição para o domínio das cuevas basálticas (Almeida, 1974; Ponçano *et al.*, 1981).

São consideradas feições de destaque para este compartimento as variações de relevo desde superfícies aplainadas até feições mais abruptas relacionadas à conservação de formas através das litologias mais resistentes sendo assim consideradas as escarpas, as cuevas basálticas, as mesas e peões.

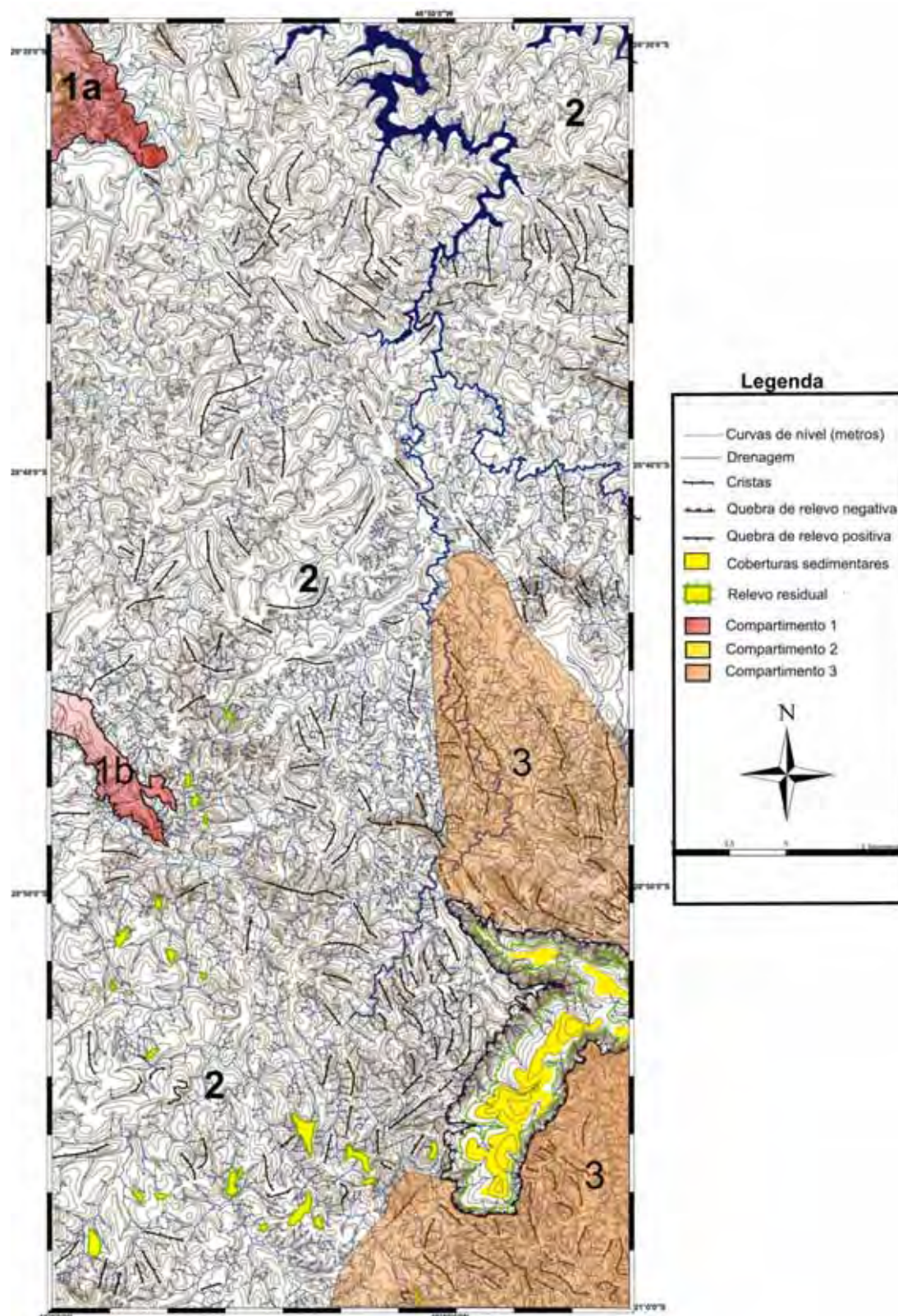
A organização das formas ajusta-se à passagem das zonas de altitude, separadas por escarpas e formando degraus mais abatidos, visualizados em perfis esquemáticos (Figuras 6.3 e 6.4) em fotos panorâmicas, com a visualização das superfícies de aplainamento ao fundo (Fotos 6.1 e 6.2).





**Figura 6.1.** Modelo Digital do Terreno montado com bases nas imagens SRTM, com indicação da hipsometria e compartimentação geomorfológica da área de estudo.





**Figura 6.2.** Mapa de compartimentos com indicação e destaque das principais feições de relevo analisadas neste estudo.



**Foto 6.1.** Visada dando destaque às variações de relevo contidas no compartimento “Planaltos Residuais Cuestiformes” das escarpas erosivas para uma superfície de aplainamento rebaixada (Ponto 4).



**Foto 6.2.** Vista panorâmica destacando superfície de aplainamento (Ponto 31).

As porções mais elevadas correspondem a restos do Planalto de Franca, remanescentes em região aplainada onde o relevo é caracterizado por pequena amplitude (menor que 40 m), baixa declividade, baixa densidade de drenagem, topos aplainados representados por rampas ou colinas muito amplas, com morros arredondados. O padrão de drenagem predominante é dendrítico, com vários canais abertos e perfis de vertentes convexas. Em muitas ocasiões é possível reconhecer relevo residual, na forma de tabuleiros e peões, representando verdadeiros morros testemunhos do Planalto de Franca (Foto 6.5).

Essas formas aplainadas merecem total atenção, uma vez que possuem “em comum” topos achatados e grande concentração de lateritas e crostas ferruginosas (Foto 6.5) que proporcionam pistas quanto à correlação com a antiga superfície de aplainamento Sul-americana (King, 1956) ou Japi (Almeida, 1974), descritas na região de Franca. Logo abaixo, na região de Patrocínio Paulista, é possível reconhecer novas superfícies de aplainamento, em torno da cota de 1000 metros. Esta superfície corresponde aos fundos de vales observados na foto 6.4 e à superfície de aplainamento da figura 6.4, associada a restos de cobertura sedimentar arenosa do Grupo Itararé (Formação Aquidauana), sustentados em grande parte por rochas



básicas (diabásios) correlatos da Formação Serra Geral, constituintes do Sill Borda da Mata, muito importante na região nordeste do estado de São Paulo.



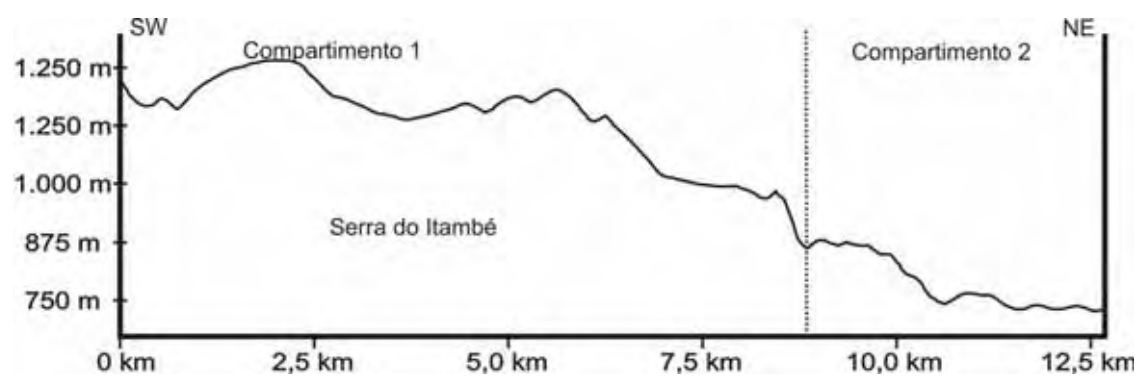
**Foto 6.3.** Registros de lateritas da região de Franca (Ponto 26).

O Planalto de Franca ocorre mais a oeste da área e é um grande planalto de reverso de cuesta interna que ocorre entre os rios Grande e Sapucaí, posicionado no extremo leste da Bacia do Paraná, nos estados de São Paulo e Minas Gerais.

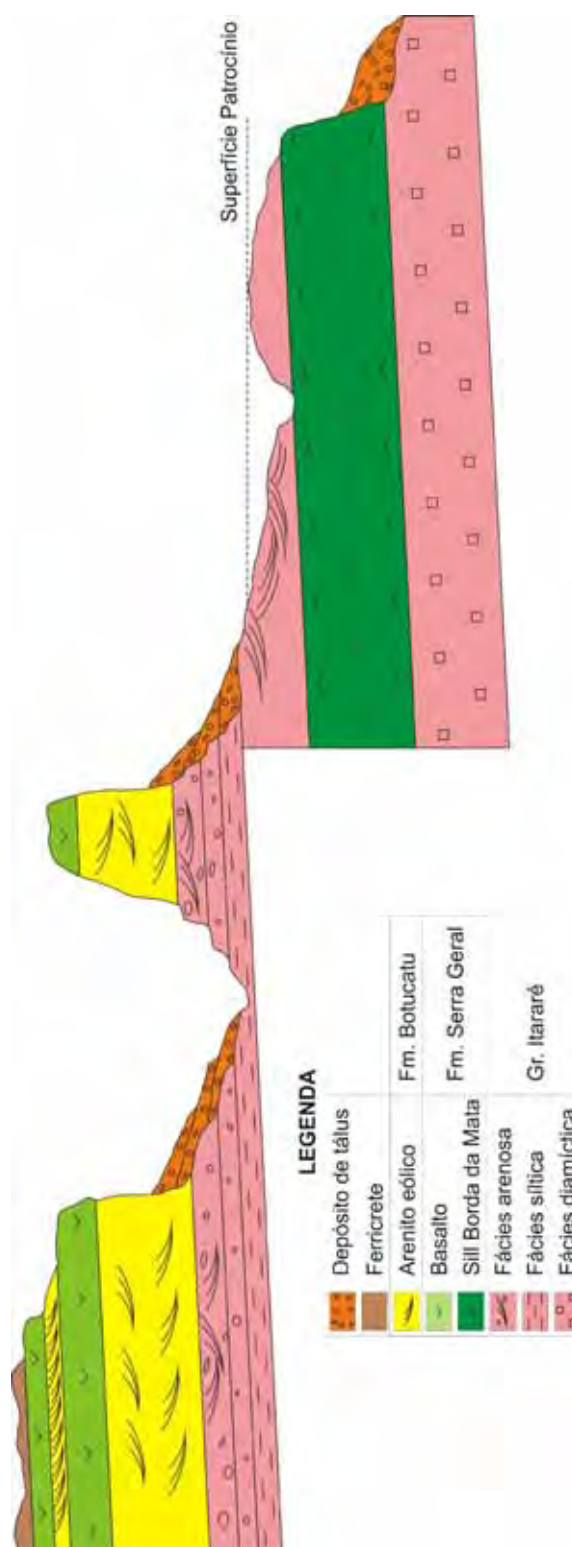
A passagem para superfície de Patrocínio Paulista é feita na forma de degraus, com escarpas e patamares em diferentes altitudes, relacionados a diferentes padrões de resistência das rochas, preservando localmente relevo residual. Esta passagem é bem marcada nas rodovias que promovem acesso a área a partir de São Sebastião do Paraíso, Franca, Patrocínio Paulista, Itirapuã e Ibiraci.



**Foto 6.4.** Visada dando ênfase ao Planalto de Franca e relevos residuais, testemunhos da superfície de aplainamento Sul-Americana. Na porção rebaixada, a superfície de aplainamento de Patrocínio Paulista (Ponto 32).



**Figura 6.3.** Perfil topográfico evidenciando a passagem do compartimento 1 para o 2, através da escarpa erosiva (sobrelevação de 6X).



**Figura 6.4.** Perfil esquemático do compartimento “Planaltos Residuais Cuestiformes” e seus respectivos litotipos dispostos em camadas horizontais a sub-horizontais.



**Foto 6.5.** Foto referente à ilustração do perfil esquemático do compartimento “Planaltos Residuais Cuestiformes” (Ponto 34).

Degraus, escarpas e patamares são reconhecidos em diversas situações. As escarpas são marcadas por declives verticais, muitas vezes com encostas rochosas que evoluem por quedas de blocos, associadas a rochas mais resistentes. A alternância de resistência das rochas leva à formação de patamares aplainados, horizontalizados, passíveis de reconhecimento ao longo das vertentes.

Linhas de escarpa festonadas e relevo intensamente dissecado com formas convexas nas vertentes marcam a transição para as regiões rebaixadas do Compartimento II (Figura 6.5). As bordas escarpadas são sustentadas por rochas areníticas ou por rochas basálticas, localmente sotopostas pelos sedimentos predominantemente arenosos do Grupo Itararé, entremeados por diques e *sills* de diabásio correlatos à Formação Serra Geral (Fiori 1979; Oliveira *et al.*, 1983; Corsi, 2003; Perdoncini, 1997). O exemplo clássico é visível na Figura 6.4 e na Foto 6.5, marcando a linha de escarpa entre os domínios 1 e 2, na porção oeste da área.

Neste estudo, ao longo da Superfície de Patrocínio, foi possível reconhecer a presença de rochas arenosas relacionando-se aos topos aplainados arenosos e a incisões alcançando, no fundo dos vales, diabásios relacionados às rochas correlatas à Formação Serra Geral.



As muitas situações de escarpas e patamares, no entanto, se repetem em diferentes situações de litologias associadas, reconhecidas no contato entre arenitos (provavelmente Formação Botucatu) e diabásio, entre diabásio e Grupo Itararé, entre Formação Botucatu e Grupo Itararé, com a região de escarpa sendo sustentada ora por arenitos silicificados (Formação Botucatu), ora por diabásio (Fotos 6.7 e 6.8).

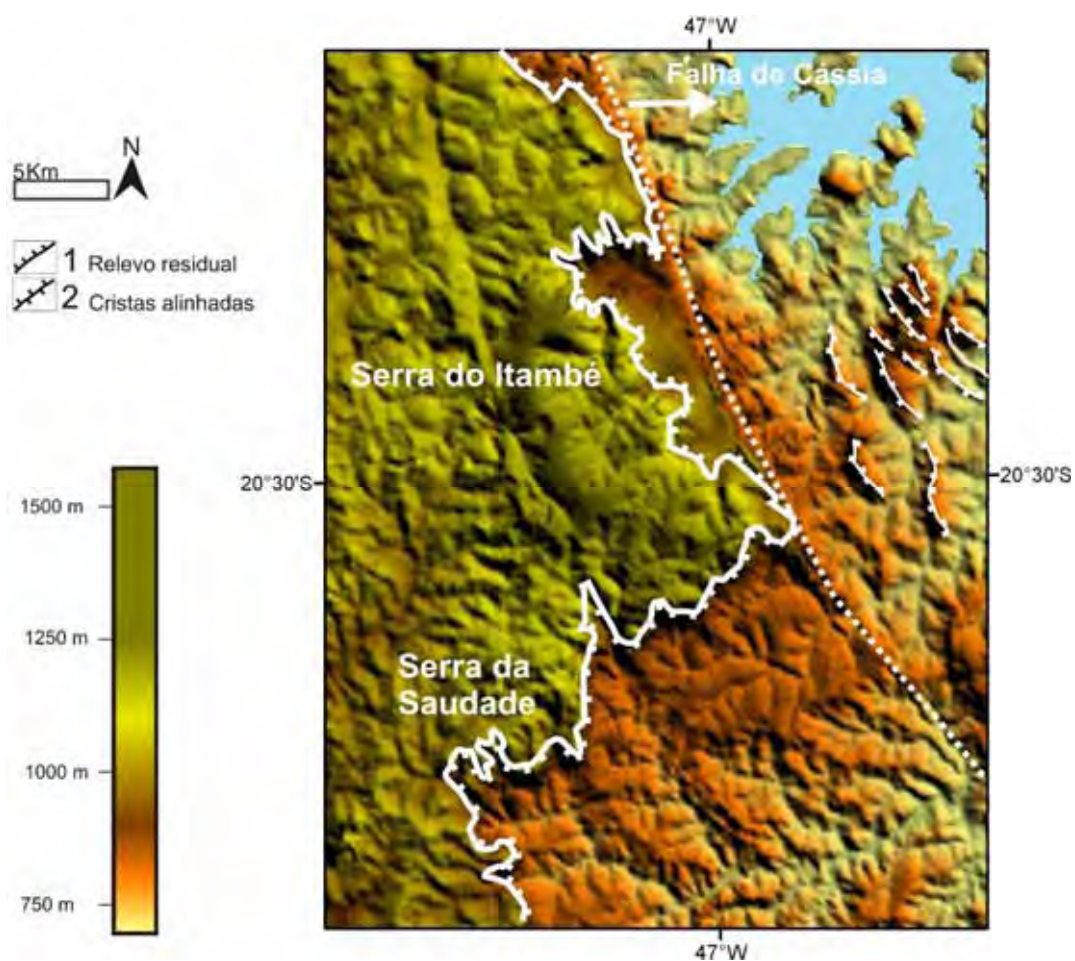


**Foto 6.6.** Escarpa sustentada por arenitos da Formação Botucatu (Ponto 37).



**Foto 6.7.** Escarpa sustentada por arenito da Formação Botucatu, destacando a estratificação cruzada de grande porte desta formação (Ponto 38).

De acordo com a literatura, na região estas feições podem ainda ser associadas, em direção a Franca e ao Planalto de Franca (Almeida, 1974; Hellmeister, 1997; Ponçano *et al.*, 1981; Perdoncini, 2001) por rochas da Formação Itaqueri, por basaltos de Formação Serra Geral, alternados por arenitos intercalados de Formação Botucatu.



**Figura 6.5.** Modelo digital do terreno com hipsometria destacando a região do Planalto de Franca, a presença de escarpas erosivas, as cristas alinhadas e a Falha de Cássia.





**Foto 6.8.** Escarpas de erosão, marcando o limite entre os compartimentos I e II (Ponto1).

A presença de cobertura arenosa nos patamares, relacionada à alteração das unidades sedimentares e/ou a presença de coberturas cenozóicas relacionadas à evolução e recuo das escarpas, leva ao desenvolvimento de um padrão dendrítico de drenagem, com modificações ao atingir a linha de escarpa.

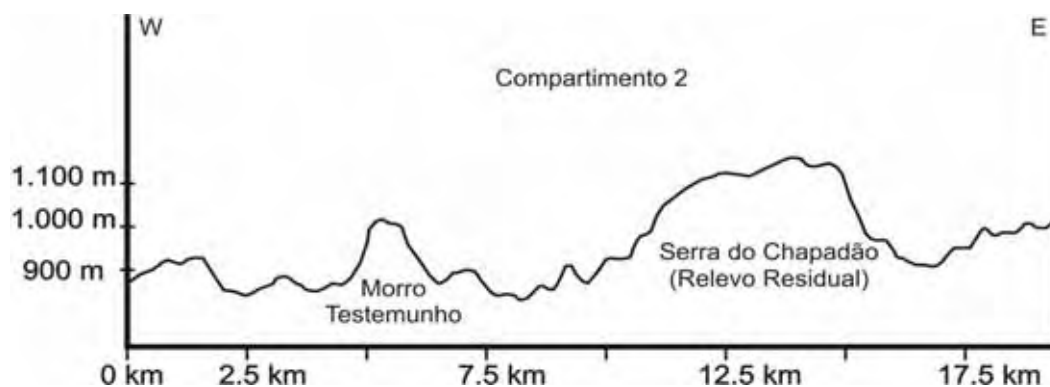
### **6.1.2-Compartimento II - Patamares da Canastra**

Este é o principal compartimento da área estudada, representando a passagem topográfica das áreas elevadas tanto a oeste, do Planalto Ocidental e das Cuestas, quanto a sudeste, do Planalto de Varginha, para o vale do Rio Grande. Por isso, apresenta um relevo com restos de feições elevadas, relacionadas à erosão remontante e ao recuo progressivo da escarpa, bem como um forte papel das estruturas presentes no substrato rochoso, decorrentes da história evolutiva deste segmento. Os valores topográficos deste compartimento atingem cotas de 900 a 700 metros, em sua porção mais rebaixada onde está instalado o Complexo Hidroelétrico Furnas.

O relevo deste compartimento possui características como colinas amplas de topos convexos a aplainados e vertentes retilíneas a convexo-côncavas, rampeadas em fase incipiente de dissecção, caracterizando exemplos típicos de substrato rochoso magmático metamórfico recoberto por bacia sedimentar, com a implantação de sistema erosivo fluvial que foi esculpindo a paisagem e deixando feições de relevo relacionadas às estruturas deste substrato (Figura 6.6).

Nas porções mais dissecadas da área, a drenagem possui alta densidade, e esculpe os micaxistos distribuídos nos arredores das cidades de Itaú de Minas, São Sebastião do Paraíso, Cássia e no vale do Rio Grande.

O estabelecimento da rede de drenagem local rompeu estas superfícies aplainadas, dissecando-as e aproveitando as estruturas do embasamento pré-cambriano para desenvolver formas mais resistentes de relevo, representando as estruturas presentes nestas rochas.



**Figura 6.6.** Perfil Topográfico evidenciando feições residuais relacionadas tanto a rochas sedimentares (Morro Testemunho) quanto a rochas metamórficas (Serra do Chapadão) com sobrelevação de 8X.

Neste compartimento, as feições de destaque são relacionadas a relevos residuais, associados à preservação de rochas sedimentares da Bacia do Paraná, ou então às rochas mais resistentes dos terrenos pré-cambrianos.

#### 6.1.2.1-Relevo residual relacionado às rochas sedimentares

Os topos aplainados são associados às litologias dominadas pelos sedimentos da Formação Aquidauana que foram conservados da atuação de processos erosivos. Estes sedimentos se dispõem em camadas horizontais assentadas sobre o embasamento cristalino, formando assim feições de destaque como mesas, tabuleiros e até mesmo peões, de pequenas dimensões, principalmente quando comparados com as feições do compartimento I.

Os exemplos reconhecidos como clássicos são dados pelos morros Santana e Angolinha (Foto 6.9), ou outros de menor dimensão ainda, como da Foto 6.10, sustentado por patamares internos do Grupo Itararé (Formação Aquidauana).



**Foto 6.9.** Visada W para E para o Morro do Santana, relevo residual por rochas areníticas da Formação Aquidauna recobrindo o embasamento pré-cambriano (Ponto 67).

Pode ser ressaltada também a ocorrência de formas de topo aplainado devido à presença localizada de coberturas sedimentares cenozóicas (Fotos 6.11 e 6.12), com retrabalhamento de arenitos, basaltos e outras rochas. Estas podem indicar a formação de algum tipo de nível de aplainamento local ou mesmo o desenvolvimento de um pediplano a partir da evolução e recuo das escarpas principais.



**Foto 6.10.** Relevo residual da área, sustentado por rochas areníticas da Formação Aquidauna recobrindo o embasamento pré-cambriano. Ao fundo, percebe-se a escarpa erosiva limítrofe entre os compartimentos 1 e 2 (Ponto 7).



**Foto 6.11.** Coberturas sedimentares cenozóicas, com retrabalhamento de arenitos, basaltos e outras rochas (Ponto2).



**Foto 6.12.** Coberturas sedimentares cenozóicas, com presença de clastos de tamanhos e formas variadas indicando transporte coluvial (Ponto 2).



Com respeito à presença de coberturas cenozóicas, é importante ressaltar um patamar mais amplo, nas porções oeste de Cássia, localizado no sopé da Serra da Saudade e de Itambé, com cota em torno de 850 m. Nesta região, os afloramentos são de rochas sedimentares mais jovens, argilosas (Fotos 6.11 e 6.12). Estes sedimentos recobrem as rochas pré-cambrianas na região, concentrando-se a partir dos traços da Zona de Falha de Cássia para sudoeste. Representam a ocorrência de matéria prima para indústria oleira regional, com grande concentração de indústrias cerâmicas no local.

Os sedimentos desta região apresentam camadas argilosas ricas em matéria orgânica (Foto 6.13), indicando acumulações lacustres, alternadas com brechas sedimentares, ricas em fragmentos de rochas (Foto 6.14), lembrando a formação de leques aluviais proximais, provavelmente associados à evolução da escarpa a oeste.

Também são reconhecidas coberturas coluvionares dispersas pela área, com brechas de seixos argilosos na base e arenitos imaturos, indicando transporte muito pequeno (Foto 6.15).



**Foto 6.13.** Sedimentos argilosos de coloração preta rico em matéria orgânica indicando possível depósito lacustre (Ponto 46).



**Foto 6.14.** Foto destacando uma brecha sedimentar similar a leque aluvial (Ponto 46).



**Foto 6.15.** Coberturas sedimentares cenozóicas, com presença de clastos de tamanhos e formas variadas indicando transporte coluvial (Ponto 48).

Nas proximidades de Capetinga, a W da área estudada e logo abaixo da escarpa, é possível reconhecer lateritas imaturas associadas às coberturas, podendo indicar nova superfície

de aplainamento local, talvez relacionada à acumulação dos sedimentos acima descritos (Foto 6.16).



**Foto 6.16.** Registro de lateritas imaturas nas proximidades de Capetinga (Ponto 39).

#### **6.1.2.1-Relevo residual controlado por rochas pré-cambrianas**

A observação do mapa de compartimentos permite o reconhecimento de cristas diversas, alinhadas ou isoladas, ou mesmo expressivas serras. Seu reconhecimento e interpretação em conjunto com as feições de drenagem permite a caracterização de estruturas regionais, na forma de zonas periclinais de grandes dobras ou de zonas de falhas regionais. A seguir são apresentadas as feições de destaque deste tipo de caracterização verificada neste estudo.

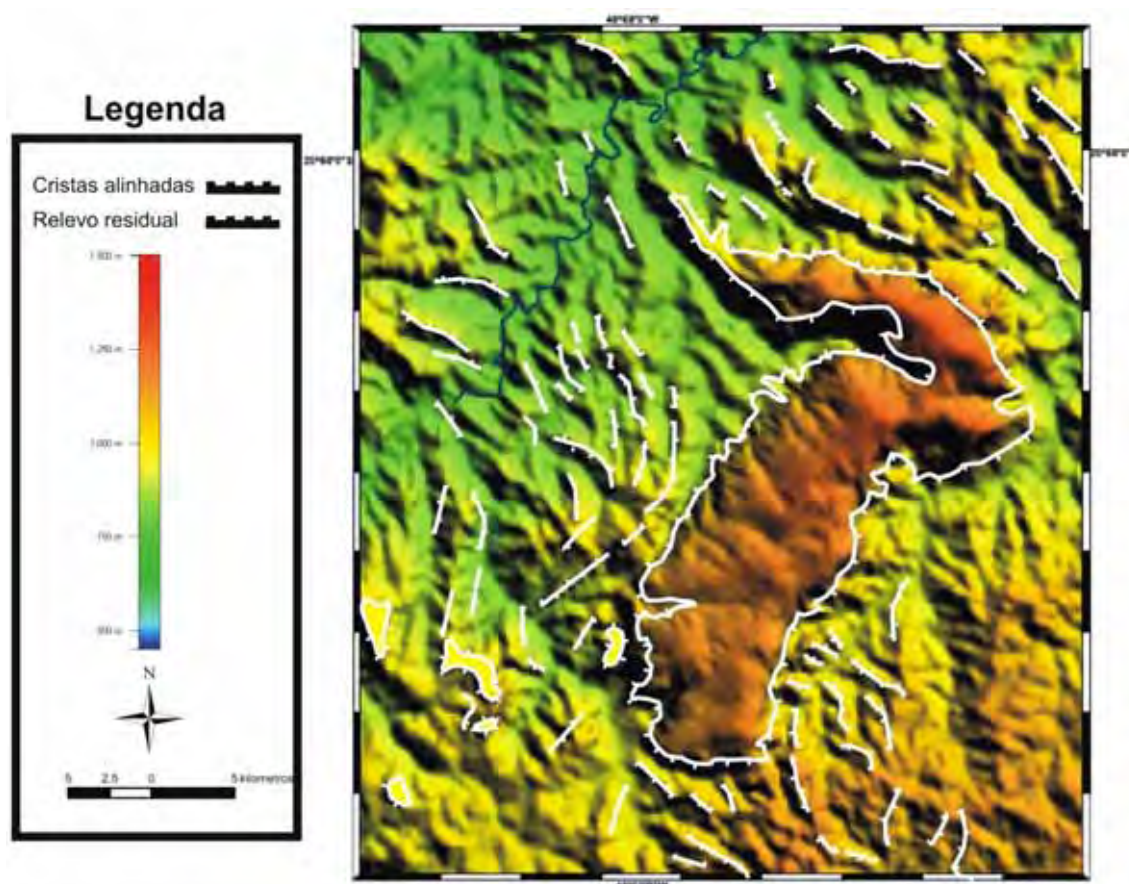
As litologias mais resistentes desse compartimento são compostas principalmente pelos quartzitos e paragnaisses do Grupo Araxá, que sustentaram, em seu topo, rochas compostas pelos sedimentos da Formação Aquidauana, assim gerando feições residuais que são



controladas pelas estruturas e diferenças de resistência das rochas pré-cambrianas. Dentre estas feições podemos citar os relevos de serras alinhadas e as sinformas e antiformas.

#### 6.1.2.2-Serras do Chapadão e da Fortaleza

Esta serraria abrange feições de grande destaque tanto para a geologia quanto para a geomorfologia. A serra do Chapadão apresenta uma orientação NE-SW, com feição de relevo com desnível de aproximadamente 200m, com topo aplainado de grandes dimensões (Figuras 6.7, 6.8 e 6.9.), o que dá sustentação a sua denominação. O conjunto de rochas mais resistentes sofre forte inflexão para NW-WNW, passando a constituir a Serra da Fortaleza.

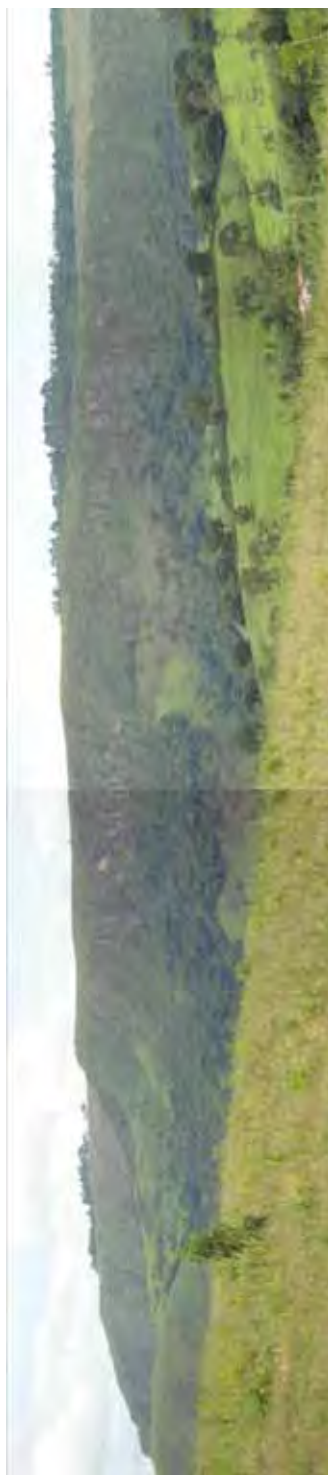


**Figura 6.7.** MDT com indicações de exemplos de relevo residual, zona periclinal e de cristas alinhadas. O destaque na imagem é para o Sinformal do Chapadão.

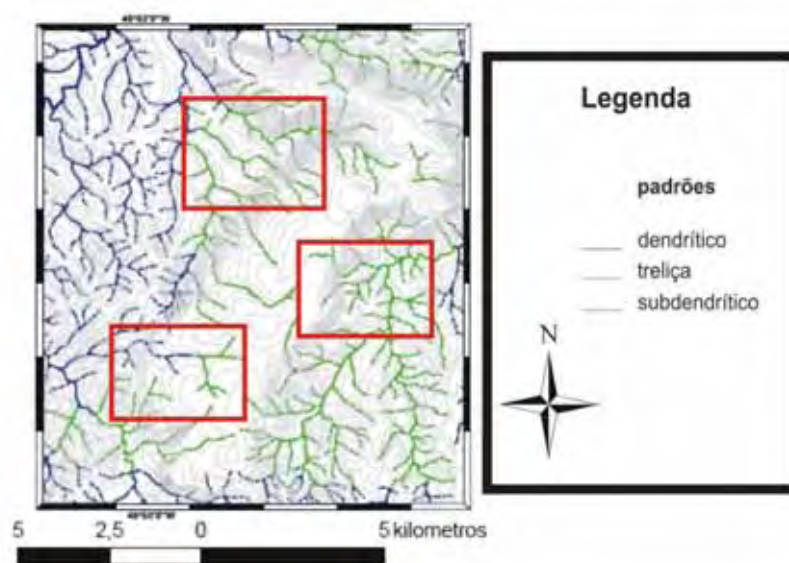




**Figura 6.8.** Fotografia aérea ressaltando a Serra do Chapadão e as feições de destaque geomorfológico.



**Foto 6.17.** Foto panorâmica com visada de NE para SW exibindo a porção norte da Serra da Fortaleza (Ponto 60).



**Figura 6.9.** Mapa dos padrões de rede de drenagem da área de estudo evidenciando o padrão de drenagem treliça na região do Chapadão.

Segundo o quadro geológico local (Figura 6.10), as serras são sustentadas por quartzitos do Grupo Araxá (Morales *et al.*, 1996), ou Canastra (Simões, 1995) parcialmente recobertos pelas rochas da Formação Aquidauana (Grupo Itararé - Bacia do Paraná).

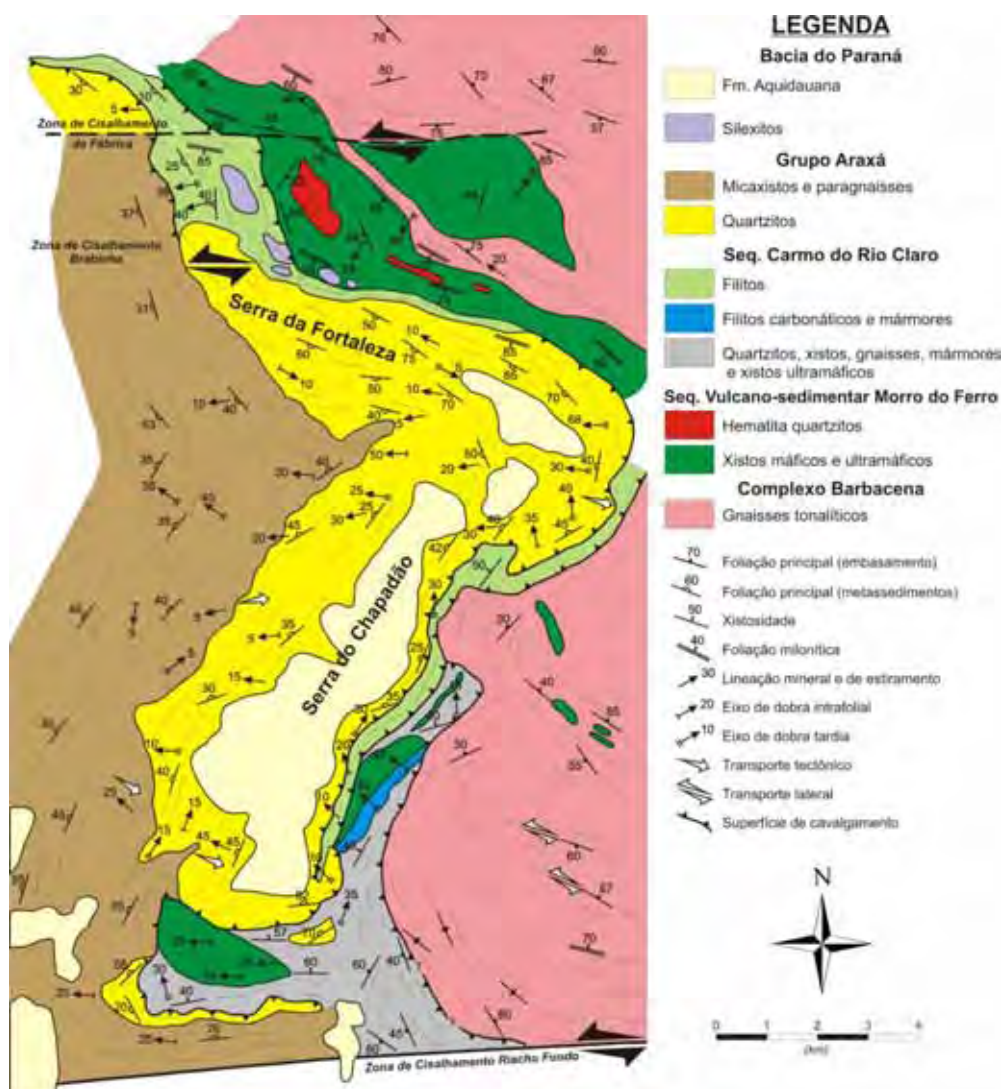
Ainda segundo estes autores, o arranjo das serras se associam a uma zona periclinal de uma dobra sinformal (Sinforma do Chapadão) – Figura 6.10, com inclinação para oeste.

A observação dos flancos destas serras mostra feições que indicam a inclinação das camadas rochosas, representadas por formas triangulares dos interfluvios (Foto 6.18) marcadoras da inclinação dos corpos rochosos reconhecidas nos flancos das serras, na porção interna da sua confluência. No rebordo da Serra do Chapadão, na observação da escarpa, é possível reconhecer os traços do acamamento, fazendo indicação também da inclinação das camadas. Já na Serra da Fortaleza, em seu flanco norte, as cristas são mais isoladas e alinhadas, formando arranjos simétricos e indicativos de alto ângulo de mergulho, até verticais. A comparação com o mapa estrutural (Morales *et al.*, 1996- Figura 6.10) ajuda a confirmar a interpretação de inclinação das camadas feitas a partir da observação das feições de relevo acima descritas.



**Foto 6.18.** Feições do tipo triangulares, definidas por camadas litológicas inclinadas, reconhecidas nos flancos das serras, na porção interna da sua confluência presentes na Serra do Chapadão (Ponto 64).





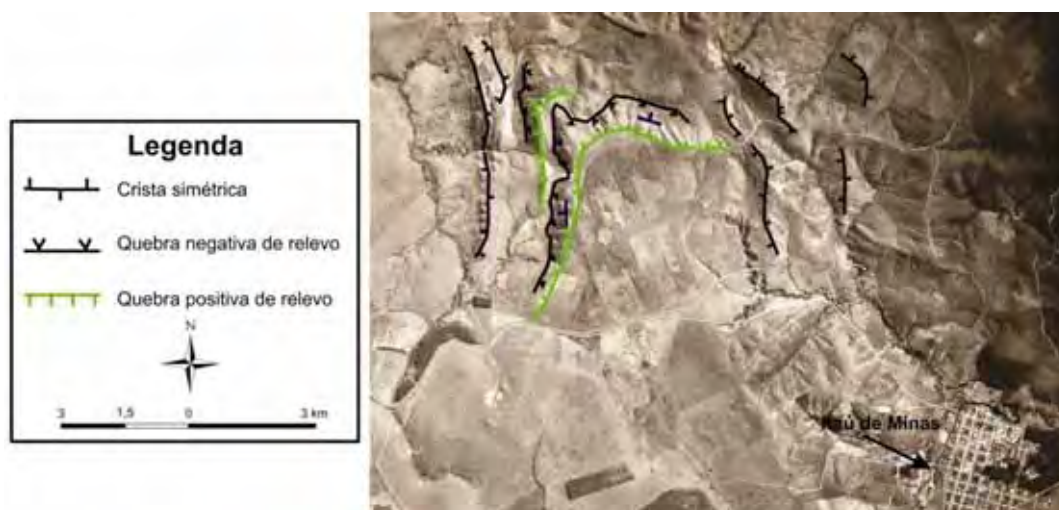
**Figura 6.10.** Mapa Geológico Estrutural da Serra da Fortaleza e do Chapadão, Moraes (1993).

#### 6.1.2.3-A Serra do Itaú

Na região de Itaú de Minas, rochas quartzíticas formam cristas alinhadas com fortes expressão regional (Serras da Ventania, São João e Formoso), orientadas WNW que, ao atingir a Serra de Itaú, apresentam forte inflexão para S, definindo nova zona periclinal. No flanco NE apresentam assimetria que indicam baixo mergulho, com alternância de rochas quartzíticas e xistosas, definindo cristas alternadas com vales alinhados (Figura 6.11).

Para W, após a inflexão, o traço da serra perde importância, porém é possível reconhecer as cristas alinhadas e a indicação de alto ângulo de mergulho das camadas rochosas com direção próxima a NS.

O conjunto representa zona periclinal de dobra antiformal, chamado Antiforma de Itaú, com eixo inclinado para NW (Figura 6.11).

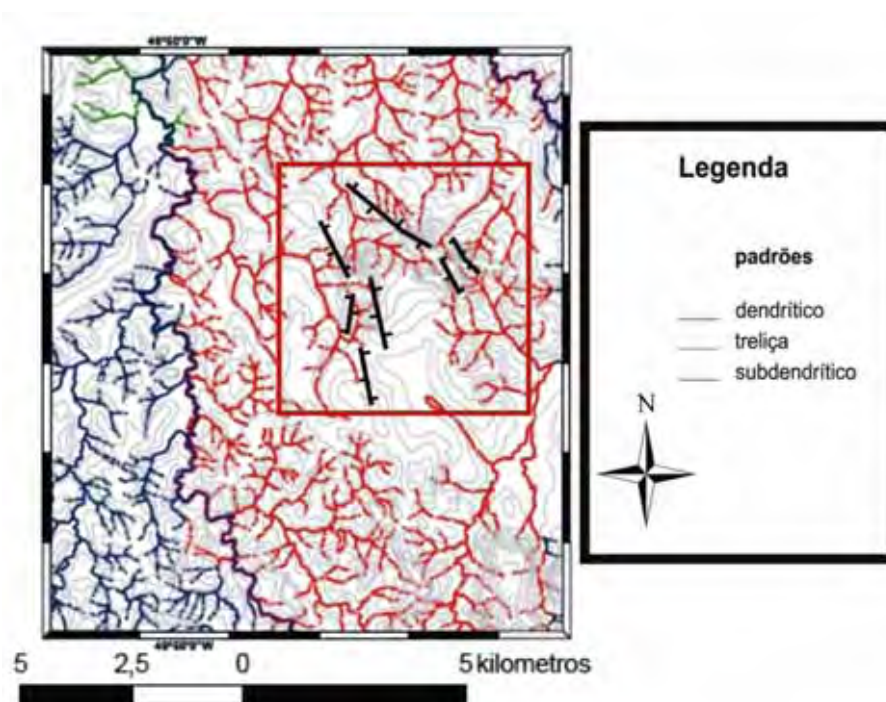


**Figura 6.11.** Fotografia aérea registrando a Antiforma de Itaú.

Outros arranjos de cristas alinhadas e de inclinações de camadas podem ser reconhecidos na área, na forma de “hogbacks” (Foto 6.19), relacionados às estruturas e que também permitem a sua interpretação.



**Foto 6.19.** Visada de N para S, onde se pode notar uma feição do tipo “hogback”, que sugere inclinação de camadas e a interpretação das estruturas inclinadas (Ponto 54).



**Figura 6.12.** Sistema de drenagem com o padrão dendrítico ajustado com as cristas referentes à Antiforma do Itaú.

#### 6.1.2.4-Zona de Falha de Cássia

Outra feição de destaque deste compartimento é o ajuste das feições de relevo e de drenagem à Zona de Falha de Cássia, pois na região compreendida entre as cidades de Cássia e Itaú de Minas são reconhecidos longos segmentos retilíneos de drenagem, fortemente alinhados e ajustados a cristas também retilíneas (Figura 6.14). A feição cruza a área ao longo da direção NW-SE, facilmente reconhecida, estendendo-se para NW ao longo do alinhamento das serras do Agapito e de Itambé, formando extensa anomalia de relevo (Figuras 6.2, 6.4 e 6.5). As feições retilíneas e a simetria de relevo ao longo das cristas associadas indicam alto ângulo de mergulho das estruturas associadas a esta zona de falhas.

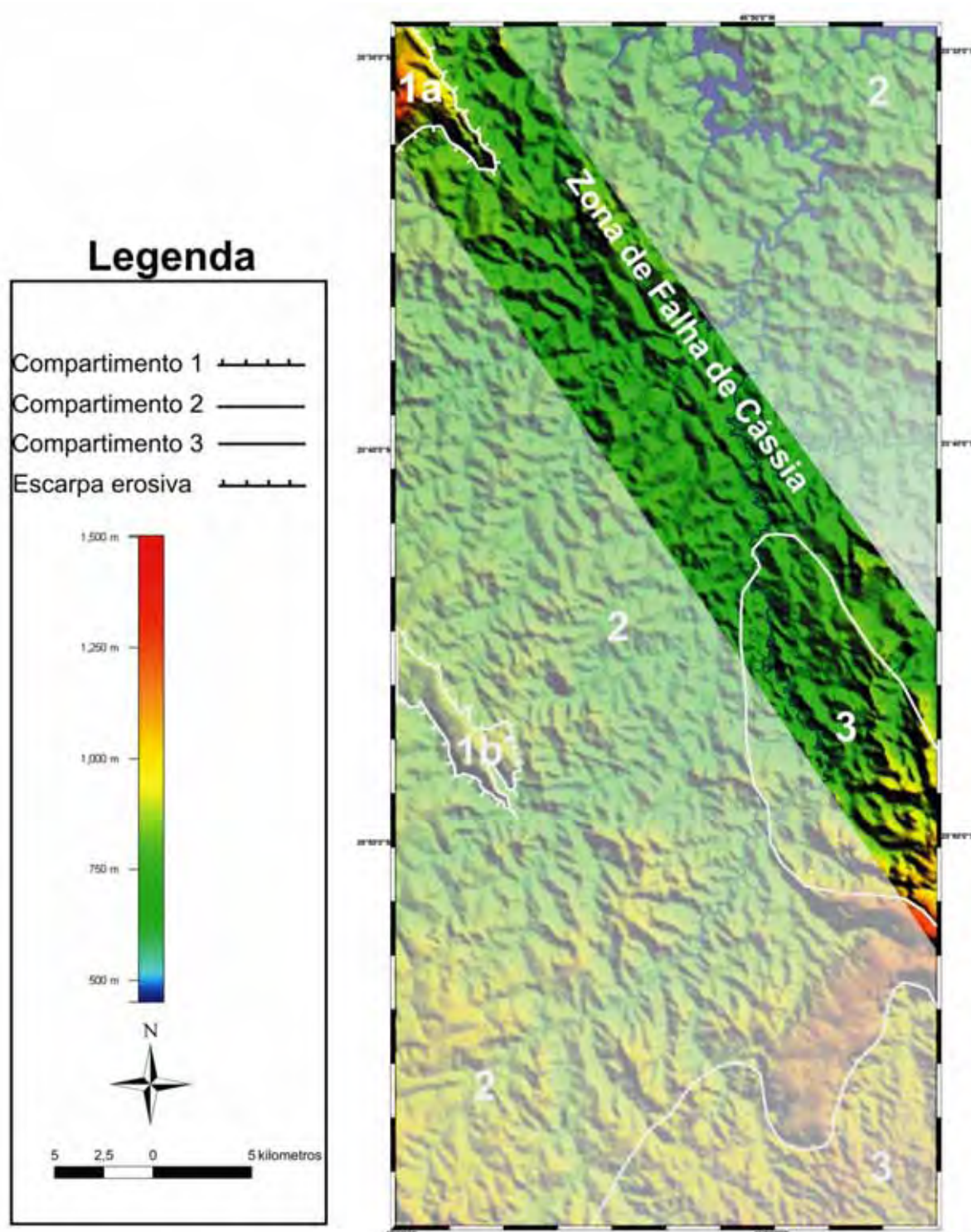
As cristas alinhadas nesta área são sustentadas por quartzo xisto e ou gnaisses quartzosos, apresentando cornijas e desdobrando-se em patamares estruturais. Seguem geralmente um padrão NW-SE devido à influência da Zona de Falha de Cássia (Figura 6.13).

Mostram-se alinhadas na porção oeste de acordo com as escarpas erosivas do Planalto de Franca sobrevivendo ao processo de arrasamento de relevo. Na porção Norte e Sul obedecem às foliações dos quartzitos e a de algumas formas estruturais.

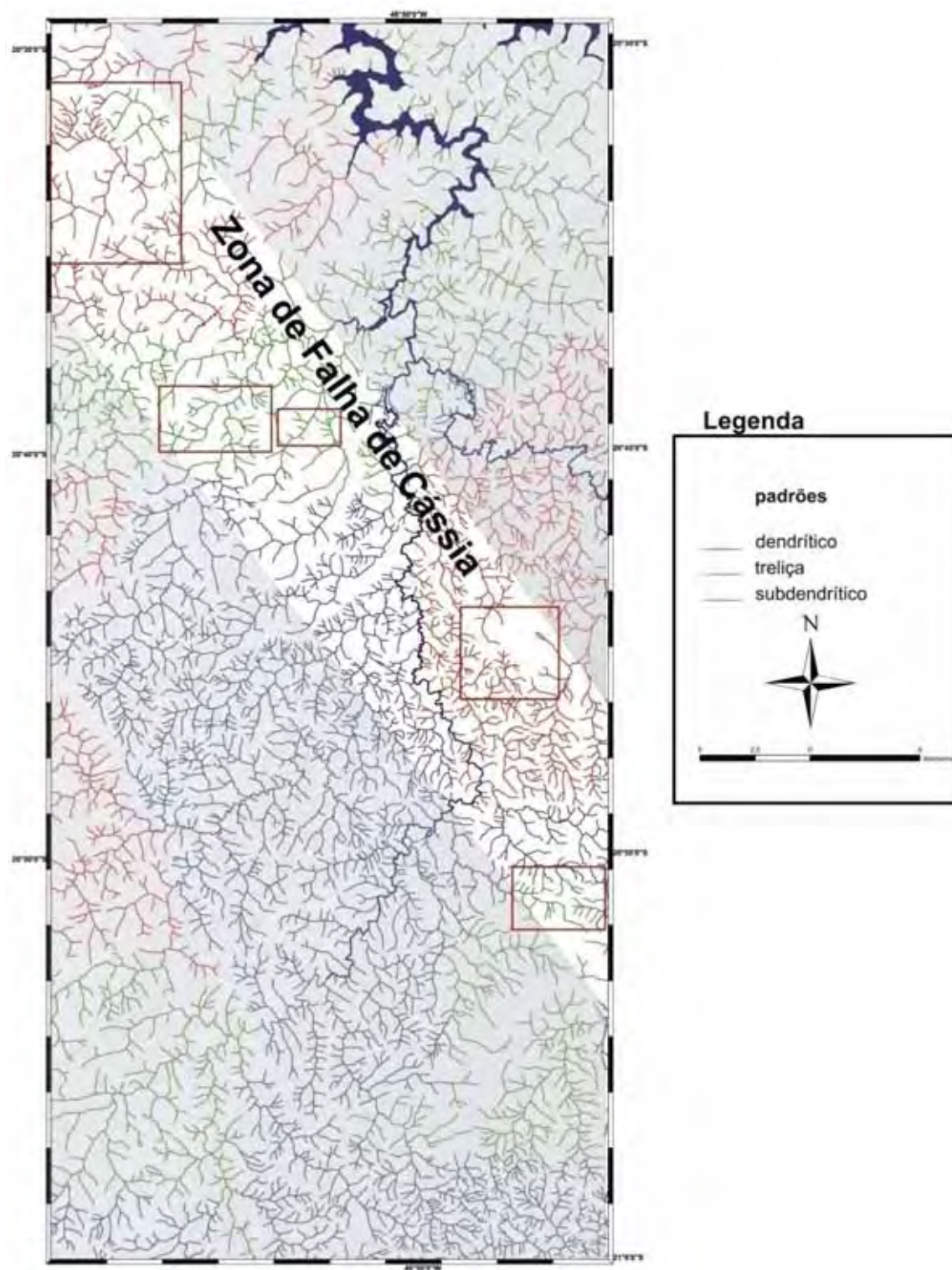
As feições são marcadas de diversas formas, descritas de NW para SE:



- No canto NW da área, os traços de falha marcam os limites (alinhados) do compartimento I ou, em outras palavras, marcam fortemente o limite dos domínios da Bacia do Paraná (Figura 6.5).
- Forte crista alinhada é sustentada pela Serra do Agapito (braço estendido da Serra do Itambé), marcando alinhamento de quartzitos e anomalia alongada, que se prolonga dos limites da Bacia Sedimentar para SE. Cristas alinhadas são facilmente reconhecidas na paisagem, a ponto de formar feições do tipo facetas trapezoidais. Apesar da indicação, não puderam ser confirmadas como decorrentes de movimentos de falhas até o momento.
- Forte alinhamento dos traços retilíneos de drenagem e de pequenas cristas morrotes ao longo da direção NW, mostrando padrão clássico de feições geomorfológicas indicadoras de presença de falhas para sensores remotos. Estes traços cruzam praticamente toda área, entre Cássia e Itaú de Minas (Figuras 6.2 e 6.14).
- Além dos segmentos retilíneos de drenagem, zonas de confluências também são reconhecidas, alinhadas ao longo destes traços.
- Na região do flanco W da antiforma do Itaú, os traços de zona de falha parecem balizar e limitar a zona periclinal, ajustando o flanco oeste da estrutura ao traço da zona de falha.
- Os traços da zona de falha transpassam os limites deste compartimento, avançando ao longo do flanco norte da Sinforma do Chapadão, onde é caracterizada por feixes de cristas de rochas resistentes e fortemente alinhadas (Figuras 6.7 e 6.8).



**Figura 6.13.** MDT referente à Zona de Falha de Cássia.



**Figura 6.14.** Padrões de drenagem associados a Zona de Falha de Cássia, evidenciando anomalias.

### 6.1.3-Compartimento III - Planalto de Varginha

Este compartimento se localiza na porção sudeste da área de estudo e é nitidamente destacado dos demais compartimentos por possuir morros alongados e cristas alinhadas com elevações que variam de 900 a 1080m. Estas elevações são sustentadas por rochas pré-cambrianas referentes aos Complexos Varginha e Amparo predominantemente composto por migmatitos, gnaisses e xistos diversos.

O modelado de dissecação desta região apresenta-se homogêneo em meio à presença de colinas e morros alongados, de vertentes convexo-côncavas de topos que podem variar de arredondados a convexos que, neste caso, podem ser relacionados às de linhas de cumeada.

Uma forma bem nítida de separar este domínio da porção correspondente aos Patamares da Canastra (Compartimento II) seria através de uma perceptível dissecação diferencial entre os mesmos (Figura 6.15).



**Figura 6.15.** Perfil topográfico evidenciando a dissecação diferencial entre os compartimentos 2 e 3 (sobrelevação 10x).

As cristas alinhadas presentes neste compartimento são feições formadas pela litologia mais resistentes dos migmatitos e gnaisses que se conservaram perante a dissecação mais acentuada (Foto 6.20). A orientação dos morros alinhados e das cristas é reforçada na porção norte da Sinforma do Chapadão, onde são encontradas cristas alinhadas e fortemente orientadas, (Foto 6.21) adentrando com a direção NW-SE, podendo representar forte influência da Zona de Falha de Cássia.

Os morros apresentam um nivelamento de seus topos (Foto 6.22), que permite suspeitar de uma antiga superfície erosiva.



Imediatamente a sul destes alinhamentos, os traços NW-SE são truncados pela Serra do Chapadão, permitindo a caracterização mais fácil do limite entre dois compartimentos.

Nesta configuração de relevo, percebe-se que o padrão de drenagem é basicamente resumido à forma dendrítica, que pode ser relacionada à dissecação das estruturas desse compartimento e às estruturas tectônicas nele presentes, herdadas da época de deformação pré-cambriana, uma vez que esta apresenta direções preferenciais NW- SE.



**Foto 6.20.** Visada de W para E mostrando o compartimento “Planalto Varginha”, com morros alongados e fortemente orientados (Ponto 74).

#### **6.1.4-Análise da rede de drenagem**

Conforme já citado anteriormente, o estabelecimento da rede de drenagem da área é interpretado e associado ao rompimento de superfícies aplainadas que, ao dissecá-las, se instalou aproveitando as estruturas do embasamento pré-cambriano para desenvolver formas mais resistentes de relevo, tendo passado nessa dissecação pela resistência de rochas basálticas e de rochas sedimentares silicificadas.

Três padrões principais podem ser reconhecidos na área de estudo; são eles: os dendríticos, subdendríticos e treliça. Estes padrões são ajustados fortemente aos traços

estruturais dos conjuntos litológicos presentes e nos fornecem informações a respeito de sua instalação.

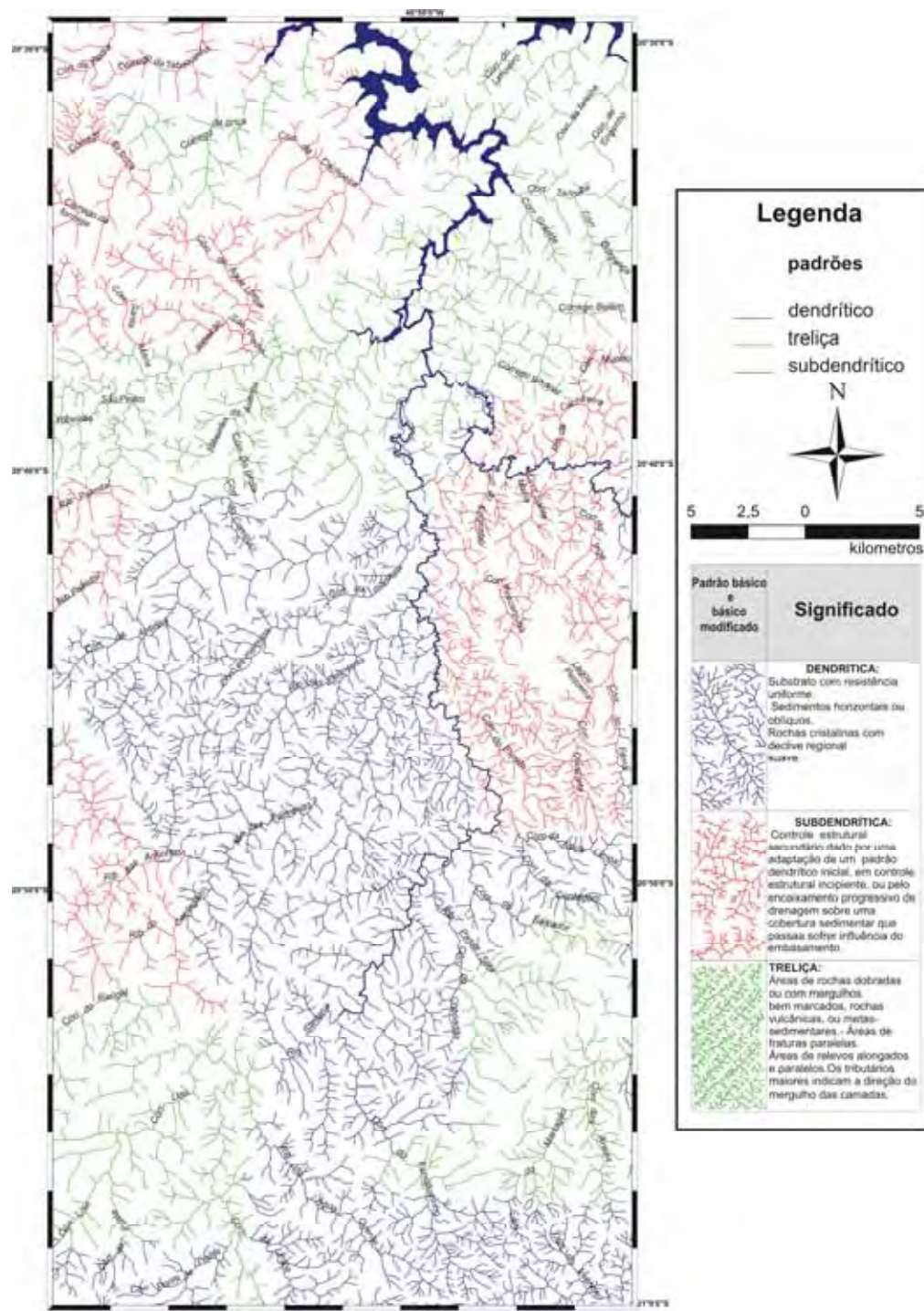


**Foto 6.21.** Visada SW para NE destacando o alinhamento de cristas sustentadas por gnaisses, referentes ao compartimento “Planalto Varginha”. Na porção W da foto nota-se a presença do Morro do Níquel (Ponto 70).



**Foto 6.22** Visada N para S destacando uma possível pediplanização dos terrenos pré-cambrianos (Ponto 74).

Na área de estudo pode-se reconhecer predominantemente o padrão de drenagem dendrítica e subdendrítica que toma quase que toda a área (Figura 6.16).



**Figura 6.16.** Mapa da rede de drenagem destacando pelas cores seus respectivos padrões de drenagem.



Posteriormente é possível notar o padrão de drenagem de treliça, que circunda as regiões de contato litológico e estrutural do domínio 2, apontando geralmente para o sentido NW-SE, da mesma Figura 6.16.

### 6.1.5-Lineamentos

O conceito de lineamento aqui utilizado é semelhante ao de O'Leary *et al.*, (1976), apurado de Neves (2005), sendo uma feição linear simples ou composta mapeável, representado por um segmento retilíneo ou levemente curvilíneo, que difere do padrão de feições adjacentes tanto do relevo quanto da drenagem, marcando feição negativa ou positiva na topografia. Assim, segmentos retilíneos de drenagem ou cristas de relevo marcam lineamentos na superfície, normalmente ocorrendo em grupos de segmentos com paralelismo marcante, formando feixes, presumivelmente refletindo estruturas das rochas em subsuperfície.

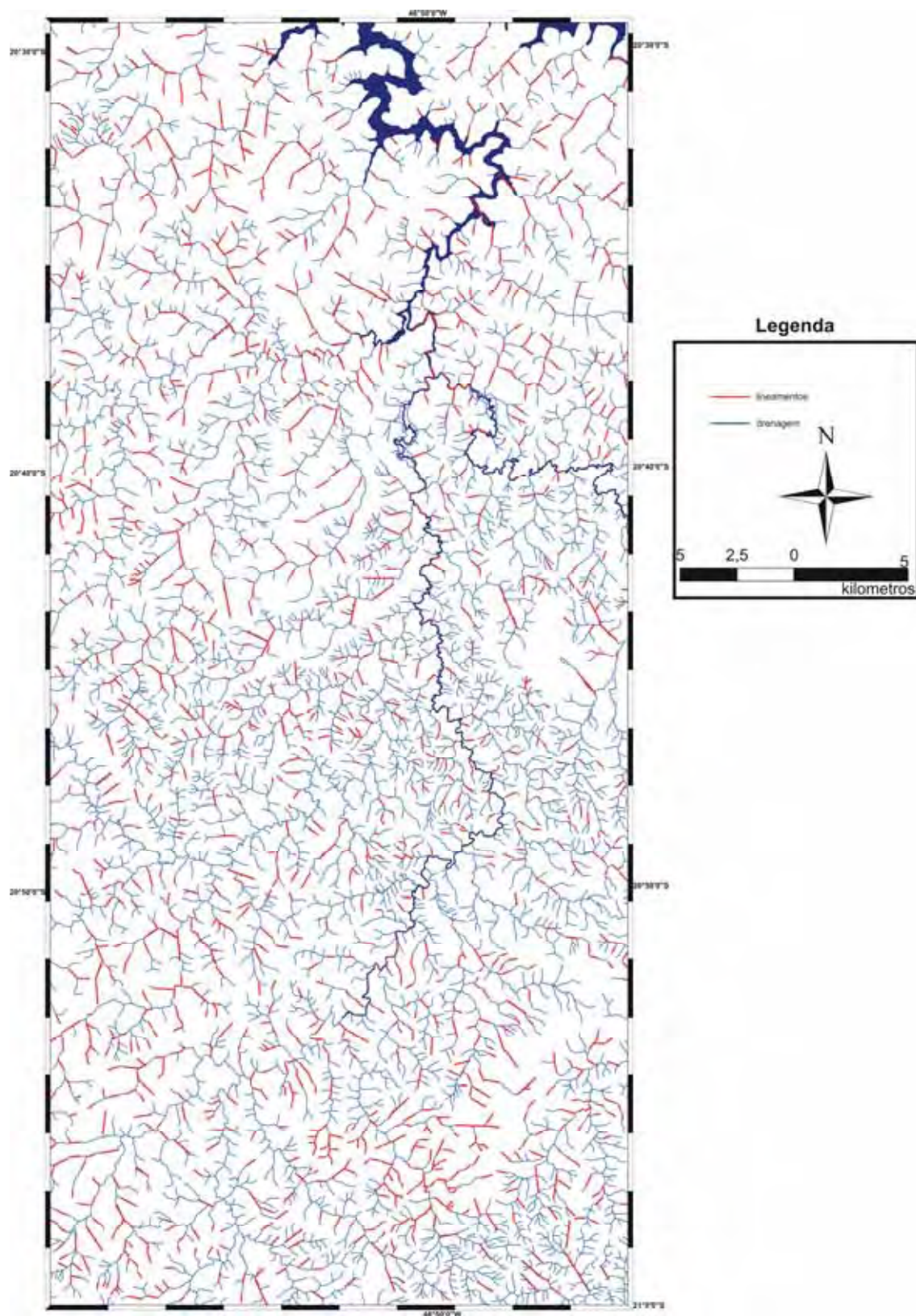
A partir da análise das cartas de drenagem da área, foram extraídos 1.688 lineamentos, ou seja, segmentos retilíneos dos traços de drenagem (Figura 6.17). Estes lineamentos são interpretados como resultado do encaixe do curso d'água em fraturas presentes no substrato rochoso, resultando em segmentos de drenagem com traço retilíneo.

A análise do conjunto permite duas aproximações:

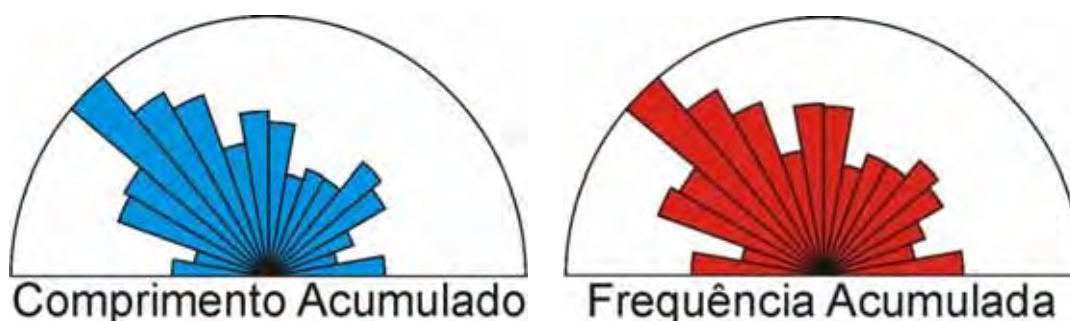
- A primeira, a partir da visão do conjunto, é possível caracterizar quais os intervalos de direções principais (histogramas circulares ou roseta, Figuras 6.18 e 6.19);
- A segunda, a partir da concentração de traços com orientações aproximadas e alinhadas, formando feixes de lineamentos, normalmente associados a zonas de fraturas e/ou zonas de falha.

As rosetas apresentam dois resultados, relacionados aos intervalos com maior concentração de traços, mostrando os intervalos de maior frequência, bem como os intervalos que contém as direções com traços de maior comprimento. Desta forma a análise revelou que as direções principais podem ser consideradas NW-SE, e subordinadamente NE-SW, N-S e E-W (Figuras 6.18 e 6.19).

Ao interpretá-las separadamente, percebeu-se que a direção preferencial NW-SE pode ser associada aos traços da Zona de Falha de Cássia (Figura 6.17) e que as outras direções podem ser associadas aos efeitos de ajuste ao padrão de fraturamento da rochas no quadro regional.

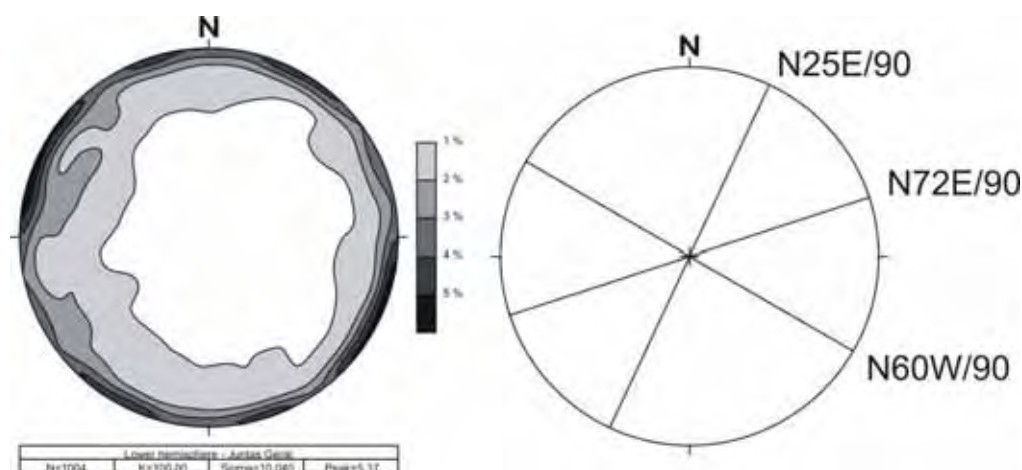


**Figura 6.17.** Mapa de lineamentos traçados sobre a rede de drenagem.



**Figura 6.18.** Diagramas de roseta referentes ao comprimento e frequência acumulados dos lineamentos da área estudada, com intervalo de 10 graus.

No Projeto Cássia (Oliveira *et al.*, 1983) foi realizado trabalho de mapeamento geológico e estrutural para as cartas de São Sebastião do Paraíso e Cássia. A integração e tratamento dos dados estruturais obtidos no citado projeto (foram extraídas 1004 medidas de fraturas) levou a preparação dos estereogramas da Figura 6.19.



**Figura 6.19.** Estereogramas referentes às medidas de fraturas (das cartas de Cássia e São Sebastião do Paraíso) extraídas do mapeamento geológico e estrutural do Projeto Cássia (Oliveira *et al.*, 1983).

Ao analisar estes estereogramas foi constatado um padrão de distribuição em guirlanda, com forte predomínio de fraturas verticais a subverticais, com três direções principais, ou famílias de juntas: N25E/90, N72E/90 e N60W/90. Estas famílias apresentam uma boa concordância com o tratamento do padrão de lineamentos.

A caracterização de feixes de lineamentos, como já apresentado para análise do relevo, é destaque para os traços da Zona de Falha de Cássia, formando os lineamentos de maior comprimento, os de melhor ajuste e maior quantidade, refletindo nas rosetas construídas e, como esperado, forte indicador desta zona de falha.

## 7. DISCUSSÃO

A área estudada possui três diferentes tipos de padrões geomorfológicos que enfatizam e dão destaque para o estudo e entendimento do modelado da região, através do reconhecimento de ótimos exemplos de feições associadas a diferentes estruturas do substrato rochoso que, através da suscetibilidade a este arranjo, definiram os compartimentos de relevo e os padrões e anomalias de drenagens. Estas feições foram reconhecidas conforme as posições espaciais das estruturas das rochas, das falhas e fraturas e, ainda, de acordo com as direções de mergulho de camadas, resultando em padrões de relevo que mostram diversos padrões de simetria ou assimetria conforme indicado por Soares & Fiori (1976, Figura 2.1).

Assim, no primeiro caso temos as feições relacionadas ao compartimento dos “Planaltos Residuais Cuestiformes” e ao relevo residual remanescente de rochas sedimentares do compartimento II, onde se percebe um relevo fortemente assimétrico, marcado por homogeneidade de feições escarpadas e alinhadas com a presença de morros testemunhos, que corresponde ao comportamento geral da borda da Bacia Sedimentar do Paraná e aos processos sucessivos de erosão diferencial referentes à mesma.

Este relevo fortemente assimétrico está relacionado ao padrão sub-horizontal do acamamento presente nas rochas. Reflete em formas típicas de um relevo de estrutura concordante (Penteado, 1976; Soares & Fiori, 1976), como escarpas derivadas do Planalto de Franca e seus remanescentes testemunhos, mesas, peões e baús (e.g. Foto 7.1); como escarpas e morros testemunhos residuais de topos achatados sustentados pelo Grupo Itararé ou pela Formação Botucatu, ou ainda pelos diabásios do *Sill* Borda da Mata, correlatos da Formação Serra Geral, na passagem dos terrenos da Bacia do Paraná para os terrenos pré-cambrianos (Fotos 7.2 e 7.3); ou ainda pelos restos de rochas sedimentares isolados em meio aos terrenos pré-cambrianos, exemplificados pelos morros da Angolinha e Santana (1.042m) conferidos em campo (Fotos 7.4 e 7.5; e Figura 7.2).

Este tipo de relevo forma feições do tipo quebras positivas e negativas (Soares & Fiori 1976) de pronto reconhecimento nas fotografias aéreas, com alto contraste entre os topos aplainados e horizontalizados e a escarpas íngremes até mesmo subverticais (Figura 7.3). Tanto são reconhecidas feições associadas a grandes desníveis que, caracteristicamente, marcam contatos entre unidades litoestratigráficas, como também são bem perceptíveis no terreno patamares com pequenos desníveis, indicando alternância entre camadas ou variação de resistência à erosão entre elas.



**Foto 7.1.** Visada de SSW para NNE da escarpa e morro testemunho de topos achatados sustentados pelos basaltos da Formação Serra Geral e arenitos da Formação Botucatu, retratando o relevo residual do Planalto de Franca (Ponto 34).

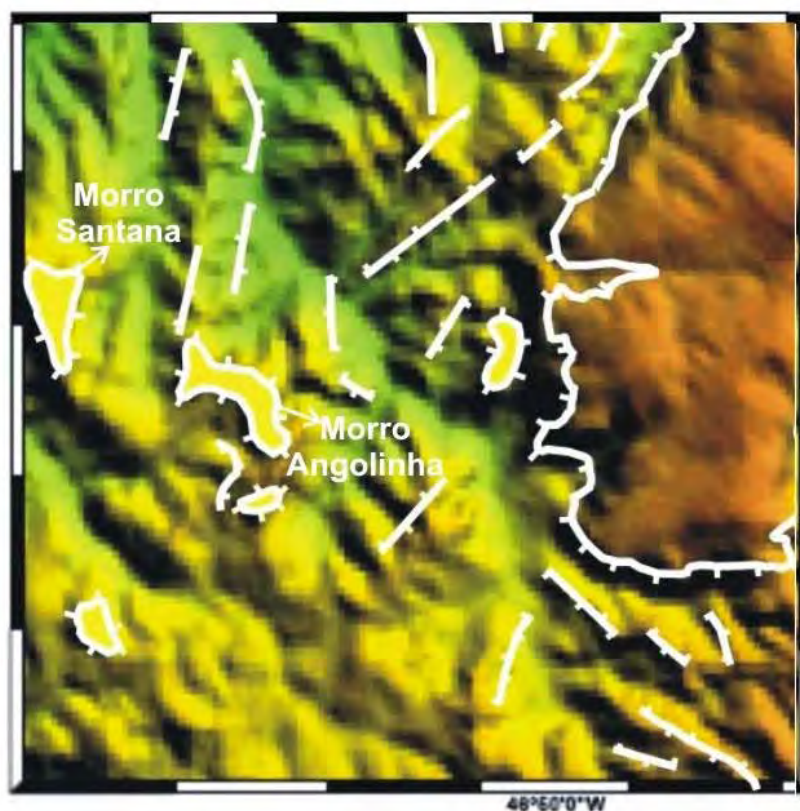


**Foto 7.2.** Visada para N de feições de escarpa e relevo residual com a cidade de Capetingia ao fundo, mostrando a passagem do compartimento “Relevos Residuais Cuestiformes” para os “Patamares da Canastra” (Ponto 36).





**Foto 7.3.** Mesma visada da foto anterior, mostrando no primeiro plano afloramento de diabásios do *Sill* Borda da Mata (sustentando a escarpa), e os terrenos pré-cambrianos ao fundo (Ponto 36).



**Figura 7.2.** MDT com indicações de exemplos de relevo residual e de cristas alinhadas. O destaque na imagem é para os Morros da Angolinha e do Santana (1042) ao SW da Serra do Chapadão.

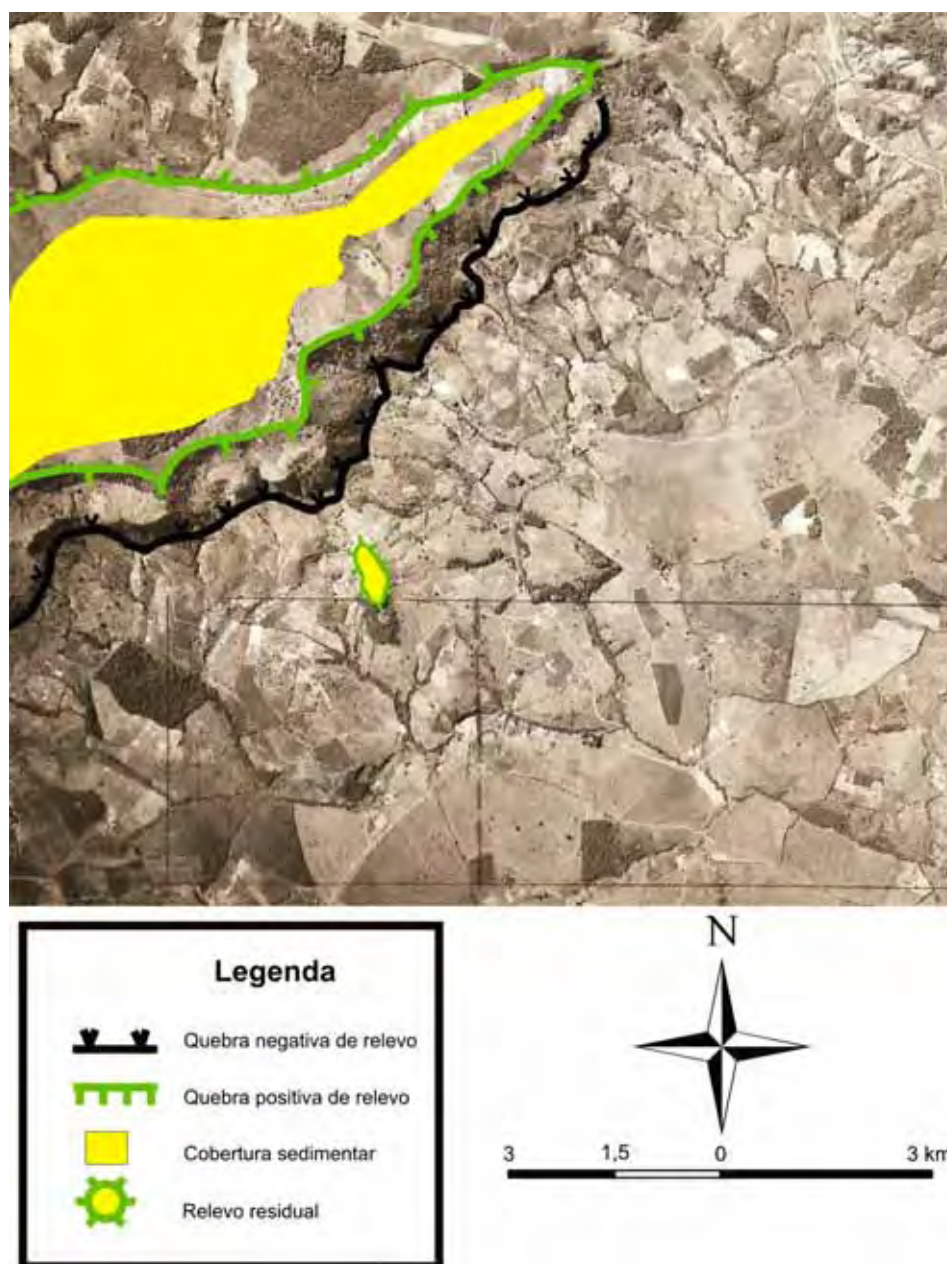




**Foto 7.4.** Visada de E para W de relevo residual formado por rochas sedimentares, isolado em meio aos terrenos pré-cambrianos: Morro do Santana (Ponto 66).



**Foto 7.5.** Visada de E para W de relevo residual formado por rochas sedimentares isolados em meio aos terrenos pré-cambrianos: Morro da Angolinha (Ponto 67).



**Figura 7.3.** Fotografia aérea destacando as feições Serra do Itambé e do Agapito, onde é possível conferir relevo residual e escarpas erosivas, facilmente reconhecidas nesta fotografia aérea.

Na região da Serra do Itambé, porção NW da área, podem ser reconhecidos restos de crosta laterítica associados aos topos aplainados do Planalto de Franca, também reconhecidos por Perdoncini (2001) na região de Franca, se referindo à Superfície Sul-Americana, ou por Almeida (1974), se referindo ao Planalto Ocidental Paulista e à Superfície Japi.

Um segundo tipo de relevo pode ser reconhecido no compartimento “Patamares da Canastra”, associado às camadas inclinadas, resultando em padrões de relevo moderadamente a

levemente assimétricos. Associam-se a cristas alinhadas de rochas quartzíticas ligeiramente assimétricas, que denunciam esta inclinação dos estratos, no caso marcados pela forma aproximadamente tabular das camadas (Foto 7.6) e, em nível de afloramento, pelo bandamento composicional (quartzo-mica) presente nas rochas.

Os quartzitos têm destaque por sua durabilidade diante dos processos erosivos, formando assim cristas alinhadas, como no caso do Antiforma de Itaú, ou mesmo serras imponentes, como no caso da Sinforma do Chapadão. Em ambos os casos, é possível reconhecer a inclinação dos estratos pela observação dos traços dos contatos entre as camadas nas encostas e vertentes, localmente formando estruturas tipo “hogbacks” (Foto 7.7).

Este tipo de feição se refere à clássica forma triangular das vertentes (Foto 7.6). A observação destas feições triangulares permite o reconhecimento do mergulho ou inclinação das camadas (Foto 7.8) levando ao reconhecimento das grandes estruturas dobradas, da inclinação nas zonas periclinais e indicação do caimento dos eixos das grandes dobras.



**Foto 7.6.** Visada de W para E mostrando exemplo de relevo associado às camadas inclinadas, com destaque para as formas triangulares das vertentes, resultando em padrões moderadamente assimétricos: Serra da Fortaleza (Ponto 64).



**Foto 7.7.** Visada de W para E de relevo com pequena inclinação dos estratos conferido através da observação dos traços dos contatos entre as camadas nas encostas e vertentes, localmente formando estruturas que se assemelham aos *hogbacks* (Ponto 51).

O Sinformal do Chapadão e o Antiformal de Itaú são possíveis de se reconhecer e visualizar nas fotografias aéreas e no MDT (Figuras 6.7, 6.8, 7.5 e Fotos 6.17, 6.18 e 7.6). Estas formas possuem uma série de outras camadas de rochas resistentes que acompanham seus traços, como no caso do alinhamento de cristas sustentadas pelos quartzitos do compartimento II, ou no caso alinhamento de cristas sustentadas por gnaisses do compartimento III ou “Planalto Varginha”.

No compartimento do “Planalto Varginha”, as feições de destaque são sugeridas por cristas retilíneas e alinhadas associadas às rochas pré-cambrianas referentes aos complexos Varginha e Amparo.

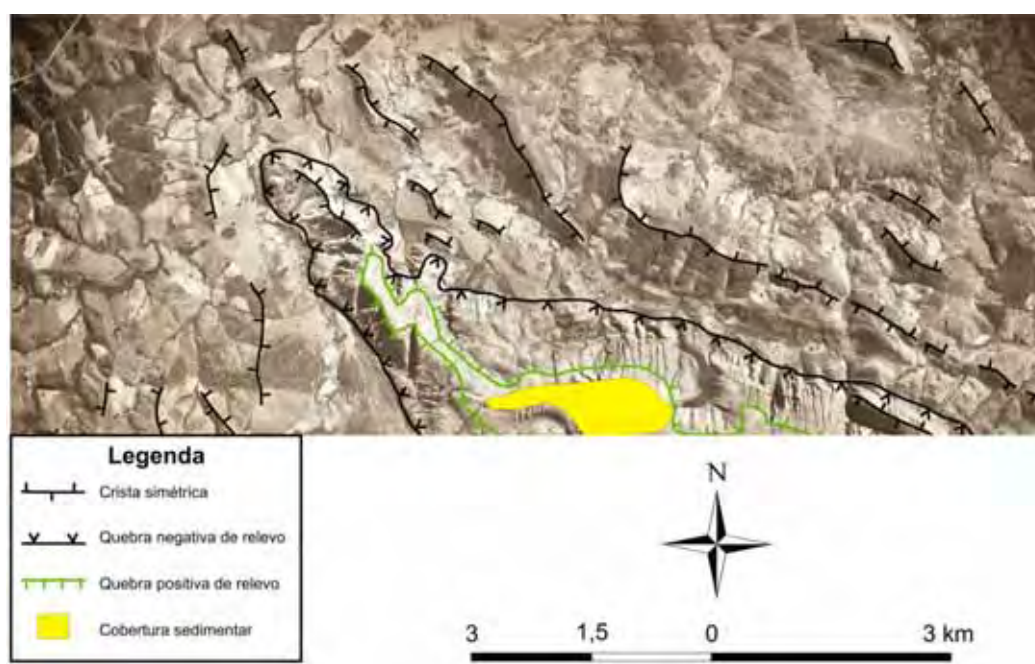
As cristas alinhadas possuem vertentes íngremes de ambos os lados devido à inclinação verticalizada de suas camadas com topos com formatos de cúspide ou arredondados, caracterizando um modelado de relevo simétrico segundo a classificação de Soares & Fiori (1976). Tais características podem ser conferidas na porção norte da Serra da Fortaleza, fora do domínio da Sinforma do Chapadão (Figura 7.4).

Destaca-se ainda nesta área de estudo, a presença de registros da atuação da Falha de Cássia, presente nos três compartimentos. Cabe ressaltar que essa importante atuação tectônica desenha uma faixa que segue desde a porção NW da cidade de Cássia, balizando a Serra do Itambé, até as proximidades da parte N da Serra da Fortaleza, sendo assim reconhecida como Zona de Falha de Cássia (Figura 6.13).





**Figura 7.4.** Fotografia aérea da feição do Chapadão, com a intenção de destacar a forma triangular das suas vertentes.



**Figura 7.5.** Fotografia aérea destacando cristas alinhadas em direção a porção N da Serra da Fortaleza referentes ao compartimento “Planalto Varginha”.

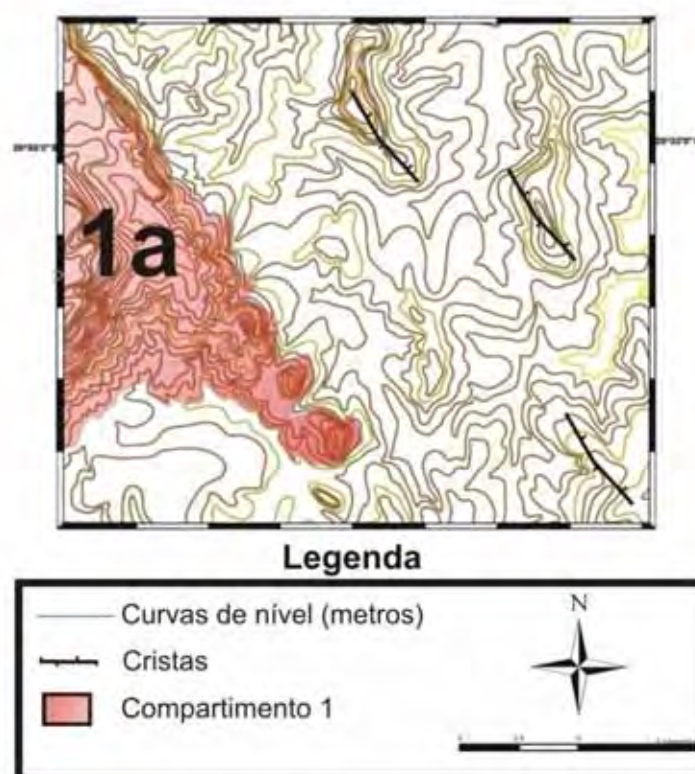
Na região referente ao compartimento “Planaltos Residuais Cuestiformes” se percebe essa forte influência através do limite dos domínios de relevo referentes à Bacia do Paraná. A presença de feições como as Serra do Itambé (Figura 7.6) e do Agapito registram essa atuação tectônica através do alinhamento de cristas sustentadas por quartzitos e a mudança brusca dos padrões de relevo como passagem de planalto para patamares, reforçando ainda mais os limites

dos compartimentos “Planaltos Residuais Cuestiformes e Patamares da Canastra”. Essas feições são marcadas por anomalias alongadas com direção preferencial NW-SE. Nos flancos das serras do Itambé e do Agapito, estas rochas mais resistentes formam anomalias de relevo na forma de cristas alinhadas (Foto 7.8) que algumas vezes assemelham-se a facetas trapezoidais, feições topográficas normalmente associadas a relevo de falhas.



**Foto 7.8.** Anomalias de relevo na forma de cristas alinhadas com visada NW-SE, semelhante às facetas trapezoidais, feições topográficas normalmente associadas a relevo de falhas (Ponto 22).





**Figura 7.6.** Mapa topográfico assinalado com feições de relevo, dando destaque para o alinhamento da Serra do Itambé.

No caso do compartimento “Patamares da Canastra” a atividade da Zona de Falha de Cássia influenciou a orientação do relevo ao longo da direção NW, causando forte alinhamento dos traços retilíneos de drenagens, cristas e morrotes (Figura 6.13 e 6.2). A análise do padrão de drenagem local permite o reconhecimento de anomalias, marcadas por zonas de confluência alinhadas (com aqueles segmentos retilíneos) e padrões tipo candelabro, podendo indicar um controle tectônico desta zona de falha no sistema de drenagem atual. Ao longo de toda a sua extensão, ocorrem registros das atividades tectônicas, como as rochas de zonas de falhas representadas por cataclasitos, protocataclasitos e rochas brechadas (Foto 7.9). Nas proximidades do trevo de Cássia, ao longo da rodovia MG-344, a presença de sedimentos mais jovens deformados, brechados e falhados, indica reativação desta zona de falhas, provavelmente relacionada a eventos neotectônicos.



**Foto 7.9.** Brecha silicosa aflorando na região da Serra do Agapito, NW da área de estudo (Ponto 42).

Para o conjunto de relevo referente ao compartimento “Planalto Varginha” a influência que a Zona de Falha de Cássia trouxe foi conjunta com a disposição de litologias verticalizadas que colaboraram com a formação de diversos lineamentos de relevo com litologias resistentes de alto ângulo de mergulho, formando um padrão simétrico com direção NW-SE.

O quadro geral acima representado permitiu o reconhecimento de diferentes formas estruturais presentes nas rochas levando ao desenvolvimento de diferentes formas de relevo que, no caso, associam-se aos tipos e grandes conjuntos litológico-estratigráficos presentes, ou seja:

- o Compartimento I, representado pelas rochas sedimentares e magmáticas da Bacia do Paraná, com relevo tabuliforme predominante e associação de patamares e degraus relacionados aos diferentes pacotes litológicos;

- o Compartimento II, representado pelas rochas metamórficas metassedimentares pré-cambrianas com restos de coberturas sedimentares que, em função desta presença, mostram relevo residual tipo tabuliforme ou, em função das orientações espaciais das rochas mais resistentes, mostram relevo residual moderadamente assimétrico, cujas formas denunciam a presença de grandes estruturas decorrentes da época de metamorfismo e deformação;
- o Compartimento III, representado por rochas de um embasamento mais antigo, representados por rochas migmatíticas e granito-gnáissicas, com relevo marcado pela resistência destas rochas e sua forte estruturação também NW-SE, mas com predomínio de morros alongados, de topos arredondados que, observados do alto da Serra do Chapadão, parecem constituir uma antiga superfície de aplainamento.

Além disso, os conjuntos geomorfológicos e seus limites se mostraram fortemente influenciados pela Zona de Falha de Cássia, que exhibe feições clássicas de reconhecimento de falhas.

Desta forma, a região compreendida entre as cidades de Cássia e São Sebastião do Paraíso pode ser considerada como um excelente exemplo de estudo de diferentes formas estruturais e sua relação com o relevo e a drenagem. Salienta-se, do ponto de vista regional, ao quadro geomorfológico de transição entre o Planalto Ocidental e os domínios relacionados à região da Serra da Canastra e, mais para SE, ao Domínio do Escudo Exposto, representantes respectivos da Bacia Sedimentar do Paraná, à Faixa de Dobramentos Brasília e do embasamento mais antigo, o Cráton do São Francisco, três importantes províncias geotectônicas do território brasileiro na sua porção sudeste.

## 8. CONCLUSÕES

Na área investigada foi possível caracterizar três diferentes tipos de compartimentos geomorfológicos. Esses compartimentos foram determinados através da aplicação da técnica de subdivisão do relevo usada no trabalho de Ponçano *et al.*, (1981), que se mostrou satisfatoriamente adequada à proposta desta dissertação, por relacionar o estudo das grandes unidades de relevo com as estruturas geológicas e ainda por oferecer critérios de subdivisão deste de forma abrangente, abrindo a possibilidade de se trabalhar em diferentes níveis de detalhe. Por isso cada compartimento foi conferido e trabalhado de forma a realçar feições de

relevo, padrões e anomalias de drenagens, que são típicas de diferentes estruturas do substrato rochoso.

No compartimento “Planaltos Residuais Cuestiformes” as feições ostentam um padrão de acamamento que varia de sub-horizontal a horizontal e que por isso passam a refletir um relevo fortemente assimétrico, marcado pela homogeneidade de feições escarpadas e alinhadas. A presença de morros testemunhos corresponde ao comportamento geral da borda da Bacia Sedimentar do Paraná e aos processos sucessivos de erosão diferencial referentes à mesma, uma vez que, suas feições ora são sustentadas pelos diabásios do *sill* Borda da Mata, ora são sustentadas pelos sedimentos do Grupo Itararé e Formação Botucatu.

Essas formas típicas de um relevo de estrutura concordante horizontal ou sub-horizontal são observadas através da passagem das escarpas e testemunhos derivados do Planalto de Franca para os terrenos pré-cambrianos, onde são encontrados restos isolados de rochas sedimentares. Esse conjunto forma no terreno desníveis e patamares de tamanhos variados, que marcam contatos entre unidades litoestratigráficas e indicam alternância entre camadas ou variação de resistência à erosão entre elas. Tais aspectos podem ser conferidos através de imagens, fotografias aéreas e trabalhos de campo: um padrão de relevo que segue quebras positivas e negativas, topos aplainados e horizontalizados, escarpas íngremes a subverticais, caracterizando um relevo tipicamente tabuliforme.

Na região da Serra do Itambé, porção NW da área, se encontram restos de crosta laterítica portadora de seixos envolvidos por uma matriz ferruginosa. Tais materiais são associados aos topos aplainados do Planalto de Franca, uma vez confirmados por Perdoncini (2001) na região de Franca se referindo à Superfície Sul-Americana, ou por Almeida (1974), se referindo ao Planalto Ocidental Paulista e à Superfície Japi.

O relevo reconhecido no compartimento “Patamares da Canastra” possui um acamamento associado a camadas inclinadas, e por isso gera um padrão de relevo que varia de moderado a levemente assimétrico, conferido por cristas alinhadas sustentadas por quartzitos. Essas cristas alinhadas possuem uma forma aproximadamente tabular das camadas que possibilita perceber não só a inclinação dos estratos através da observação dos traços de contato entre as camadas, conferidos nas encostas e vertentes, como também a importância e resistência a erosão dos quartzitos, que preservaram dos processos erosivos feições imponentes como a Antiforma de Itaú e a Sinforma do Chapadão. De modo local, podem ser observadas estruturas do tipo “hogbacks” e formas triangulares das vertentes que além de serem mais um importante indicador de mergulho e inclinação das camadas, favorecem no reconhecimento de estruturas dobradas, inclinação de zonas periclinais e indicação do caimento dos eixos de grandes dobras.

No compartimento “Planalto de Varginha” a disposição de seus litotipos verticalizados forma feições típicas de cristas retilíneas e alinhadas sustentadas pelos gnaisses (litologia mais resistente do compartimento). Essas feições dispõem de vertentes íngremes de ambos os lados e topos com formatos de cúspide ou arredondados que reforçam ainda mais a disposição de suas camadas inclinadas e o padrão de relevo simétrico. Assim conferidas tanto na parte Norte da Serra da Fortaleza quanto na porção Leste da Serra do Chapadão.

Essas feições devem ser relacionadas ao histórico de erosão remontante que dissecou o relevo nas porções relacionadas ao Planalto de Franca, que promoveu a formação dos escarpamentos cuestiformes e o desenvolvimento de patamares, peões e mesas em função de erosão dos sedimentos e das rochas basálticas. No compartimento central, ao romper a base das rochas sedimentares permocarboníferas do Grupo Itararé, o sistema erosivo denudou as estruturas das rochas pré-cambrianas, exibindo as estruturas presentes nas mesmas, decorrentes de processos colisionais ocorridos no final do Proterozóico (Simões, 1995). A instalação do sistema de drenagem aproveitou zonas estruturadas e do domínio de rochas menos resistentes, principalmente no caso das zonas de rochas xistosas, onde foi possível promover as erosões mais profundas. Com isso, na porção leste, começaram a “perdurar”, frente aos processos erosivos, as rochas mais resistentes, com destaque para os quartzitos, enquanto na porção oeste os basaltos e diabásios sustentaram o relevo.

Cabe ressaltar que estão presentes nas feições de relevo, nos padrões e anomalias de drenagens destes três domínios, registros da atuação de eventos relacionados com o tectonismo da Zona de Falha de Cássia, faixa que segue desde a porção NW da cidade de Cássia, até as proximidades da parte N da Serra da Fortaleza, como:

- A existência dos alinhamentos de cristas sustentadas por quartzitos nas serras do Itambé e Agapito na direção NW-SE, que reforçam os limites entre os relevos relacionados ao compartimento “Planaltos Residuais Cuestiformes” dos relevos do compartimento “Patamares da Canastra”. Além disso, de forma mais localizada nos flancos destas serras notam-se “facetas trapezoidais”, que geralmente são feições topográficas associadas a relevos de falhas;
- Na porção referente aos domínios do compartimento “Patamares da Canastra”, observa-se um forte alinhamento dos traços retilíneos de drenagem, cristas e morrotes seguindo a direção NW-SE;
- A ocorrência de rochas indicadoras de falhas como os cataclasitos, protocataclasitos, brechas de falhas e milonitos, contidas no compartimento “Patamares da Canastra”;

- Para o compartimento “Planalto Varginha”, o evento tectônico de formação da Zona de Falha de Cássia colaborou com a formação de diversos lineamentos de relevo com litologias resistentes mergulhando em alto ângulo, formando um padrão simétrico com forte mergulho e direção preferencial NW-SE;
- No ajuste da rede de drenagem, é possível o reconhecimento de anomalias, zonas de confluência alinhadas, padrões tipo candelabro e treliça, que insinuam um controle tectônico ao longo da Zona de Falha de Cássia presente nos três compartimentos e;
- Ocorrência de sedimentos retrabalhados mais jovens deformados, brechados e falhados, nas proximidades da cidade de Cássia que indicam reativação desta zona de falha, provavelmente relacionada a eventos neotectônicos.

Percebe-se que para os três compartimentos essas feições da Zona de Falha de Cássia mostram um controle estrutural do padrão de relevo e de drenagem. Indicam também a atuação de reativação ao longo de seus traços através da forte linearidade de cristas e das escarpas na região da Serra do Agapito e da Serra do Itambé e também pela forte linearidade dos traços de drenagem.

Ocorrem nas proximidades da cidade de Cássia, sedimentos pelíticos ricos em matéria orgânica, tipicamente lacustres que sugerem um possível barramento do sistema de drenagem pretérito, causado pela reativação da Zona de Falha de Cássia. Essa condição é reforçada pela disposição destes sedimentos que são encontrados retrabalhados, deformados, e falhados, indicando atividade neotectônica.

Desta forma, nota-se que para a área de estudo, a atuação de processos exógenos e endógenos contribuíram ativamente no modelado atual e na compartimentação geomorfológica da área estudada. Considerando que as atividades intempéricas modificaram e forneceram a identidade morfológica do relevo atual que foi controlado pelas litologias e estruturas presentes conferidos aos processos endógenos, que também podem ser reconhecidos pela reativação da Zona de Falha de Cássia e sua relação a um quadro neotectônico.



## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALKMIM, F.F.; BRITO NEVES, B.B.; CASTRO ALVES, J.A. (1993). Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco: uma revisão. *In*: DOMINGUEZ, J.M.L.; MISI, A. (Eds). O Cráton do São Francisco. Salvador/BA: SBG/SGM/CNPq, p. 45-62.

ALMEIDA, F.F.M. Fundamentos geológicos do relevo paulista (1974) São Paulo: Instituto de Geografia – USP. Série teses e monografias, n. 14. 102 p.

ASSINE, M.L.; SOARES, P.C.; MILANI, E.J. (1994). Sequências tectono-sedimentares mesopaleozóicas da Bacia do Paraná, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 24, n. 2. p. 77-89.

ASSINE, M.L.; PIRANHA, J.M.; CARNEIRO, C.D.R. Os paleodesertos Pirambóia e Botucatu. *In*: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D. R.; BRITO-NEVES, B.B. (Org.) (2004). *Geologia do Continente Sul Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca, p. 77-92.

BATEZELLI, A. ; SAAD, A.R. ; BASILICI, G. (2007). Arquitetura deposicional e evolução da sequência aluvial neocretácea da porção setentrional da Bacia Bauru, no sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 1, p. 44-54.

BISHOP, P. (1995) Drainage rearrangement by river capture, beheading and diversion. *Progress in Physical Geography*, Londres, v. 19, n. 4, p. 449-473.

BISTRICHI, C.A.; CARNEIRO, C.D.R.; DANTAS, A.S.L. et al. *Mapa Geológico do Estado de São Paulo*. São Paulo: IPT, 1981. 1 mapa. Escala 1:500.000.

BRAVO J. (1997) Arcabouço cronoestratigráfico da Formação Aquidauana na região de Monte Santo de Minas-Minas Gerais-Brasil. Dissertação (Mestrado em Geociências - Geologia Regional. UNESP Rio Claro, 138p.

BRIGUETTI, J. M.P. & CAETANO-CHANG M.R. (1995). Fácies de dunas e lençóis de areia em sedimentos da Formação Pirambóia na região de Rio Claro (SP). *In*: SIMPÓSIO DE

GEOLOGIA DO SUDOESTE, 4, São Pedro. *Boletim de Resumos...*Rio Claro: Sociedade Brasileira de Geologia, , p. 67.

CAETANO-CHANG M. R.; WU F.T., BRIGUETTI J.M.P. (1991). Caracterização Eólica de Arenitos da formação Pirambóia, proximidades de São Pedro (SP). *In: SBG, Simpósio de Geologia. SE, 2, São Paulo. Atas...*São Paulo, p.1-19.

CAETANO-CHANG M.R.; WU F.T. (1992). Bacia do Paraná: Formações Pirambóia e Botucatu. *In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia., 37, São Paulo. Roteiro de Excursão., São Paulo, 19 p.*

CAETANO-CHANG M.R.; WU F.T. (1993). A Formação Pirambóia na região de Anhembi (SP), com base em dados de subsuperfícies. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDOESTE, 3, , Rio de Janeiro. Boletim de Resumos...*Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de geologia, p. 74.

CAETANO-CHANG M.R.; WU F.T. (1994). Afloramento modelo da formação Pirambóia. *Geociências, 13: 371-385.*

CAETANO-CHANG M. R.; WU F.T. (1995). As formações Pirambóia e Botucatu no Estado de São Paulo. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 4, 1995, São Pedro. Boletim de Resumos...*São Pedro: Sociedade Brasileira de Geologia, p. 64.

CAETANO-CHANG M.R.; WU F.T. (1996). Sandstone facies and diagenesis of Pirambóia Formation- Paraná basinm Brazil. *In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 30, 1996, Beijing (China). Abstract...*Beijing, v. 2, p. 164.

CARVALHO, S.G. & BATISTA, J.J. (1983). Prospecção Geoquímica de solo no cinturão Vulcano-Sedimentar Morro do Ferro-MG.. *In: II Simpósio de Minas Gerais, 1983, Belo Horizonte. Anais...* Belo Horizonte-MG : Sociedade Brasileira de Geologia,. v. 1. p. 248-258

CASSETI, V. (1994). Elementos de Geomorfologia GOIANIA: CEGRAF-UFG, 137 p.

CASTRO J.C. Glaciações paleozóicas no Brasil. In: NETO, V.M.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.; BRITO-NEVES, B.B. (2004), *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução e obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Editora Beca, p. 151-162

CORSI A.C. (2003). *Compartimentação morfoestrutural da região do Triângulo Mineiro (MG) e prospecção de recursos hídricos*. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – UNESP-Rio Claro, 231p.

COSTA, D.T. (2005). *Compartimentação do relevo à luz dos indicadores geológicos, geomorfológicos e morfoestruturais entre a região de Miguel Pereira e Itaipava na Serra do Mar, estado do Rio de Janeiro*. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP- Rio Claro, 169 p.

COSTA, J.B.S.; HASUI, Y.; BORGES, M.S.; BEMERGUY, R.L.; SAADI, A. (1995). Arcabouço tectônico meso-oceanico da região da calha do Rio Amazonas. *Revista de Geociências*, 14(2): 77-103.

DARDENNE M.A. The Brasília Fold Belt. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (Eds). (2000). *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro, p. 231-263.

FIORI, A.P. (1977). *Estratigrafia do Grupo Tubarão (Formação Aquidauana) na região sudoeste do estado de Minas Gerais*. Dissertação (Mestrado em Mineralogia e Petrologia) – Instituto de Geociências, USP, São Paulo, 86p.

FIORI, A.P. (1979). *Geologia da região de Pouso Alegre e Machado: análise estrutural de dobramento superposto*. Tese de Doutorado, IG-USP, São Paulo, 220p.

FRANÇA, A.B.; POTTER P. E. (1988). *Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (Parte 1)*. Boletim de Geociências PETROBRAS, Rio de Janeiro, v. 2, p. 147-191.

FUCK, R.A.A (1994). Faixa Brasília e a compartimentação tectônica na Província Tocantins. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE*, n. 4, 1994, Brasília/DF. *Atas...* Brasília: SBG. p. 184-187.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto Radambrasil. (1983) Levantamento de recursos naturais. v. 32. Rio de Janeiro: Projeto Radambrasil.

GERASIMOV, I.P., MESCHERIKOV, Y.A. (1968). Morphostruture. *In: The encyclopedia of geomorphology. Encyclopedia of Earth Science*, v. 3, Fairbridge, R. W. (Ed.). Pennsylvania: Dowden, Huchinson & Koss Inc. p. 731-732.

GIBBS, A. (1984). Structural evolution of extencional basin margins. *J. Geol. Soc. London*, 141:121-129.

GONTIJO, A.H.F. (1999). Morfotectônica do médio vale do rio Paraíba do Sul: região da serra da Bocaina, estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 259 p.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. (2006). Novo dicionário geológico-geomorfológico. 5ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 648 p.

HELLMEISTER, Jr., Z. (1997). Aspectos geológicos e principais recursos minerais da região de Franca-pedregulho, nordeste do estado de São Paulo. São Paulo. Dissertação (Mestrado)- Instituto de Geociências, USP, São Paulo, 171 p.

HEILBRON, M.; VALERIANO, C.; ZIMBRES, E.; CHRISPIM, S.J.; SIMÕES, L.S.A.; SOUZA, M.A.T. (1987). O contato basal do Grupo Canastra entre Itaú de Minas e Carmo do Rio Claro, MG. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, 4, Belo Horizonte, 1987. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1987. n. 7, p. 179-198.

HOWARD, A.D. (1967). Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. *AAPG Bulletin*, v. 51, n. 11, p. 2246-2259.

IBGE. Carta topográfica de Cássia: Folha SF 23 V A VI 1. Rio de Janeiro: IBGE, ano. 1 mapa, color., 56 cmx 78 cm. Escala 1:50.000.

IBGE. Carta topográfica de São Sebastião do Paraíso: Folha SF 23 V A VI 3. Rio de Janeiro: IBGE, ano. 1 mapa, color, 56 cmx 78 cm. Escala 1:50.000.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1981. Mapa geológico do Estado de São Paulo; escala 1:500.000. v1 (texto) e v2 (mapa). Governo do estado de São Paulo. Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia.

KELLER, E.A. (1986). Investigation of active tectonics: use of surficial earth process. Active Tectonics, Washington, D.D. National Academic. Press. p. 136-147.

KING, L.C.A (1956). Geomorfologia do Brasil Oriental. Revista Brasileira de Geografia, v. 18, p. 147-265.

MACHADO, F.B. (2005). Geologia e aspectos petrológicos das rochas intrusivas e efusivas Mesozóicas de parte da borda leste da Bacia do Paraná. Dissertação de Mestrado– Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP Rio Claro, 195 p.

MARQUES, L.S. & ERNESTO, M.O Magmatismo Toleítico da bacia do Paraná. *In*: NETO, V.M., BARTONELLI, A., CARNEIRO, C.D., BRITO-NEVES. B.B. (de coordenadores), (2004). Geologia do continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques Almeida. São Paulo: Editora Beca, p. 245-263.

MEIS, M.R.M & MOURA, J.R.S. (1984). Upper Quaternary Sedimentation and Hillslope Evolution: Southeastern Brazilian Plateau. Am. J. Sci., New Haven, 284(3): 241-54.

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.). (2004). Geologia do Continente Sul Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca. p. 265-280.

MILANI, E.J.; FRANÇA, A.B.; SCHNEIDER, R. (1994). Bacia do Paraná. Boletim de Geociências PETROBRAS, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p.69-82.

MILANI, E.J. (1997). Evolução Tectono-Estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a Geodinâmica Fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental. Tese de Doutorado. UFRGS. Porto Alegre. V.1 Texto. V.2 Anexos

MORALES, N. Evolução Tectônica do Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio na sua porção ocidental. (1993). 2.v. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 125p.

MORALES, N.; CARVALHO, S.G.; CHOUDHURI, A.; FIORI, A.P.; OLIVEIRA, M.A.F.; RODRIGUES, M.F.B.; SOARES, P.C; ZANARDO, A. (1983). Geologia das folhas Fortaleza de Minas, Alpinópolis, Jacuí, Nova Resende, MG. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, n. 2, Belo Horizonte/MG. *Atas...* Belo Horizonte: SBG – Núcleo MG, p. 411-422.

MORALES, N., ZANARDO, A., HASUI, Y., SIMÕES, L.S.A. (1996). Evolução tectônica do Grupo Araxá nas Serras do Chapadão e da Fortaleza, sudoeste do Estado de Minas Gerais. *Geociências*, São Paulo, v. 15, n. especial. p. 41-66, 1996.

MORIZAWA A.M. (1975). Tectonic and geomorphic models: theorie of landform development. *In: MELHORN, W. N.; FLEMAL, R. C. (Eds.). London: Allen & Unwin, p. 199-216.*

NEVES, M. (2005). Análise integrada aplicada à exploração de água subterrânea na bacia do rio Jundiá (SP). (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 200p.

OLIVEIRA, M.A.F.; MORALES, N.; RODRIGUES, M.F.B., CARVALHO, S.G.; ZANARDO, A. (1983). Geologia das Quadriculas Cássia e São Sebastião do Paraíso, MG. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS*, n. 2, 1983, Belo Horizonte/MG. *Atas...* Belo Horizonte: SBG, p. 432-439.



OLLIER, C.D. Tectonics and landform. In: Geomorphology Texts. London: Longman, 1981. p. 57-161.

O'LEARY, D. W.; FRIEDMAN, J. D.; POHN, H. A . (1976). Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms. Geological Society of America Bulletin, v. 87, p. 1463-1469.

PENTEADO, M.M. (1976). Gemorfologia do Setor Centro-Occidental da Depressão Periférica Paulista. São Paulo: USP- Instituto de Geografia. (Série de Teses e Monografias n.22)

PENTEADO, M.M. Fundamentos de Geomorfologia. 2ª Edição. Rio de Janeiro: IBGE, 1978. 175 p.

PERDONCINI, L.C. (1997). Evolução tectono-sedimentar mesozóico-cenozóica da região de Franca. Tese (Doutoramento em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 138p.

PERDONCINI, L.C. (2001). Mesozoic-Cenozoic evolution of diamantiferous province of Franca. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 665-668.

PIRES, F. (2001) Análise paleoambiental e estratigráfica do subgrupo Itararé na região do médio Tiete, Estado de São Paulo. Rio Claro. Tese (Doutorado em geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP -Rio Claro, 113p.

PONÇANO, W.L.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, F.F.M.; PRANDINI, F.L. 1981. Mapa geológico do Estado de São Paulo, Escala 1:500.000, nota Explicativa. São Paulo, p. 82-96., 1981. (IPT, Monografias, 5).

SAADI, A. (1991). Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais. Tese (professor titular do IGc/UFGM), Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 285p.

SANTOS, M. (1999). Serra da Mantiqueira e Planalto do Alto Rio Grande: a bacia terciária de Aiuruoca e evolução morfotectônica.. 2 v. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro/SP, 234p.

SCHUMM, S.A. River variability and complexity. Edição. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 220 p.

SEER, H.J.; BROD, J.A.; FUCK, R.A.; PIMENTEL, M.M.; BOAVENTURA, G.R.; DARDENNE, M.A. (2001). Grupo Araxá em sua área tipo: um fragmento de crosta oceânica neoproterozóica na Faixa de Dobramentos Brasília. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 385-396.

SILVA C.H. (2003). Evolução geológica da Faixa Brasília na região de Tapira, Sudoeste de Minas Gerais. Tese (Doutoramento em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP- Rio Claro, 196 p.

SIMÕES, L.S.A. (1995). Evolução tectono-metamórfica da nappe de Passos, sudoeste de Minas Gerais. Tese (Doutoramento em Mineralogia e Petrologia) – Instituto de Geociências, USP, São Paulo, 149 p.

SIMÕES, L.S.A. ; VALERIANO, C.M. ; MORALES, N. ; ZANARDO, A. ; MORAES, R. ; GOMI, C.Y. (1988). Zonação metamórfica inversa d Grupo Araxá-Canastra na região de São Sebastião do Paraíso-Alpinópolis, MG. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 35, Belém, 1988. *Anais...* Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 1988. v. 3, p. 1203-1215.

SIMÕES, L.S.A.; VALERIANO, C.M., (1990). Porção meridional da faixa de Dobramentos Brasília: estágio atual do conhecimento e problemas de correlação tectono- estatigráfica. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 36, Natal, 1990. *Anais...* Natal: Sociedade Brasileira de Geologia. v. 6, p. 2564-2575.

SOARES P.C. (1972). Arenito Botucatu e Pirambóia no Estado de São Paulo. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 26, Belém. *Resumos...* Sociedade Brasileira de Geociências, p. 119-127.

SOARES P.C. (1975). Divisão estratigráfica do Mesozóico no Estado de São Paulo, Revista Brasileira de geociências, 5: 229-252.

SOARES, P.C, LANDIM, P. M. B. (1973). Aspectos regionais da estratigrafia da Bacia do Paraná no seu Flanco nordeste. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 27. Aracaju. *Anais...*Aracaju: SBG. 1973,v 1, p. 243-256.

SOARES, P.C.; FIORI, A. P. (1976). Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. *Notícias Geomorfológicas*, Campinas, v. 16, n. 32, p. 71-104.

SOARES P.C.; LANDIM, P.M.B.; FÚLFARO, V.J.; SOBREIRO NETO, A.F. (1980). Ensaio de caracterização estratigráfica do cretáceo no Estado de São Paulo: Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 10, n 3, p. 177-185.

STEWART, I.S.; HANCOCK, P.L. (1994). Neotectonics. *In: HANCOCK, P.L. (Ed.). Continental Deformation*. Pergamon Press, p. 370-409.

SUMMERFIELD, M.A. (1991). *Global Geomorphology. An introduction to the study of landforms*. Editora Longman Scientific & technical . 537 p.

SUMMERFIELD, M.A., 1996. *Geomorphology and Global Tectonics*. John Wiley & Sons 386 p.

SYLVESTER, A.G. (1988). Strike slip faults. *Geological Society of America Bulletin. Special Publication*

TEIXEIRA, N.A. (1978). Geologia, petrologia e prospecção geoquímica da Sequência Vulcano-sedimentar Morro do Ferro, Fortaleza de Minas, MG. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais) – Instituto de Geociências, UnB, Brasília/DF, 213 p.

TEIXEIRA, N.A.; DANNI, J.C.M. (1978). Contribuição a estratigrafia do Grupo Araxá na região de Passos (MG). *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 30, RECIFE, 1978. *Anais...*Recife: Sociedade Brasileira de Geologia. v. 2, p. 700-710.

TEIXEIRA, N.A.; DANNI, J.C.M. (1979). Geologia da raiz de um *greenstone belt* na região de Fortaleza de Minas, MG. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 9, p.17-26.

TEIXEIRA, N.A.; MARCHETTO, C.M.L.; CHENEY, J.T.; DALCOMO, M.T.; MARTINI, S.L.; MATSUI, L. (1984). Considerações petrológicas e implicações geotectônicas do *greenstone belt* Morro do Ferro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, n. 33, 1984, Rio de Janeiro/RJ. *Boletim de Resumos...* Rio de Janeiro: SBG., p. 150.

VALERIANO C.M., ALMEIDA J.C.H., SIMÕES L.S.A., ROIG H.L., DUARTE B.P., HEILBRON M. (1995). Evolução estrutural do domínio externo da Faixa Brasília no Sudoeste de Minas Gerais: registros de uma tectônica pré-brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v.25, n.4, p.221-234.

VALERIANO, C.M.; DARDENE, M.A.; FONSECA, M.A.; SIMÕES, L.S. A. & SEER, H.J. A Evolução Tectônica da Faixa Brasília. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B. (Org.). (2004). *Geologia do Continente Sul Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca, p. 575-592.

ZALÁN P.V.; CONCEIÇÃO, J.C.J.; WOLFF, S.; ASTOLFI, M.A.M.; VIEIRA, I.S.; APPI, V.T.; NETO, E.V.S.; CERQUEIRA, R.J.; ZANOTTO, O.A.; PAUMER, M.L.; MARQUES, A. (1986). A análise da Bacia do Paraná. Relatório Interno GT-05-009/85, PETROBRAS, 195 p.

ZANARDO, A. (1992). Análise petrográfica, estratigráfica e microestrutural da região de Guaxupé-Passos-Delfinópolis (MG). Tese (Doutoramento em Geologia Regional), – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro. 270 p.

ZANARDO, A.; DEL LAMA, E.A.; MARALES, N. (1990). Análise microestrutural do Grupo Araxá Canastra nas proximidades de Alpinópolis (MG). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA., 36, Natal, SBG, 1990. *Anais...* Natal, SBG, v.5 p. 2167-74.

WERNICK, E., FIORI, A. P., BETTENCOURT, J.S, CHOUDHURI, A.A. (1979). Tectônica Rígida do Ciclo Brasileiro e sua implicação na Estruturação da Borda Sul e Sudeste do Cráton do São Francisco: Tentativa de um Modelo Preliminar. In: Simpósio Sobre o Craton do São

Francisco e Suas Faixas Marginais, 1, Salvador,. *Anais...*Salvador: SME-BA\SBG-BA, p.164-168.