



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**O PAPEL DOS NÍVEIS DE BASE NO FRACIONAMENTO MINERALÓGICO E
GRANULOMÉTRICO EM SEDIMENTOS DO RIO MARACUJÁ, OURO PRETO - MG**

Vinícius Queiroz Oliveira

Ouro Preto, agosto de 2017

**O PAPEL DOS NÍVEIS DE BASE NO FRACIONAMENTO
MINERALÓGICO E GRANULOMÉTRICO EM SEDIMENTOS
DO RIO MARACUJÁ, OURO PRETO - MG**



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Reitora

Prof.^a Dr.^a Cláudia Aparecida Marlière de Lima

Vice-Reitor

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

Pró-Reitora de Graduação

Prof.^a Dr.^a Tânia Rossi Garbin

ESCOLA DE MINAS

Diretor

Prof. Dr. Issamu Endo

Vice-Diretor

Prof. Dr. José Geraldo Arantes de Azevedo Brito

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Chefe

Prof. Dr. Luís Antônio Rosa Seixas

MONOGRAFIA

Nº 254

O PAPEL DOS NÍVEIS DE BASE NO FRACIONAMENTO MINERALÓGICO E GRANULOMÉTRICO EM SEDIMENTOS DO RIO MARACUJÁ, OURO PRETO – MG

Vinícius Queiroz Oliveira

Orientador

Prof. Dr. Cláudio Eduardo Lana

Monografia do Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para avaliação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso – TCC 402, ano 2017/1.

OURO PRETO

2017

Universidade Federal de Ouro Preto – <http://www.ufop.br>
Escola de Minas - <http://www.em.ufop.br>
Departamento de Geologia - <http://www.degeo.ufop.br/>
Campus Morro do Cruzeiro s/n - Bauxita
35.400-000 Ouro Preto, Minas Gerais
Tel. (31) 3559-1600, Fax: (31) 3559-1606

Direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

Revisão geral: Vinícius Queiroz Oliveira

Catálogo elaborado pela Biblioteca Prof. Luciano Jacques de Moraes do
Sistema de Bibliotecas e Informação - SISBIN - Universidade Federal de Ouro Preto

O482p

Oliveira, Vinícius Queiroz.

O papel dos níveis de base no fracionamento mineralógico e granulométrico em sedimentos do rio Maracujá, Ouro Preto - MG [manuscrito] / Vinícius Queiroz Oliveira. - 2017.

77f.: il.: color; graf.; tabs; mapas.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Eduardo Lana.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Geologia.

1. Mineralogia. 2. Granulometria. 3. Quadrilátero Ferrífero (MG). I. Lana, Cláudio Eduardo. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. O papel dos níveis de base no fracionamento mineralógico e granulométrico em sedimentos do rio Maracujá, Ouro Preto - MG.

CDU: 551.3.051

Catálogo: ficha@sisbin.ufop.br

Ficha de Aprovação

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: O Papel dos Níveis de Base no Fracionamento Mineralógico e Granulométrico em Sedimentos do Rio Maracujá, Ouro Preto - MG.

AUTOR: VINICIUS QUEIROZ OLIVEIRA

ORIENTADOR: Prof. Dr. Cláudio Eduardo Lana

Aprovado em: 18 de agosto de 2017

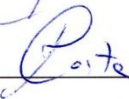
BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Cláudio Eduardo Lana



DEGEO/UFOP

Profa. Dra. Adivane Terezinha Costa



DEGEO/UFOP

Prof. Dr. Paulo de Tarso Amorim Castro



DEGEO/UFOP

Ouro Preto, 18/08/2017

Agradecimentos

Se o Trabalho de Conclusão de Curso tem o propósito de levar o aluno-autor a aplicar o máximo de conhecimentos adquiridos ao longo dos anos de estudo, essas linhas podem ser poucas para agradecer a todos os presentes nesta caminhada. Mas isto não me impede de tentar.

Agradeço a Deus pela oportunidade de ter vivido tudo isso. A meus pais Ana e Ronaldo pelo amor incondicional, alegria conjunta nas felicidades e suporte nos momentos difíceis. A toda minha família pela torcida. Aos amigos de Sete Lagoas pela presença constante, ainda que em pensamento.

Aos amigos Juui, Suu, Dé, Pam, Cla, Duds e Gui por serem as melhores pessoas que essa cidade me trouxe. À Geo. 11.1 e a todas as demais turmas pela parceria durante o curso.

Ao Professor Dr. Cláudio Lana, meu orientador, por ajudar no desenvolvimento do trabalho desde as ideias iniciais até a redação final. Aos professores Antonio Luciano Gandini e Ricardo Scholz pela ajuda na descrição dos grãos minerais.

Ao Laboratório de Microsonda e Microscopia Eletrônica pelas análises em MEV-EDS.

À Universidade Federal de Ouro Preto pela oportunidade de ingresso e conclusão neste curso superior.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 APRESENTAÇÃO	1
1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	1
1.3 OBJETIVOS.....	2
1.4 JUSTIFICATIVA	3
1.5 MATERIAIS E MÉTODOS	3
1.5.1 Revisão bibliográfica	12
1.5.2 Seleção de pontos	12
1.5.3 Trabalho de campo e coleta de amostras.....	13
1.5.4 Preparação e peneiramento das amostras	13
1.5.5 Análise mineralógica: Lupa binocular e MEV-EDS	13
1.5.6 Tratamento dos dados e confecção da monografia.....	13
2 LITOESTRATIGRAFIA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO (QF)	9
2.1 EMBASAMENTO CRISTALINO	11
2.2 SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS.....	11
2.2.1 Grupo Nova Lima	11
2.2.2 Grupo Maquiné.....	12
2.3 SUPERGRUPO MINAS.....	12
2.3.1 Grupo Tamanduá	12
2.3.2 Grupo Caraça.....	12
2.3.3 Grupo Itabira	13
2.3.4 Grupo Piracicaba.....	13
2.3.5 Grupo Sabará.....	13
2.4 GRUPO ITACOLOMI.....	14
2.5 DEPÓSITOS CENOZÓICOS.....	14
3 GEOLOGIA ESTRUTURAL, LITOESTRATIGRAFIA, GEOMORFOLOGIA E NEOTECTÔNICA NA BACIA DO RIO MARACUJÁ	17
3.1 SINCLINAL DOM BOSCO	17
3.1.1 A Sinclinal Dom Bosco na região do Rio Maracujá	18
3.2 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS INTERCEPTADAS PELO RIO MARACUJÁ.....	18

3.3 DOMÍNIOS GEOMORFOLÓGICOS DA BACIA DO RIO MARACUJÁ.....	22
3.4 INDÍCIOS NEOTECTÔNICOS NA BACIA DO RIO MARACUJÁ.....	24
4 NÍVEIS DE BASE	27
4.1 CONCEITO DE NÍVEL DE BASE	27
4.1.1 Condicionantes para a instalação de níveis de base	29
4.2 OS NÍVEIS DE BASE DO RIO MARACUJÁ	31
5 RESULTADOS	33
5.1 GEORREFERENCIAMENTO DOS NÍVEIS DE BASE DO RIO MARACUJÁ	33
5.1.1 Alocação dos pontos amostrados por níveis de base	34
5.2 DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA	35
5.2.1 Distribuição granulométrica dos sedimentos coletados em barras emersas do rio Maracujá.....	35
5.2.2 Distribuição granulométrica dos sedimentos coletados em barrancos do rio Maracujá.....	37
5.3 IDENTIFICAÇÃO E DISPERSÃO MINERALÓGICA.....	38
5.3.1 Grãos identificados.....	38
5.3.2 Dispersão mineralógica.....	51
5.4 DISTRIBUIÇÃO POR GRAUS DE ARREDONDAMENTO	56
6 DISCUSSÕES	59
6.1 VARIAÇÃO GRANULOMÉTRICA	59
6.1.1 Depósitos de barras emersa do rio Maracujá.....	59
6.1.2 Barrancos do rio Maracujá	60
6.2 VARIAÇÃO MINERALÓGICA E ANÁLISE DE PROVENIÊNCIA.....	61
6.2.1 Prováveis origens dos grãos.....	61
6.2.2 Comparação entre a mineralogia dos grãos coletados nas barras emersas e nos barrancos	64
6.2.3 Variação mineralógica encontrada em barrancos consecutivos no ponto M5 e contextualização temporal dos mesmos	65
6.3 VARIAÇÃO DO GRAU DE ARREDONDAMENTO COM A DISTÂNCIA DA ÁREA FONTE	68
6.3.1 Quartzo.....	68
6.3.2 Hematita	70
7 CONCLUSÕES	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

INDÍCE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Mapa de acesso à área de estudo.....	2
Figura 1.2 - Barra emersa no leito atual do rio Maracujá	4
Figura 1.3 - Coleta sendo realizada em barranco.....	5
Figura 1.4 - Fácies cascalhosa alvo de coleta em barranco no rio Maracujá.....	5
Figura 1.5 - Grau de arredondamento em função do grau de esfericidade	7
Figura 1.6 - Mecanismo de funcionamento do MEV-EDS.....	7
Figura 2.1 - Mapa geológico do QF com algumas estruturas principais	9
Figura 2.2 - Coluna litoestratigráfica do QF	10
Figura 2.3 - Coluna litoestratigráfica do QF com acréscimo de formações terciárias.....	15
Figura 3.1 - Mapa geológico da Sinclinal Dom Bosco e algumas estruturas associadas	17
Figura 3.2 - Mapa geológico do alto curso do rio Maracujá.....	20
Figura 3.3 - Mapa geológico do médio curso do rio Maracujá.....	21
Figura 3.4 - Mapa geológico do baixo curso do rio Maracujá.....	22
Figura 3.5 - Domínios geomorfológicos da bacia do rio Maracujá	24
Figura 4.1 - Níveis de base e <i>knickpoints</i>	28
Figura 4.2 - Resposta genérica do nível de base a um movimento isostático de soerguimento litosférico	29
Figura 4.3 - Falha normal atuante em região fluvial, com implicações sobre o nível de base	30
Figura 4.4 - Falha transcorrente gerando níveis de base.....	30
Figura 4.5 - Atuação conjunta entre dobras, instalação fluvial e contatos entre diferentes litologias na geração de níveis de base	31
Figura 4.6 - Níveis de base do rio Maracujá e seus <i>knickpoints</i>	32
Figura 5.1 - Mapa de declividade em graus da área de estudo	33
Figura 5.2 - Perfil altimétrico do leito atual do rio Maracujá	34
Figura 5.3 - Distribuição de pontos de amostragem por níveis de base	35
Figura 5.4 - Gráfico porcentagem de granulometrias <i>versus</i> pontos amostrados em barras emersas do rio Maracujá.....	36
Figura 5.5 - Gráfico porcentagem de granulometrias <i>versus</i> pontos amostrados em barrancos do rio Maracujá	38
Figura 5.6 - Grãos de quartzo de barra emersa no rio Maracujá, encontrados no ponto M1...39	
Figura 5.7 - Grãos de hematita encontrados no ponto M1, barra emersa no rio Maracujá.....	40
Figura 5.8 - Grãos de magnetita encontrados no ponto M1, barra emersa no rio Maracujá....	41
Figura 5.9 - Grãos de goethita encontrados no barra emersa no rio Maracujá, ponto M6	41

Figura 5.10 - Micas encontradas no ponto M6, barra emersa no rio Maracujá.....	42
Figura 5.11 - Grãos limonitizados do rio Maracujá, barra emersa no ponto M1	43
Figura 5.12 - Topázio imperial encontrado no ponto M1, barra emersa no rio Maracujá	44
Figura 5.13 - Grãos de topázio imperial, granulometria cascalho, pontos a) M2 Be, b) M5 Be, c) M4 B	45
Figura 5.14 - Turmalinas do ponto M5 B (1). Em a) grão esverdeado, em b) grão verde-escuro	47
Figura 5.15 - Turmalina do ponto M8, barranco do rio Maracujá	48
Figura 5.16 - Turmalina do ponto M6 Be	49
Figura 5.17 - Pirita encontrada no ponto M3, barra emersa no rio Maracujá	49
Figura 5.18 - Estauroлита encontradas em barranco no rio Maracujá, ponto M5 B (1)	50
Figura 5.19 - Grão mineral da série tremolita-actinolita, ponto M8 B.....	51
Figura 5.20 - Dispersão mineralógica das amostras de barras emersas do rio Maracujá.....	53
Figura 5.21 - Dispersão mineralógica em barrancos do rio Maracujá	55
Figura 5.22 - Porcentagens dos graus de arredondamento dos grãos <i>versus</i> pontos amostrados em barras emersas do rio Maracujá.....	57
Figura 5.23 - Porcentagens dos graus de arredondamento dos grãos <i>versus</i> pontos amostrados em barrancos do rio Maracujá.....	58
Figura 6.1 - Fotografia mostrando o barranco M5 B (1).....	66
Figura 6.2 - Fotografia mostrando o barranco M5 B (2) e leito do rio Maracujá	66
Figura 6.3 - Níveis deposicionais identificados por Magalhães <i>et al.</i> (2012) no rio Maracujá	67
Figura 6.4 - Níveis deposicionais identificados por Bacellar <i>et al.</i> (2005) no rio Maracujá .	67
Figura 6.5 - Gráfico de porcentagem dos graus de arredondamento para grãos de quartzo de barras emersas no rio Maracujá.....	69
Figura 6.6 - Gráfico de porcentagem dos graus de arredondamento para grãos de hematita de barras emersas no rio Maracujá.....	70
Figura 6.7 - Porcentagens de grãos de hematita com determinados graus de arredondamento variando relativamente à distância do ponto inicial	71

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 - Montagem de peneiras utilizada para peneiramento do material coletado	6
Tabela 5.1 - Distribuição granulométrica por pontos amostrados em barras emersas do rio Maracujá	36
Tabela 5.2 - Distribuição granulométrica por pontos amostrados em barrancos do rio Maracujá	37
Tabela 5.3 - Porcentagens de óxidos obtidas via MEV-EDS para grãos de turmalina do ponto M5 B (1)	47
Tabela 5.4 - Porcentagens de óxidos obtidas via MEV-EDS para grão de turmalina do ponto M8 B.	48
Tabela 5.5 - Porcentagens de óxidos obtidas por análise em MEV-EDS para o grão de tremolita-actinolita do ponto M8 B.	51
Tabela 5.6 - Contagem de grãos por pontos em barras emersas no rio Maracujá.....	52
Tabela 5.7 - Contagem de grãos por pontos em barrancos do rio Maracujá.....	54
Tabela 5.8 - Graus de arredondamento dos grãos coletados em barras emersas do rio Maracujá.	56
Tabela 5.9 - Graus de arredondamento dos grãos coletados em barrancos do rio Maracujá...57	
Tabela 6.1 - Correlações entre nomenclaturas de barrancos do presente trabalho e dos demais citados.....	68
Tabela 6.2 - Porcentagem dos graus de arredondamento dos grãos de quartzo de barras emersas no rio Maracujá.....	69
Tabela 6.3 - Porcentagem dos graus de arredondamento dos grãos de hematita de barras emersas no rio Maracujá.....	70

Resumo

O rio Maracujá localizado no distrito de Cachoeira do Campo, Ouro Preto, MG, nasce sobre a Sinclinal Dom Bosco, uma das sinclinais da província mineral do Quadrilátero Ferrífero (QF). Deságua no rio das Velhas após ter percorrido também porção relevante do embasamento cristalino arqueano desta província mineral. A Sinclinal Dom Bosco é composta por variadas unidades litoestratigráficas, o que faz com que o rio Maracujá contenha sedimentos originados da desagregação de diferentes rochas. Além disso, são identificados três níveis de base associados a este curso fluvial. O presente trabalho objetivou estudar os efeitos destes níveis de base sobre a distribuição mineralógica e granulométrica dos sedimentos do rio Maracujá, além de analisar possíveis áreas fonte destes e seus graus de arredondamento, relacionando com a distância a que foram coletados. Para isso o estudo contou com coletas em campo, análise de grãos sedimentares em lupa binocular e em MEV-EDS. Construíram-se gráficos no sentido de montante a jusante do rio sobre a mineralogia, a granulometria e os graus de arredondamento dos grãos minerais identificados. Os dados revelaram que o nível de base com cotas altimétricas mais altas retém grãos minerais mais diversos e proporcionalmente sedimentos mais angulosos e de maiores granulometrias, características que decrescem nos segundo e terceiro níveis.

Palavras chave: Mineralogia, granulometria, grãos minerais, rio Maracujá, Quadrilátero Ferrífero.

CAPITULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

Os rios, assim como outros elementos da paisagem, possuem e/ou atravessam formas distintas de relevo ao longo de seu percurso. Mais do que isso, são elementos capazes de interagir com os demais por meio da capacidade de exercer com maior predominância características erosivas em determinados locais e deposicionais em outros.

Numa região com presença de curso fluvial em que a deposição sedimentar esteja prevalecendo sobre a erosão e transporte de sedimentos, e que haja a presença de barreiras naturais ou antrópicas ou mudanças abruptas no relevo, há a instalação dos chamados níveis de base (Lana 2010). Os níveis de base podem, portanto, servir de áreas-alvo para estudos acerca da caracterização de sedimentos, já que propiciam o acúmulo destes.

Na área de locação deste presente estudo existe o rio Maracujá, localizado no distrito de Cachoeira do Campo, município de Ouro Preto, estado de Minas Gerais (MG). A área se insere no contexto da província mineral do Quadrilátero Ferrífero (QF), que além da riqueza mineral diversificada pode ser citada como constituinte de várias formas de relevo e também por sua diversidade geológica, característica intimamente ligada à presença das duas primeiras. O rio Maracujá possui níveis de base em seu curso e, além disso, atravessa diferentes unidades litológicas. Dessa forma os questionamentos de como esses níveis de base influenciam na deposição sedimentar ao longo do rio e qual a natureza mineralógica destes sedimentos se mostra relevante, estudo a que o trabalho em questão pretendeu se dedicar.

1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

Inserido no interior da província mineral do Quadrilátero Ferrífero (QF), Minas Gerais (MG), o rio Maracujá nasce 10 km aproximadamente a sul do distrito de Cachoeira do Campo, município de Ouro Preto. Deságua no rio das Velhas na altura que este se encontra represado na represa Rio das Pedras a aproximados 13 km a leste do município de Itabirito.

O acesso a Cachoeira do Campo pode ser feito a partir de Belo Horizonte tomando-se primeiro a rodovia BR-040 até o condomínio Alphaville Lagoa dos Ingleses (trajeto de 28 quilômetros). Depois se ruma para a cidade de Itabirito pela rodovia BR-356 – que também recebe o nome de Rodovia dos Inconfidentes a partir de Itabirito – por mais 25 quilômetros aproximadamente. Há também a opção de

se chegar a Itabirito pela rodovia MG-030, com uma distância aproximada a ser percorrida de 75 quilômetros. Após passar por Itabirito, prossegue-se pela BR-356 até Cachoeira do Campo por mais 15 quilômetros.

A Figura 1.1 mostra o posicionamento da área de estudo no interior do estado de Minas Gerais e algumas das referências apresentadas, além das rodovias de acesso às mesmas.

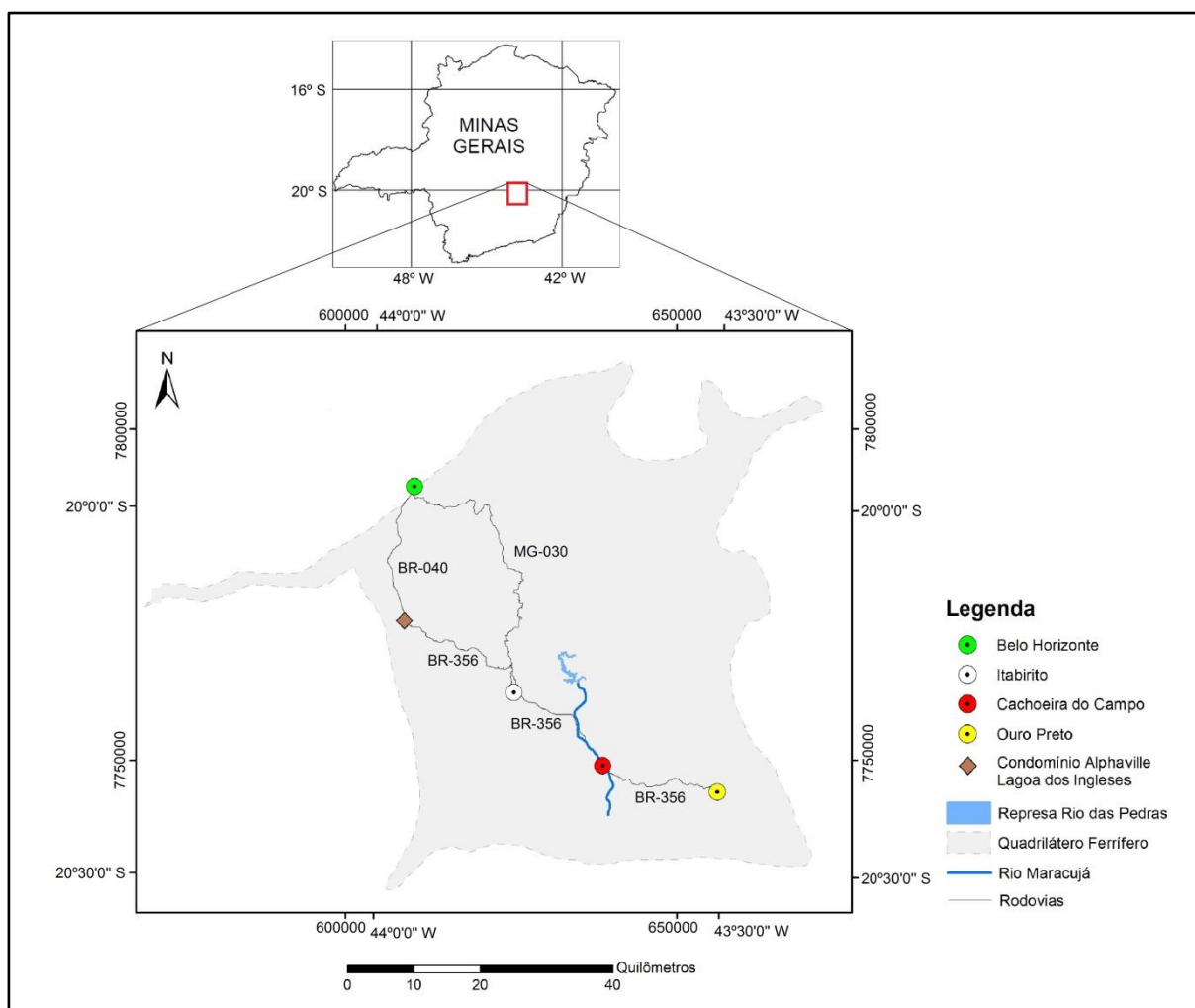


Figura 1.1 - Mapa de acesso à área de estudo.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é estudar o efeito dos níveis de base sobre a distribuição mineralógica e granulométrica dos sedimentos ao longo do curso do rio Maracujá, considerando abundâncias relativas de minerais em depósitos sedimentares recentes (barras emersas) e antigos (barrancos).

Os objetivos secundários são:

- Identificar os principais níveis de base existentes ao longo do canal principal do rio Maracujá com base em dados da literatura.
- Relacionar as ocorrências minerais identificadas com suas possíveis áreas fonte.
- Caracterizar os sedimentos coletados quanto ao grau de arredondamento e relacionar com distâncias de transporte desde as áreas fonte.

1.4 JUSTIFICATIVA

O rio Maracujá é citado na literatura como curso d'água que corta uma das sinclinais do Quadrilátero Ferrífero, a Sinclinal Dom Bosco, alvo de estudos acerca de sua litoestratigrafia diversificada e geologia estrutural. Também é reconhecido como um dos afluentes da margem esquerda do rio das Velhas, e local histórico de extração garimpeira de minerais como o topázio imperial.

Em outra linha de estudo vários autores destacam a capacidade dos níveis de base em reter sedimentos ao longo de um rio.

Neste sentido, torna-se de grande interesse um estudo que não só identifique os níveis de base existentes no rio Maracujá como descreva quantitativamente a dispersão mineralógica ao longo do curso d'água em questão. Além disso, é interessante também avaliar a natureza granulométrica destes sedimentos, podendo assim associar o estudo de mais um parâmetro sedimentológico aos níveis de base identificados.

1.5 MATERIAIS E MÉTODOS

1.5.1 Revisão bibliográfica

O presente trabalho teve início com realização de revisão bibliográfica para entendimento dos contextos geológicos regional e local nos quais a área de estudo se insere. As definições do conceito de nível de base bem como a evolução do mesmo na literatura também foram alvo de revisão bibliográfica. Em adição a isto, buscou-se fazer o levantamento de trabalhos que já tenham identificado os níveis de base do rio Maracujá.

1.5.2 Seleção de pontos

A partir da análise de imagens aéreas do software Google Earth Pro 2016 selecionaram-se 12 pontos potenciais à presença de áreas deposicionais ao longo do rio Maracujá, preferencialmente depósitos sedimentares atuais (barras emersas) e barrancos.

1.5.3 Trabalho de campo e coleta de amostras

Realizou-se um trabalho de campo para acesso aos pontos selecionados mediante pequenas adaptações no trajeto e na localização espacial dos pontos quando comparadas ao selecionamento prévio. Isto se mostrou necessário devido a dificuldades em campo para se ter acesso aos pontos, visto que algumas trilhas e pequenas estradas sofreram alterações quando comparadas àquelas avistadas com uso das imagens aéreas. Os pontos foram então georreferenciados em campo com uso de aparelho GPS.

Em cada ponto procurou-se coletar entre 1,5 e 2,0 litros de sedimentos em barras emersas e, barrancos. A Figura 1.2 mostra uma barra emersa existente no curso do rio.



Figura 1.2 - Seta na cor branca indicando barra emersa no leito atual do rio Maracujá, local de coleta de amostra de sedimentos.

Já nos barrancos foi dada a preferência para fácies com presença de granulometrias mais grossas (cascalhosas) quando existentes. Em barrancos de granulometria homogênea coletou-se nas porções médias da extensão vertical dos mesmos. A Figura 1.3 extraída de Pereira *et al.* (2005) ilustra uma coleta em barranco semelhante à realizada durante este trabalho, e a Figura 1.4 mostra a existência de uma fácies cascalhosa alvo de coleta em barranco no rio Maracujá.



Figura 1.3 - Coleta sendo realizada em barranco. Extraído de Pereira *et al.* (2005).



Figura 1.4 - Fácies cascalhosa alvo de coleta em barranco no rio Maracujá, indicada por polígono na cor branca.

1.5.4 Preparação e peneiramento das amostras

O material coletado foi levado ao Laboratório de Sedimentologia do DEGEO/UFOP para completa secagem em estufa. No mesmo laboratório efetuou-se o peneiramento com montagem de peneiras elaborada a partir das definições dadas pela escala granulométrica de Wentworth (1922). Para efeito de agrupamento de dados classificou-se o material retido na peneira de 10 mesh (unidade adotada no padrão norte-americano de peneiras que equivale à abertura de 2,00 milímetros) como

cascalho, já que a mesma possibilita isolar grânulos, seixos, blocos e matacões. A Tabela 1.1 mostra a relação das peneiras usadas com a escala em mesh, aberturas em milímetros e a classificação granulométrica adotada.

Tabela 1.1 - Montagem de peneiras utilizada para peneiramento do material coletado.

Padrão norte- americano de peneiras (mesh)	Abertura em mm	Classificação granulométrica do sedimento retido
10	2,00	Cascalho
12	1,68	Areia muito grossa
16	1,19	Areia grossa
20	0,84	Areia média grosseira
60	0,25	Areia média
270	0,002	Areia fina
Fundo	-	Silte e argila

1.5.5 Análise mineralógica: Lupa binocular e MEV-EDS

Após o peneiramento, foi efetuada a pesagem das frações retidas em cada peneira e no fundo. Os valores de peso em quilogramas foram convertidos para porcentagem. A fração granulométrica mais representativa em porcentagem foi analisada em lupa binocular de aumento máximo de 50 vezes. Fez-se a tomada de 100 grãos aleatórios para identificação mineralógica segundo os livros-guia “Minerais em Grãos” (Pereira *et al.* 2005) e “Minerais pesados” (Addad 2001), e classificação quanto ao grau de arredondamento mediante proposição de Pettijohn *et al.* (1987). A Figura 1.5 ilustra tal proposta por meio de modelos de arredondamento e esfericidade dos grãos.

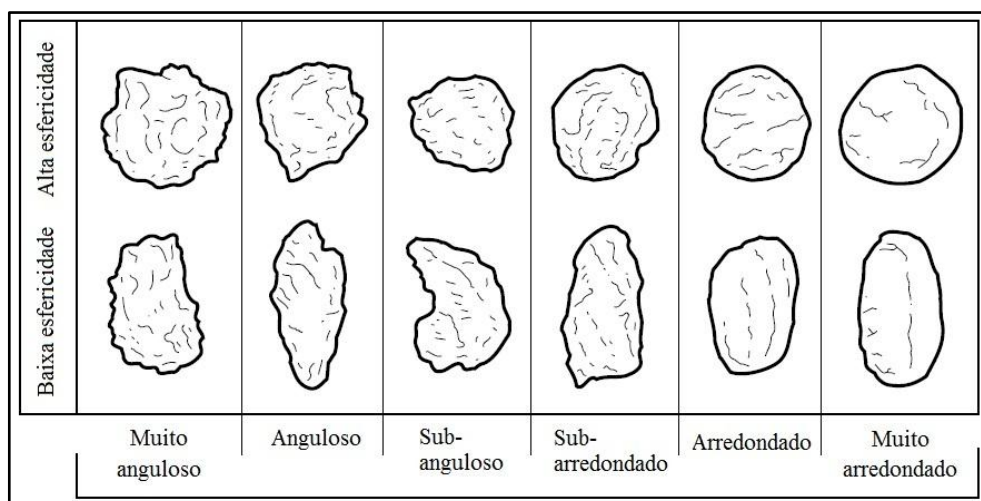


Figura 1.5 - Modelos de grãos utilizados para classificação quanto ao grau de arredondamento e grau de esfericidade. Modificado de Pettijohn *et al.* (1987).

Os grãos de identificação duvidosa via lupa binocular foram levados ao MEV (Microscópio Eletrônico de Varredura) do Laboratório de Microsonda e Microscopia Eletrônica do Departamento de Geologia da UFOP para análise em EDS (Espectrometria de Energia Dispersiva de Raios-X ou *Energy Dispersive System*). Este laboratório conta com microscópio de marca JEOL, modelo JSM 6010 LA. O MEV é um microscópio que permite a visualização de objetos com até milhares a centenas de milhares de vezes de aumento. Ao acoplar-se o sistema EDS neste equipamento torna-se possível a determinação qualitativa e semiquantitativa das amostras (Duarte *et al.* 2003), que neste estudo são os próprios grãos minerais selecionados para tal análise.

Sobre as amostras é incidido um feixe de elétrons que interage com os elétrons mais externos dos átomos e íons existentes na superfície exposta das mesmas, fazendo com que estes se excitam e mudem de nível energético. Ao retornarem para os níveis originais há a liberação de energia no comprimento de onda dos raios-X. Sensores instalados no interior do equipamento fazem a leitura destas energias e comparam com as específicas para cada elemento químico, tornando possível estabelecer semi-quantitativamente quais elementos existem no ponto de incidência do feixe de elétrons. Este processo pode ser visto esquematicamente na Figura 1.6:

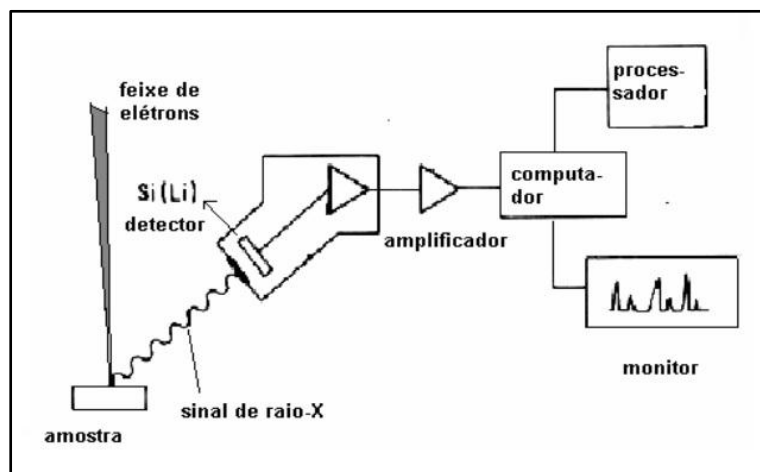


Figura 1.6 - Esquema ilustrando o mecanismo de funcionamento do MEV-EDS. Extraída de Kestembach e Filho (1994) in Dedavid *et al.* (2007).

Quando se analisam amostras não condutoras de energia elétrica há que se fazer a metalização destas previamente (Duarte *et al.* 2003), sendo aplicada uma camada micrométrica de material condutor (neste estudo utilizou-se camada de carbono) sobre a superfície da amostra.

O *software* instalado no MEV-EDS provê resultados semi-quantitativos de porcentagens dos óxidos componentes das amostras, organizados em tabelas, e espectros dos principais elementos químicos. Os resultados obtidos neste trabalho foram comparados com as porcentagens de óxidos também fornecidas por Deer *et al.* (1992) em seu livro “*Rock Forming Minerals*”.

1.5.6 Tratamento dos dados e confecção da monografia

Em seguida fez-se o tratamento dos dados obtidos e a elaboração de gráficos da distribuição mineralógica e de graus de arredondamento *versus* pontos amostrados. Os mapas litológicos e de declividade e os Modelos Digitais de Elevação (MDE) tridimensionais foram elaborados com uso dos *softwares* ArcMap 9.3 e ArcScene 9.3, respectivamente, pertencentes ao pacote ArcGIS 9.

A última etapa do trabalho consistiu na redação desta monografia.

CAPÍTULO 2

LITOESTRATIGRAFIA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO (QF)

A Figura 2.1 ilustra o mapa geológico do QF com algumas estruturas principais e a Figura 2.2 a coluna estratigráfica do QF, ambos propostos por Alkmim e Marshak (1998). Na sequência as unidades litoestratigráficas do QF são apresentadas.

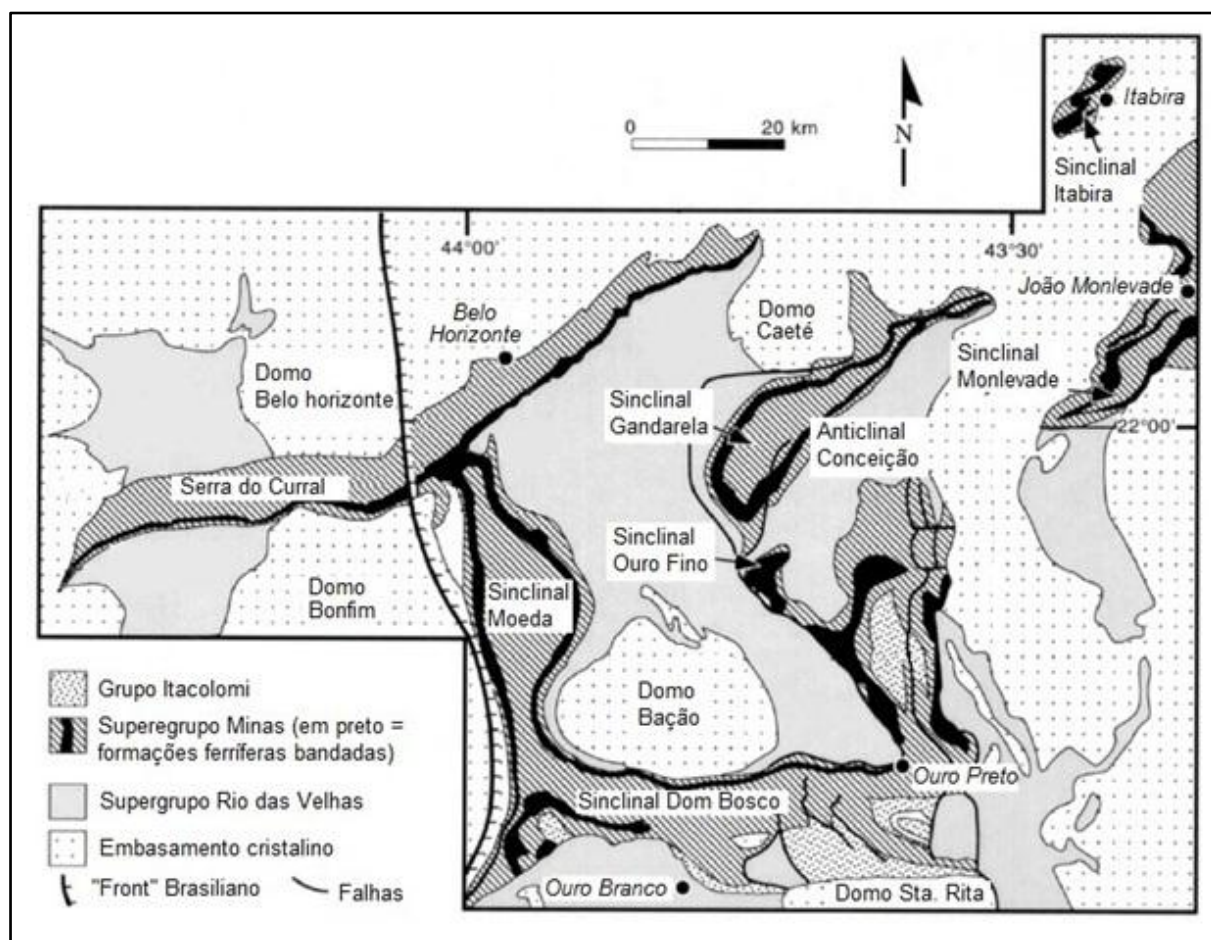


Figura 2.1 - Mapa geológico do QF com algumas estruturas principais. Modificado de Alkmim e Marshak (1998).

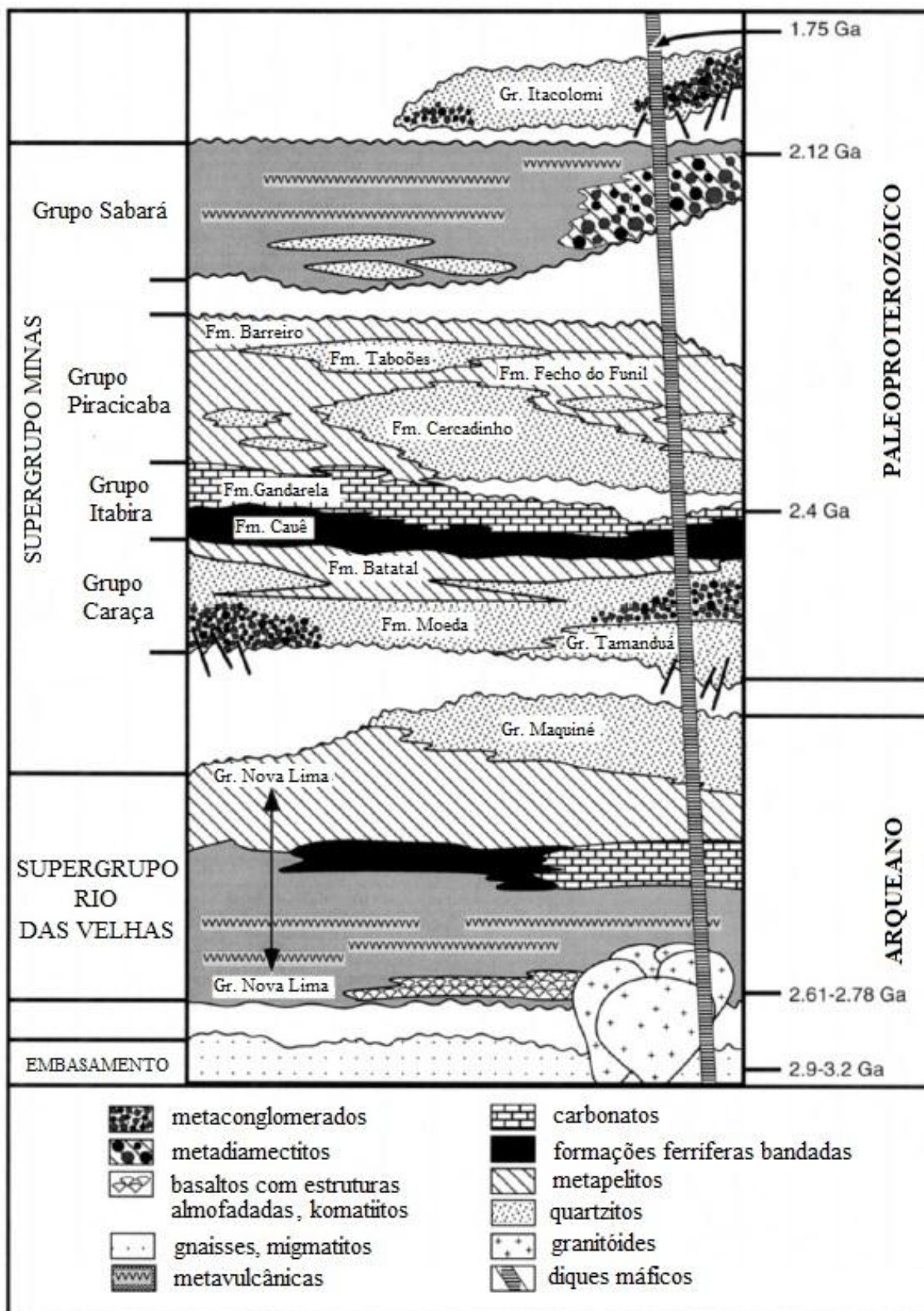


Figura 2.2 - Coluna Litoestratigráfica do QF. Modificado de Alkmim e Marshak (1998).

2.1 EMBASAMENTO CRISTALINO

O embasamento cristalino do Quadrilátero Ferrífero (QF) constitui-se de rochas granito-gnáissicas de idade arqueana. Este aflora em complexos metamórficos como os Complexos Belo Horizonte, Bação, Caeté, Bonfim e Santa Rita, em forma de domos em escala regional.

Os litotipos do embasamento cristalino são de composição predominantemente trondjemítica, tonalítica e granodiorítica (gnaisses TTG) e foram formadas no intervalo de 3380 a 2900 Ma (Teixeira *et al.* 1996). Alkmim e Marshak (1998) atribuem o intervalo de 3200 a 2900 Ma baseando-se em estudos de outros autores (Teixeira 1985, Machado e Carneiro 1992, Carneiro *et al.* 1995). Em muitas localidades onde afloram tais gnaisses é possível visualizar feições de migmatização.

Durante o Neoarqueano e o Paleoproterozóico os gnaisses TTG passaram por três episódios de intrusões de corpos granitóides nos intervalos de 2780 a 2760 Ma, 2720 a 2700 Ma e aproximadamente a 2600 Ma, datações estas fornecidas por Noce (2000) através dos métodos U-Pb e Pb-Pb em zircões.

2.2 SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS

A unidade litoestratigráfica imediatamente acima do embasamento cristalino é a sequência metavulcano-sedimentar Supergrupo Rio das Velhas. Esta se subdivide em Grupo Nova Lima e Grupo Maquiné (Dorr II 1969).

2.2.1 Grupo Nova Lima

Configura-se como porção basal do Supergrupo Rio das Velhas e é composto por cloritaxistos, sericitaxistos, filitos, filitos grafitosos, rochas máficas e ultramáficas, metagrauvacas, metacherts, metadolomitos e formações ferríferas bandadas do tipo algoma (Dorr II 1969).

Zucchetti *et al.* (2000) fazem uma compartimentação deste grupo em quatro domínios: Domínio vulcânico máfico-ultramáfico, domínio vulcânico, domínio sedimentar clástico-químico e o domínio vulcanoclástico.

O domínio vulcânico máfico-ultramáfico compreende as formações Córrego Ouro Fino, Córrego dos Boiadeiros e Quebra Ossos e é constituído por rochas vulcânicas komatiíticas e toleíticas, anortositos e peridotitos. Ocorrem intercalações de formações ferríferas bandadas do tipo Algoma metamorizadas, *cherts* ferruginosos, tufos máficos, vulcanoclásticas félsicas e xistos carbonosos.

O domínio vulcânico e o domínio sedimentar clástico-químico normalmente se correlacionam e estão presentes nas formações Morro Vermelho e Santa Quitéria, sendo representados por associações entre basaltos toleíticos e komatiitos intercalados com formações ferríferas bandadas, *cherts* ferruginosos e filitos carbonosos.

O último domínio denominado vulcanoclástico apresenta rochas piroclásticas félsicas e máficas das formações Ribeirão Vermelho e Mestre Caetano. Observam-se também rochas sedimentares de diversas origens nas formações Córrego do Sítio, Mindá, Catarina Mendes, Córrego da Paina, Fazenda Velha e Pau D'Óleo. Nessas formações inserem-se gravaucas, psamitos e xistos.

2.2.2 Grupo Maquiné

Dorr II (1969) individualiza para este grupo as formações Palmital – basal – e Casa Forte. A Formação Palmital é composta por quartzitos sericíticos, filitos quartzosos e filitos. A Formação Casa Forte constitui-se por quartzitos, filitos e conglomerados.

2.3 SUPERGRUPO MINAS

Encontra-se acima do Supergrupo Rio das Velhas e em discordância angular e erosiva. Este se subdivide da base para o topo em grupos Tamanduá, Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará.

2.3.1 Grupo Tamanduá

Esta é a unidade litoestratigráfica basal do Supergrupo Minas, e contém conglomerados e arenitos gradando para pelitos em porções superiores (Alkmim e Marshak 1998).

2.3.2 Grupo Caraça

O Grupo Caraça se encontra por vezes sobreposto ao Grupo Tamanduá em concordância e por vezes em discordância angular e erosiva com o Supergrupo Rio das Velhas (Dorr II 1969). O Grupo compreende a Formação Moeda e a Formação Batatal.

A Formação Moeda é composta por quartzitos, metaconglomerados, podendo haver intercalações de filitos. Já a Formação Batatal é majoritariamente composta por filitos sericíticos, com algumas ocorrências de filitos carbonosos, ferruginosos e carbonáticos (Ruchkys 2012). O contato entre tais formações é concordante, mas por vezes se mostra gradacional (Dorr II 1969).

2.3.3 Grupo Itabira

Sobreposto ao Grupo Caraça se encontra o Grupo Itabira, caracterizado por rochas formadas por precipitação química. Contém as Formações Cauê e Gandarela.

A Formação Cauê é composta por rochas de formação ferrífera bandada. Trata-se da formação provedora das rochas das quais se extraem os minerais minérios de ferro – hematita, magnetita – reconhecidos mundialmente pelo seu teor e abundância na região do QF, inclusive sendo a inspiração para o nome desta província mineral.

A Formação Gandarela é majoritariamente representada por dolomitos e mármore dolomíticos e calcíticos. Há presença subordinada de filitos dolomíticos, margas e formações ferríferas dolomíticas (Dorr II 1969).

2.3.4 Grupo Piracicaba

Este grupo se encontra estratigraficamente acima do Grupo Itabira e é composto por quatro formações, aqui colocadas da base para o topo: Cercadinho, Fecho do Funil, Taboões e Barreiro.

A Formação Cercadinho contém filitos de coloração acizentada e quartzitos ferruginosos, que segundo Dorr II (1969), são diagnósticos desta formação. O mesmo autor menciona ainda a existência de quartzitos não ferruginosos, conglomerados, filitos ferruginosos e arroxeados. A Formação Fecho do Funil é composta por dolomitos, margas e filitos dolomíticos. A Formação Taboões possui quartzitos esbranquiçados, equigranulares, maciços e sem o acamamento sedimentar identificável que ocorrem em porções lenticulares (Dorr II 1969). A formação do topo do Grupo Piracicaba é de ocorrência restrita e compreende a Formação Barreiro, sendo composta por filitos e filitos grafitosos (Ruchkys 2012).

2.3.5 Grupo Sabará

No topo do Supergrupo Minas e em forte discordância erosiva com o Grupo Piracicaba se encontra o Grupo Sabará. Suas rochas constituintes são variadas: Clorita xistos e filitos,

metagrauvacas, metaconglomerados, quartzitos, raras formações ferríferas, (Ruchkys 2012, Dorr II 1969), diametitos (Dorr II 1969).

2.4 GRUPO ITACOLOMI

Em discordância angular com todas as demais unidades se encontra o Grupo Itacolomi. Sua ocorrência é restrita às regiões sul e sudeste do QF (Alkmim 2004). É composto por quartzitos, quartzitos arcoseanos e filíticos, xistos e metaconglomerados (Alkmim *et al.* 1994).

2.5 DEPÓSITOS CENOZÓICOS

Existem unidades mais recentes que o Grupo Itacolomi, pertencentes à Era Cenozóica e de ocorrência esporádica e restrita no QF, caracterizadas como depósitos sedimentares (Dorr II 1969). Algumas grandes bacias como Gandarela, Fonseca, Rio do Peixe e o depósito Gongo Sôco, as ocorrências de corpos argilosos designados *mudstones* (primeiramente descritos no QF por Guild 1957) e lateritas são mencionadas por (Almeida 2004) como exemplo destas.

Embora não apresentados na coluna estratigráfica proposta por Alkmim e Marshak (1998), muitos outros autores inserem tais depósitos cenozóicos na estratigrafia do QF, à semelhança do que foi feito por Lana (2010) ao representar as formações Fonseca, Cata Preta e Chapada de Canga acima do Grupo Itacolomi (Figura 2.3):

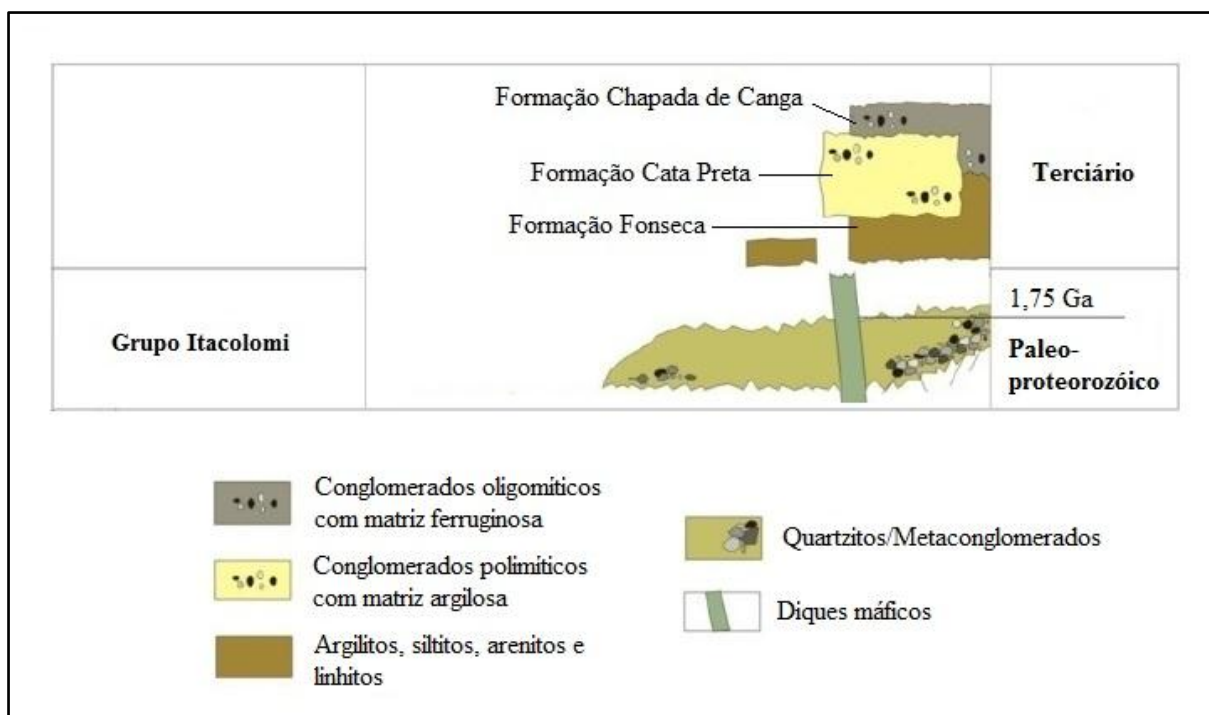


Figura 2.3 - Extrato da coluna litoestratigráfica apresentada por Lana (2010), com acréscimo de formações cenozóicas acima do Grupo Itacolomi. Modificado de Lana (2010).

A Formação Fonseca é composta por argilitos, siltitos, arenitos e linhitos (Maizatto 2001), todos de origem flúvio lacustre (Maxwell 1972). Por sua vez a Formação Cata Preta é composta por conglomerados polimíticos com matriz argilosa e relaciona-se com depósitos de leque aluvial (Castro & Ferreira 1997). A Formação Chapada de Canga constitui-se de conglomerados oligomíticos com matriz ferruginosa e é também associada a depósitos de leque aluvial (Sant'anna 1994).

CAPÍTULO 3

GEOLOGIA ESTRUTURAL, LITOESTRATIGRAFIA GEOMORFOLOGIA E NEOTECTÔNICA NA BACIA DO RIO MARACUJÁ

3.1 SINCLINAL DOM BOSCO

O QF possui este nome devido ao arranjo semelhantemente quadricular do seu conjunto de serras. Grande parte destas serras corresponde a flancos de sinclinais e anticlinais, e ao abordar-se a “aresta” sul do QF ou conjunto de serras desta porção da província mineral depara-se com a Sinclinal Dom Bosco. Esta pode ser vista na porção inferior da Figura 2.1 e em maior detalhe na Figura 3.1 abaixo:

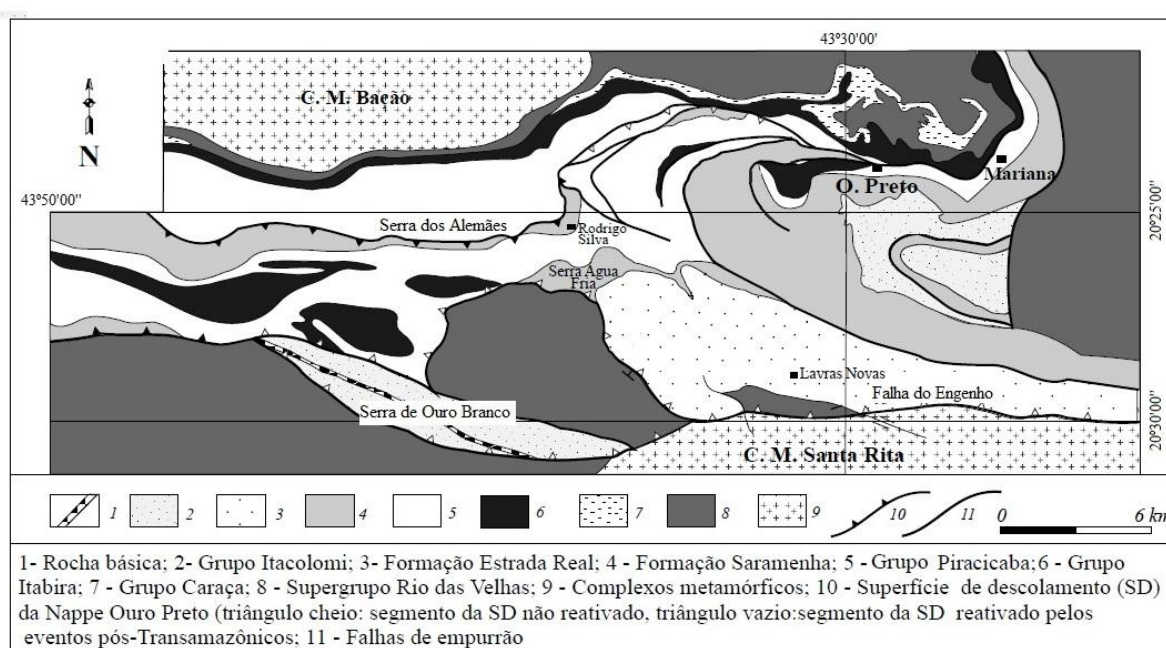


Figura 3.1 - Mapa geológico da Sinclinal Dom Bosco e algumas estruturas associadas. Modificado de Almeida (2004).

A Sinclinal Dom Bosco possui eixo aproximadamente W-E e se estende desde a junção a oeste com a Sinclinal Moeda até a leste na junção com a Serra de Ouro Preto. Estas duas junções contêm diferentes sistemas de falhas.

Na junção com a Sinclinal Moeda há presença de falhas de empurrão que causam o empilhamento de rochas do Supergrupo Minas. O cavalgamento que gerou tais falhas de empurrão foi capaz de levar até tal região quartzitos do Grupo Itacolomi, fácies Santo Antônio que se encontram dobrados, com o flanco NE invertido e eixo caindo para SE (Endo 1997). Dessa forma evidencia-se outra estrutura nomeada de Sinclinal Santo Antônio na junção entre os dois primeiros.

Já na porção oriental, Endo (1977) menciona o seccionamento por diversas falhas de empurrão designadas por Sistema de Falhas do Itacolomi. Estas falhas de traço curvo se tangenciam lateralmente com a Falha do Engenho a sul e com a Zona de Cisalhamento Fundão-Cambotas a norte.

3.1.1 A Sinclinal Dom Bosco na região do Rio Maracujá

O rio Maracujá possui nascente instalada na porção central da Sinclinal Dom Bosco, mais propriamente onde afloram as rochas da Formação Cercadinho nesta estrutura. Além disto, o mesmo intercepta o flanco norte da Sinclinal.

Na porção central as unidades se encontram em posição estratigráfica normal segundo a coluna litoestratigráfica proposta por Alkmim e Marshak (1998). Os estratos possuem direção aproximadamente W-E, sub-paralela ao eixo da Sinclinal e perpendicular ao sistema aluvial do rio Maracujá de direção aproximada N-S (Chaves *et al.* 2002). Estruturas como acamamento e foliação possuem em sua maioria mergulho tendendo para sul, embora medições aferidas no interior das unidades litoestratigráficas apresentem variações.

3.2 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS INTERCEPTADAS PELO RIO MARACUJÁ

O alto curso do rio Maracujá é o que intercepta a maior variedade de unidades litoestratigráficas do QF. Partindo-se de sua nascente na Formação Cercadinho e percorrendo-se o trajeto do rio sentido norte, o alto curso intercepta rochas da Formação Gandarela, Formação Cauê e Grupo Caraça, respectivamente. Todas se dispõem segundo faixas de orientação W-E, em espessuras verticais variadas.

A Formação Cercadinho apresenta-se com suas litologias diagnósticas, contendo xistos e filitos de coloração acizentada, dolomitos e corpos tabulares de quartzitos e quartzitos ferruginosos (Bacellar 2000). Estes últimos aparecem em lentes enriquecidas em magnetita, enquanto que os xistos

possuem, segundo Almeida (2004), assembléia mineral formada por quartzo, cloritóide, sericita e clorita, sendo os minerais acessórios zircão, titanita, turmalina, rutilo e opacos. A porção interceptada da Formação Gandarela contém dolomitos e filitos dolomíticos (Lobato *et al.* 2005), enquanto que a Formação Cauê apresenta suas formações ferríferas bandadas. O Grupo Caraça é representado por uma estreita faixa de quartzitos e metaconglomerados da Formação Moeda que gradam para rochas mais argilosas como os filitos da Formação Batatal, o que dificulta a exata alocação do contato geológico entre estas duas unidades na área de estudo.

A transição do alto para o médio curso instala-se na discordância litoestratigráfica existente entre o Grupo Caraça e o Supergrupo Rio das Velhas, Grupo Nova Lima. Este último separa a porção superior da bacia da média e inferior onde ocorre o embasamento cristalino (Bacellar 2000). O Grupo Nova Lima é representado por xistos de composições variadas entre quartzo, carbonatos, feldspatos, clorita, biotita, granada e estauroлита e minerais acessórios como rutilo, zircão e apatita, além de apresentar auréolas de metamorfismo de contato (Almeida 2004, Lobato *et al.* 2005).

Almeida (2004) menciona a existência de corpos cenozóicos de *mudstones* de dimensões métricas na porção central e sudoeste da Sinclinal Dom Bosco, assim como alguns corpos também representados por Lobato *et al.* (2005) em seu mapa geológico (Figura 3.2). Estes últimos autores atribuem os *mudstones* ao período Paleogeno. Para Almeida (2004) esses corpos representam fluxos de detritos constituídos por uma massa argilosa dura, de coloração avermelhada, com pontos brancos e grãos de quartzo disseminados. A granulometria da matriz varia entre areia fina a média, e os clastos irregularmente arredondados são suportados por matriz pelítica.

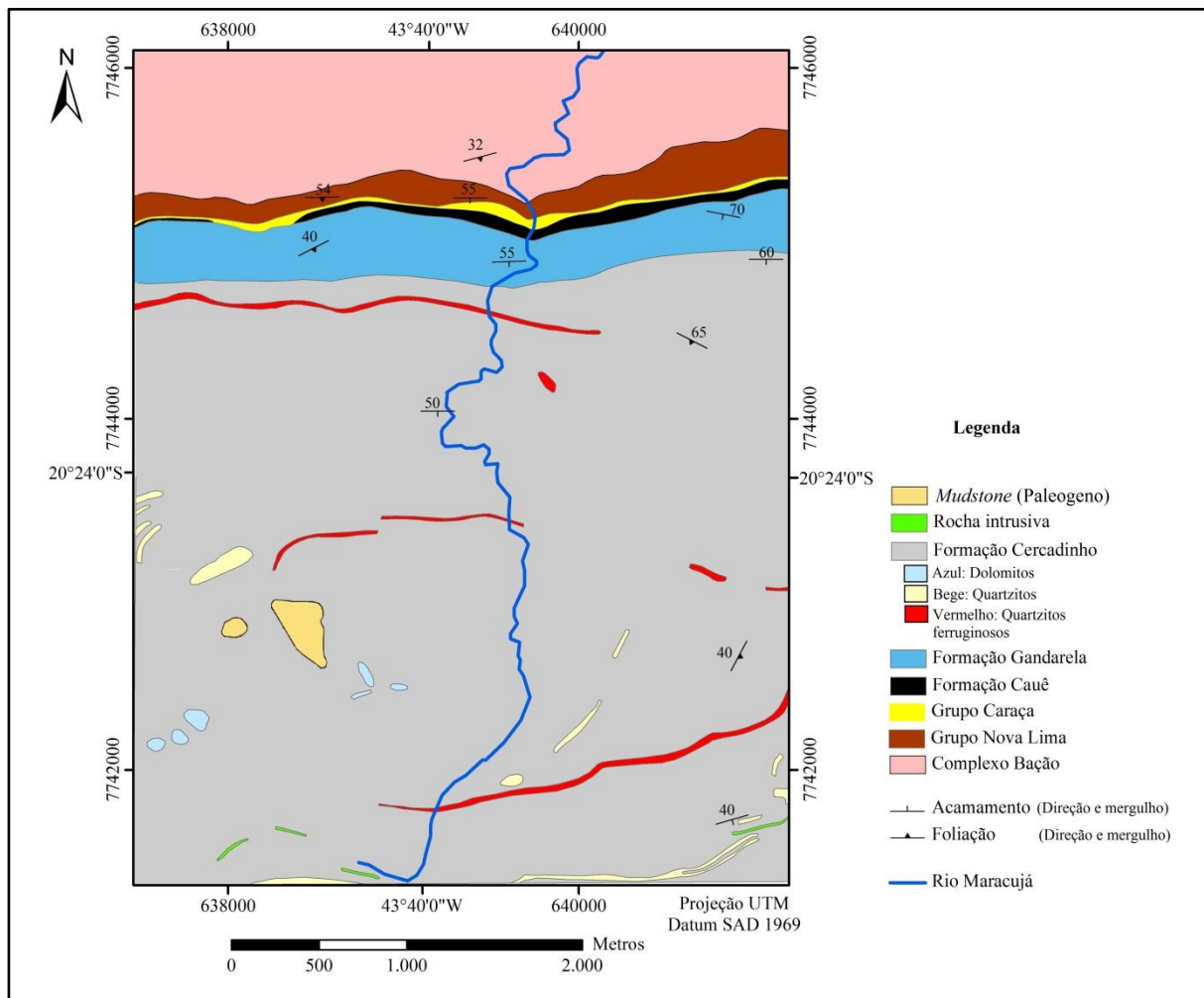


Figura 3.2 - Mapa geológico do alto curso do rio Maracujá, com algumas medidas de acamamento e foliação. Modificado de Lobato *et al.* (2005).

O médio e alto cursos (Figuras 3.3 e 3.4, respectivamente) se desenvolvem integralmente sobre as rochas do Complexo Metamórfico Bação, embasamento cristalino da área estudada. O rio drena gnaisses, granitos gnáissicos, migmatitos, pequenos corpos de xistos pertencentes ao complexo além de diques de basalto e diabásio intrudidos no mesmo (Lobato *et al.* 2005).

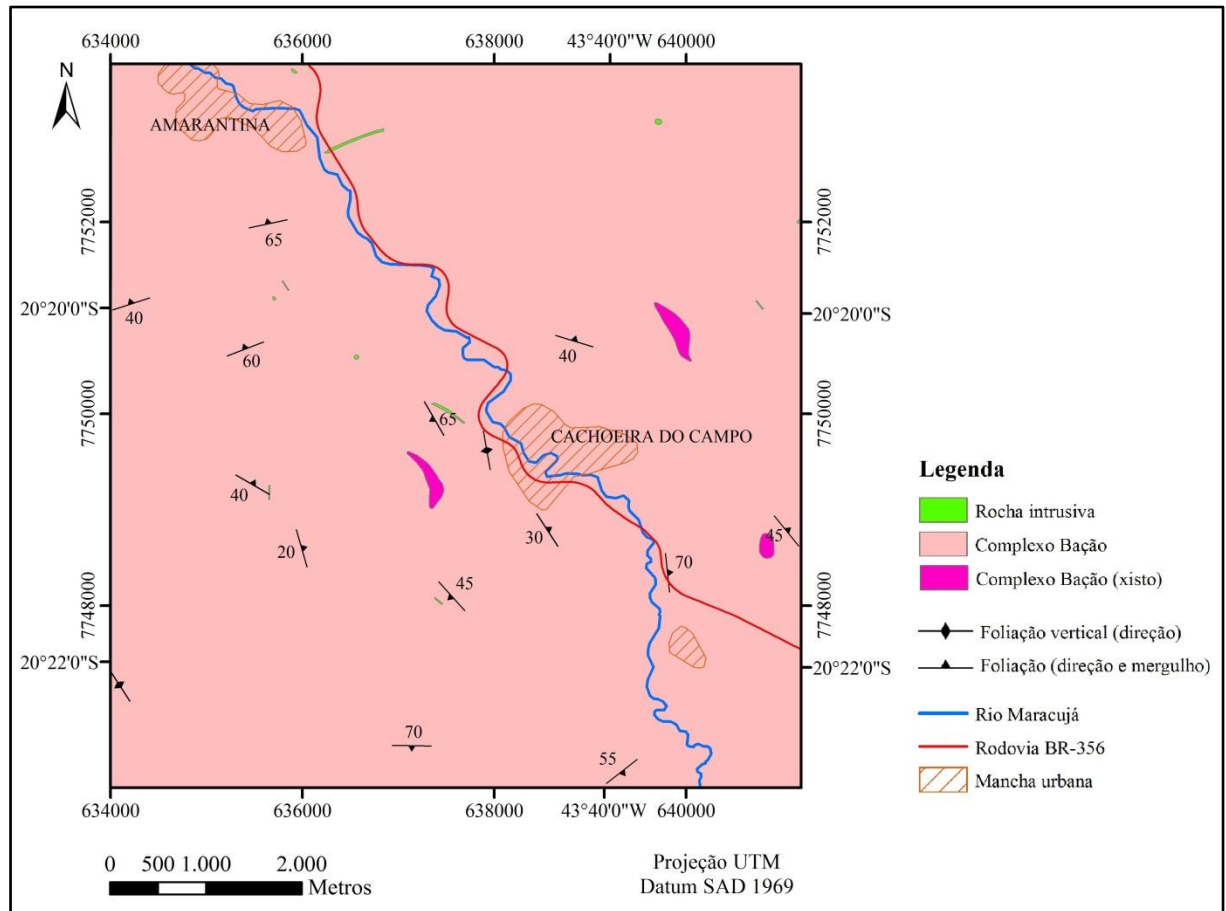


Figura 3.3 - Mapa geológico do médio curso do rio Maracujá, com algumas medidas de foliação. Modificado de Lobato *et al.* (2005).

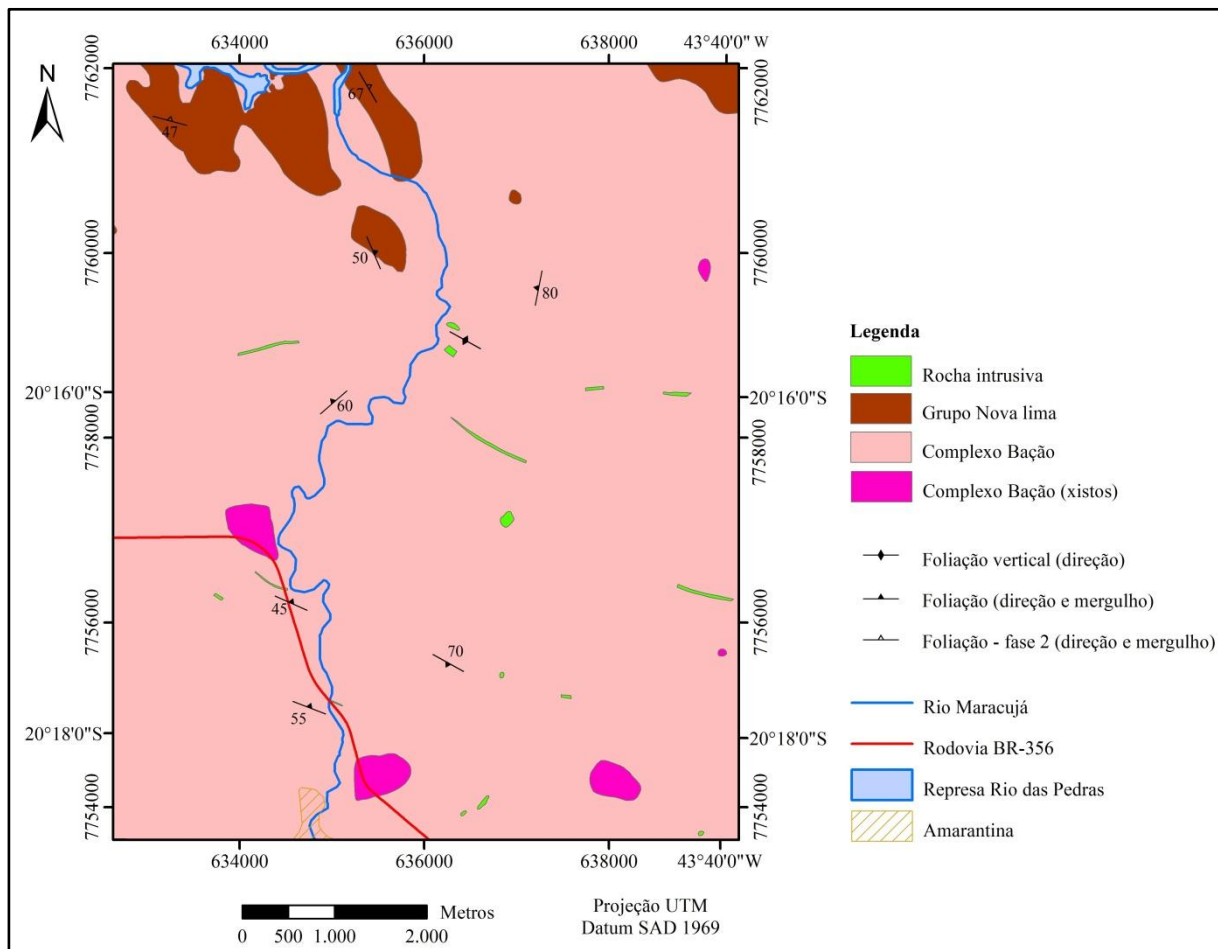


Figura 3.4 - Mapa geológico do baixo curso do rio Maracujá, com algumas medidas de foliação. Modificado de Lobato *et al.* (2005).

3.3 DOMÍNIOS GEOMORFOLÓGICOS DA BACIA DO RIO MARACUJÁ

A porção sul da bacia abriga o alto curso do rio Maracujá, dominado pela interação deste com rochas supracrustais. Na faixa dominada pelas Formações Cercadinho e Gandarela o relevo é pouco acidentado, com presença de morros de topo suave. O padrão de drenagem do curso do rio é predominantemente sinuoso nesta faixa.

A faixa dominada pelas Formações Cauê e pelo Grupo Caraça é responsável pelas maiores cotas altimétricas da área de estudo. Devido à elevada resistência ao intemperismo e erosão das formações ferríferas bandadas da Formação Cauê e dos quartzitos da Formação Moeda, tais unidades compõem a crista da serra correspondente ao flanco norte do Sinclinal Dom Bosco. Tal crista é o limite entre os domínios geomorfológicos meridional e setentrional da área de estudo.

A transição do Grupo Caraça para a faixa de xistos do Grupo Nova Lima é marcada por uma distinta quebra de relevo, inclusive com presença de uma cachoeira no rio Maracujá a cerca de dois quilômetros a sul do Colégio Dom Bosco em Cachoeira do Campo.

Ao adentrar no domínio geomorfológico setentrional, desenvolvido sobre o Complexo Bação, o rio Maracujá drena terrenos de menor cota altimétrica. Devido à maior erodibilidade das rochas deste complexo, tal domínio constitui-se de uma depressão na região, quando comparados aos terrenos à montante do rio. O relevo é dominado por morros de topos convexos, e o curso do rio é majoritariamente dendrítico. Porém há trechos em que o curso d'água se mostra retilíneo como em um trecho de 500 metros de extensão a sul da rodovia BR 356 e em outro de 600 metros imediatamente anterior ao encontro do rio Maracujá com o rio das Velhas. Possivelmente o rio Maracujá tenha se desenvolvido sobre descontinuidades estruturais ou seguindo a orientação preferencial de bandamentos em gnaisses e granitos gnáissicos nestes trechos do Complexo Bação, o que possa explicar tais mudanças localizadas no curso d'água atual.

Bacellar *et al.* (2005) vão mais além e subdividem o domínio mais a norte em três subdomínios geomorfológicos (2, 3 e 4), mantendo o domínio a sul de forma indivisa, conforme pode ser visto na Figura 3.5. Os autores representam o rio Maracujá e alguns de seus tributários por meio de linhas de drenagem:

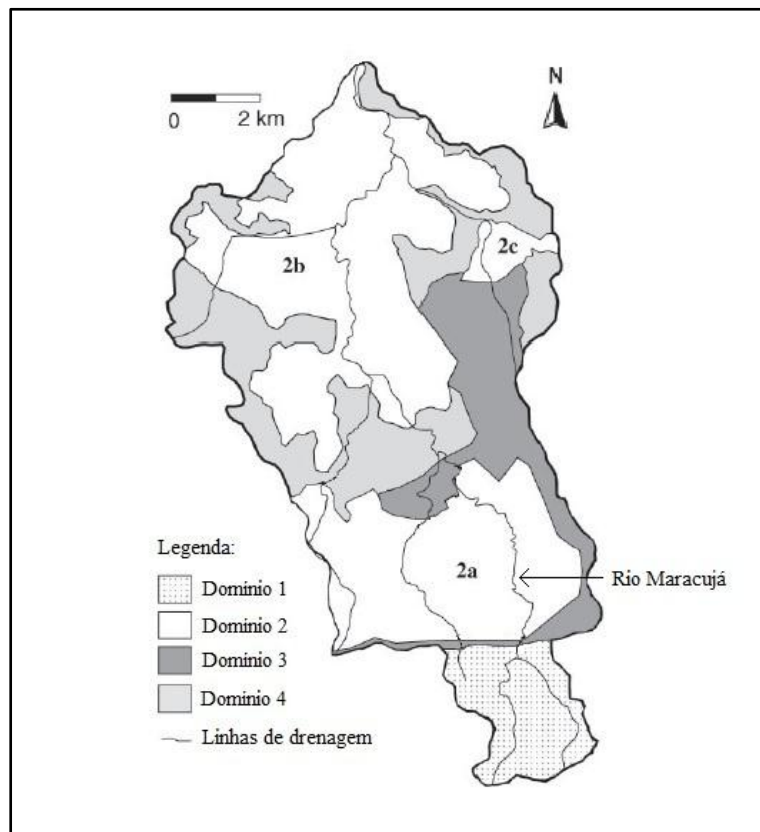


Figura 3.5 - Domínios geomorfológicos da bacia do rio Maracujá definidos por Bacellar *et al.* (2005). Modificado de Bacellar *et al.* (2005).

O domínio 1 abriga cristas afiadas que refletem a foliação desenvolvida nas rochas supracrustais do Supergrupo Minas e alcança altitudes superiores a 1140 metros, sendo também mais escarpado que os demais (Bacellar 2000, Bacellar *et al.* 2005).

O domínio 2 aparece em três áreas (2a, 2b e 2c) e se difere do domínio 3 por possuir colinas de inclinação suave, enquanto o domínio 3 possui colinas mais íngremes. O domínio 4 apresenta colinas de inclinação intermediária entre os domínios 2 e 3 e possui as menores altitudes da área, próximas a 900 metros (Bacellar *et al.* 2005). Ainda segundo os autores os perfis de solo são mais espessos no domínio 2 por este ser mais plano e menos espessos nos domínios 1, 3 e 4, justamente por serem mais íngremes.

3.4 INDÍCIOS NEOTECTÔNICOS NA BACIA DO RIO MARACUJÁ

A bacia do rio Maracujá, assim como outras áreas no QF, possui estruturas e aspectos morfológicos que levam alguns autores a associá-los com movimentos neotectônicos, geralmente

agrupados na literatura em eventos de reativação ou movimentação cenozóica. E tais movimentos são intimamente relacionados com a instalação dos níveis de base no rio Maracujá.

Lana (2010) considera que toda a bacia do rio das Velhas esteja passando por um basculamento para leste, com base em estudos morfológicos realizados em diversos segmentos desta bacia. Alguns dos seguimentos estudados por esse autor se localizam justamente no rio Maracujá.

Em seus estudos Lana (2010) e também Lana e Castro (2010) destacam o caráter assimétrico do curso do rio evidenciado pelo maior desenvolvimento morfológico nas margens esquerdas, enquanto que as margens direitas encontram-se confinadas na porção mais rebaixada e de maior declive. Isto reforça o modelo do basculamento para leste que atingiria toda a bacia do rio das Velhas – inclusive a bacia do rio Maracujá inserida em seus domínios –.

A idade cenozóica de movimentações neotectônicas ligadas a tal basculamento é sugerida pelas datações em terraços aluviais feitas por Bacellar (2000), o qual obteve idades pleistocênicas e holocênicas para terraços do rio Maracujá. Este autor ao fazer um estudo sobre mecanismos de voçorocamento na região de Cachoeira do Campo, afirma que as voçorocas só se desenvolvem quando perfis de solo saprolíticos ficam expostos. Sobre as voçorocas mais anitgas (desenvolvidas antes da ocupação urbana no distrito), portanto sobre os pefis de solo mais antigos, Bacellar (2000) diz que só podem ter sido geradas por mudanças climáticas que tenham afetado a região ou por incisão dos canais fluviais devido ao rebaixamento dos níveis de base, hipótese que poderia estar ligada às movimentações neotectônicas na região. Contudo, o autor menciona não terem sido encontradas relações conclusivas entre essas movimentações e o voçorocamento antigo ou incisão dos canais fluviais, o que não diminui a relevância de suas datações.

Para Lana (2010) são as assimetrias nas margens do rio Maracujá que demonstram a maior relevância do processo de basculamento sobre a esculturação fluvial se comparadas ao rebaixamento dos níveis de base.

Outro ponto de apoio ao modelo do basculamento são os pulsos pliocênicos de reativação de geossuturas no QF mencionados por Saadi (1991), autor que discorre sobre os efeitos neotectônicos no estado de Minas Gerais causados, por exemplo, pela migração atual da placa Sul-Americana para WNW.

CAPÍTULO 4

NÍVEIS DE BASE

4.1 CONCEITO DE NÍVEL DE BASE

Lana (2010) faz em sua tese de doutoramento um apanhado de definições dadas por variados autores sobre o que seriam os níveis de base. Ao mesmo tempo estabelece uma evolução cronológica acerca das mesmas. A seguir, com base no trabalho deste autor, são citadas algumas destas definições também em ordem cronológica.

Segundo Lana (2010) o termo “nível de base de erosão” foi primeiramente empregado por Powell (1875) ao se referir a um eixo de dobra que esteja acima do nível do mar e que, portanto seja alvo para agentes intempéricos, erosão e tenha sedimentos transportados até o nível d’água (ou nível de base), no caso o oceano.

Visto que o uso do termo por Powell (1875) ocorreu mediante um exemplo, sem a definição exata do termo, desde então inúmeros autores vêm elaborando outras redações sobre o conceito genérico de nível de base.

Holmes (1952) afirma se tratar do prolongamento imaginário do nível do mar abaixo do continente.

Shanley e McCabe (1994) dizem que o escalonamento gerado em rios faz com que estes possuam patamares. Tais patamares são na verdade os níveis de base, ou mais apropriadamente “níveis de base geomórficos”.

Suguio (2003) diz que é o “limite topográfico, abaixo do qual uma drenagem não consegue erodir o continente, representando o estado de equilíbrio num dado momento entre deposição e erosão”.

Já de Blij *et al.* (2004) dão uma definição mais simplificada: “Nível abaixo do qual um rio não pode erodir seu leito”.

Press *et al.* (2006) enquadram o exemplo de Powell ao dizer que se trata de “uma elevação na qual o rio termina desembocando num grande corpo de água parada, tal como um lago ou oceano”. Os rios não entalham abaixo do nível de base por este ser a “base do morro” ou limite inferior de perfis longitudinais traçados desde as nascentes dos rios até suas desembocaduras.

Lana (2010) resume as definições de tais autores numa convergência para “nível no qual os fenômenos fluviais de erosão e transporte dão lugar aos deposicionais”.

É importante destacar que o histórico das definições acerca do conceito revela que podem existir tanto níveis de base finais ou globais quanto locais, o que faz com que alguns autores optem por deixar claro essa diferenciação. Por exemplo, oceanos ou grandes lagos são chamados níveis de base finais ou globais. Já os níveis de base do rio Maracujá são locais, já que este desemboca em outro rio (rio das Velhas).

Os rios podem ter apenas um nível de base global ou local, caso possuam pequenas extensões ou perfis longitudinais sem quebras de relevo significantes, ou sem o escalonamento em patamares conforme dito por Shanley e McCabe (1994). Quanto mais patamares existirem ao longo do curso do rio, mais níveis de base estarão definidos.

Os níveis de base são separados entre si por *knickpoints* (em livre tradução “pontos de inflexão”). São pontos onde ocorrem quebras no relevo que permitem a individualização dos patamares ao longo do perfil longitudinal do rio. Cachoeiras podem ser exemplos de *knickpoints*, ou ainda pontos onde se altere o volume de descarga no rio e confluências de tributários (Lana 2010). Os *knickpoints* podem marcar quebras de relevo mais ou menos acentuadas, e assim como as demais feições de relevo evoluem ao longo do tempo com recuos ou aplainamento dos patamares (Figura 4.1).

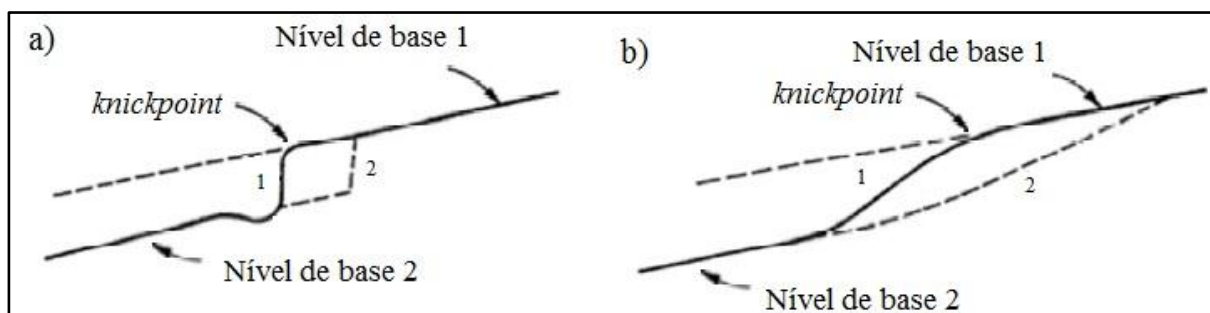


Figura 4.1 - Perfis esquemáticos mostrando diferentes níveis de base (Nível de base 1 e 2) separados por *knickpoints*. Em a) a quebra de relevo é mais acentuada que em b). As linhas tracejadas indicam a evolução das quebras de relevo e passagem da situação 1 para a 2. Modificado de Schumm (2005).

4.1.1 Condicionantes para a instalação de níveis de base

Lana (2010) e Lana e Castro (2012) fazem uma síntese dos principais fatores que condicionam a existência de níveis de base fluviais. Os autores apresentam individualmente estes fatores para facilitar o entendimento, mas salientam que na grande maioria dos casos há conjunções de dois ou mais na geração de um único nível de base.

As subidas e descidas do nível global dos oceanos associadas a movimentos tectônicos ou ao crescimento ou degelo de glaciares – eustasia – são alguns destes fatores, principalmente se levarmos em consideração o impacto gerado em níveis de base globais como os oceanos. Em termos gerais subidas no nível dos mares fazem com que haja aggradação marinha e fluvial, enquanto que as descidas geram degradações.

Movimentos isostáticos – responsáveis pelo equilíbrio entre afundamento ou soerguimento da litosfera em relação à astenosfera – podem alterar a conformação dos níveis de base ou gerar novos níveis, a depender do local com concentração principal do movimento, conforme ilustra a Figura 4.2:



Figura 4.2 - Resposta genérica do nível de base a um movimento isostático de soerguimento litosférico (seta azul). As setas vermelhas indicam onde ocorre degradação do terreno, enquanto as verdes indicam aporte sedimentar nas partes rebaixadas. Modificado de Schumm *et al.* (2002).

A ocorrência de falhas geológicas promove alterações no relevo e no padrão sedimentar de determinada região (Lana e Castro 2012), e por isso também implica em mudanças nos níveis de base. Press *et al.* (2006) elaboraram blocos-diagrama que evidenciam, por exemplo, como uma falha normal afeta determinado nível de base (Figura 4.3):

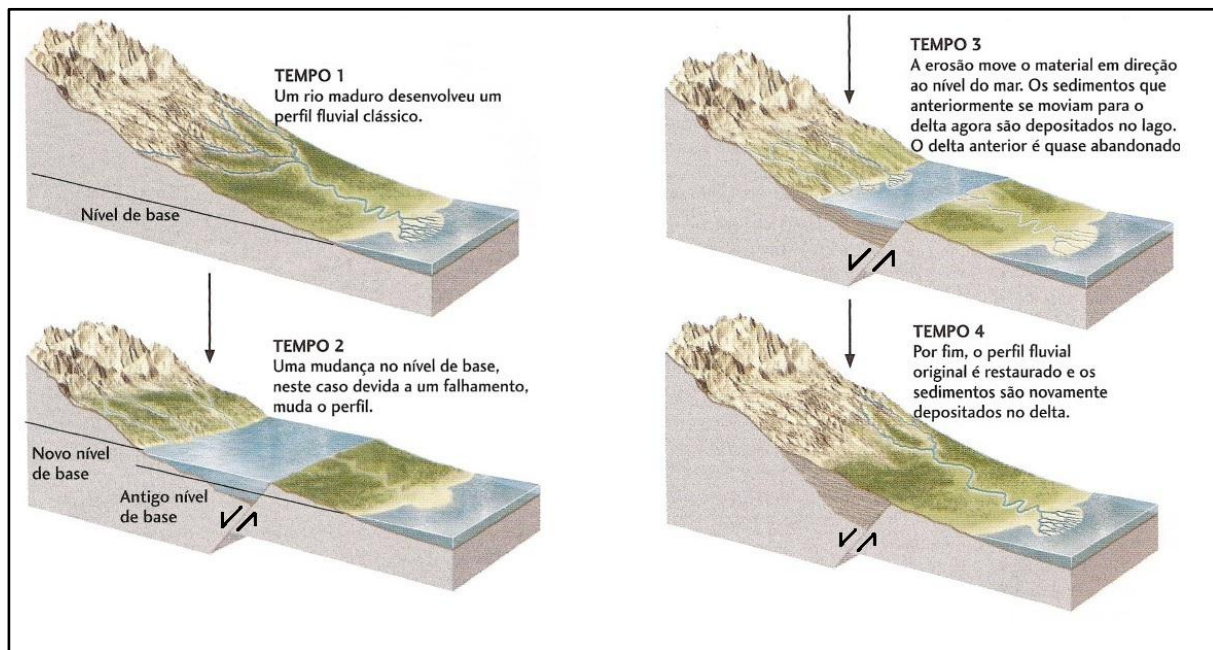


Figura 4.3 - Falha normal atuante em região fluvial, com implicações sobre o nível de base. Modificado de Press *et al.* (2006).

Não só falhas normais devem ser consideradas, mas também falhas reversas, falhas de reativação e falhas transcorrentes. Estas últimas podem gerar níveis de base pela movimentação lateral dos blocos e contato dos cursos d'água pré-existentis com altos estruturais (Figura 4.4).

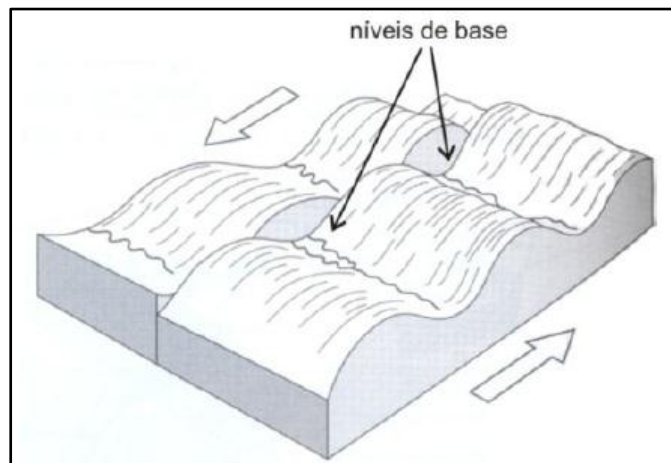


Figura 4.4 - Falha transcorrente gerando níveis de base através do aprisionamento dos cursos d'água frente a altos estruturais. Modificado de Huggett (2003).

Além destes condicionantes citados acima, há que se considerar outros também importantes como dobras, contatos litológicos, constituição sedimentar do leito e algumas ações antrópicas (Lana e

Castro 2012). Novamente, tais condicionantes não atuam isolados e podem resultar em diferentes feições no relevo mediante suas combinações.

Press *et al.* (2006) apresentam em bloco diagrama uma situação hipotética na qual ocorre a conjugação de dobramentos em escala local, instalação de cursos d'água e contatos litológicos entre rochas de diferentes resistências físicas (Figura 4.5). As camadas sedimentares horizontais e menos resistentes são erodidas, e quando se alcançam as camadas dobradas e de maior resistência um novo nível de base é gerado. Ocorre ainda o rompimento das zonas de charneiras, já que estas eram as partes das estruturas dobradas em maiores cotas altimétricas e, portanto, mais suscetíveis à erosão.

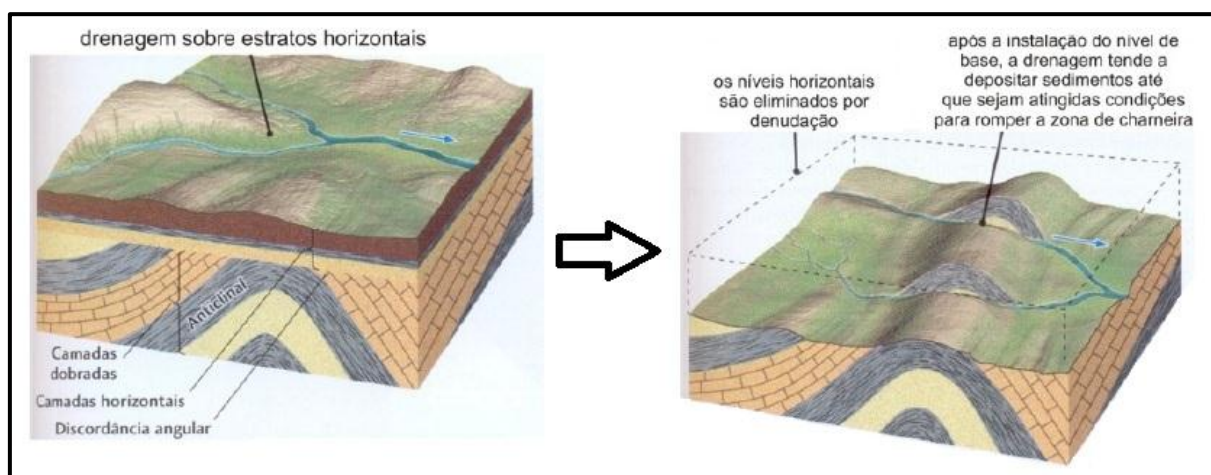


Figura 4.5 - Atuação conjunta entre dobras, instalação fluvial e contatos entre diferentes litologias na geração de níveis de base. Modificado de Press *et al.* (2006).

Exemplos de intervenções humanas capazes de gerar níveis de base locais são as represas, dentre elas aquelas ligadas a usinas hidrelétricas. Estas formam grandes lagos capazes de favorecer a deposição sedimentar a montante da barreira da represa. Também influencia a conformação dos níveis de base a conexão de tributários a canais principais – aumentando o aporte de água e sedimentos aos mesmos – bem como a canalização e desvios de trechos fluviais por meio de obras civis.

4.2 OS NÍVEIS DE BASE DO RIO MARACUJÁ

O rio Maracujá apresenta três níveis de base separados entre si por dois *knickpoints*, conforme identificação feita por Lana (2010) e Lana e Castro (2010). Os autores fizeram uso de um modelo tridimensional de declividade (Figura 4.6) para ilustrar os níveis de base e os *knickpoints*, que são demarcados no terreno por quedas d'água. Uma destas é aqui indicada como “Queda d'água 1”, e corresponde à cachoeira a sul do Colégio Dom Bosco em Cachoeira do Campo.

Também são indicadas para efeito de contextualização espacial e geográfica importantes feições fisiográficas da região, como a Serra da Moeda, Serra da Santa e Serra de Ouro Preto. É interessante observar que enquanto as serras são marcadas por altas taxas de declividade, os níveis de base estão instalados em porções aplainadas de baixíssima declividade em porcentagem (entre zero e 2%).

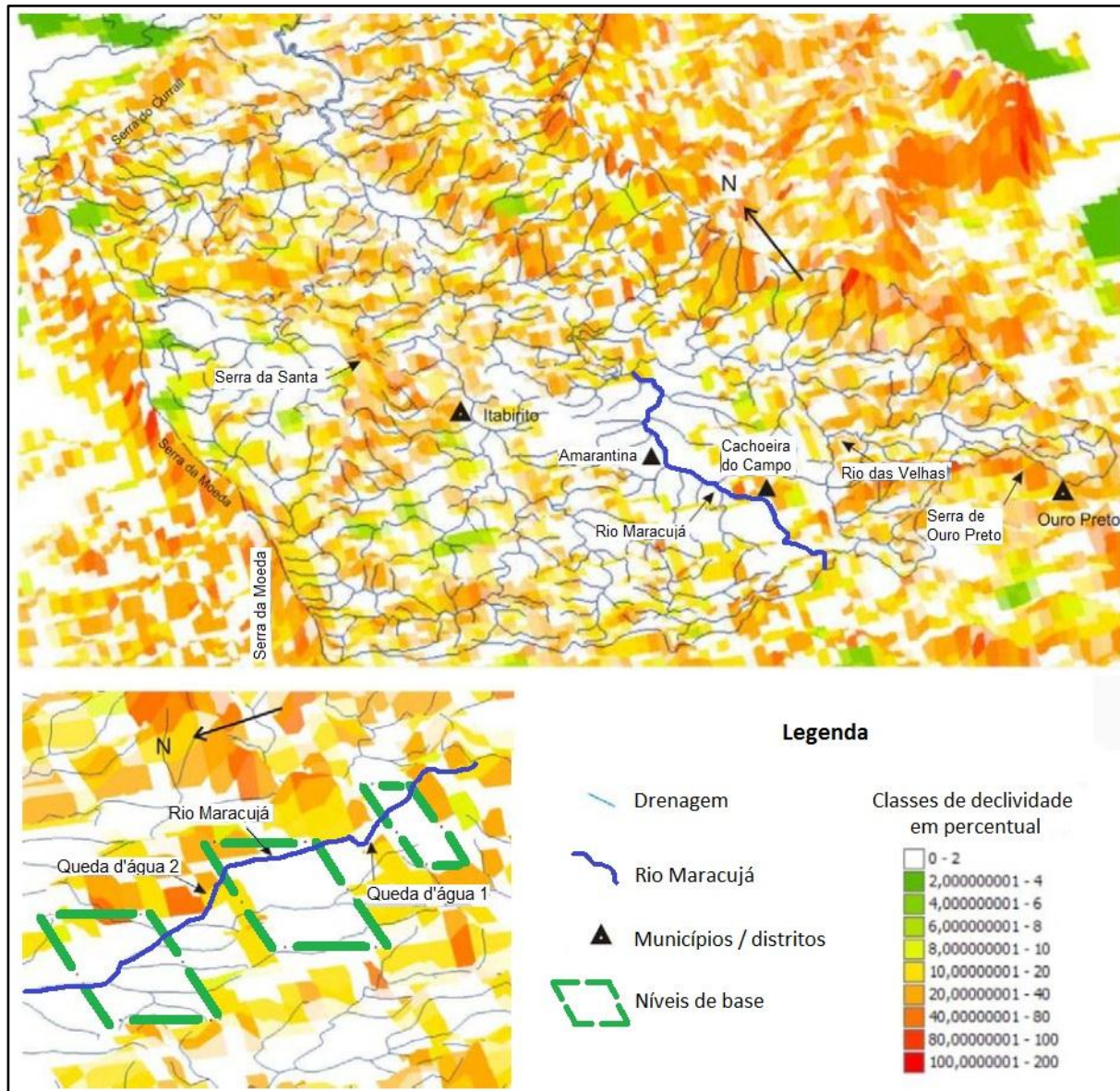


Figura 4.6 - Níveis de base do rio Maracujá e seus *knickpoints* (quedas d'água 1 e 2). Modificado de Lana (2010).

5.1 GEORREFERENCIAMENTO DOS NÍVEIS DE BASE DO RIO MARACUJÁ

De forma a oferecer outra representação das quedas d'água 1 e 2 e obter o georreferenciamento destas – e consequentemente dos níveis de base –, gerou-se um mapa de declividade em graus (°) à partir de uma imagem de radar ASTER de identificação ASTGDEM V2_0S21W044. A imagem possui resolução espacial de 30 metros, foi capturada pelo radar em 17 de novembro de 2011 e encontra-se disponível para *download* no sítio eletrônico da USGS (*United States Geological Survey*). A elaboração do mapa se deu através do tratamento desta imagem via *software* ArcMap 9.3 e pode ser visto na Figura 5.1. Nota-se que as quedas d'água estão inseridas em porções de maior declividade do terreno.

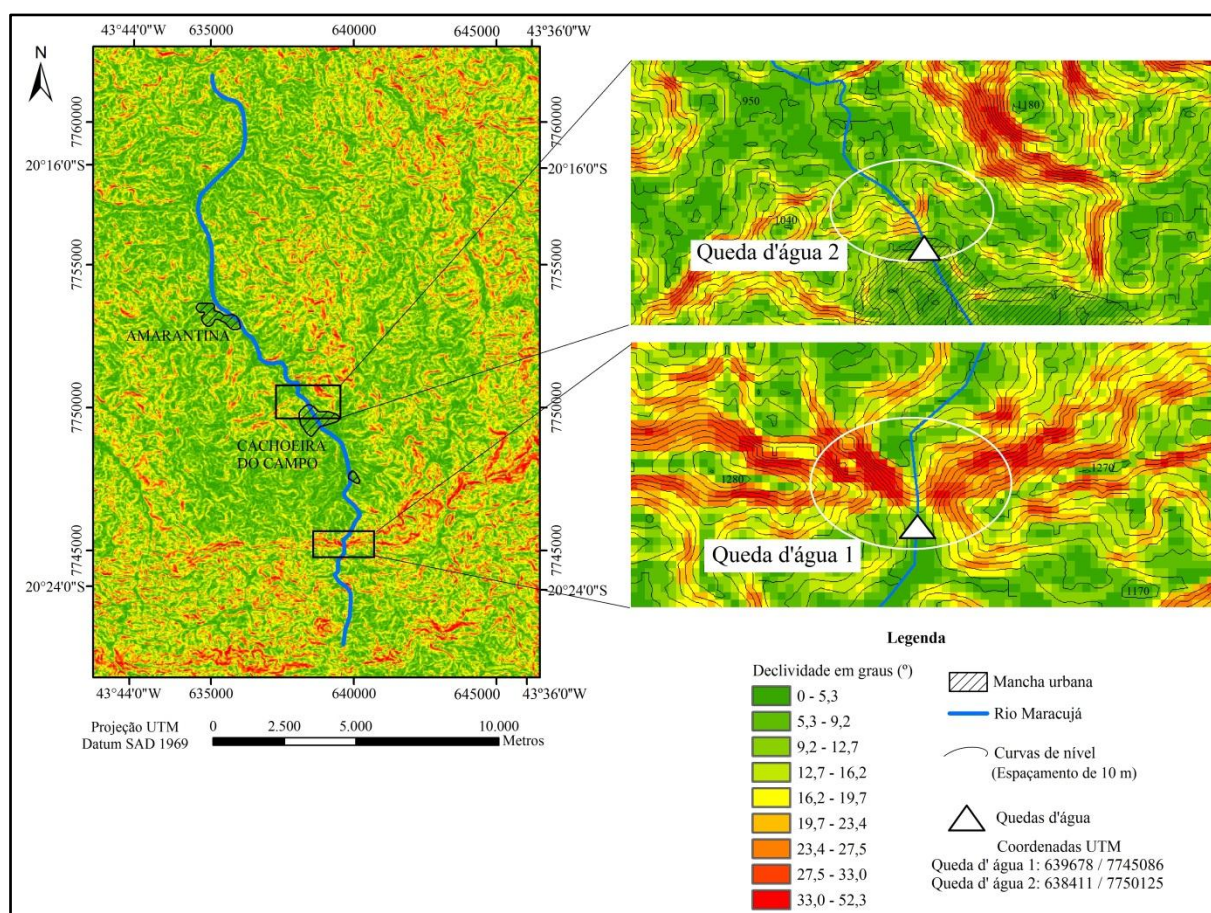


Figura 5.1 - Mapa de declividade em graus da área de estudo, com detalhamento nas porções de maior declividade nas quais estão instaladas as quedas d'água 1 e 2.

Elaborou-se também um perfil altimétrico do leito atual do rio Maracujá com uso do *software* Google Earth Pro 2016 (Figura 5.2). Nele é possível identificar as duas quedas d'água e delimitar os três níveis de base do rio, já que as quedas correspondem à *knickpoints*.

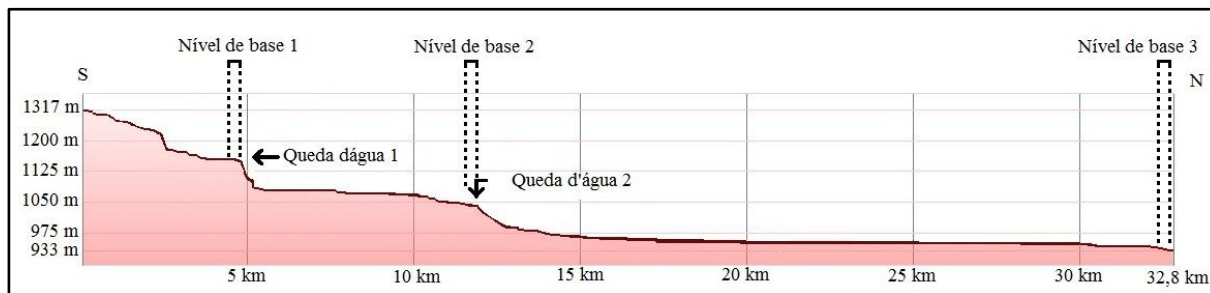


Figura 5.2 - Perfil altimétrico do leito atual do rio Maracujá com indicação dos níveis de base e respectivos *knickpoints*.

Foram demarcados três níveis de base semelhantes ao trabalho feito por Lana (2010) devido à escala utilizada por este autor e também no presente trabalho. Caso fosse adotada uma escala maior, haveria a possibilidade de identificação de mais níveis de base ou subdivisão dos já demarcados, visto que no perfil altimétrico apresentado ainda é possível ver quebras de relevo – que poderiam vir a ser consideradas novos *knickpoints* – além das duas quedas d'água.

5.1.1 Alocação dos pontos amostrados por níveis de base

Com os níveis de base e *knickpoints* georreferenciados foi possível verificar quais pontos pertenciam a cada nível de base, segundo o ilustrado na Figura 5.3:

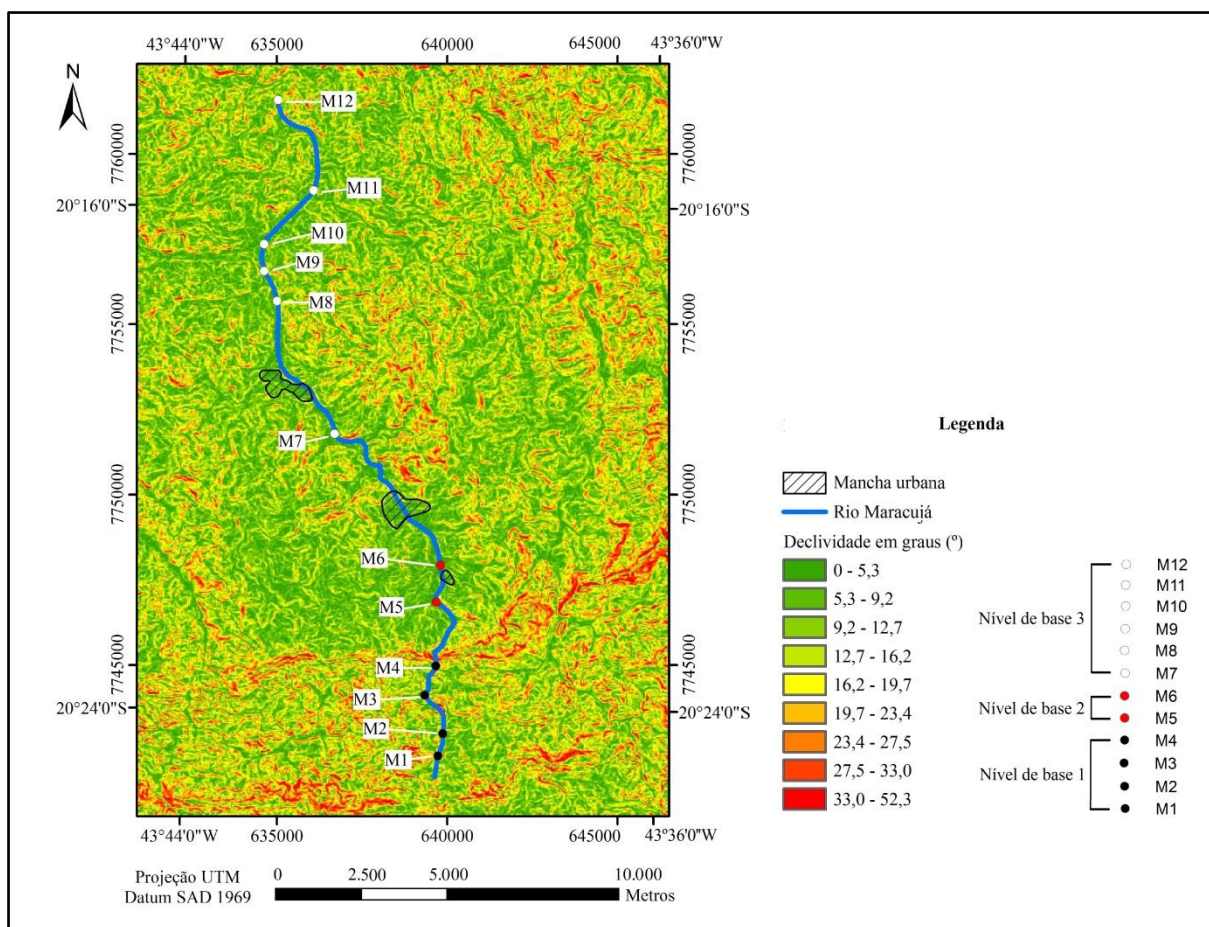


Figura 5.3 - Distribuição de pontos de amostragem por níveis de base.

5.2 DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

5.2.1 Distribuição granulométrica dos sedimentos coletados em barras emersas do rio Maracujá.

A Tabela 5.1 mostra valores em porcentagem das frações granulométricas de cada ponto amostrado. Na Figura 5.4 os dados apresentados pela tabela são plotados num gráfico porcentagem *versus* pontos amostrados para melhor representação visual. Os pontos em que se amostrou sedimentos em barras emersas do rio Maracujá são os pontos M1 a M10, com exceção do ponto M8. Adicionou-se as letras “Be” aos pontos para indicar que se trata de amostras destas barras.

Tabela 5.1 - Distribuição granulométrica dada em valores de porcentagem (%) para cada ponto amostrado em barras emersas do rio Maracujá.

Granulometria	M1 Be	M2 Be	M3 Be	M4 Be	M5 Be	M6 Be	M7 Be	M9 Be	M10 Be
10 mesh - Cascalho	44,08	33,92	44,47	39,27	30,41	13,02	0,00	0,00	0,00
12 mesh - Areia muito grossa	8,80	14,92	13,17	14,93	5,15	8,71	0,00	0,00	19,44
16 mesh - Areia grossa	7,43	8,44	8,63	11,13	18,79	20,07	0,00	0,00	11,07
20 mesh - Areia média grosseira	3,35	2,84	3,71	4,07	9,34	6,10	0,00	0,00	2,18
60 mesh - Areia média	20,29	24,45	24,50	24,48	22,45	32,69	30,48	53,85	20,51
270 mesh - Areia fina	13,97	13,96	4,99	5,21	11,44	16,60	58,45	37,85	28,39
Fundo - Silte e argila	2,08	1,47	0,52	0,90	2,43	2,81	11,07	8,30	18,42

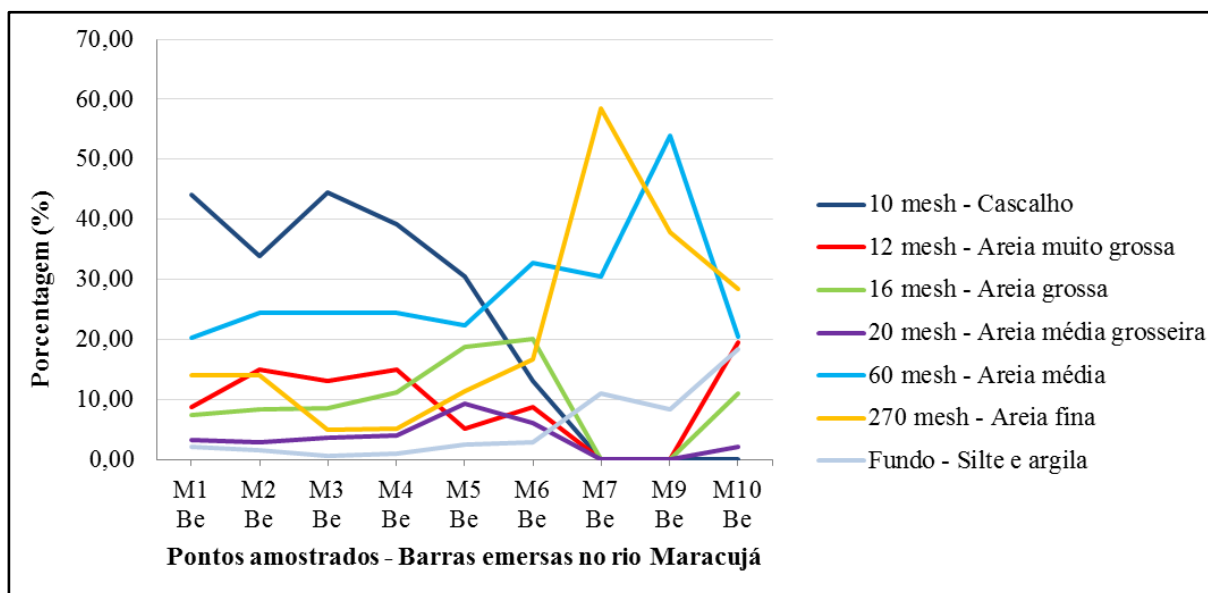


Figura 5.4 - Gráfico porcentagem de granulometrias *versus* pontos amostrados em barras emersas do rio Maracujá.

A separação dos sedimentos coletados em classes granulométricas permitiu determinar que a fração a ser analisada em lupa binocular seria a de areia média, retida na peneira de 60 mesh. A escolha por esta fração se deu pelos seguintes motivos:

- Esta fração se mostrou indicada para boa visualização dos grãos em lupa binocular e, portanto, para determinação mais precisa da mineralogia e arredondamento destes.

- É a fração com maior porcentagem de distribuição depois da fração cascalho nos pontos M1 a M5. Nos pontos M6 e M9 é a principal representante em porcentagem, enquanto que nos pontos M7 e M10 ficam em segundo plano se comparadas à fração areia fina retida na peneira de 270 mesh.
- Nos pontos em que predominan as frações cascalho ou areia fina não se optou por analisar as mesmas. Na fração cascalho há grande quantidade de clastos de rochas, enquanto que para a fração areia fina já se adquire grande imprecisão na determinação da mineralogia e arredondamento dos grãos.

5.2.2 Distribuição granulométrica dos sedimentos coletados em barrancos do rio Maracujá.

A Tabela 5.2 mostra porcentagens de cada fração granulométrica nos pontos em que foi possível coletar amostras em barrancos do rio Maracujá, enquanto que a Figura 5.5 ilustra por meio de um gráfico os dados obtidos. O único ponto em que foi possível amostrar dois barrancos foi o M5, estando os mesmos identificados por M5 B (1) e M5 B (2). Adicionou-se a letra “B” ao pontos para indicar que se trata de amostras de barrancos.

Tabela 5.2 - Distribuição granulométrica dada em valores de porcentagem (%) para cada ponto amostrado em barrancos do rio Maracujá.

Granulometria	M4 B	M5 B (1)	M5 B (2)	M6 B	M8 B	M9 B	M12 B
10 mesh - Cascalho	0,00	47,53	24,75	0,00	33,73	0,00	0,00
12 mesh - Areia muito grossa	15,27	3,10	1,26	0,00	1,41	0,00	0,00
16 mesh - Areia grossa	4,65	10,04	4,09	0,00	6,96	0,00	0,00
20 mesh - Areia média grosseira	1,68	3,35	2,12	0,00	2,74	1,04	0,00
60 mesh - Areia média	22,04	25,46	41,15	15,45	35,97	67,80	56,07
270 mesh - Areia fina	47,99	9,63	24,90	76,83	16,17	25,90	40,87
Fundo - Silte e argila	8,38	0,89	1,73	7,72	3,02	5,26	3,06

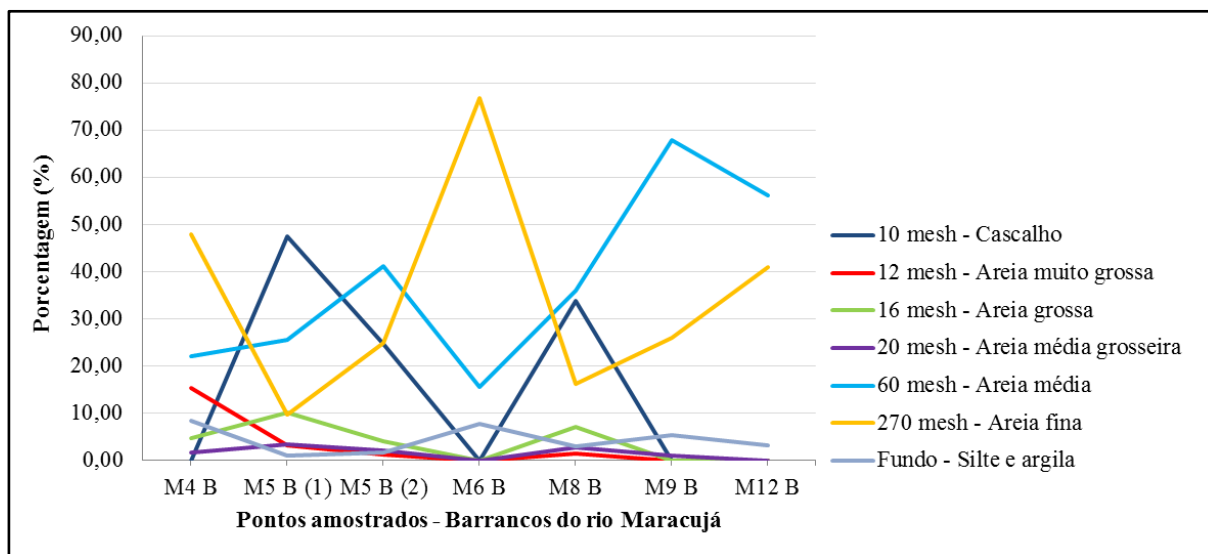


Figura 5.5 - Gráfico porcentagem de granulometrias *versus* pontos em barrancos do rio Maracujá.

5.3 IDENTIFICAÇÃO E DISPERSÃO MINERALÓGICA

Separada a fração areia média, procedeu-se à identificação mineralógica em lupa binocular de aumento máximo de 50 vezes de 100 grãos tomados aleatoriamente para cada ponto, incluindo as amostras de barras emersas e barranco. A seguir faz-se uma descrição das características que permitiram a identificação dos minerais em grãos.

5.3.1 Grãos identificados

Quartzo

Corresponde ao mineral de maior abundância em rochas da crosta terrestre, estando presente na composição de suas principais rochas (Pereira *et al.* 2005). Pode apresentar-se incolor – como grande parte dos grãos encontrados no rio Maracujá – e em cores esbranquiçadas a leitosas, amareladas (variedade citrino), violetas (variedade ametista), esverdeadas, acizentadas (quartzo fumê), podendo ser translúcidos a transparentes. Apresenta fratura conchoidal e ausência de clivagem.

Mostrou-se o mineral de maior predominância considerando-se toda a extensão do rio Maracujá, ficando em segundo lugar atrás da hematita apenas nos pontos M1 e M4. Em geral os grãos de quartzo encontrados no rio se mostraram bastante fraturados e com arestas angulosas, com implicações a serem abordadas no tópico de distribuição dos grãos por graus de arredondamento.

A Figura 5.6 mostra grãos de quartzo encontrados no ponto M1 Be, alguns na variedade hialina e outros com textura sacaroidal:

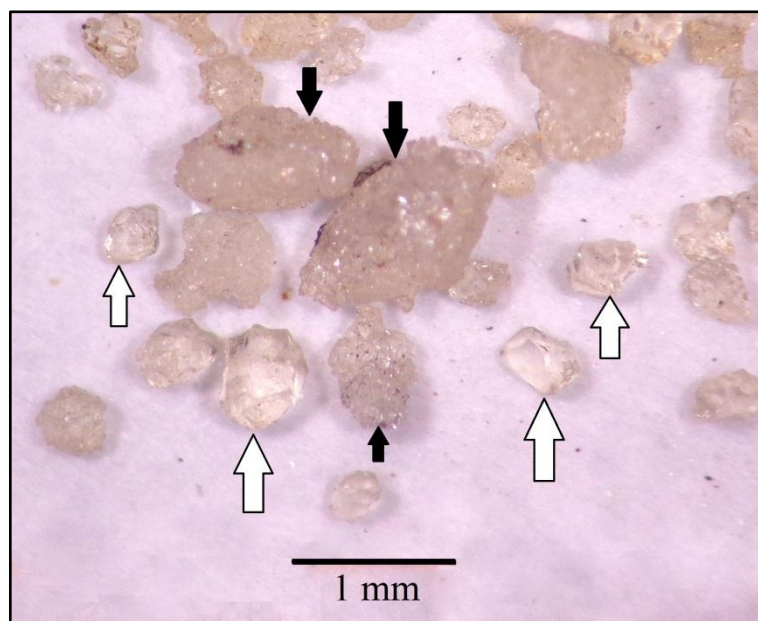


Figura 5.6 - Grãos de quartzo de barra emersa do rio Maracujá, encontrados no ponto M1. Setas brancas indicam grãos na variedade hialina, e setas pretas grãos de textura sacaroidal.

Hematita

Addad (2001) fornece algumas características úteis à identificação da hematita que foram utilizadas neste estudo como o aspecto opaco e tonalidade cinza escura metálica, eventualmente com um brilho alto, além da propriedade da iridescência. Encontraram-se grãos de hábito maciço, especular e tabular, em agregados e em grãos isolados, conforme mostrados na Figura 5.7.

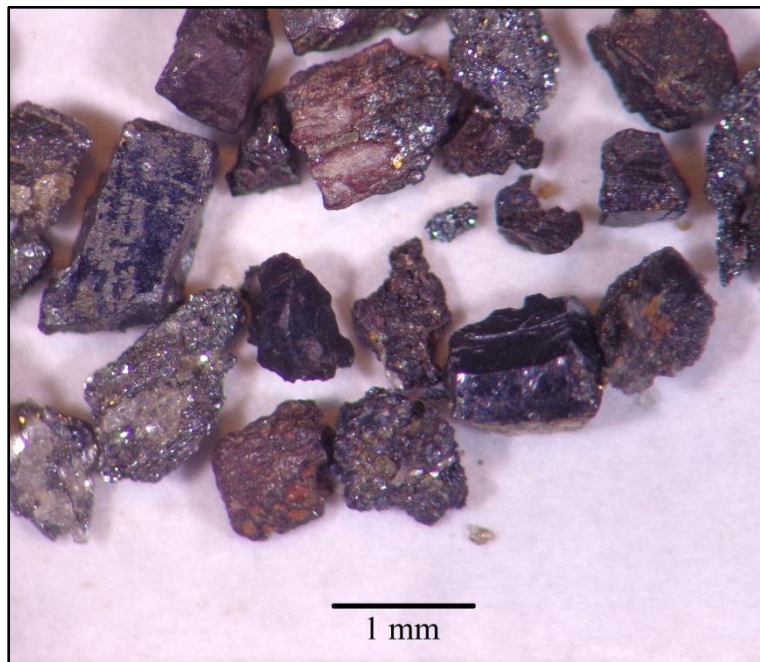


Figura 5.7 - Grãos de hematita encontrados no ponto M1, barra emersa do rio Maracujá.

Magnetita

A característica principal e de maior utilidade na identificação deste mineral foi a forma octaédrica de seus cristais (Figura 5.8), sendo que a grande maioria se mostrou com arestas bem definidas. Alguns cristais continham estrias sobre suas faces, característica também identificáveis segundo Addad (2001) e Pereira *et al.* (2005). As cores variaram entre cinza, preta e castanha escura, todos opacos.



Figura 5.8 - Grãos de magnetita encontrados no ponto M1, barra emersa do rio Maracujá.

Goethita

Mineral que raramente ocorre como cristais prismáticos (Addad 2001), sendo mais comuns os agregados maciços e cristais de hábito botrioidal, conforme os cristais encontrados no rio Maracujá (Figura 5.9). Os cristais mostram cores castanho escuras, cinzas a cinzas escuras e pretas.

Figura 5.9 - Grãos de goethita encontrados em barra emersa do rio Maracujá, ponto M6.

Micas

Como minerais do grupo dos filossilicatos estes mostram clivagem basal perfeita e hábito micáceo. Agrupou-se nestes resultados tanto cristais isolados quanto agregados de cristais mais finos que a granulometria areia média. Outras características marcantes nos cristais foram as cores brancas, rosadas, amareladas, esverdeadas e o brilho vítreo a nacarado. A Figura 5.10 mostra alguns destes cristais.



Figura 5.10 - Micas encontradas no ponto M6, em barra emersa do rio Maracujá.

Grãos limonitizados

Grãos que ocorrem com enorme frequência em aluviões de todo o Brasil em virtude dos intensos processos de laterização que ocorrem em nosso território (Pereira *et al.* 2005). Grãos limonitizados ou limonitas são termos descritivos usados para grãos e/ou agregados de hidróxidos de ferro, pseudomorfos de pirita, magnetita, hematita, lepidocrocita, entre outros que sejam indetermináveis a olho nu ou com uso de lupas. O processo de laterização confere a estes grãos aspecto terroso, castanho, marrom, tons avermelhados ou amarelo ocre (Addad 2001). A Figura 5.11 mostra grãos limonitizados encontrados no rio Maracujá.



Figura 5.11 - Grãos limonitizados do rio Maracujá em barra emersa no ponto M1.

Topázio imperial

Foi encontrado apenas um grão de granulometria areia média no ponto M1 Be, já com sinais de fraturamento (Figura 5.12). No entanto, durante o processo de lavagem e peneiramento das amostras encontrou-se grãos na granulometria cascalho nos pontos M2 Be e M5 Be (Figuras 5.13a e 5.14b, respectivamente) e no ponto M4 B (Figura 5.13c). Assim, optou-se por fazer o breve relato a seguir devido à importância histórica e econômica que este mineral possui na área de estudo.



Figura 5.12 - Topázio imperial encontrado no ponto M1, barra emersa do rio Maracujá.

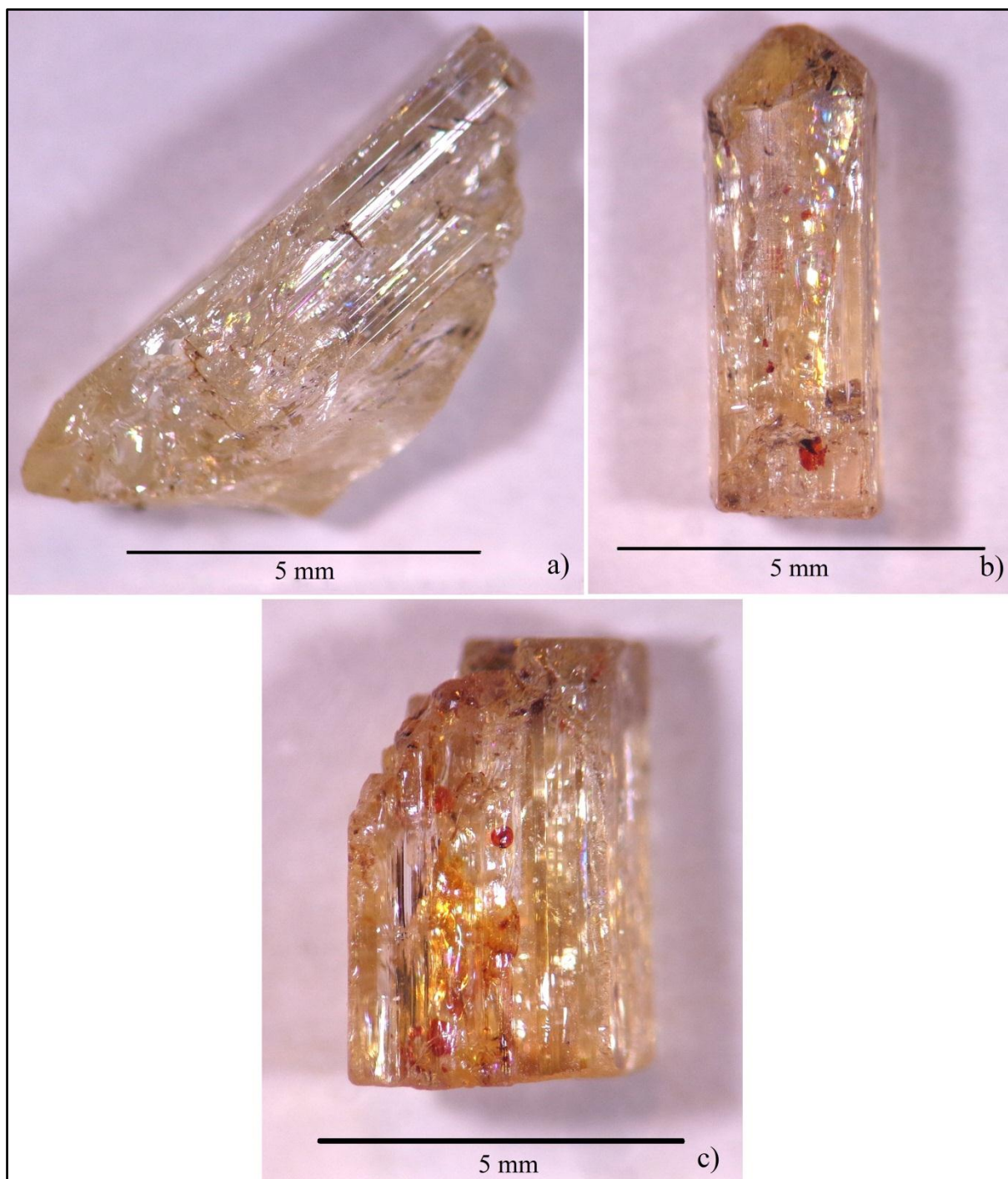


Figura 5.13 - Grãos de topázio imperial na granulometria cascalho encontrados nos pontos (a) M2 At, (b) M5 At e (c) M4 B.

O nome topázio é dado genericamente aos de todas as cores, desde o incolor passando por tons azulados, esverdeados, amarelados e até mesmo com zonamento entre os tons. Os cristais possuem hábito prismático e clivagem perfeita basal no plano (001), o que geralmente controla a redução de

tamanho dos grãos e formação de populações basais, lascas e fragmentos irregulares (Addad, 2001). Outras características marcantes são a presença de estrias paralelas ao eixo *c* dos cristais, inclusões em sua estrutura cristalina, o brilho vítreo e opacidade variando de transparente a translúcida, o que favorecem sua beleza principalmente quando associadas à variedade de cores que os mesmos podem ter.

A variedade topázio imperial é associada aos de cores fortes e diagnósticas variando entre o amarelo, alaranjado, tonalidades pêssego e champagne, rosa a avermelhado, arroxeados e muito raramente esverdeado (Addad 2001). Uma visita do Imperador do Brasil, Dom Pedro II, e da Imperatriz Dona Tereza Cristina, em 1881 a então Vila Rica (atual cidade de Ouro Preto) teria sido o momento em que a variedade de topázio típica da região foi batizada. Durante a visita o mineralogista francês e fundador da Escola de Minas de Ouro Preto, Claude Henri Gorceix, presenteou o Imperador com uma gema de topázio alaranjado. Por esta ocasião este passara a ser nomeado “topázio imperial” (Cornejo e Bartorelli 2010).

Para se ter uma idéia da relevância deste mineral em Ouro Preto, a descoberta do primeiro cristal da região se deu por volta de 1772 no antigo Morro de Saramenha, mesmo local onde hoje há o bairro Saramenha na cidade (Gandini 1994). Desde então o topázio imperial é lavrado de forma garimpeira em veios mineralizados alterados (conhecidos na região como “borra de café”) ou não, e em aluviões como no rio Maracujá. Em 1971 a empresa TIMCIL (Topázio Imperial Mineração, Comércio e Indústria LTDA) começou a operar na vila de Rodrigo Silva, distrito de Ouro Preto. A principal mina de topázio imperial pertencente à TIMCIL é a Mina do Capão do Lana que, de acordo com o sítio eletrônico da empresa, é hoje a maior mina de topázio imperial do mundo lavrada mecanicamente e a céu aberto (TIMCIL 2017).

Tal mina se encontra próxima à nascente do rio Maracujá, não por acaso na porção onde há os depósitos de topázio imperial concentrados em formações dos grupos Itabira e Piracicaba, nomeadamente nas formações Gandarela, Cercadinho e Fecho do Funil (Gandini 1994, Dardenne e Shobbenhaus 2001).

Turmalina

Encontraram-se dois grãos de turmalina nos pontos M5 B (1), um no ponto M6 Be, e um no ponto M8 B. Apenas o encontrado no ponto M6 Be não foi levado ao MEV-EDS.

Os dois grãos do ponto M5 B (1) são subédricos, translúcidos e de coloração esverdeada e verde-escura. Em um deles é possível ver estrias paralelas ao eixo “*c*” cristalográfico. Os valores

porcentuais fornecidos pelo MEV-EDS apontam para possíveis grãos da variedade dravita. A Figura 5.14 mostra estes grãos, e a Tabela 5.3 os resultados obtidos no MEV-EDS para os mesmos.

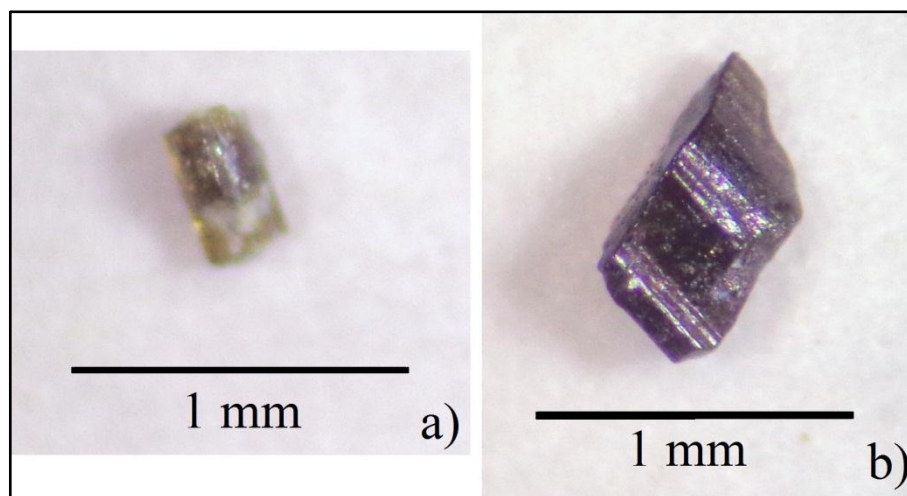


Figura 5.14 - Turmalinas do ponto M5 B (1). Em a) grão esverdeado e em b) grão verde-escuro com estrias paralelas ao eixo “c” cristalográfico.

Tabela 5.3 - Porcentagens de óxidos obtidas via MEV-EDS para grãos de turmalina do ponto M5 B (1).

Turmalina	CaO	Na₂O	MgO	Al₂O₃	SiO₂	FeO	Total (%)
M5 B (1) a)	1,25	1,75	10,22	38,52	45,18	3,08	100,00
M5 B (1) b)	0	3,22	7,72	35,92	44,36	8,78	100,00

O grão encontrado no ponto M8 B está bastante fraturado, mas foi possível na análise visual ver fraturas subconchoideais, brilho vítreo e resquícios de estrias. O grão possui cor preta, o que leva a possibilidade de se tratar de uma turmalina na variedade schorlita (Figura 5.15). A Tabela 5.4 exibe o resultado obtido no MEV-EDS para este grão.



Figura 5.15 - Turmalina do ponto M8, barranco do rio Maracujá.

Tabela 5.4 - Porcentagens de óxidos obtidas via MEV-EDS para grão de turmalina do ponto M8 B.

Turmalina	MgO	Al₂O₃	SiO₂	FeO	Total (%)
M8 B	5,85	38,54	44,00	11,61	100,00

O grão encontrado no ponto M6 At (Figura 5.16) apresenta feições bem mais preservadas como hábito aparentemente prismático, estrias bem definidas e paralelas ao eixo “c” cristalográfico, brilho vítreo e cor preta, característica esta que também o credencia a se tratar de uma turmalina na variedade schorlita



Figura 5.16 - Turmalina do ponto M6 Be.

Pirita

Identificou-se apenas um grão no ponto M3 Be que ainda preservava seu formato cúbico apesar de estar com cobertura limonítica na superfície, fato típico de piratas encontradas em aluviões (Figura 5.17).

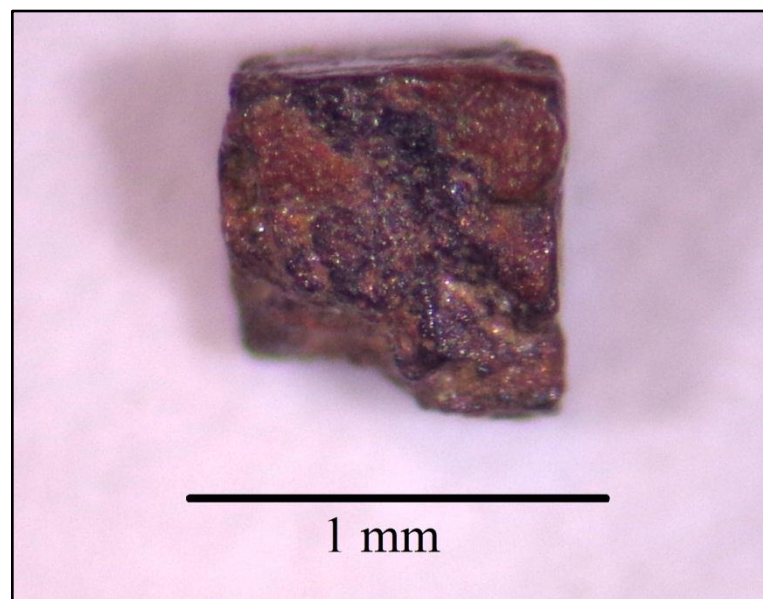


Figura 5.17 - Pirita encontrada no ponto M3, barra emersa do rio Maracujá.

Estaurolita

Encontrou-se um único grão no ponto M5 B (1). Conforme características expressas por Addad (2001) encontrou-se grão subédrico, de bordas serrilhadas, de brilho vítreo a resinoso, aspecto terroso e cor castanha, aparentemente maclado (Figura 5.18).



Figura 5.18 - Estaurolita encontrada em barranco no rio Maracujá, ponto M5 B (1).

Tremolita-Actinolita

O único grão encontrado de piroxênio da série tremolita-actinolita (Figura 5.19) se deu em sedimentos do ponto M8 B. Em lupa binocular foi possível detectar que se trata de grão de cor verde-acastanhada, brilho vítreo, translúcido, subédrico com bordas irregulares e faces ainda preservadas.



Figura 5.19 – Grão mineral da série tremolita-actinolita, ponto M8 B.

De modo a obter mais evidências para caracterizar este grão como tal fez-se análise no MEV-EDS do mesmo. Os óxidos que foram detectados para este grãos estão na Tabela 5.5:

Tabela 5.5 - Porcentagens de óxidos obtidas por análise em MEV-EDS para o grão de tremolita-actinolita do ponto M8 B.

Tremolita-Actinolita	CaO	MgO	SiO₂	FeO	Total (%)
M8 B	10,97	17,23	58,11	13,69	100,00

5.3.2 Dispersão mineralógica

A seguir apresentam-se tabelas e infográficos com a contagem de grãos e identificação mineralógica destes. A Tabela 5.6 mostra os dados obtidos para amostras coletadas nas barras emersas do rio Maracujá, e a Figura 5.20 dispõe estes dados em um infográfico. Na figura é mostrado o rio Maracujá, os pontos de coleta de amostras e a área estudada por meio de um Modelo Digital de Elevação tridimensional. Além disso, a dispersão mineralógica é mostrada através de gráficos em “pizza” ao longo do curso do rio.

Tabela 5.6 - Dados da contagem de grãos por pontos em barras emersas no rio Maracujá.

Minerais	M1 Be	M2 Be	M3 Be	M4 Be	M5 Be	M6 Be	M7 Be	M9 Be	M10 Be
Quartzo	42	55	42	38	48	77	78	85	85
Hematita	46	31	33	42	23	5	4	2	-
Magnetita	4	5	9	4	10	-	-	-	-
Goethita	1	1	2	3	9	3	-	-	-
Micas	2	3	8	7	6	11	12	8	11
Grãos limonitizados	4	5	5	6	4	3	6	5	4
Topázio imperial	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Turmalina	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Pirita	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

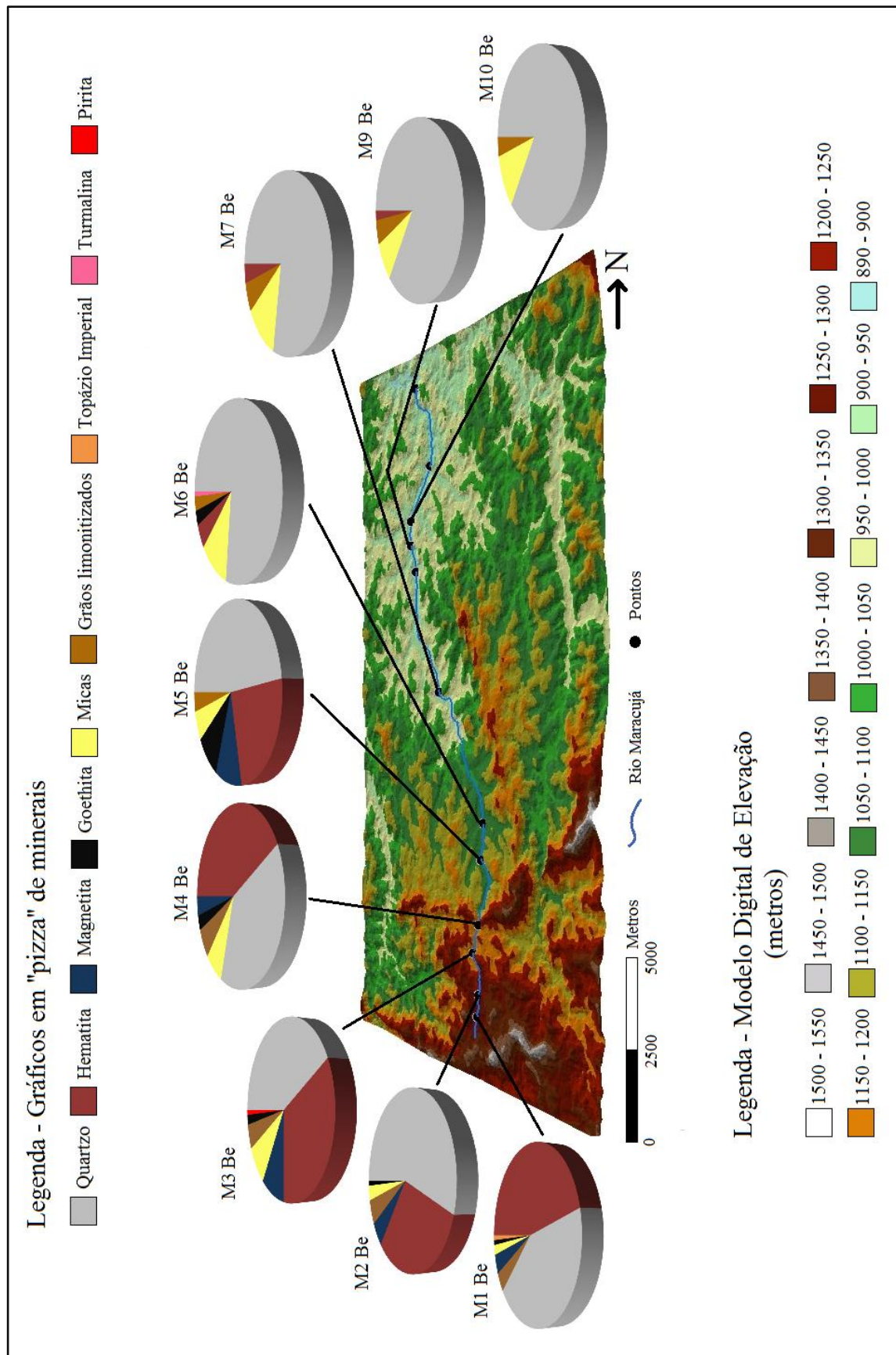


Figura 5.20 - Dispersão mineralógica das amostras de barras emersas do rio Maracujá.

A Tabela 5.7 mostra os dados obtidos para amostras coletadas em barrancos do rio Maracujá, e a Figura 5.21 os dispõe também em infográfico. No ponto M5 foi possível fazer a coleta em dois barrancos, diferenciados com índices (1) e (2).

Tabela 5.7 - Dados da contagem de grãos por pontos em barrancos do rio Maracujá.

Minerais	M4 B	M5 B (1)	M5 B (2)	M6 B	M8 B	M9 B	M12 B
Quartzo	54	87	66	71	88	93	74
Hematita	21	1	12	3	-	-	-
Magnetita	-	-	2	2	-	-	-
Goethita	-	-	2	-	-	-	1
Micas	21	9	13	19	10	3	19
Grãos limonitizados	4	-	5	5	-	4	6
Estaurolita	-	1	-	-	-	-	-
Turmalina	-	2	-	-	1	-	-
Tremolita-Actinolita	-	-	-	-	1	-	-
Total	100	100	100	100	100	100	100

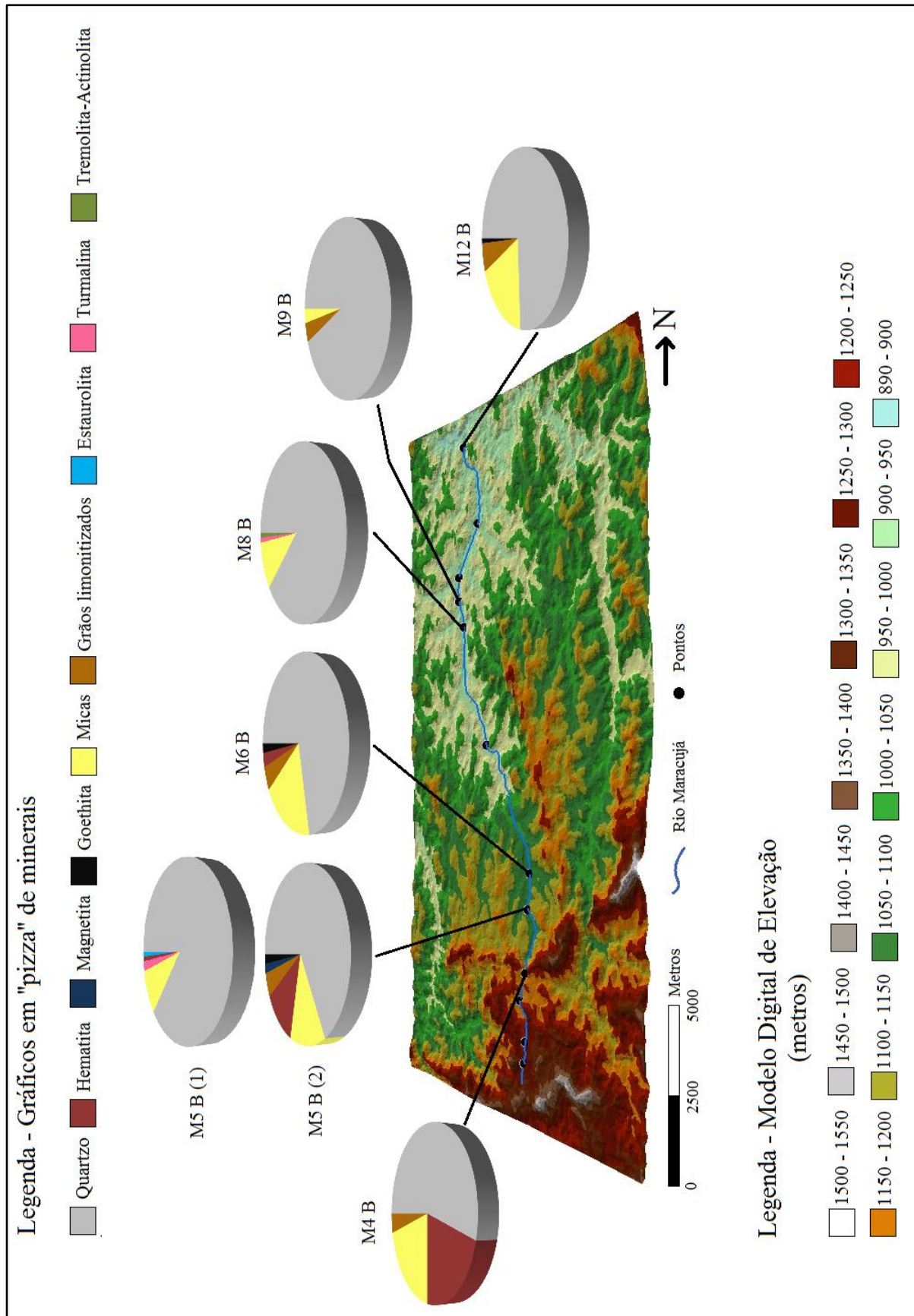


Figura 5.21 - Dispersão mineralógica em barrancos do rio Maracujá.

5.4 DISTRIBUIÇÃO POR GRAUS DE ARREDONDAMENTO

Cada grão foi descrito não só pela sua mineralogia, mas também pelo grau de arredondamento segundo proposta feita por Pettijohn *et al.* (1987). Para grãos de micas não se analisou o arredondamento por se tratar de uma classe de minerais de hábito micáceo, que se deslocam muito facilmente segundo sua direção preferencial de clivagem basal. Dessa forma, os grãos se mostraram em formatos placóides, morfologia que não possibilita a análise do grau de arredondamento.

A Tabela 5.8 mostra a variação do grau de arredondamento em valores de porcentagem ao longo do curso do rio Maracujá, enquanto que a Figura 5.22 os ilustra por meio de um gráfico. Ambas dizem respeito a amostras coletadas em barras emersas do rio Maracujá.

Tabela 5.8 - Porcentagens de graus de arredondamento para grãos coletados em barras emersas do rio Maracujá.

Graus de arredondamento	M1 Be	M2 Be	M3 Be	M4 Be	M5 Be	M6 Be	M7 Be	M9 Be	M10 Be
Muito anguloso	38,8	47,4	45,3	38,7	37,2	22,5	31,8	38,0	31,5
Anguloso	37,8	27,8	24,2	28,0	23,4	30,3	34,1	31,5	30,3
Sub-anguloso	18,4	20,6	14,7	18,3	20,2	22,5	19,3	18,5	22,5
Sub-arredondado	4,1	4,1	13,7	9,7	13,8	21,3	12,5	10,9	15,7
Arredondado	0,0	0,0	2,1	3,2	4,3	3,4	2,3	1,1	0,0
Muito arredondado	1,0	0,0	0,0	2,2	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100

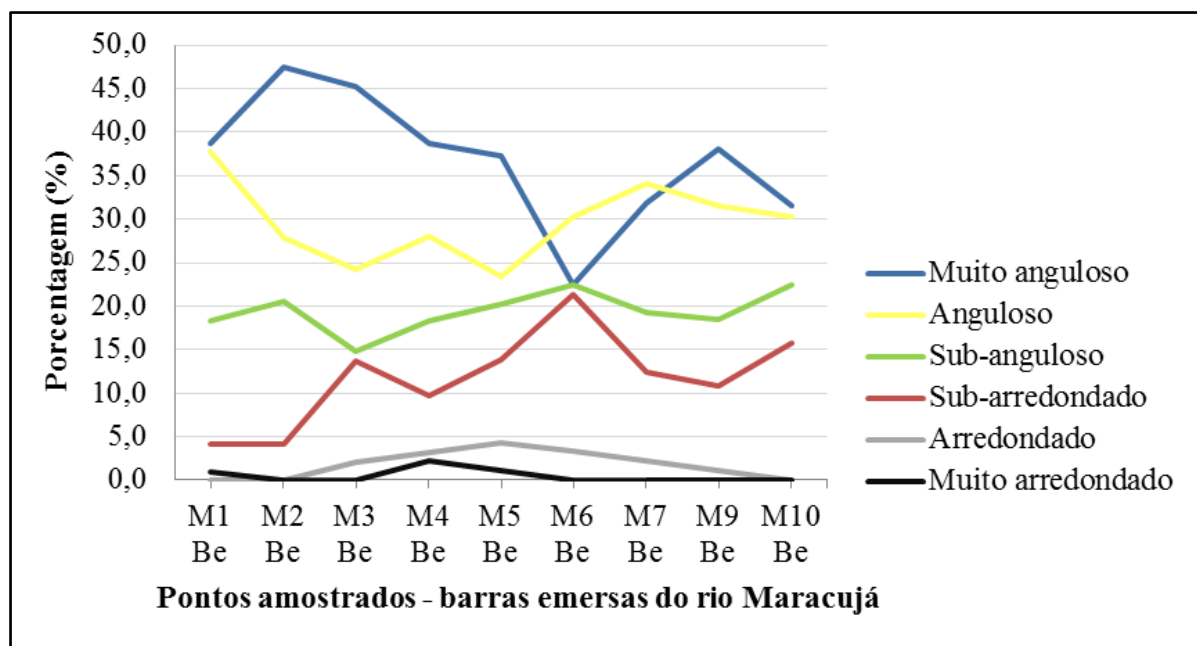


Figura 5.22 - Gráfico com porcentagens dos graus de arredondamento dos grãos *versus* amostragens em barras emersas do rio Maracujá.

Já a Tabela 5.9 e a Figura 5.23 mostram a variação do grau de arredondamento em valores de porcentagem para grãos coletados em barrancos do rio Maracujá.

Tabela 5.9 - Porcentagens de graus de arredondamento para grãos coletados em barrancos do rio Maracujá.

Graus de arredondamento	M4 B	M5 B (1)	M5 B (2)	M6 B	M8 B	M9 B	M12 B
Muito anguloso	15,2	20,9	18,4	12,3	13,3	23,7	28,4
Anguloso	30,4	37,4	31,0	39,5	31,1	40,2	32,1
Sub-anguloso	38,0	20,9	27,6	29,6	36,7	26,8	24,7
Sub-arredondado	16,5	16,5	17,2	17,3	17,8	9,3	9,9
Arredondado	0,0	4,4	5,7	1,2	1,1	0,0	4,9
Muito arredondado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100

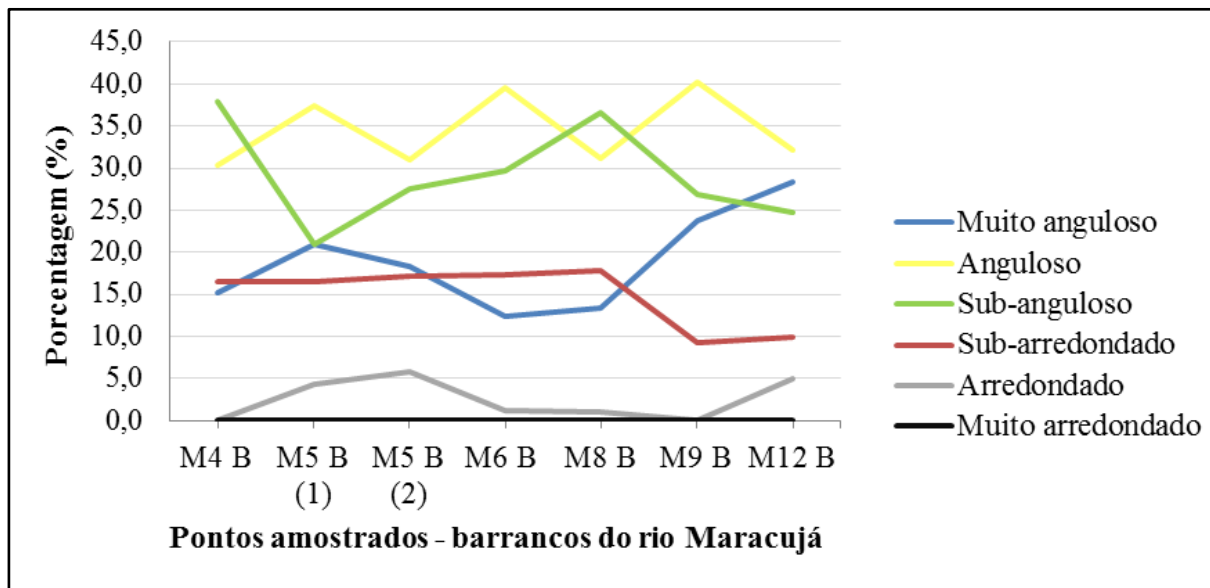


Figura 5.23 - Gráfico com porcentagens dos graus de arredondamento dos grãos *versus* pontos amostrados em barrancos do rio Maracujá.

6.1 VARIAÇÃO GRANULOMÉTRICA

6.1.1 Barras emersas do rio Maracujá

Para os pontos situados no nível de base 1 – M1 Be a M4 Be – nota-se através da análise das porcentagens de classes granulométricas e principalmente da análise visual do gráfico gerado (Figura 5.4) certa constância nos valores, à exceção da granulometria cascalho e areia fina (a primeira decresce de M1 Be para M2 Be, e torna a aumentar para M3 Be enquanto que a segunda decresce de M2 Be para M3 Be). Ainda assim olhando-se isoladamente para estes quatro pontos é possível assumir certa regularidade nos valores de maneira genérica para todas as granulometrias, visto que não há aumentos e diminuições bruscas nas curvas obtidas. Isto leva à suposição de que no nível de base 1 não há condições suficientes para que haja diferenciação granulométrica significativa ao longo do leito do rio Maracujá. Possivelmente por tal nível de base estar quase em sua totalidade sobre rochas de uma mesma formação (Formação Cercadinho) e não apresentar grandes declives topográficos.

Os pontos M5 Be e M6 Be situam-se no nível de base 2. Como o ponto M4 Be está situado muito próximo ao limite entre os níveis de base 1 e 2 – demarcado pela queda d'água 1 –, é interessante analisar como a granulometria dos sedimentos evolui de M4 Be para M6 Be para melhor entendimento não apenas do que ocorre no interior do nível de base 2 mas também na transição entre este e seu precedente.

No espaço entre tais pontos percebe-se decréscimo acentuado da granulometria cascalho e decréscimo também importante da granulometria areia muito grossa. A granulometria areia grossa cresce em porcentagem, não acompanhando o comportamento diminutivo das outras duas mais grosseiras citadas anteriormente. Tal crescimento possivelmente seja em razão da diminuição das duas primeiras, e não pelo novo aporte de sedimentos na granulometria areia grossa, já que a granulometria areia média grosseira também cresce. A tendência de diminuição das granulometrias mais grosseiras e aumento das mais finas é comprovada com o aumento nas porcentagens de areia média, fina, silte e argila. Este comportamento pode estar relacionado à maior distância linear do rio desde sua nascente, ao fato do rio adentrar no Complexo Bação (unidade litológica composta por rochas menos resistentes ao intemperismo e erosão, e, portanto com maior quantidade relativa de minerais que se alteram física e quimicamente de maneira mais fácil, sendo liberada maior quantidade de minerais de granulometria mais fina), ao comportamento esperado de um rio que diminui sua competência da nascente até a foz e

ao poder de retenção de granulometrias mais grosseiras que o primeiro nível de base tem frente ao segundo.

Os três últimos pontos estudados em barras emersas (M7 Be, M9 Be e M10 Be) se encontram no nível de base 3. A grande representatividade de granulometrias finas nestes pontos também pode ser explicada pela maior distância das áreas fontes de sedimentos e pelo fato de se encontrarem sobre o Complexo Bação. Porém antes mesmo de proceder ao tratamento dos dados, ainda na fase de coleta das amostras em campo, verificou-se que tais pontos são os mais afetados por fatores antropogênicos.

O ponto M7 se localiza entre os distritos de Cachoeira do Campo e Amarantina, que possuem níveis de urbanização suficientes para impactar nas características sedimentológicas do rio Maracujá neste trecho, haja vista intervenções humanas – rodovias, ruas, estradas de chão, casas e estabelecimentos comerciais, canais de escoamento de resíduos – que margeam o rio no local. Esta influência também pode ser responsável pelo aporte e porque não dizer assoreamento do leito com sedimentos na granulometria areia média a fina. Exceto para os grãos de granulometria cascalho, estes voltam a surgir no ponto M10 Be. Neste ponto nota-se o acompanhamento da tendência de crescimento das granulometrias silte e argila e areia fina ao longo do curso do rio, mas as porcentagens de areia grossa e muito grossa contrariam tal tendência. Novamente há que se levantar a possibilidade de influência antropogênica nestes resultados, já que o local de coleta se encontra sob um viaduto de estrada vicinal à BR-356. As fundações do viaduto podem estar funcionando como barreiras capazes de reduzir o nível energético do curso do rio neste ponto e conseqüentemente reter sedimentos um pouco mais grosseiros.

6.1.2 Barrancos do rio Maracujá

As curvas obtidas no gráfico da Figura 5.5 revelam padrão de variação mais heterogêneo do que o observado para as barras emersas.

Ainda assim é possível verificar a diminuição de granulometrias mais grosseiras como areia muito grossa e areia grossa do ponto M4 B para o M12 B. As granulometrias média grosseira, silte e argila apresentaram pequenas variações, resultando em uma distribuição aproximadamente constante no gráfico. A granulometria areia média mostrou variações, mas em uma análise global pode-se considerar que revelou aumento do ponto inicial ao final. Já as granulometrias cascalho e areia fina foram as que revelaram maiores variações, não sendo possível estabelecer um padrão comportamental de suas distribuições ao longo do gráfico.

6.2 VARIAÇÃO MINERALÓGICA E ANÁLISE DE PROVENIÊNCIA

6.2.1 Prováveis origens dos grãos

Os dois métodos utilizados na identificação dos grãos minerais se mostraram úteis e complementares na maioria dos grãos estudados, mas ainda sim não podem ser considerados suficientes para uma identificação de completa certeza. A análise visual através da lupa permite diagnosticar grãos que sejam bem característicos, ou com feições bem evidentes como quartzo, hematita, magnetita, goethita, pirita, topázio imeperial, micas e grãos limonitizados. O MEV-EDS constitui-se de ferramenta complementar na identificação dos grãos que suscitam dúvida apenas com a análise em lupa binocular, visto que fornece composições em porcentagem dos principais óxidos constituintes daqueles grãos. No entanto há que se salientar que também não são de elevada exatidão – daí chamarmos o estudo em MEV-EDS de qualitativo a semi-quantitativo –. O equipamento utilizado mostrou não possuir nível de detecção tão elevado a ponto de detectar óxidos que estejam em porcentagens muito menores que 0,5 %, por exemplo. Além disso não é capaz de detectar íons H_2O^+ e H_2O^- e elementos leves como Li, Be e B (podem ser peças-chave na identificação de alguns minerais), sendo que o *software* que o acompanha faz a redistribuição das porcentagens que poderiam ser destes elementos para os outros óxidos identificados, causando uma leve superestimação destes.

O mineral em grão mais representativo ao longo de todo o rio Maracujá, seja nas barras ou em barrancos, foi o quartzo. É notável o crescimento de suas quantidades de montante para jusante, enquanto que alguns outros minerais diminuem e são extintos. Por ser um mineral presente em todas as rochas interceptadas pelo rio e ser bastante resistente ao transporte fluvial, não se pode afirmar para cada ponto estudado a proveniência litológica dos grãos de quartzo neles encontrados. Porém há que se mencionar que os grãos na variedade hialina a leitosos são mais comuns de terem proveniência em veios hidrotermais, enquanto que os de textura sacaroidal podem ser provenientes com maior probabilidade de rochas metamórficas como quartzitos ferruginosos da Formação Cercadinho, quartzitos da Formação Moeda ou itabiritos da Formação Cauê.

Os grãos de hematita foram encontrados em maior quantidade entre os pontos M1 e M5, ou seja, no nível de base 1 e começo do nível de base 2. As prováveis rochas-fonte deste mineral afloram no nível de base 1, sendo constituídas por rochas das formações Cercadinho (filitos e quartzitos ferruginosos) e Cauê (itabiritos). A distribuição dos grãos de goethita é semelhante. Porém a maior probabilidade de origem para estes são lateritas desenvolvidas sobre itabiritos da Formação Cauê, já que se tratam de minerais hidróxidos de ferro com forte origem supergênea. Um grão de goethita foi encontrado no ponto M12 B, no entanto não se espera que tal grão tenha origem ligada a alguma rocha no entorno deste ponto (que já se encontra inserido no Complexo Bação), nem que tenha sido

transportado desde o nível de base 1 e ali depositado. Uma hipótese seria a presença de entulho de atividades humanas neste barranco do ponto M12.

A distribuição dos grãos de magnetita acompanha a da hematita. Dorr II (1969) relata que as lentes de quartzito ferruginoso da Formação Cercadinho e os itabiritos da Formação Cauê possuem como óxido de ferro majoritário a hematita, e magnetita como minoritário. No entanto este mineral pode ocorrer também como acessório nos filitos da Formação Cauê e da Formação Batatal, em dolomitos da Formação Gandarela, xistos e filitos do Grupo Nova Lima e até mesmo nas rochas metamórficas do Complexo Bação. Considera-se esta última possibilidade de proveniência como sendo baixa, pois não foram encontrados grãos de magnetita além do ponto M5 Be, quando já se está integralmente no domínio do Complexo Bação e nos níveis de base 2 e 3. Assim as unidades litoestratigráficas com maior probabilidade de fornecer grãos de magnetita como sedimentos para o rio Maracujá parecem ser as formações Cercadinho e Cauê.

Os resultados para estes óxidos e hidróxidos de ferro e análises de proveniência são condizentes com os mencionados por Chaves *et al.* (2002), já que os mesmos atribuem tais proveniências às rochas das porções do rio Maracujá que estão acima estratigraficamente dos itabiritos da Formação Cauê.

Outro grupo de minerais com ampla proveniência na área de estudos é o grupo das micas. O fato de ter sido encontrado em todos os pontos dos três níveis de base reforça tal afirmação. Nota-se que nas barras emersas tais minerais crescem em quantidade de montante a jusante, enquanto que nos barrancos não se observa um padrão bem definido. Isto pode ser explicado pela sucessão litológica atravessada pelo rio Maracujá, pois desde sua nascente na Formação Cercadinho, passando pelas formações Gandarela (com menor parcela de contribuição já que é composto majoritariamente por dolomitos com pouca ou nenhuma porcentagem de micas), Batatal, Moeda, Grupo Nova Lima e Complexo Bação atravessa rochas que possuem micas em sua constituição, em proporções diversas.

Os grãos limonitizados não são bons indicadores para análise precisa de proveniência, já que além de também estarem amplamente distribuídos por todo o rio são grãos que podem ser produto da alteração de vários minerais como hidróxidos de ferro, pseudomorfos de pirita, magnetita, hematita, lepidocrocita, entre outros.

Os grãos de topázio imperial encontrados tanto na granulometria areia média quanto na granulometria cascalho nos níveis de base 1 e 2 reforçam os estudos de Gandini (1994), Dardenne & Shobbenhaus (2001) e Chaves *et al.* (2002) ao indicar que a proveniência provável remete às formações Gandarela, Cercadinho e Fecho do Funil (esta não identificada na área de estudo, mas que se encontra acima estratigraficamente da Formação Cercadinho). Chaves *et al.* (2002) dizem ainda que

o “topázio imperial desaparece de todo a curta distância (± 10 km) da área fonte, devendo refletir seu esfacelamento na clivagem basi-pinacóide perfeita”. Esta distância leva à entrada no domínio do Complexo Bação, o que indica que grãos por ventura ali encontrados foram alvo de transporte e deposição até tal domínio. O fato de o último grão ter sido encontrado no ponto M5 Be a uma distância aproximada de 5 km corrobora com esta informação.

Grãos de turmalina foram encontrados nos pontos M5 B (1), M6 Be e M8 B, ou seja, nos níveis de base 2 e 3. Oliveira (1984) *in* Gandini (1994) e Chaves *et al.* (2002) mencionam a ocorrência abundante de turmalinas em conjunto com topázios em veios na Formação Cercadinho, ainda no nível de base 1. Esta origem parece ser provável para os grãos do ponto M5 B (1) e M6 Be devido à proximidade destes ao nível de base 1. Já Dorr II (1969) cita a ocorrência de turmalinitos e veios pegmatíticos ricos em turmalinas negras intrudidos no Complexo Bação, inclusive mencionando a proximidade dessas ocorrências à represa Rio das Pedras (comparada ao nível de base 1, se encontra mais próxima a M8 Be). Assim, parece muito mais provável associar a origem do grão encontrado no ponto M8 B à essa última possibilidade, não descartando a hipótese de que os grãos dos outros pontos citados tenham a mesma origem.

O único grão de pirita foi encontrado no ponto M3 Be. São conhecidas ocorrências de pirita no Quadrilátero Ferrífero em conglomerados da Formação Moeda, em filitos grafitosos da Formação Barreiro (Dorr II 1969) – duas ocorrências não pertinentes à área de estudo –, e no que é o mais coincidente e provável para o grão encontrado em veios hidrotermais intrudidos na Formação Cercadinho (Pires *et al.* 1983 e Oliveira 1984 *in* Gandini 1994).

Para o grão de estauroлита do ponto M5 B (1) é razoável associar sua origem com as bandas metamórficas no contato entre o Grupo Nova Lima e o Complexo Bação, citadas por Dorr II (1969). Mas pode-se também levantar outra hipótese, já que Chaves *et al.* (2002) relatam a presença deste mineral em pontos tanto no nível de base 1 quanto no limite entre este e o nível de base 2, com abundâncias pequenas (1%) até muito grandes (em torno de 75%). Dessa forma a estauroлита poderia ser proveniente também das unidades aflorantes no nível de base 1.

Minerais anfibólicos da série tremolita-actinolita são comuns de aparecerem em zonas de contato metamórfico em xistos, gnaisses, serpentinitos (UNESP 2017, Pereira *et al.* 2005). Dorr II (1969) relata a ocorrência destes minerais em zonas de metamorfismo de contato entre itabiritos dolomíticos da Formação Cauê próximos à intrusões graníticas. Tal origem parece pouco provável à medida que o ponto M8 B se encontra muito distante da zona onde aflora tal formação na bacia do rio Maracujá. Lobato *et al.* (2005) mencionam a existência de diques de basalto e diabásio na área de estudo do presente trabalho, haja visto os corpos de tal natureza intrudidos no Complexo Bação e

mapeados por estes autores. Numa análise da carta geológica elaborada por eles é possível perceber que estes corpos estão presentes em maior quantidade em área coincidente com a ocupada pelo nível de base 3. Tais corpos podem ter gerado zonas de metamorfismo de contato nos litotipos deste Complexo. Assim, essa parece ser a origem mais provável deste grão mineral de tremolita-actinolita no ponto M8 B, ponto que se localiza justamente sobre o nível de base 3.

6.2.2 Comparação entre a mineralogia dos grãos coletados nas barras emersas e nos barrancos

Os pontos em que foi possível coletar amostras tanto nas barras quanto em barrancos foram M4, M5, M6 e M9. Nota-se que nas barras a diversidade mineralógica é maior que nos barrancos, e isso vale para todos os pontos. É notável também que a quantidade de quartzo encontrado nos barrancos é maior que nas barras emersas, e que a quantidade de hematita e magnetita é menor mesmo nos pontos do nível de base 1.

Isto pode ser interpretado como resultado dos processos de alteração pedogenética a que os barrancos estão sujeitos. A partir do momento em que os barrancos se configuram em perfis de solo, os minerais que os compõem ficam expostos à lixiviação química. Aqueles considerados mais estáveis irão permanecer no perfil de solo, e os menos estáveis irão se alterar ou ser completamente dissolvidos.

O quartzo é bastante estável, o que explica sua permanência nos barrancos, assim como a turmalina e a estauroлита. O topázio imperial é resistente ao intemperismo químico, por isso é encontrado na região do rio Maracujá tanto no leito quanto em barrancos, locais que inclusive são garimpados à sua procura. Seu desaparecimento a curta distância da área fonte parece estar mais ligado ao esfacelamento na clivagem basal conforme já mencionado (Chaves *et al.* 2002). As micas, apesar de serem bastante friáveis na clivagem basal, podem ser encontradas em quantidades significativas nos barrancos.

Já a hematita e a magnetita são mais instáveis, sendo mais facilmente oxidadas e totalmente dissolvidas, o que também justifica suas menores representatividades nos barrancos. Outro mineral instável é a pirita, que só foi encontrada em apenas um grão na amostra de barra emersa do ponto M3.

A maior quantidade de grãos de hematita e magnetita nas barras emersas pode ter origem relacionada ao decapeamento recente das rochas supracrustais (como as formações ferríferas bandadas da Formação Cauê) para instalação das lavras de topázio imperial existentes à montante do rio

Maracujá, além das lavras garimpeiras. Este decampeamento terminaria por fornecer maior quantidade de sedimentos ao rio (dentre estes os citados minerais óxidos de ferro) em tempos recentes se comparados à tempos passados quando não havia a instalação destas lavras. Peixoto e Lima (2004) inclusive fazem associação semelhante ao realizar um diagnóstico de impactos ambientais causados pelo garimpo ilegal nas margens do rio Maracujá, abordando a questão do assoreamento do rio por esta alta carga de sedimentos dispensada. Os barrancos – que são registros sedimentares de tempos pretéritos – dessa forma conteriam quantidades menores de minerais óxidos de ferro em sua constituição sedimentar.

6.2.3 Variação mineralógica encontrada em barrancos consecutivos no ponto M5 e contextualização temporal dos mesmos

O único ponto em que se amostraram dois barrancos foi o ponto M5. O barranco M5 B (1) (Figura 6.1) se encontra sobreposto ao barranco M5 B (2) (Figura 6.2). A variedade mineralógica dos grãos de M5 B (2) é maior que a de seu superior. Estes são fatos que levam à interpretação geomorfológica e estratigráfica de que M5 B (1) é mais antigo que M5 B (2).



Figura 6.1 - Fotografia mostrando o barranco M5 B (1).



Figura 6.2 - Fotografia mostrando o barranco M5 B (2) e o leito do rio Maracujá.

Magalhães *et al.* (2012) realizaram a datação por Luminescência Oticamente Estimulada (LOE) de M5 B (1), e no trabalho destes autores tal nível recebe o nome de N3. Já no trabalho de Bacellar *et al.* (2005) os autores utilizaram a datação via radiocarbono e este mesmo nível recebeu o nome de T2.

O barranco M5 B (2) pode ser considerado correlato temporalmente com o M6 B. Magalhães *et al.* (2012) nomearam este último de N1 e, segundo os autores, a datação foi impossibilitada devido à baixa quantidade de quartzo obtida após o tratamento da amostra em laboratório. Bacellar *et al.* (2005) o nomearam como T1.

As correlações entre nomes adotados neste trabalho e por esses autores bem como as idades obtidas podem ser vistas na Tabela 6.1, enquanto que as Figuras 6.3 e 6.4 mostram seções esquemáticas com as representações dos níveis identificados pelos autores:

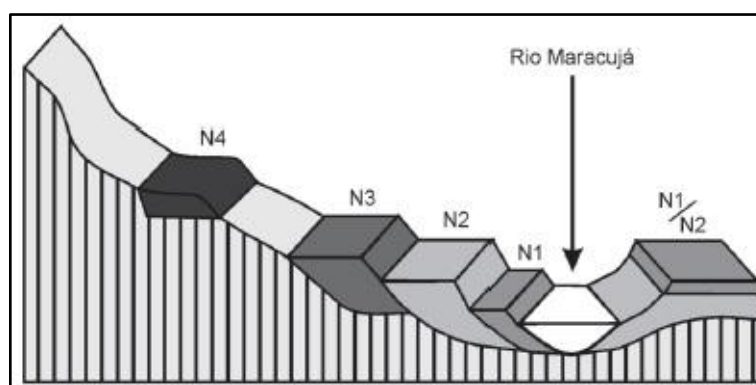


Figura 6.3 - Níveis deposicionais identificados por Magalhães *et al.* (2012) no rio Maracujá. Extraído de Magalhães *et al.* (2012).

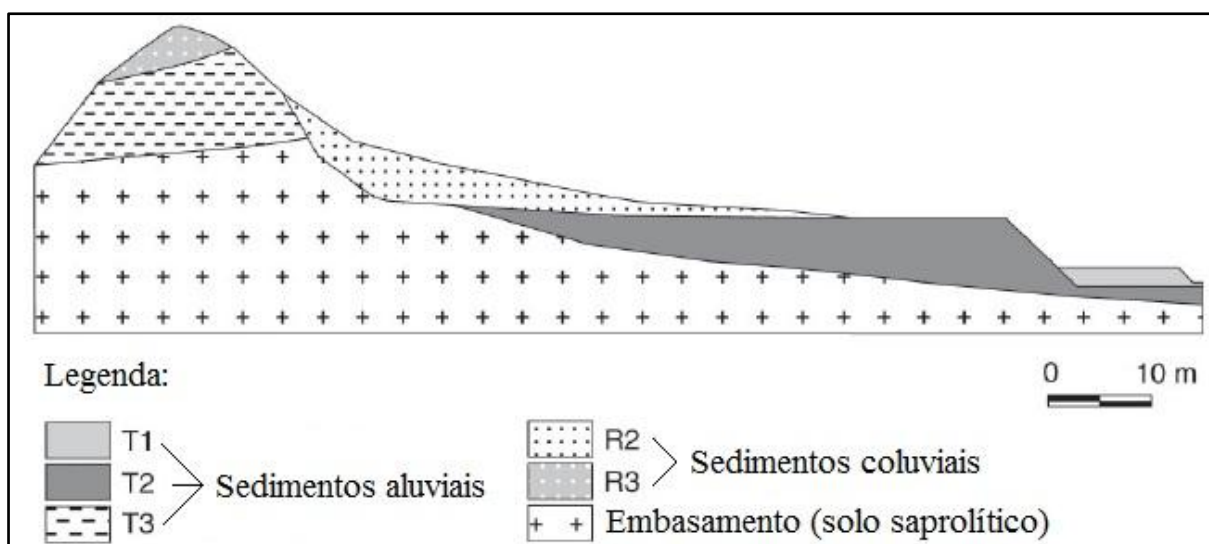


Figura 6.4 - Níveis deposicionais identificados por Bacellar *et al.* (2005) no rio Maracujá. Modificado de Bacellar *et al.* (2005).

Tabela 6.1 - Correlações entre nomenclaturas de barrancos do presente trabalho e dos demais citados, com idades fornecidas em anos antes do presente (A.P.).

Presente estudo	Magalhães <i>et al.</i> (2012)	Bacellar <i>et al.</i> (2005)
M5 B (1)	N3 → 38.400 +/- 3.400 anos A.P.	T2 → 31.340 - 7490 anos A.P.
M5 B (2), M6 B	N1 → Não datado	T1 → < 5.300 anos A.P.

Com exceção da idade de 83.800 +/- 5.900 anos A.P. obtida para M5 B (2) e M6 B – cuja próprios autores afirmam não condizer com as relações geomorfológicas e estratigráficas usadas em campo na definição deste nível, e que fatores experimentais podem ter interferido neste resultado – as demais também são parâmetros para interpretar as idades relativas entre M5 B (1) e M5 B (2) ou M6. Além disso servem para dar indícios de que a sedimentação hoje preservada no barranco M5 B (1) ocorreu a cerca de 30.000 anos antes da ocorrente no leito, e a do barranco M5 B (2) ou M6 B a cerca de 5.300 anos A.P. Porém é importante ressaltar que as associações aqui feitas servem apenas em caráter qualitativo. Isto porque as coletas feitas neste trabalho e aquelas feitas pelos autores acima citados, embora estejam localizadas nos mesmos barrancos, não foram feitas nas mesmas fácies em cada barranco.

6.3 VARIAÇÃO DO GRAU DE ARREDONDAMENTO COM A DISTÂNCIA DA ÁREA FONTE

Para se fazer essa análise tomou-se os resultados obtidos para grãos minerais de quartzo e hematita, que são os de maior população amostral em todo o rio Maracujá. Optou-se por trabalhar com porcentagens ao invés do número absoluto de grãos, pois assim minimiza-se o efeito do crescimento do número de grãos de quartzo e decréscimo de grãos de hematita de montante a jusante.

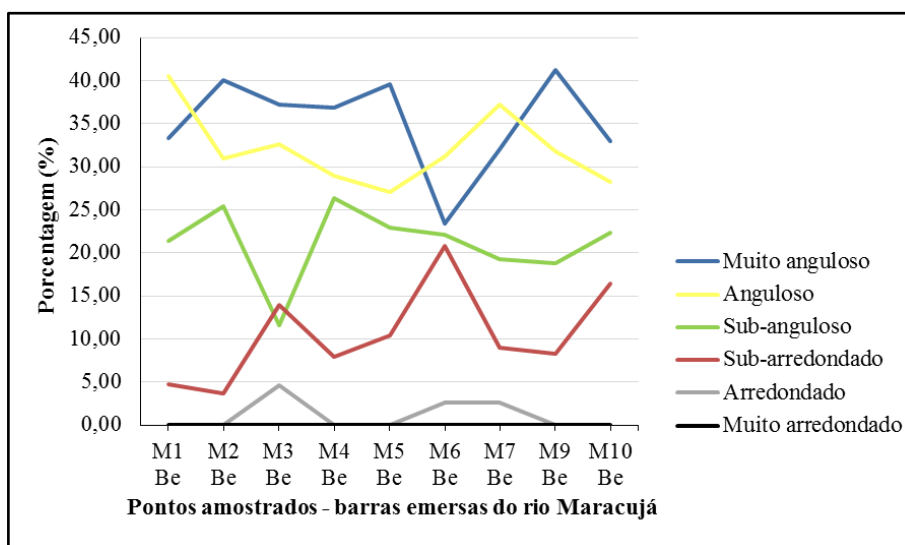
Por exemplo, em M1 At tem-se 42 grãos de quartzo e em M10 At 85 grãos. A chance de ocorrer um mascaramento da análise pela maior probabilidade de encontrar grãos de determinado grau de arredondamento justamente por se ter mais grãos em número absoluto é grande. A porcentagem é mais adequada porque se trabalha de forma relativa entre os graus de arredondamento.

6.3.1 Quartzo

A Tabela 6.2 a seguir mostra valores em porcentagem dos graus de arredondamento dos grãos de quartzo, valores ilustrados mediante o gráfico da Figura 6.5:

Tabela 6.2 - Valores em porcentagem dos graus de arredondamento dos grãos de quartzo de barras emersas do rio Maracujá.

Graus de arredondamento	M1 Be	M2 Be	M3 Be	M4 Be	M5 Be	M6 Be	M7 Be	M9 Be	M10 Be
Muito anguloso	33,33	40,00	37,21	36,84	39,58	23,38	32,05	41,18	32,94
Anguloso	40,48	30,91	32,56	28,95	27,08	31,17	37,18	31,76	28,24
Sub-anguloso	21,43	25,45	11,63	26,32	22,92	22,08	19,23	18,82	22,35
Sub-arredondado	4,76	3,64	13,95	7,89	10,42	20,78	8,97	8,24	16,47
Arredondado	0,00	0,00	4,65	0,00	0,00	2,60	2,56	0,00	0,00
Muito arredondado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

**Figura 6.5** - Gráfico de porcentagem dos graus de arredondamento para grãos de quartzo de barras emersas do rio Maracujá.

Os grãos de quartzo muito angulosos e sub-angulosos mostram flutuação dos valores nas faixas de 23,38 a 41,18% e 11,63 a 25,64% respectivamente, inclusive com valores próximos entre o primeiro e último pontos. Os grãos arredondados também variam numa faixa de zero a 4,65%. Por esse motivo não é possível ver comportamentos crescentes ou decrescentes gerais nas curvas destes graus.

Já para os grãos angulosos torna-se possível notar uma queda em termos gerais de montante a jusante, enquanto que os grãos sub-arredondados mostram crescimento porcentual.

Todas as litologias da área de estudo possuem quartzo em sua constituição, de modo que esta funciona como uma contínua área fonte deste mineral para todo o curso do rio Maracujá. É possível

relacionar tal fato com a constância mencionada de certos graus de arredondamento, já que o rio está continuamente recebendo grãos de quartzo como sedimento.

Ainda assim a tendência de aumento do grau de arredondamento dos grãos ao percorrer o curso fluvial de montante a jusante pode ser ilustrada com o aumento porcentual dos grãos sub-arredondados e diminuição dos angulosos. O ponto M10 Be deveria ter maior porcentagem de grãos sub-arredondados e menor de angulosos que M1 Be por estar mais à jusante, suposição confirmada pelos dados obtidos.

6.3.2 Hematita

A Tabela 6.3 a seguir mostra valores em porcentagem dos graus de arredondamento dos grãos de hematita, valores ilustrados mediante o gráfico da Figura 6.6:

Tabela 6.3 - Valores em porcentagem dos graus de arredondamento dos grãos de hematita de barras emersas do rio Maracujá.

Graus de arredondamento	M1 Be	M2 Be	M3 Be	M4 Be	M5 Be	M6 Be	M7 Be	M9 Be	M10 Be
Muito anguloso	43,48	54,84	55,88	45,24	43,48	20,00	75,00	0,00	0,00
Anguloso	34,78	29,03	17,65	33,33	26,09	40,00	0,00	50,00	0,00
Sub-anguloso	17,39	12,90	17,65	14,29	21,74	40,00	25,00	0,00	0,00
Sub-arredondado	4,35	3,23	8,82	7,14	8,70	0,00	0,00	50,00	0,00
Arredondado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Muito arredondado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00

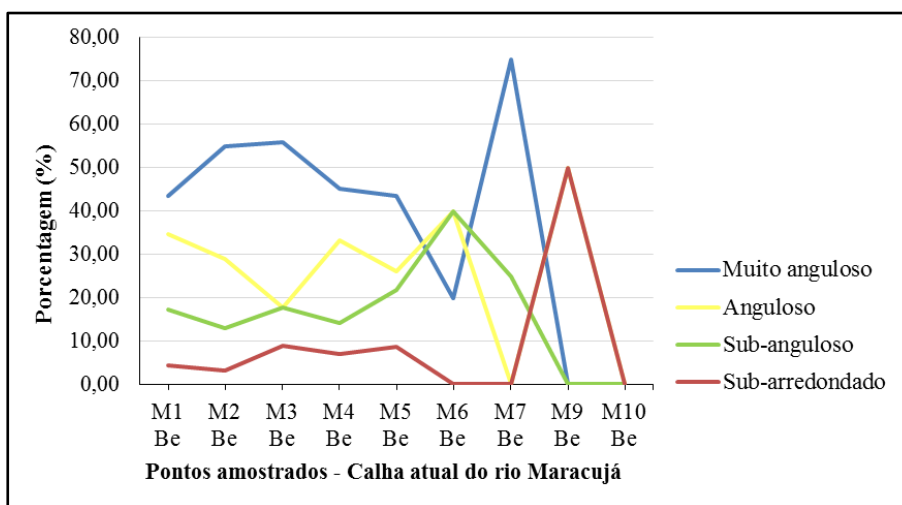


Figura 6.6 – Gráfico de porcentagem dos graus de arredondamento para grãos de hematita de barras emersas do rio Maracujá.

Para a análise destes dados desconsiderou-se os pontos M7 Be, M9 Be e M10 Be. São pontos onde foram encontrados pouquíssimos grãos de hematita (quatro em M7 Be, dois em M9 Be e nenhum em M10 Be), além de estarem na porção mais influenciada por fatores antropogênicos. Dessa forma a população amostral se torna inexpressiva e altamente questionável para a relação que se pretende fazer.

Os grãos sub-arredondados apresentam discreto crescimento, partindo de 4,35% em M1 Be até 8,70% em M5 Be. Já os sub-angulosos revelam crescimento significativo entre M1 Be e M6 Be, iniciando em 17,39 até 40,00%, respectivamente. Os muito-angulosos decaem de 43,48 a 20% no mesmo sentido.

A área fonte mais provável dos grãos de hematita encontrados no rio Maracujá compreende toda a porção de ocorrência da Formação Cercadinho e Formação Cauê. A nascente do rio Maracujá – considerando a representação do curso do rio feita por Lobato *et al.* (2005) – e os três primeiros pontos estão sobre a Formação Cercadinho, e o quarto sobre a Formação Gandarela (aflora numa faixa a sul da Formação Cauê). A nascente do rio pode ser considerada o ponto inicial a partir do qual se mede as distancias da área fonte. Os pontos M5 Be e M6 Be se encontram sobre o Complexo Bação. Dessa forma se mostra mais relevante analisar a relação entre distância da área fonte e grau de arredondamento para estes dois últimos pontos.

A partir da nascente do rio Maracujá, M5 Be está aproximados 5860 metros a jusante, e M6 Be a 7040 metros aproximadamente. A Figura 6.7 mostra a variação das porcentagens mediante tais distâncias relativas ao ponto inicial:

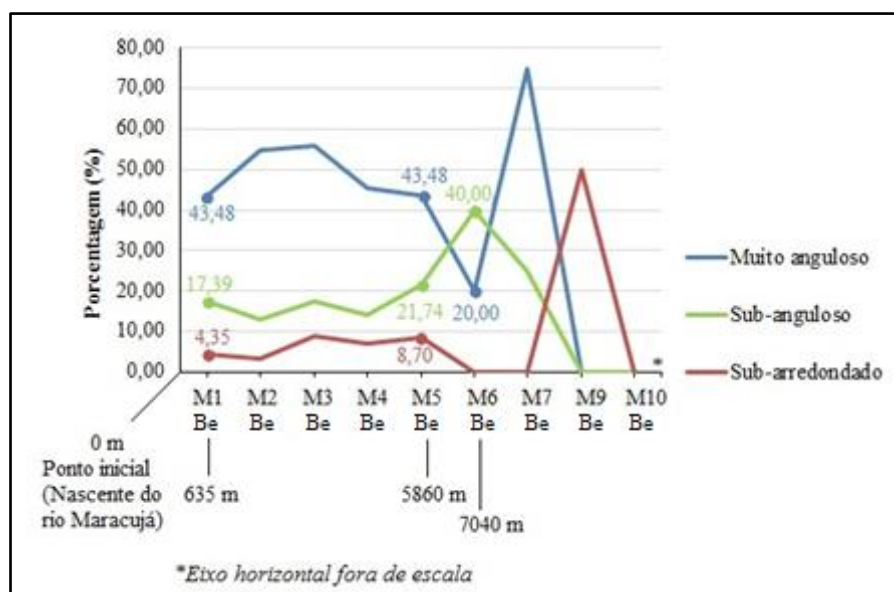


Figura 6.7 – Porcentagens de grãos de hematita com determinados graus de arredondamento variando relativamente à distância do ponto inicial.

É possível notar que as variações mais expressivas no grau de arredondamento em grãos de hematita se dão a partir de 5800 metros da área fonte, aproximadamente. É a partir desta distância que os grãos muito angulosos começam a diminuir em porcentagem de maneira acentuada, enquanto que a porcentagem dos menos angulosos cresce. No entanto os grãos de característica mais arredondada parecem não resistir física e/ou quimicamente muito além desta distância, já que desaparecem por completo a partir da mesma (ressaltando novamente a incerteza interpretativa dos grãos encontrados nos pontos M9 Be e também representados na Figura 6.7).

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES

A revisão bibliográfica com vistas à identificação dos níveis de base do rio Maracujá bem como o georrefenciamento destes e seus respectivos *knickpoints* permitiu individualizar três níveis de base de maior expressão. Caso sejam adotadas escalas maiores que a do presente trabalho novos níveis de base podem ser identificados, ou ainda ocorrer uma subdivisão interna desses três níveis.

O nível de base 1 é responsável por reter a maior variedade mineralógica em sedimentos na bacia do rio Maracujá. A diversidade encontrada nos níveis de base 2 e 3 é menor nesse aspecto, já que são quase que exclusivamente desenvolvidos sobre rochas do Complexo Bação.

Dois grãos minerais apresentam distribuição muito característica na bacia: Quartzo e hematita. O primeiro cresce quase que continuamente em porcentagem de montante a jusante. Já o segundo diminui sua representatividade a partir de aproximadamente metade do nível de base 2, neste mesmo sentido. Grãos minerais de magnetita e goethita acompanham a distribuição da hematita. Dessa forma, pode-se dizer que os níveis de base 1 e a parte superior do 2 atuam retendo eficientemente os minerais óxidos e hidróxido de ferro em sedimentos no rio Maracujá.

Outro mineral que recebeu destaque neste estudo devido à sua importância econômica e histórica em Ouro Preto foi o topázio imperial. Os grãos de topázio imperial encontrados no rio Maracujá reforçam dados da literatura que atribuem a rochas das formações Gandarela, Cercadinho e Fecho do Funil suas rochas fonte. Fazendo a conexão da ocorrência de tais rochas com os níveis de base em que foram encontrados os grãos, chega-se à conclusão de que o nível de base 1 é o principal contenedor das rochas fonte deste mineral, podendo também caracterizar-se como área de encontro das variedades aluvionares do topázio. No nível de base 2 também é possível encontrar grãos de topázio aluvionares, no entanto o grão deixa de aparecer a médias distâncias dos níveis 1 e 2, sendo muito raro encontrá-lo nas proximidades do nível de base 3.

A diminuição de variedade mineral de montante a jusante também pôde ser observada, ainda que menos nitidamente, nos barrancos estudados. Por atualmente se constituírem de perfis de solo, estes são enriquecidos em minerais de maiores resistências física e química relativamente àqueles de menores resistências. Além disso, os barrancos são registros de sedimentação em tempos anteriores à instalação de lavras mecanizadas e garimpeiras de topázio imperial à montante do rio Maracujá, atividades que propiciam maior carga sedimentar dispensada ao rio pelo decapeamento das rochas supracrustais da área de estudo.

A variação granulométrica dos sedimentos ao longo do nível de base 1 se mostrou menos intensa se comparada ao nível 2. Neste último ocorrem quedas expressivas das granulometrias mais grosseiras e crescimentos das mais finas. Ao adentrar no nível de base 3 tal análise se torna prejudicada pela urbanização no local, a qual introduz o fator alteração antropogênica no leito e barrancos do rio Maracujá. As porcentagens granulométricas tornam-se de variação difusa e devem ser interpretadas com ressalva, levando-se em consideração o fator mencionado.

Os grãos de quartzo e hematita também foram úteis na análise da variação do grau de arredondamento com a distância de transporte dos grãos desde sua área fonte. Ainda que grãos de quartzo tenham como área fonte toda a bacia do rio Maracujá, notou-se que os mesmos tendem a ter porcentagens crescentes dos grãos menos angulosos de montante a jusante. Para os grãos de hematita destaca-se que a distâncias aproximadas de 5800 m da área fonte (localizada no nível de base 1) os grãos tendem a se tornar cada vez menos angulosos. No entanto os grãos não são encontrados a distâncias muito maiores que estas, o que também reforça o papel do nível de base 2 como último nível capaz de reter este mineral de forma significativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Addad J.E. 2001. *Minerais pesados: Uma ferramenta para prospecção, proveniência e análise ambiental*. Edição independente, 68 p.
- Alkmim F.F. 2004. O que Faz de um Cráton um Cráton? O Cráton do São Francisco em Minas Gerais e as Revelações Almeidianas ao Delimitá-lo. In: Mantesso-Neto V., Bartorelli A., Carneiro C.D.R., Brito-Neves B.B. (org) *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, Beca, p. 17-35.
- Alkmim F. F. & Marshak S. 1998. Transamazonian orogeny in the Southern Sao Francisco craton region, Minas Gerais, Brazil: Evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, **90(1)**: 29-58
- Alkmim F. F., Marshak S., Evangelista H. J., Brueckner H. 1994 Manifestação do Evento Transamazônico no Quadrilátero Ferrífero. In: Congresso Brasileiro de Geologia. Camboriú, *Anais*, v. 1, p. 337-340.
- Almeida, L. G. 2004. *Estratigrafia e Geologia Estrutural da Porção Central do Sinclinal Dom Bosco, Quadrilátero Ferrífero–Minas Gerais*. MS Dissertation, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 110 p.
- ARCGIS 9. 2008. Version 9.3. ESRI.
- Bacellar L.D.A. 2000. *Condicionantes geológicos, geomorfológicos e geotécnicos dos mecanismos de voçorocamento na bacia do rio Maracujá, Ouro Preto, MG*. DSc Thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 226 p.
- Bacellar L.D.A., Netto, A.L., Lacerda, W.A. 2005. Controlling factors of gullying in the Maracujá Catchment, Southeastern Brazil. *Earth Surface Processes and Landforms*, **30(11)**: 1369-1385.
- Barbosa P.F. 2012. *Investigação dos processos formadores de bandamento composicional em formações ferríferas do Quadrilátero Ferrífero*. DSc Thesis, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 181 p.
- Carneiro M. A., Noce C. M., Teixeira W. 1995. Evolução policíclica do Quadrilátero Ferrífero: Uma análise fundamentada no conhecimento atual da geocronologia U/Pb e geoquímica isotópica Sm/Nd. *Revista Escola de Minas*, **48(4)**: 264-273.
- Castro E.C.C. & Ferreira J.E. 1997. *Aspectos Estratigráficos, sedimentares e estruturais dos sedimentos cenozoicos da borda leste do Quadrilátero Ferrífero entre Santa Rita Durão e Fonseca, Minas Gerais*. Trabalho de Graduação, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 49 p.
- Chaves M.L.D.S.C., Karfunkel J., Medeiros A.B.D., Scholz R. 2002. Prospecção aluvionar aplicada a alguns minerais gemológicos de Minas Gerais: Diamante, crisoberilo e topázio. *Revista Escola de Minas*, **55(2)**: 139-145.
- Cornejo C., & Bartorelli A. (2010). *Minerais e pedras preciosas do Brasil*. São Paulo, Solaris Edições Culturais, 704 p.
- Dardenne M. A. & Schobbenhaus C. 2001. *Metalogênese do Brasil*. Brasília, Editora UnB, 392 p.
- De Blij H.J., Muller P.O., Williams Jr. R.S. 2004. *Physical Geography – The Global Environment*. Oxford, EUA, 702 p.
- Deer W.A., Howie R.A., Zussman J. 1992. *An Introduction to the Rock Forming Minerals*. Harlow, Pearson, 696 p.

Dorr II J.V.N. 1969. *Physiographic, stratigraphic, and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. USGS Professional Paper 641-A, 110p.

Duarte L.D.C., Juchem P.L., Pulz G.M., Brum T.M.M.D., Chodur N.L., Liccardo A., Acauan R.B. 2003. Aplicações de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e sistema de energia dispersiva (EDS) no estudo de gemas exemplos brasileiros. *Pesquisas em Geociências*, **30(2)**: 3-15.

Endo I. 1997. *Regimes tectônicos do Arqueano e Proterozóico no interior da placa Sanfranciscana: Quadrilátero Ferrífero e áreas adjacentes, Minas Gerais*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 328p.

Gandini A.L. 1994. *Mineralogia, inclusões fluidas e aspectos genéticos do topázio imperial da região de Ouro Preto, Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 212 p.

GOOGLE EARTH PRO. 2016. Version 7.1.5.1557. Google Inc.

Guild P. W. 1957. *Geology and mineral resources of the Congonhas district, Minas Gerais, Brazil*. Washington, USGS Professional Paper 290, 89 p.

Holmes A. 1952. *Principles of Physical Geology*. London, Nelson, 512 p.

Huggett R.J. 2003. *Fundamentals of Geomorphology*. Great-Britain, Routledge, 386 p.

Kestenbac H.J., Filho W.J.F. 1994. Microscopia eletrônica transmissão e varredura. In: Dedavid B.A., Gomes C.I., Machado G. 2007. *Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores*. Porto Alegre, EdUPUCRS, 60 p.

Lana C.E. 2010. *Influência de níveis de base nas características morfossedimentares das bacias dos rios das Velhas e Jequitai (MG)*. Tese de Doutorado, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 225 p.

Lana C.E & Castro P.T.A. 2010. Variabilidade morfológica em níveis de base do rio Maracujá (Quadrilátero Ferrífero – MG): Influências litológicas, estruturais e de reativações cenozoicas. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, **11(1)**: 21-30.

Lana C.E & Castro P.T.A. 2012. Níveis de base fluviais: Síntese dos principais condicionantes e dinâmica de instalação. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research médium*, **3(1)**: 102-122.

Lobato L.M., Baltazar O.F., Reis L.B., Achtschin A.B., Baars F.J., Timbó M.A., Berni G.V, Mendonça B.R.V.de, Ferreira D.V. 2005. *Mapa Geológico Ouro Preto, escala 1:50.000*. Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG com Nota Explicativa. Belo Horizonte, CODEMIG.

Machado N., Carneiro M. A., 1992. U-Pb evidence of Late Archean tectonothermal activity in southern São Francisco shield, Brazil. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **29**: 2341-2346.

Maizatto J.R. 2001. *Análise Bioestratigráfica, Paleoecológica e Sedimentológica das Bacias Terciárias do Gandarela e Fonseca – Quadrilátero Ferrífero – Minas Gerais, com Base nos Aspectos Palinológicos e Sedimentares*. Tese de Doutorado, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 249 p.

Maxwell C.H. 1972. *Geology and ore deposits of the Alegria District, Minas Gerais, Brazil*. Washington, USGS Professional Paper 341, 89 p.

Noce C.M. 2000. Geochronology of the Quadrilátero Ferrífero: a review. *Geonomos* **8(1)**: 15-23.

Peixoto R.J., Lima H.M. 2004. Diagnóstico dos garimpos de topázio imperial no Alto Maracujá, sub-bacia do rio das Velhas, MG. *Revista Escola de Minas*, **57(4)**: 249-254.

- Pereira R.M., Ávila C.A., Lima P.R.A.S. 2005. *Minerais em Grãos: técnicas de coleta, preparação e identificação*. São Paulo, Oficina de Textos, 128 p.
- Pettijohn F.J., Potter P.E., Siever R. 1987. *Sand and Sandstone*. New York, Springer-Verlag, 553 p.
- Powell J.W. 1875. *Exploration of the Colorado river of the west and its tributaries*. Washington, U. S. Govt. Printing Office, 291 p.
- Press F., Siever R., Grotzinger J., Jordan T.H. 2006. *Para entender a Terra*. São Paulo, Bookman, 656 p.
- Ruchkys U.A. *Patrimônio Geológico e Geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: Potencial para a Criação de um Geoparque da Unesco*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 211 p.
- Saadi A. 1991. *Ensaio sobre a Morfotectônica de Minas Gerais (Tensões Intra-Placa, Descontinuidades Crustais e Morfogênese)*. Tese Professor Titular, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 285 p.
- Sant'anna L.G. 1994. *Mineralogia das argilas e evolução geológica da Bacia de Fonseca – Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade São Paulo, 151 p.
- Schumm S.A. 2005. *River Variability and Complexity*. Cambridge, Cambridge University Press, 234 p.
- Schumm S.A., Dumont J.F. Holbrook J.M. 2002. *Alluvial Tectonics and Rivers*. Cambridge, Cambridge University Press, 292 p.
- Shanley K.W. & McCabe P.J. 1994. Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata. *AAPG bulletin*, **78(4)**: 544-568.
- Suguio K. 2003. *Geologia Sedimentar*. São Paulo, Edgard Blücher, 400 p.
- Teixeira W. 1985. *A evolução geotectônica da porção meridional do Cráton São Francisco, com base em interpretações geocronológicas*. Ph.D. Thesis, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 194 p.
- Teixeira W., Carneiro M.A., Noce C.M., Machado N., Sato K., Taylor P.N. 1996. Pb, Sr and Nd isotope constrains on the Archean evolution of gnaissi-granitoid complexes in the southern São Francisco craton, Brazil. *Precambrian Research*, **78**: 151-164.
- TIMCIL – Topázio Imperial Mineração, Comércio e Indústria. 2017. Disponível em: <http://www.topazioimperial.com.br/>. Acessado em 30 jul. 2017.
- UNESP – Anfibólios. 2017. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/museudpm/banco/silicatos/inossilicatos/anfibolios/anfibolios.html>. Acessado em: 30 jul. 2017.
- USGS – Earth Explorer. 2017. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acessado em 30 jul. 2017.
- Wentworth, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology*, **30(5)**: 377-392.
- Zucchetti M., Lobato L.M., Baltazar O.F. 2000. Volcanic and volcanoclastic features in Archean rocks and their tectonic environments, Rio das Velhas Greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, MG, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **30**: 388-392.

Apêndice

Tabela de coordenadas geográficas e UTM dos pontos amostrados em campo.

Pontos	Coordenadas geográficas (Datum SAD 69)	Coordenadas UTM (Datum SAD 69)
M1	20°24'38.3"S, 43°39'41.7"W	639649, 7742500
M2	20°24'12.9"S, 43°39'40.5"W	639690, 7743281
M3	20°23'46.3"S, 43°39'56.1"W	639244, 7744102
M4	20°23'17.9"S, 43°39'40.5"W	639704, 7744972
M5	20°22'17.6"S, 43°39'44.9"W	639591, 7746827
M6	20°21'41.9"S, 43°39'40.4"W	639730, 7747924
M7	20°19'37.7"S, 43°41'27.1"W	636667, 7751767
M8	20°17'31.3"S, 43°42'30.0"W	634873, 7755668
M9	20°17'02.2"S, 43°42'38.6"W	634631, 7756564
M10	20°16'37.5"S, 43°42'36.0"W	634712, 7757323
M11	20°15'44.9S, 43°41'49.2"W	636082, 7758930
M12	20°14'14.0"S, 43°42'25.1"W	635063, 7761733