



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO E ESTRUTURAL DA ZONA DE
INFLUÊNCIA DA FALHA DO ENGENHO EM SEU SEGMENTO
ORIENTAL, QF, MG.

Mateus Brandão Gomes

MONOGRAFIA nº 329

Ouro Preto, julho de 2019

**ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO E ESTRUTURAL DA ZONA
DE INFLUÊNCIA DA FALHA DO ENGENHO EM SEU
SEGMENTO ORIENTAL, QF, 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 329

**ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO E ESTRUTURAL DA ZONA
DE INFLUÊNCIA DA FALHA DO ENGENHO EM SEU
SEGMENTO ORIENTAL, QF, MG.**

Mateus Brandão Gomes

Orientador

Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins

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 2019/1.

OURO PRETO

2019

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: Mateus Brandão Gomes

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

G633a Gomes, Mateus Brandão.
Arcabouço estratigráfico e estrutural da zona de influência da Falha do
Engenho em seu segmento oriental, QF, MG [manuscrito] / Mateus Brandão
Gomes. - 2019.

53f.: il.: color; tabs; mapas.

Orientador: Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins.

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

1. Falhas (Geologia). 2. Mapeamento geológico. 3. Quadrilátero Ferrífero
(MG). 4. Geologia estrutural. I. Martins, Maximiliano de Souza. II.
Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 551.243(815.1)

<http://www.sisbin.ufop.br>

Ficha de Aprovação

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

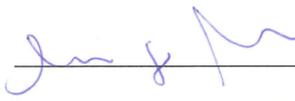
TÍTULO: Arcabouço estratigráfico e estrutural da zona de influência da falha do Engenho em seu segmento oriental, MG.

AUTOR: MATEUS BRANDÃO GOMES

ORIENTADOR: Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins

Aprovado em: 17 de julho de 2019

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins		DEGEO/UFOP
Prof. Dr. André Marconato		DEGEO/UFOP
Prof. Dr. Marco Antônio Fonseca		DEGEO/UFOP

Ouro Preto, 17/07/2019

Agradecimentos

Agradeço à minha mãe Andrea e ao meu pai Antonio Nelson, que são a razão de tudo e que não medem esforços para que eu possa realizar meus sonhos, Aos meus irmãos Caio, Paloma e Iago pelo apoio e pelas risadas. Aos meus avôs, avós, tios e padrinhos que mesmo de longe sempre me mantêm motivado e em busca dos meus sonhos.

Aos amigos de Taubaté, especialmente ao Gustavo. À geologia 14.1 e a todas as amizades construídas na geologia, ao João, Delabrida e Boi por me fazerem gostar ainda mais desse mundo que é a geologia. Meu muito obrigado ao Cartman, que me acompanhou em toda a graduação e foi peça fundamental para que esse TCC se consolidasse.

Ao professor Maximiliano, por todos os ensinamentos, conversas, campos e pela sua amizade, sua dedicação profissional e pessoal é algo gigantesco.

Obrigado à Ouro Preto e todas as amizades que essa cidade me deu. A todas as repúblicas amigas, em especial MMs, Tonteria, Tarja Preta e Extrema, que fizeram meus momentos em Ouro Preto serem ainda mais marcantes. À gloriosa República Matutos, aos ex-alunos e homenageados, que com muito amor construíram esse lar em OP. Ao Rapa, Barriga, Exkece, Birrinha e Neto que compartilharam comigo todo o trabalho duro e dedicação para que esse TCC fosse finalizado.

À Isabella, que com muito amor e carinho, me apoiou durante esses anos. Você tem grande parcela nesta conquista.

Por fim, agradeço ao Departamento de Geologia, à Escola de Minas e à Universidade Federal de Ouro Preto, por terem me proporcionado um ensino público superior de qualidade durante toda a minha graduação.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	vii
SUMÁRIO	x
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABELAS	xiv
RESUMO	xix
ABSTRACT	xvii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO	1
1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS.....	1
1.3 NATUREZA E JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	3
1.4 OBJETIVOS.....	6
1.5 METODOLOGIA	6
1.5.1 Revisão bibliográfica	7
1.5.2 Trabalhos de campo	7
1.6 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	9
1.6.1 Geomorfologia	9
1.6.2 Hidrografia	9
2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	11
2.1 CONTEXTO GEOTECTÔNICO.....	11
2.2 ESTRATIGRAFIA REGIONAL	12
2.2.1 Unidades do embasamento.....	12
2.2.2 Supergrupo Rio das Velhas.....	13
2.2.2.1 Grupo Nova Lima	14
2.2.2.2 Grupo Maquiné	14
2.2.3 Supergrupo Minas	14
2.2.4 Grupo Itacolomi	15
2.2.5 Diques máficos.....	15
2.3 ARCABOUÇO ESTRUTURAL.....	15
3 GEOLOGIA LOCAL	19
3.1 INTRODUÇÃO.....	19
3.2 ESTRATIGRAFIA LOCAL	19
3.2.1 Complexo Santo Antônio do Pirapetinga.....	21
3.2.1.1 Gnaisse	21

3.2.1.2	Metagranitóide.....	22
3.2.2	Grupo Sabará.....	23
3.2.3	Grupo Itacolomi.....	23
3.2.4	Diques metamáficos.....	25
3.3	GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	26
3.3.1	Estereogramas.....	28
3.3.1.1	Bandamento gnáissico e acamamento.....	28
3.3.1.2	Foliação (Sn) e Foliação (Sn+1).....	28
3.3.1.3	Lineação de interseção (Lint).....	29
3.3.1.4	Foliação de crenulação (Sn+2).....	30
3.3.1.5	Fraturas (Frat).....	31
3.3.2	Seções geológicas.....	31
3.3.2.1	Perfil 1 – Serra de Santo Antônio do Salto.....	31
3.3.2.2	Perfil 2 – Funil.....	33
3.3.2.3	Perfil 3 – Estrada Mariana.....	35
3.3.2.4	Perfil 4 – Ribeirão Grande.....	36
4	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	39
4.1	CARACTERÍSTICAS DAS BACIAS DO TIPO <i>FLYSCH</i> E MOLASSA.....	39
4.1.1	Bacias do tipo <i>Flysch</i>	39
4.1.2	Bacias do tipo Molassa.....	41
4.2	EVIDÊNCIAS ESTRATIGRÁFICAS.....	42
4.2.1	Grupo Sabará.....	42
4.2.2	Grupo Itacolomi.....	43
4.3	ESTRUTURAL.....	44
4.4	EVOLUÇÃO TECTÔNICA NA REGIÃO DE SANTO ANTÔNIO DO SALTO.....	45
5	CONCLUSÕES.....	47
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Principais vias de acesso	2
Figura 2 - Localização dos perfis na área	3
Figura 3 - Mapa litológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero, com suas principais estruturas, com destaque para a área de estudo (modificado de Piassa 2018). SG= sinclinal Gandarela, SOF= sinclinal Ouro Fino, AC= anticlinal de Conceição, SDB= sinclinal Dom Bosco	4
Figura 4 - Localização da área de estudo.....	7
Figura 5 - Mapa de elevação digital do terreno da região em que está inserida a falha do Engenho (Piassa 2018)	9
Figura 6 - Mapa geológico do cratón São Francisco, mostrando as faixas móveis que circundam. Modificado de Alkmim & Martins-Neto 2012.....	11
Figura 7 - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero, de acordo com Alkmim & Noce 2006.....	12
Figura 8 - Modelos de seções com evolução tectônica do sul do cratón São Francisco, com eventos do Paleoproterozoico e Neoproterozoico (Cutts et al. 2018)	18
Figura 9 - Coluna estratigráfica das unidades mapeadas na região de Santo Antônio do Salto.....	19
Figura 10 - Mapa geológico da região de Santo Antônio do Salto, escala 1:10.000....	20
Figura 11 - Ortognaisse com bandamento gnáissico	21
Figura 12 – Metagranitóide milonitizado com veio de quartzo sigmoidal	22
Figura 13 - Metagranitóide	23
Figura 14 - Coluna estratigráfica das quatro áreas mapeadas, com ênfase para o Grupo Itacolomi. A – Serra de Santo Antônio d Salto, B – Funil, C – Estrada para Mariana, D – Ribeirão Grande.....	25
Figura 15 - Mapa estrutural de Santo Antônio do Salto, escala 1:10.000	27

Figura 16 - A - diagrama de contorno de polos do bandamento composicional metamórfico no gnaisse (N=12) B - diagrama de contorno de polos de acamamento nos metarenitos (N=18).	28
Figura 17 – A - diagrama de contorno de polos da foliação S_n (N=39). B - diagrama de contorno de polos da foliação S_{n+1} (N=13).	29
Figura 18 - Projeção da lineação de interseção (Lint), (N=22).	30
Figura 19 - Diagrama de contorno de polos da foliação de crenulação (S_{n+2}), (N=5).	30
Figura 20 - Diagrama de contorno de polos das fraturas (N=5)	31
Figura 21 - Seção geológica Serra de Santo Antônio do Salto, oeste da região.	32
Figura 22 - Seção geológica Funil, centro-oeste da área.....	33
Figura 23 - Gnaisse com microdobra de arrasto, com eixo 320/27.....	34
Figura 24 - Seção geológica Estrada Mariana, centro-leste da área.....	35
Figura 25 - Seção geológica Ribeirão Grande, leste da área.....	36
Figura 26 - Modelo de transição de bacia remanescente oceânica (a, b) para bacia de foreland (c, d), com evolução do cinturão orogenético. (Retirado de Einsele 2000).....	40
Figura 27 - Esquema simplificado de bacias jovens <i>flysch</i> em direção ao <i>foreland</i> , como observado nos Alpes Suíços (Retirado de Einsele 2000).	41
Figura 28 - Coluna estratigráfica tipo, da unidade molássica dos Alpes Suíços (Ibele 2011).	42
Figura 29 - Seção tipo com geometria padrão, retirado de Ibele (2011).....	42
Figura 30 – I - Coluna estratigráfica da bacia da Suíça e Alemanha (retirado de Einsele 2000). II – Colunas estratigráficas das áreas mapeadas em Santo Antônio do Salto.	43
Figura 31 - Estruturação da bacia dos Alpes Suíços, seção tipo (Ibele 2011)	44

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Cronograma das atividades.....	6
---	---

Resumo

Na terminação meridional do Cráton São Francisco encontra-se o Quadrilátero Ferrífero (QF), na porção centro-sul do estado de Minas Gerais. O QF é uma das áreas mais estudadas do Brasil, principalmente pela ocorrência de importantes depósitos de filiação metálica associados a estruturas sub-regionais de grande complexidade tectônica. Uma destas estruturas é a denominada “Falha do Engenho” (FE), estrutura de direção EW que se impõe como um imponente limite morfotectônico para a ocorrência das unidades da cobertura paleoproterozóica sobre conjuntos de rochas cristalinas que compõe o embasamento regional neste segmento do QF. Acerca de sua interpretação, a FE é por alguns entendida como uma estrutura de natureza extensional, em contexto sin-orogênico, que afetou o embasamento cristalino e que delimitava a sedimentação das unidades proterozoicas, sendo posteriormente reativada como uma zona de cisalhamento dúctil com cinemática oblíqua sinistral. Por outro lado, tem sido também associada a intensos processos de dobramentos ocorridos durante a orogênese paleoproterozóica. Este Trabalho de Conclusão de Curso foi realizado, em escala 1:10.000, na porção oriental da FE, nas proximidades do distrito de Santo Antônio do Salto, pertencente a cidade de Ouro Preto. Abrangendo uma área de 62km², o mapa geológico produzido trouxe um considerável nível de detalhamento acerca da caracterização das unidades litodêmicas, representadas pelo Complexo Santo Antônio do Pirapetinga e pelas suítes intrusivas, e litoestratigráficas, notadamente os grupos Sabará e Itacolomi. Com dados estratigráficos e estruturais, obteve-se um modelo de deposição e evolução das unidades mapeadas.

Palavras chave: Falha do Engenho, mapeamento geológico, Quadrilátero Ferrífero.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

Este relatório se refere a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC 402), pertencente ao 10º período do curso de Engenharia Geológica da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), sob a orientação do Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins. Este trabalho teve início no segundo semestre de 2018, sendo finalizado no período 2019.1. O suporte financeiro para as etapas de campo se deve ao Departamento de Geologia (DEGEO) da UFOP e ao orientador desta monografia.

Este trabalho aborda os aspectos estratigráficos e estruturais na zona de influência da designada Falha do Engenho na região de Santo Antônio do Salto, distrito de Ouro Preto, Minas Gerais.

1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

A área de estudo compreende os distritos de Santo Antônio do Salto e Maynard, pertencentes a Ouro Preto e Mariana, respectivamente. Localizados na porção sudeste do estado de Minas Gerais, a 127 km e 147 km, respectivamente, da capital Belo Horizonte. Da cidade de Ouro Preto, os distritos de Santo Antônio do Salto e Maynard se localizam a 32 km e 33 km, respectivamente. A área é limitada pelos paralelos 20°30'00" e 20°27'00" de latitude sul e pelos meridianos 43°30'00" e 43°24'00" de longitude oeste. A região está inserida no mapa geológico da Folha de Mariana na escala 1:50.000 (folhas SF.23-X-B-I-3 e SF.23-X-B-IV-1), ocupando a porção sudoeste da mesma.

Para acessar o local mapeado, partindo de Ouro Preto - MG em direção a Ouro Branco pela MG-129, na qual seguiu-se cerca de 10,5 km. Em seguida percorre-se a estrada de acesso não-asfaltada ao distrito de Chapada, em direção a Santo Antônio do Salto, por aproximadamente 21,5 km (Figura 1). Por esta rota, o acesso ao distrito de Maynard também segue por estrada de terra, por aproximadamente 20 km a partir de Santo Antônio do Salto.

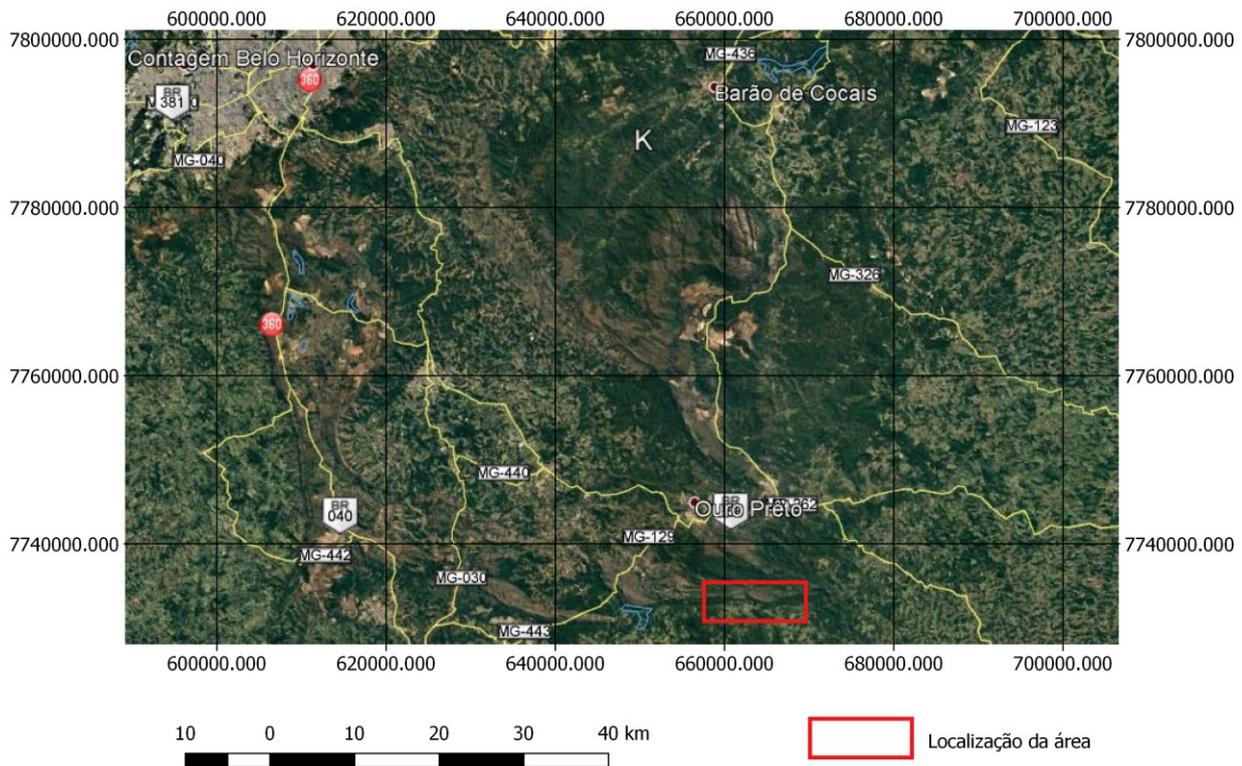


Figura 1 - Principais vias de acesso

Para o acesso aos perfis, os acessos foram feitos por trilhas e estradas de terra. O perfil 1 foi realizado ao longo de trilhas que acessavam a área de interesse. Os demais tiveram acesso simplificado por existirem estradas que o acessavam e estas terem mesma direção que o caminhamento planejado. Os perfis estão distribuídos entre Santo Antônio do Salto e Maynard (Figura 2).

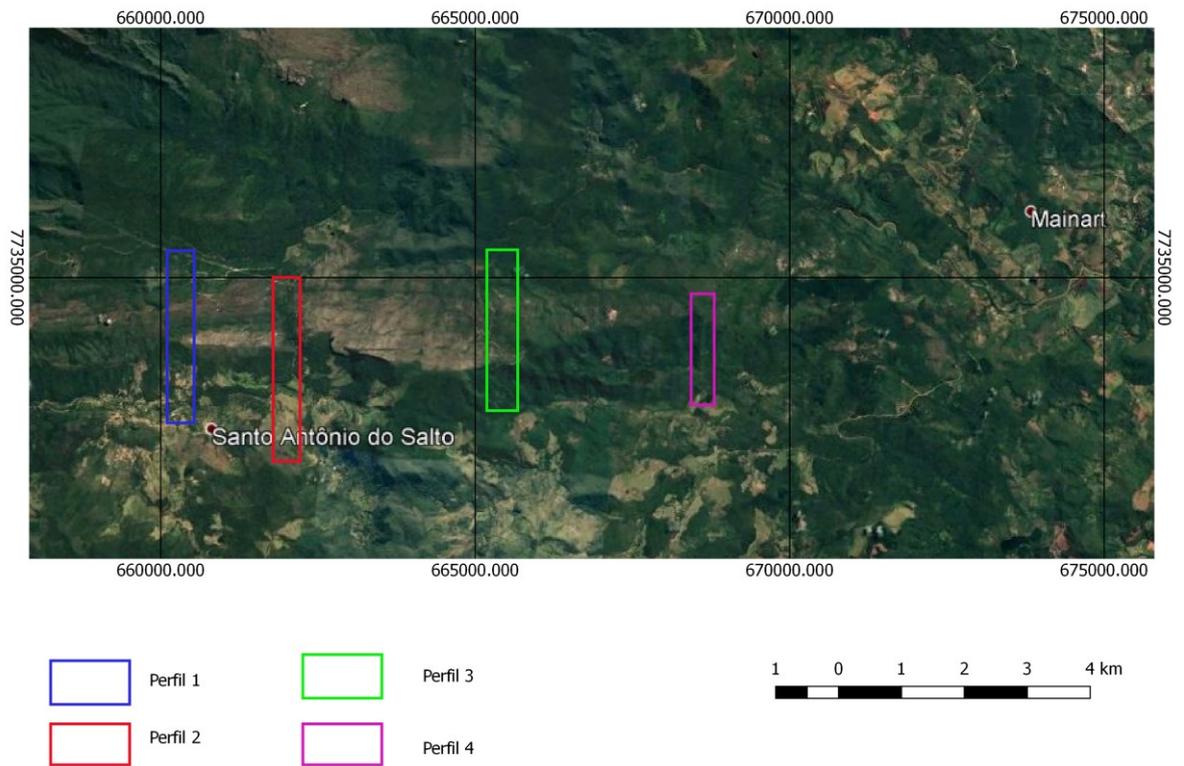


Figura 2 - Localização dos perfis na área.

1.3 NATUREZA E JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

O Quadrilátero Ferrífero (QF) é uma província metalogenética localizada na porção sul do cráton do São Francisco composta essencialmente por unidades arqueanas e paleoproterozóicas. Estas, por sua vez, encontram-se complexamente associadas ao longo de estruturas sub-regionais que possuem forte expressão morfoestrutural e que modelam o conjunto de serras, dispostas de maneira “quadrática”, que caracterizam e dão nome à província.

Estendendo-se por aproximadamente 70km e balizada pelo paralelo 20° 30’S, a Falha do Engenho é a estrutura mais destacada do quadro morfológico e geotectônico do QF em sua terminação meridional (Figura 3). Primeiramente descrita por Guild (1957), possui direção EW praticamente em toda a sua extensão (grosseiramente delimitada pelo distrito de Maynard, a leste, e pela cidade de Congonhas, a oeste), exceção feita para a serra de Ouro Branco, onde muda o traçado e adquire direção NW (in: Piassa 2018).

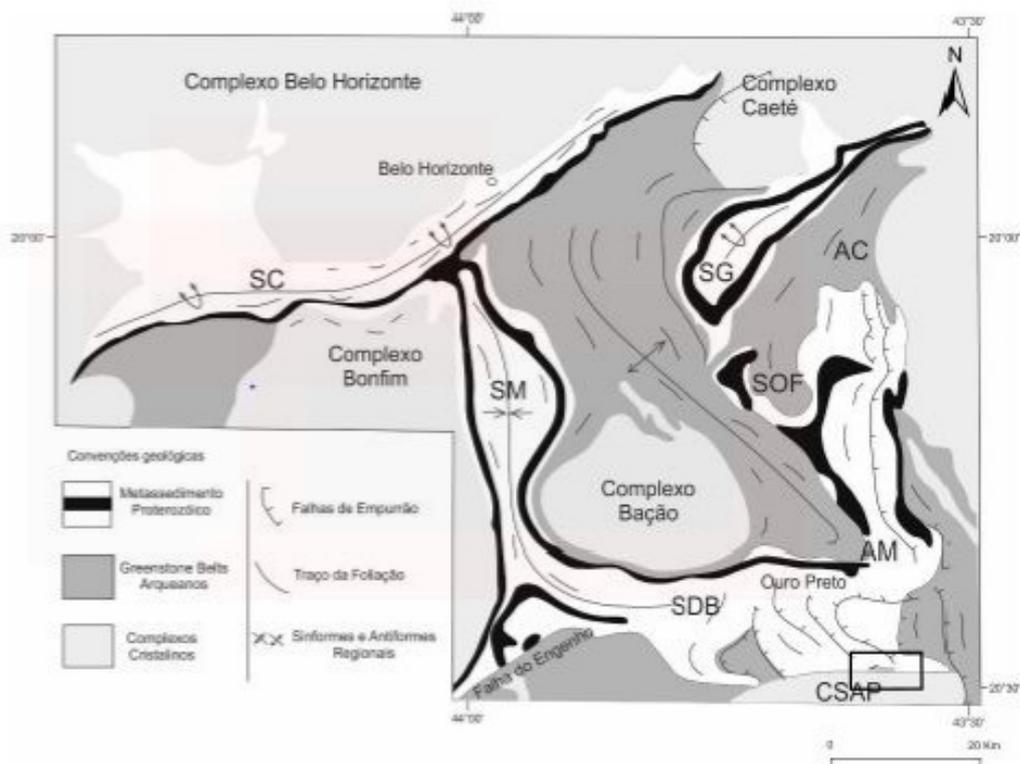


Figura 3 - Mapa litológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero, com suas principais estruturas, com destaque para a área de estudo (modificado de Piassa 2018). SG= sinclinal Gandarela, SOF= sinclinal Ouro Fino, AC= anticlinal de Conceição, SDB= sinclinal Dom Bosco

Descrita por Dorr (1969) como sendo uma estrutura singular do QF, já que é a única falha de rasgamento com dimensões quilométricas desta região, a Falha do Engenho foi e tem sido objeto de levantamentos geológicos desde os trabalhos pioneiros realizados pelo convênio DNPM-USGS. De maneira praticamente consensual, a Falha do Engenho é postulada como sendo uma protoestrutura extensional de borda de bacia, posteriormente reativada como uma falha de rejeito lateral (transcorrente), oblíquo ou de empurrão, com movimentação duvidosa, sinistral e/ou dextral, que delimitou os terrenos arqueanos posicionados a sul, das unidades supracrustais paleoproterozoicas. Estas são representadas majoritariamente pelos grupos Sabará e Itacolomi, sin orogênicas do evento do Riáciano/Orosoriano (ou Transamazônico) e que adentram o sinclinal Dom Bosco, a norte (Chemale Jr. et al. 1994, Silva & Cantisano 1995, Alkmim & Marshak 1998, Campos 2015). Exceção a esta interpretação é observada por Piassa (2018), postulando que a zona da referida falha corresponderia à culminação das charneiras de dobramentos vergentes para sul.

Posicionada na zona intermediária entre os domínios de alto e baixo strain do QF (Rosière et al. 2001), o acervo estrutural que caracteriza a Falha do Engenho e sua zona de

influência essencialmente é de natureza dúctil-rúptil, na forma de uma ou duas xistosidades penetrativas, com lineação de estiramento mineral ou de interseção presentes, podendo estar associadas a plano axiais de dobras e/ou zonas de cisalhamento de mesma natureza (Chemale Jr. et al. 1994, Silva & Cantisano 1995, Campos 2015, Piassa 2018).

Ainda que se atribua uma origem extensional para a Falha do Engenho, observa-se uma carência de estudos focados na relação entre tectônica e sedimentação ao longo desta estrutura. As poucas exceções a esta vacância são os levantamentos de Alkmim (1987), na serra de Ouro Branco, e de Silva & Cantisano (1995), na região de Lavras Novas. Estes trabalhos possuem um cunho mais regional e atribuem a sedimentação do Grupo Itacolomi, o qual assenta-se diretamente sobre o Complexo Santo Antônio do Pirapetinga (Raposo 1991), a áreas-fonte dos sedimentos, posicionadas a sul, por sistemas fluviais tectonicamente controlados. Esta interpretação foi corroborada recentemente por Duque (2018) através de dados U-Pb de zircões detríticos associados a levantamentos sedimentológicos e estratigráficos de detalhe no Grupo Itacolomi em sua área-tipo, na vertente norte desta unidade no sinclinal Dom Bosco.

É neste cenário que se situa este TCC. Durante a realização da disciplina obrigatória “Mapeamento Geológico” (GEO493_2018_1), que contou com a participação do autor desta monografia e teve o orientador como professor responsável pela disciplina, o projeto de mapeamento, realizado em escala 1:10.000, abarcou uma parte da Falha do Engenho e sua zona de influência, entre os distritos de Santo Antônio do Salto e Maynart, cobrindo uma área total de aproximadamente 62 km². Em função da escala adotada, de semi detalhe, os resultados obtidos, ainda que considerados preliminares, permitiram reconhecer e tecer possíveis correlações entre uma gama de estruturas tectônicas ao pacote de metassedimentos do Grupo Itacolomi que repousa sobre o embasamento cristalino regional. À luz destes dados idealizou-se este projeto de TCC, limitada à parte mais representativa de afloramentos chave da região de Santo Antônio do Salto, com vistas à obtenção de informações sobre tectônica e sedimentação no Grupo Itacolomi, abordagem pouco explorada neste setor do QF.

1.4 OBJETIVOS

Este TCC tem como objetivo compor o arranjo estratigráfico e estrutural ao longo da Falha do Engenho e sua zona de influência em sua porção oriental, a partir dos dados obtidos na campanha de 2018_1 e investigar a relação entre tectônica e sedimentação do Grupo Itacolomi na região de Santo Antônio do Salto.

1.5 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi dividida em quatro etapas (Tabela 1) que são: levantamento bibliográfico, trabalhos de campo, integração com dados prévios e confecção final do relatório.

Tabela 1 - Cronograma das atividades

Cronograma	Mês					
	1	2	3	4	5	6
Atividades (relacionadas na metodologia de estudo)						
Levantamento bibliográfico.	x	x	x	x	x	x
Trabalhos de campo			x	x		
Integração dos dados obtido na disciplina Mapeamento Geológico GEO493_2018_1					x	x
	7	8	9	10	11	12
Levantamento bibliográfico.	x	x				
Redação da monografia e apresentação	x	x	x			

1.5.1 Revisão bibliográfica

Para confecção deste trabalho, foram utilizados vários artigos e trabalhos acerca do tema de interesse. Os trabalhos utilizados para auxílio são vastos e incluem: Dorr (1969), Raposo (1991), Alkmim & Marshak (1998), Lobato (2005), Alkmim & Noce (2006), Alkmim & Martins-Neto (2012). Além destes trabalhos, foram utilizados também TCC's, dissertações de mestrado e teses de doutorado, como Endo (1997), Piassa (2014), Campos (2015), Ferrais (2017) e Piassa (2018). Embora estejam em escala de menor detalhe, estes auxiliaram todo o TCC e forneceram dados e informações relevantes à confecção deste estudo.

1.5.2 Trabalhos de campo

Dividida em duas etapas, os trabalhos de campo envolveram aqueles obtidos durante a realização da disciplina “Mapeamento Geológico” 2018_1, complementados por duas campanhas de campo realizadas no primeiro semestre de 2019. Somando se o mapeamento de 2018_1 e as campanhas de campo de 2019, foram realizados 14 dias de campo, todos localizados na mesma área (Figura 4).

O mapeamento geológico 1:10.000 da região compreendida entre Santo Antônio do Salto e Maynart, realizado em 2018_1, resultou num mapa integrado a partir da junção das cinco quadrículas mapeadas naquela ocasião. Foram utilizadas como material base imagens aéreas e mapas topográficos de mesma escala gerados a partir do aplicativo *Google Earth*.

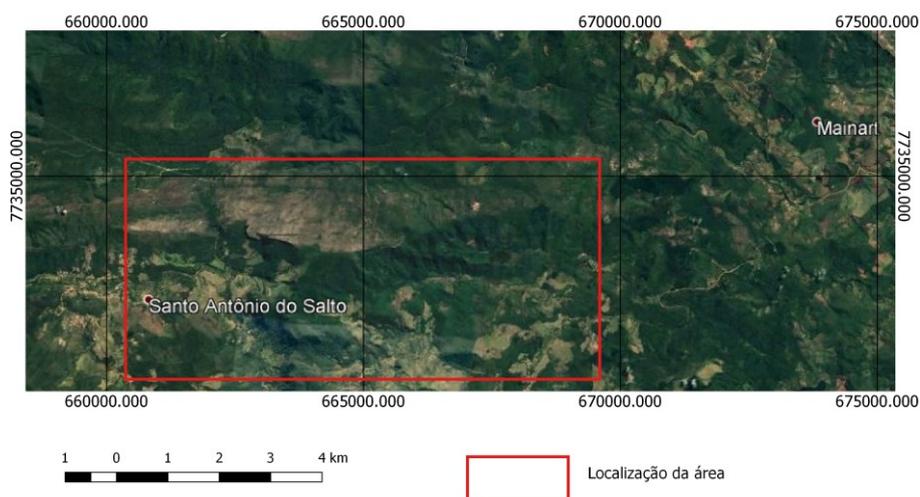


Figura 4 - Localização da área de estudo

De posse do mapa integrado e do banco de dados das quadrículas levantadas, procedeu-se a uma releitura crítica deste material de forma a dar suporte para os perfis geológicos da segunda fase de campo, em escala 1:10.000, sob a ótica deste TCC. Para tanto, foi confeccionado um mapa de contorno estrutural de toda a área de forma a dar um panorama geral da distribuição das principais estruturas geológicas neste segmento, assim como o tratamento de dados estruturais via software Dips 6.0.

Para segunda etapa de campo, foram traçados os melhores trajetos dos caminhamentos a fim de analisar os melhores afloramentos. Os caminhamentos foram realizados seguindo-se o planejado, alguns desvios ocorreram por haver propriedades privadas, vegetação densa e outras barreiras físicas.

Foram utilizados os materiais convencionais de campo: bússola (tipo Brunton), GPS, caderneta de campo, GPS Garmin (com erro de 3 a 7m), lupa (10x), imã, martelo de geólogo (Estwing) e câmera fotográfica e caneta magnética. A estes, acrescenta-se a imagem aérea do Google Earth em escala 1:10.000 e mapa topográfico correspondente de mesma escala.

Os dados obtidos em campo foram integrados para confeccionar o mapa geológico da área coberta por este TCC. Foram utilizados os softwares *Microsoft Word*, *Inkscape* e *Arcgis*.

1.5.2.1.1 Perfis geológicos

Para a realização dos perfis geológicos foram selecionadas quatro áreas representativas, de forma que todos os perfis pudessem cortar a Falha do Engenho, principal estrutura regional. Foram descritos e caracterizados, via desenhos esquemáticos, os principais componentes estruturais (foliação, bandamento, xistosidade, fraturas e outras feições de deformação), bem como, quando possível, suas relações de corte, geometria e cinemática. A nomeação dos perfis foi feita da seguinte forma, de oeste para leste: Perfil 1 – Serra de Santo Antônio do Salto (A-B), Perfil 2 – Funil (C-D), Perfil 3 – Estrada Mariana (E-F) e Perfil 4 – Ribeirão Grande (G-H).

1.6 ASPECTOS FISIOGRAFICOS

1.6.1 Geomorfologia

O relevo do Quadrilátero Ferrífero apresenta esta conformação devido a erosão diferencial, onde as supracrustais são o substrato das terras mais altas e os granito-gnaisses estão presentes nos terrenos mais baixos (Harder & Charbelin 1915).

Segundo Raposo (1991), o relevo é marcado por cristas alongadas, com cotas que alcançam mais de 1300m. A região das supracrustais apresenta, em sua maioria, cotas mais altas se comparadas aos gnaisses e granitoides do embasamento. Na área de ocorrência do complexo Santo Antônio do Pirapetinga as feições esculpidas são atribuídas ao ciclo Sul-Americano, responsável por extensas pediplanações que se desenvolveram do Cretáceo ao Terciário (Raposo 1991).

Dorr (1969) considera essas características geomorfológicas, acima citadas, para classificar a estrutura que as originou como sendo uma falha, que aloca o traço da estrutura justamente no contato entre estes litotipos. A porção a norte do traço da falha, topograficamente elevada se comparada a região sul (Figura 5), afloram metarenitos e itabiritos, enquanto ao sul da mesma, predominam granitos e gnaisses (Piassa 2018).

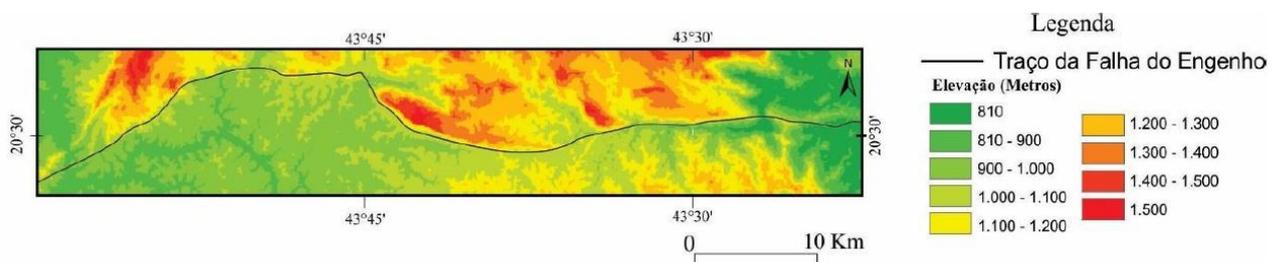


Figura 5 - Mapa de elevação digital do terreno da região em que está inserida a falha do Engenho (Piassa 2018)

1.6.2 Hidrografia

A rede hidrográfica pertence a bacia do rio Doce, mais especificamente, da sub bacia do rio Piranga. O rio Maynard corta a região, correndo de oeste para leste, estando associado a um padrão dentritico (Raposo 1991). Nas imagens de satélite é possível observar que a distribuição da rede hidrográfica possui forte controle estrutural associada, facilmente perceptível na região de Santo Antônio do Salto.

A rede hidrográfica da região é bastante ampla, o principal curso d'água segue a direção da serra, que também é a direção do contato entre o embasamento e as rochas supracrustais. No Funil, onde se realizou o perfil 2, a drenagem tem mudança abrupta de direção e torna-se N-S.

Este fator, aliado a um pronunciado gradiente topográfico, favorece o aproveitamento hídrico para geração de energia elétrica, onde se observam um grande número de pequenas usinas hidrelétricas. A formação das planícies de inundação que acompanham a calhas dos rios coincide com o entalhamento durante o último ciclo erosivo, no Quaternário (Raposo

CAPÍTULO 2

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1 CONTEXTO GEOTECTÔNICO

O Quadrilátero Ferrífero (QF) se encontra no extremo sul (Figura 6) do cráton do São Francisco (CSF, Almeida 2000). Segundo Alkmim & Marshak (1998), é um dos quatro crátons da América do Sul composto por blocos crustais de idade arqueana e paleoproterozóica e que não sofreu grandes mudanças com a orogenia Brasiliana, estável em relação a este evento.

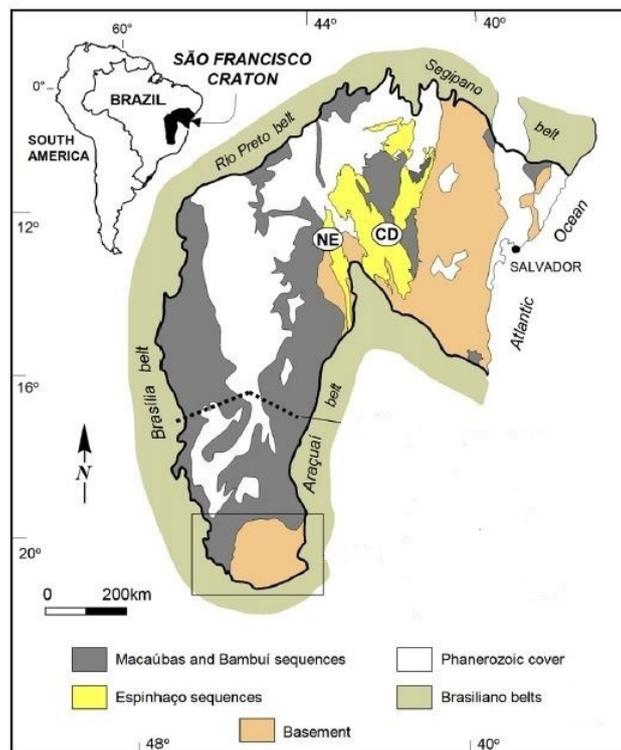


Figura 6 - Mapa geológico do cráton São Francisco, mostrando as faixas móveis que o circundam. Modificado de Alkmim & Martins-Neto 2012.

Em todo o entorno do CSF há presença de fold-thrust belts de idade brasiliana (Alkmim & Marshak 1998). O QF é circundado pela Faixa Araçuaí a leste, pela Faixa Brasília a oeste e pelo Cinturão Mineiro a sul (Farina et al. 2015). Segundo Alkmim & Marshak (1998), as faixas que circundam a leste e oeste tem vergência para dentro do cráton. Já o

Cinturão Mineiro, do Paleoproterozoico, foi formado por sucessivas acreções de arcos continentais e oceânicos e sofreu colisão com o CSF.

De acordo com Machado et al. (1996), as unidades do QF podem ser divididas em três grandes conjuntos: terrenos granito-gnáissicos de idade arqueana, Supergrupo Rio das Velhas, Neoproterozoico, e, sobreposto a estes, uma sequência metassedimentar do Paleoproterozoico, o Supergrupo Minas.

2.2 ESTRATIGRAFIA REGIONAL

2.2.1 Unidades do embasamento

Os complexos arqueanos metamórficos, considerados o embasamento da porção sul do QF, incluem gnaisses, migmatitos e duas suítes de granitóides (Alkmim & Noce 2006). Apresenta-se a divisão das rochas na coluna estratigráfica do QF com suas respectivas idades (Figura 7).

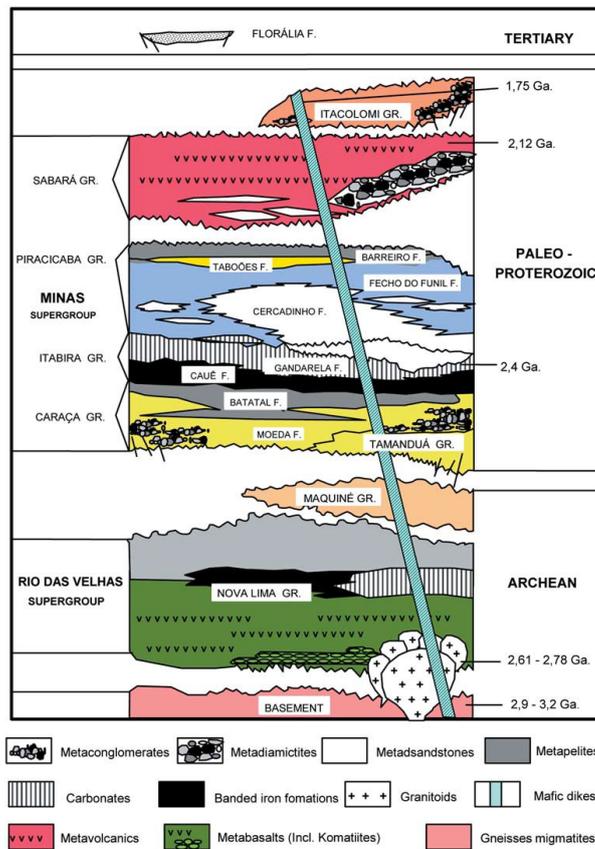


Figura 7 - Diagrama estratigráfico do Quadrilátero Ferrífero, de acordo com Alkmim & Noce 2006

2.2.1.1 Complexo Santo Antônio do Pirapetinga

Presente no extremo sul do QF, área parcialmente coberta por este estudo, o Complexo Santo Antônio do Pirapetinga (CSAP) é formado por rochas metabásicas e metaultrabásicas, associadas a gnaisses tonalíticos e trondhjémítico, e em menor expressão, xistos, formações ferríferas e quartzitos (estes últimos, não observados na área de estudo). Todo este conjunto encontra-se altamente deformado, cortado por inúmeras zonas miloníticas (Raposo 1991).

Os gnaisses apresentam bandas centimétricas. As bandas mais claras possuem composição de quartzo e feldspato. As bandas escuras têm biotita, anfibólio e plagioclásio. Esses são identificados muitas vezes em saprólitos, sendo mais difícil caracteriza-las (Raposo 1991). Os gnaisses pertencentes ao CSAP estão usualmente vinculados às rochas metaígneas, frequentemente encontrados em zonas de cisalhamento e exibem estruturas de esforços tectônicos, porções microclinizadas como produto de processos metassomáticos, provavelmente de composição tonalítica. Cristais de quartzo e feldspato em lâmina delgada são observados com extinção ondulante, geminação polissintética e a rocha pode variar composicionalmente de acordo com o grau de alteração e deformação.

Os gnaisses são cortados por granitóides, que também apresentam xistosidade e são compostos basicamente por plagioclásio, quartzo, muscovita, biotita e acessórios. A textura destes granitos é homogênea, caracterizado por apresentar fenocristais de feldspatos de tamanho centimétricos que exibem extinção ondulante além de processos de saussuritização que o transforma em clorita e muscovita (Piassa 2018).

Segundo Fonseca et al. (2018), o magmatismo das rochas ultramáficas podem ser divididas em dois grupos, um no Quadrilátero Ferrífero e outro no Cinturão Mineiro. O do QF está associado ao *greenstone belt* Rio das Velhas, cuja idade remete ao Arqueano. O do Cinturão Mineiro é relacionado ao *greenstone belt* Rio das Mortes, com idade datado no Paleoproterozoico.

2.2.2 Supergrupo Rio das Velhas

As rochas do Rio das Velhas compõem um dos mais importantes *greenstone belts* arqueanos do Brasil com grande potencial e produção mineral (Zucchetti et al 2000). Este Supergrupo é subdividido nos grupos Nova Lima e Maquiné (Dorr 1969).

2.2.2.1 Grupo Nova Lima

Zucchetti et al (2000) dividem este grupo, da base para o topo, em: vulcânicas máficas-ultramáficas, vulcânicas, sedimentares clásticas e químicas, vulcanoclásticas associações resedimentadas.

A associação de vulcânicas máficas-ultramáficas é composta por komatiitos e toleítos, em menor expressão tem-se gabros intrusivos, anortositos e peridotitos. As associações vulcânicas, sedimentares clásticas e químicas são divididas em vulcânica-química e clástico-química. O primeiro é caracterizado por komatiitos e toleítos, intercalados com formações ferríferas, cherts ferruginosos e filitos carbonosos. As rochas clástica-químicas são compostas de filitos carbonosos associados a BIFs e metacherts ferruginosos. A associação vulcanoclástica compreende rochas félsicas e máficas. A associação ressedimentada consiste por uma sucessão de grauvacas cinza e argilitos.

2.2.2.2 Grupo Maquiné

Consiste de arenitos aluviais, conglomerados e pelitos de ambiente marinho raso, e é interpretado como uma sequencia plataformar que sobrepõe a sequencia vulcanossedimentar máfica-ultramáfica do Grupo Nova Lima (Baltazar & Pedreira 1998 in Alkmim & Noce 2006).

2.2.3 Supergrupo Minas

O Supergrupo Minas, Paleoproterozoico, é dividido em quatro grupos: Grupo Caraça, com as formações Moeda e Batatal, Grupo Itabira, com as formações Cauê e Gandarela, Grupo Piracicaba, com as formações Cercadinho, Fecho do Funil, Taboões e Barreiro, e Grupo Sabará, indiviso. Estes grupos totalizam mais de 4.000 m de espessura de sedimentos do Supergrupo Minas (Endo 1997). Dada a área de interesse deste projeto, será descrito apenas o Grupo Sabará.

Renger et al.(1994) elevou a Formação Sabará a categoria de grupo, devido a preservação de parte de suas feições sedimentares e a sua grande espessura e distribuição em área. O Grupo Sabará é composto por xistos, metagrauvas, filitos, meatarenitos, metatufos e em menor expressão, metaconglomerados, metadiamicritos e formação ferrífera (Almeida et al. 2005).

2.2.4 Grupo Itacolomi

Guimarães (1931) separou o Grupo Itacolomi do Supergrupo Minas devido a uma discordância angular. Segundo Dorr (1969), este grupo pode ser dividido em duas fácies: a primeira é quartzítica e a segunda, filítica, sendo chamadas de fácies Itacolomi e Santo Antônio, respectivamente.

Duque (2018) já a dividi em oito litofácies, sendo três de metarenitos, quatro de metaconglomerados e uma de metapelito. Essas litofácies são também reunidas em três associações, que irão melhorar separara-las na escala 1:10.000.

2.2.5 Diques máficos

Diques máficos que cortam as rochas do supergrupo Minas considerados por Alkmim & Marshak (1998) como sendo rochas pós-minas. Vários diques de diabásios são encontrados nos terrenos estudados, desde os granitos e gnaisses do Complexo Santo Antônio do Pirapetinga até as unidades metassedimentares. São corpos tabulares, verticalizados em que a composição da rocha é essencialmente composta de piroxênios de granulação média (Piassa 2018).

2.3 ARCABOUÇO ESTRUTURAL

O QF experimentou história tectônica polifásica que produziu um padrão regional complexo de deformação das rochas (Dorr 1969). Tal complexidade, concomitante com a falta de datação absoluta das estruturas tectônicas, fez ascender e até conflitar diversas interpretações quanto à história de deformação do Quadrilátero.

_ Falha do Engenho

Guild (1957) descreve a Falha do Engenho como uma falha de rejeito oblíquo sinistral, o deslocamento do bloco em relação ao bloco pode chegar a um quilometro, podendo duplicar sua magnitude em alguns pontos. Alkmim & Ribeiro (1997) concordam com a direção de movimento da falha e dizem que se trata de uma estrutura formada no Evento Transamazônico. Para eles, a falha seria transcorrente gerada pelo fluxo semi-confinado de material no interior de uma calha sinformal pré existente.

Para Dorr (1969), o bloco sul que foi interpretado como sendo o Supergrupo Rio das Velhas, encontra-se sobre o bloco norte, representado pelas rochas do Supergrupo Minas, ao longo do traço da falha. Esta interpretação de Dorr (1969) sugere que a Falha do Engenho seria uma falha de empurrão. Segundo Silva & Cantisano (1995), na localidade do estudo o contato entre o Complexo Santo Antônio do Pirapetinga e as rochas supracrustais seria tectônico por falhamento, e a zona de cisalhamento existente seria presente nos xistos.

Segundo Alkmim & Noce (2006), a Falha do Engenho apresenta-se marcada em sua porção oriental por uma zona com quartzitos ultra-milonitizados que podem chegar a 100m de espessura.

Porém, outros autores como Chemale et al. (1994) afirmam que a falha apresenta dupla regime cinemático, sendo originada no evento Transamazônico e reativado no evento Brasileiro. Tendo um movimento dextral associado ao primeiro evento e deslocamento sinistral associado ao Brasileiro. Durante o primeiro evento foi deformada de forma intensa que é evidenciado pela presença dos milonitos, em meso e microdobras. Fenômenos transpressivos são associados a reativação da falha durante a segunda fase de movimentação da falha, que gerou outro grupo de mesoestruturas.

Campos (2015) entende que a estrutura foi desenvolvida em condições de natureza dúctil, a falha teria cinemática sinistral. A falha do Engenho seria classificada como sendo uma zona de cisalhamento sinistral transcorrente formada em ambiente transpressivo. Segundo Piassa (2018), as estruturas da região apresentam 3 fases de deformação. As duas primeiras tem vergência para sul e causaram as principais tramas. A última é responsável pelas tramas de menor expressão, que causam as clivagens de crenulação de direção N-S.

METAMORFISMO REGIONAL

De acordo com Cutts et al. (2018), no Quadrilátero Ferrífero o metamorfismo foi causado por eventos metamórficos que podem ser divididos em duas idades: Paleoproterozoico e Neoproterozoico (Figura 8).

Marshak et al. (1992) sugere que a geometria domos e quilhas no QF ocorreu, aproximadamente, em 2124 Ma. Já Cutts et al. (2018), afirma que o metamorfismo Paleoproterozoico deforma o embasamento criando o formato de domos e quilhas, este evento

ocorre no Arqueno, em 2775 Ma. Com reativação das estruturas em 2050 Ma. Este seria o Evento Transamazônico, com fácies anfíbolito a granulito. O Granulito Pedra Dourada e o Complexo Acaiaca são exemplos de rochas datadas deste período.

Alkmim & Marshak (1998) afirmam que o evento Neoproterozoico Brasileiro foi o responsável pelo metamorfismo e deformação de estruturas na fácies xisto verde. Por outro lado, o Complexo Mantiqueira foi intensamente deformado em condições de fácies anfíbolito, datadas do mesmo período. Bento dos Santos et al. (2015) comprova por datação que houveram três grupos de idades na Província Mantiqueira: pré, sin e pós orogênicos de 670–595 Ma, 620–550 Ma e 560–490 Ma, respectivamente.

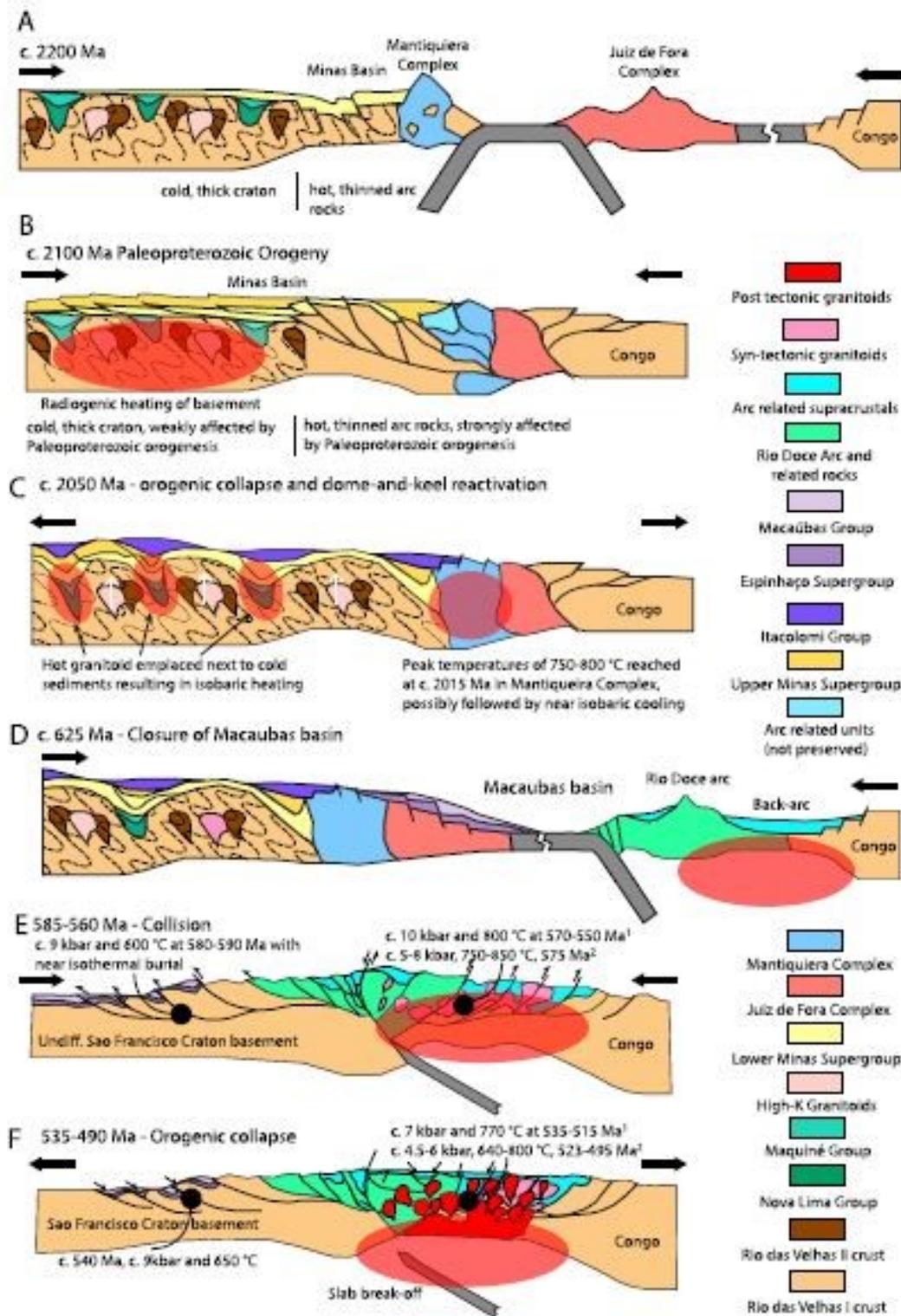


Figura 8 - Modelos de seções com evolução tectônica do sul do cráton São Francisco, com eventos do Paleoproterozoico e Neoproterozoico (Cutts et al. 2018)

CAPÍTULO 3

GEOLOGIA LOCAL

3.1 INTRODUÇÃO

A área de estudo é composta pelo Complexo Santo Antônio do Pirapetinga e pelos grupos Sabará e Itacolomi, além de rochas metamáficas.

3.2 ESTRATIGRAFIA LOCAL

O mapa geológico realizado na região de Santo Antônio do Salto e Maynart foi realizado na escala 1:10.000, sendo mostrado na Figura 10. A Figura 9 mostra a síntese das unidades descritas com suas respectivas posições estratigráficas. Os nomes das unidades foram baseados em Lobato et al. (2005).

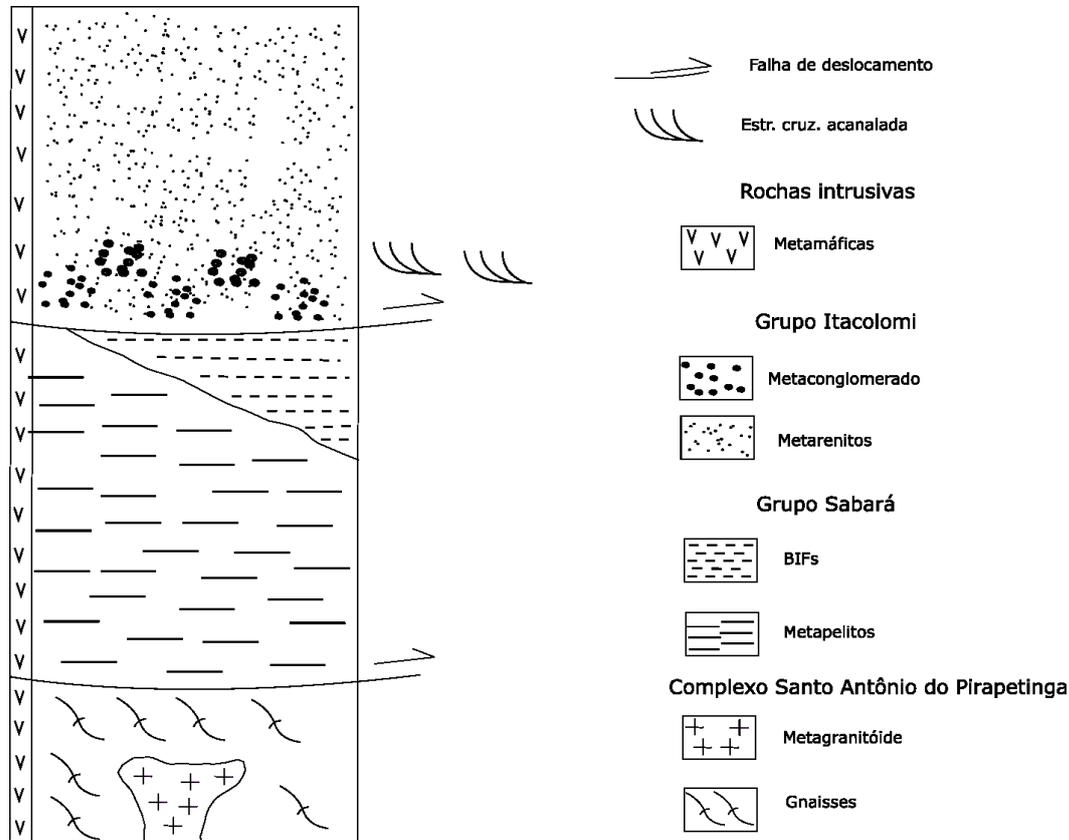


Figura 9 - Coluna estratigráfica das unidades mapeadas na região de Santo Antônio do Salto.

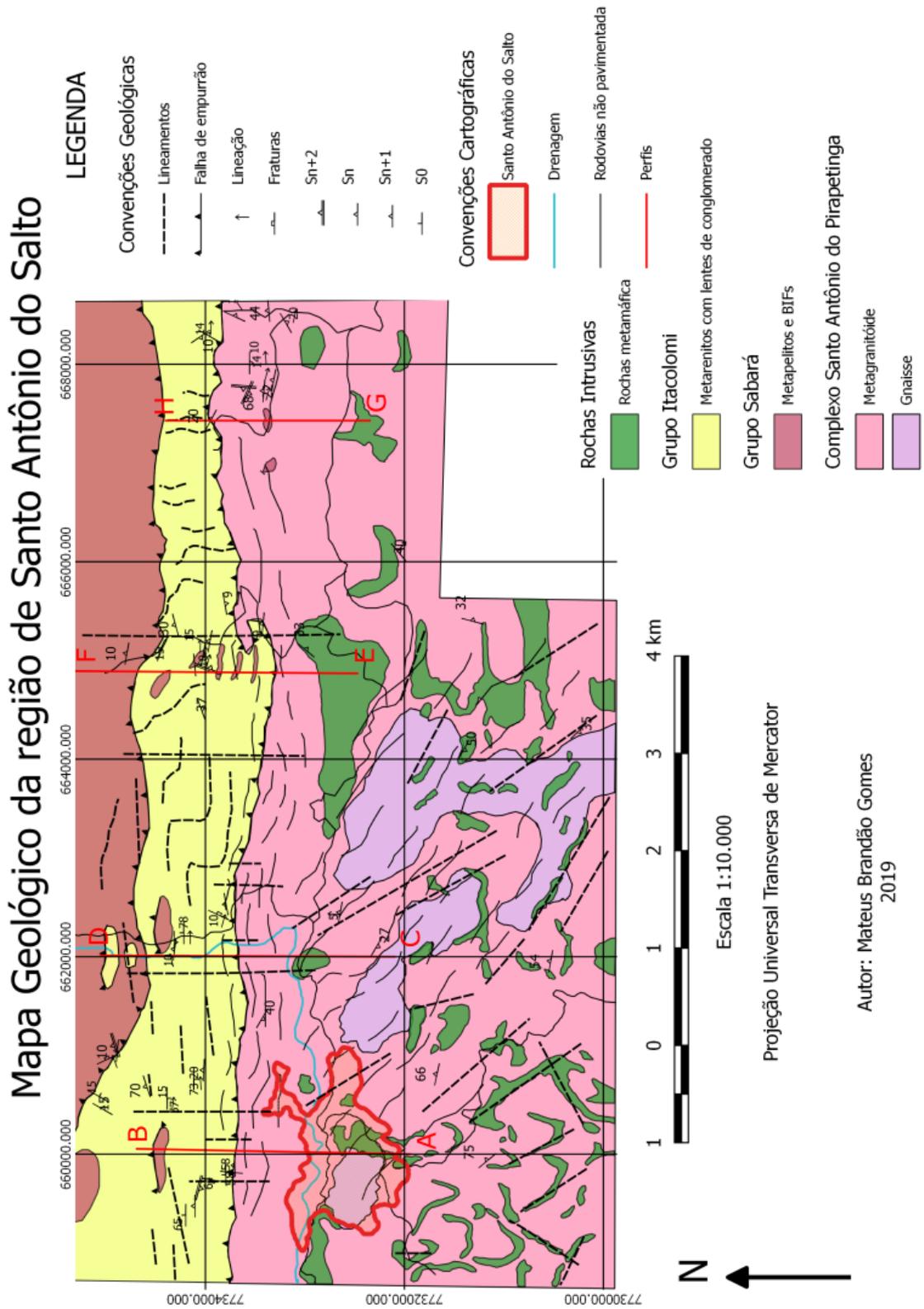


Figura 10 - Mapa geológico da região de Santo Antônio do Salto, escala 1:10.000

3.2.1 Complexo Santo Antônio do Pirapetinga

Este complexo se apresenta indiviso, em escala 1:10.000. Há ocorrência de gnaisses e metagranitóides. A presença de esteatito, em alguns locais da região, não tem expressão para compor o mapa geológico.

3.2.1.1 Gnaisse

Ao integrar a análise das fotos aéreas da região e o mapeamento geológico é possível observar que estas rochas metamórficas de alto grau têm direção SE/NW.

A rocha está associada às maiores cotas da porção a sul da Falha do Engenho, (950 a 1200) m, formando as grandes cristas do local. A expressão em área corresponde a, aproximadamente, 10% da área da região. A litologia ocorre na porção centro-sul do embasamento. A porcentagem da composição foi estimada em amostra de mão, a rocha é composta por anfibólio (~5%) biotita (~15%), feldspato (~30%) e quartzo (~50%), possui granulação fina a grossa.

Apresenta bandamento gnáissico bem marcado, bem como estruturas *Augen* em alguns locais. Os bandamentos variam de centimétricos a decimétricos e subdividem-se em dois tipos, as bandas máficas e as bandas félsicas (Figura 11). Os bandamentos máficos tem composição de anfibólio, feldspato e biotita, com textura lepidonematoblástica. Já nas porções mais félsicas, predominam quartzo e feldspato com textura granolepidoblástica.

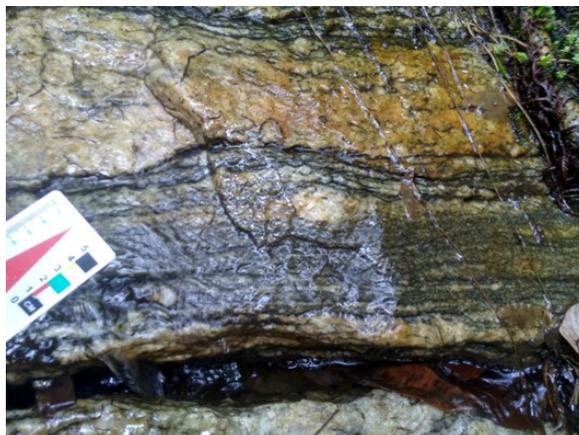


Figura 11 - Ortognaisse com bandamento gnáissico

3.2.1.2 Metagranitóide

Muitas vezes encontrado na forma de saprólito, a rocha é amplamente distribuída na porção centro-sul da área de estudo. Corresponde a 45% da área da região, tendo amplo domínio entre as cotas 750 e 950 m, marcando as menores cotas de toda a região. A rocha apresenta evidências de deformação, como a foliação de caráter milonítico, principalmente próximo ao contato com as supracrustais, além de veios de quartzo sigmoidais (Figura 12).



Figura 12 – Metagranitóide milonitizado com veio de quartzo sigmoidal

Em afloramento a rocha apresenta cor clara, composta por biotita (~5%), sericita (~5%), feldspato (~35%) e quartzo (~55%), composição estimada em amostra de mão. A sua granulação apresenta uma variação de fina a grossa, predomina granulação grossa nas porções mais feldspática, se comparado às porções da rocha que são mais ricas em quartzo. A rocha apresenta textura inequigranular porfírica, os pórfiros são essencialmente de quartzo e feldspato (Figura 13).

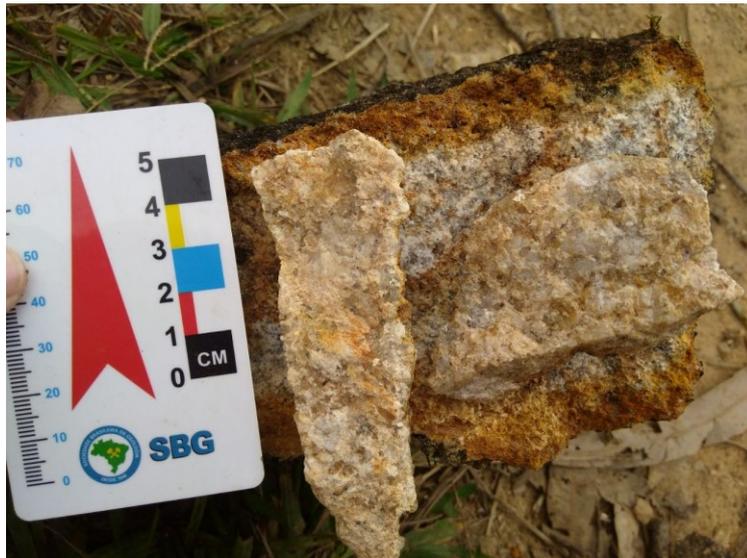


Figura 13 - Metagranitóide

3.2.2 Grupo Sabará

O grupo aparece indiviso na escala adotada, porém tendo o metapelito com maior expressão e BIFs subordinadamente. A unidade representa 15% da área mapeada, tendo seu domínio entre as cotas de 900 e 1100 m. Apresenta-se, muitas vezes, na forma de saprólito, e em fotos áreas é evidenciado pelas zonas com vegetação mais exuberante.

Os metapelitos são encontrados no extremo da norte da região. Exibem granulometria compreendida entre fração silte e argila, são compostos por principalmente quartzo, sericita e pequenas porcentagens de clorita. Apresentam-se de forma avermelhada e com os minerais de filossilicatos marcando a foliação, sendo em diversos locais bastante anastomosada.

A Formação Ferrífera Bandada (BIFs), aparece em pequenas porções da área, com bandamento típico, tendo camadas mais claras ricas em sílica e camadas mais escuras ricas em óxido de ferro. Apresenta baixa expressividade em área, não sendo representada no mapa geológico.

3.2.3 Grupo Itacolomi

A unidade está presente nas maiores altitudes da região, com cotas que variam de 900 a 1250 m. Cobrindo 25% da área mapeada, as rochas deste grupo tem amplo domínio na

porção à norte da Falha do Engenho, sendo identificadas em fotos aérea por textura rugosa e baixa densidade de vegetação.

Este grupo é representado pelos metarenitos e metaconglomerados (Figura 14), apresentam-se em tons cinza claros. Os metarenitos são compostos principalmente por quartzo, feldspato e sericita, com granulometria variando de fina a grossa. Na unidade é possível analisar e medir acamamento, duas foliações, lineação de interseção e fraturas. O contato superior do Grupo Itacolomi nas 4 colunas é com o Grupo Sabará, este serviu como limite à norte para o mapeamento das unidades.

O perfil da Serra de Santo Antônio do Salto tem na base uma intercalação de camadas de metarenito puro e de metaconglomerados sem estrutura. Seguidos por um pacote de 900 m de espessura aparente de metarenitos com variação de granulometria entre fração areia fina a areia média. Na base da unidade, há presença de fraturas preenchidas com quartzo e de grãos rotacionados que mostram movimento sinistral.

No perfil do Funil, há como no anterior, a intercalação entre as rochas metassedimentares na base, este com presença de estratificação cruzada acanalada nos metarenitos. Tendo uma espessura aparente de 700 m. Nesta seção, foi o melhor local para analisar e medir o contato com o Complexo Santo Antônio do Pirapetinga, nestas proximidades as rochas tem caráter milonítico e as foliações são mais evidentes.

Os perfis da Estrada para Mariana e do Ribeirão Grande tem apenas a ocorrência de metarenitos puros, com espessura aparente de 750 e 350 m, respectivamente. A granulometria varia de areia fina a areia grossa, em ambos.

O contato com o Complexo Santo Antônio do Pirapetinga é por falha transcorrente com movimento sinistral. Há ainda evidências de percolação de óxidos e veios de quartzo, indicando que a rocha sofreu processo de hidrotermalismo.

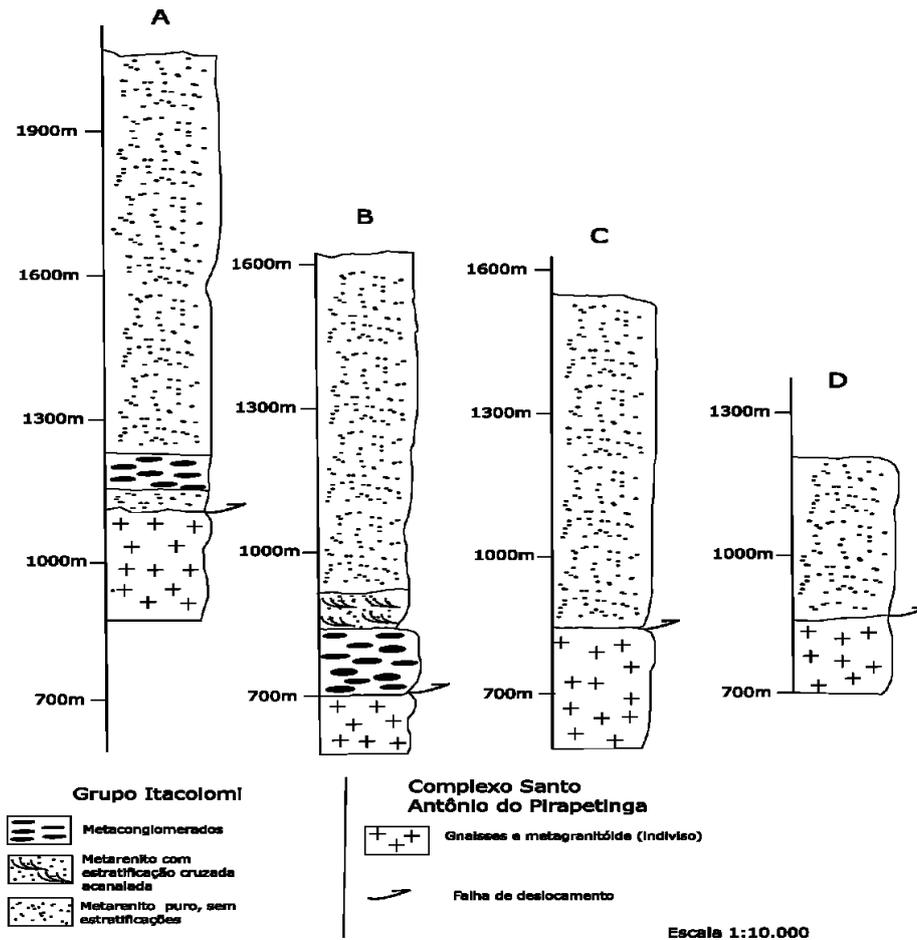


Figura 14 - Coluna estratigráfica das quatro áreas mapeadas, com ênfase para o Grupo Itacolomi. A – Serra de Santo Antônio d Salto, B – Funil, C – Estrada para Mariana, D – Ribeirão Grande

3.2.4 Diques metamáficos

Distribuída em toda região mapeada, com 5% de representatividade da área mapeada, a rocha encontra-se bastante intemperizada, ocorre principalmente na forma de saprólitos, blocos e matações dispersos no solo. Em afloramento, a rocha apresenta cor esverdeada, de granulação fina, composta por anfibólios, feldspatos e quartzo. A rocha apresenta-se, por muitas vezes, foliada.

A rocha ocorre como intrusão na forma de lapólitos.

3.3 GEOLOGIA ESTRUTURAL

O levantamento estratigráfico-estrutural ao longo da Falha do Engenho foi executado a partir de perfis que cortam perpendicularmente o *trend* principal da região, este *trend* está baseado na direção da própria Falha do Engenho, dos contatos litológicos e das principais foliações da área. Os perfis compreendem a região do distrito de Santo Antônio do Salto.

O mapa estrutural da área representa as principais estruturas (Figura 15), que serão detalhadas a seguir. O mapa foi construído com informações de campo e com interpretação das fotos aéreas existentes.

A descrição dos perfis é feita descrevendo as unidades presentes, de sul para norte, iniciando-se sempre no Complexo Santo Antônio do Pirapetinga. O contato entre as principais é sempre descrito, e quando inferido é citado

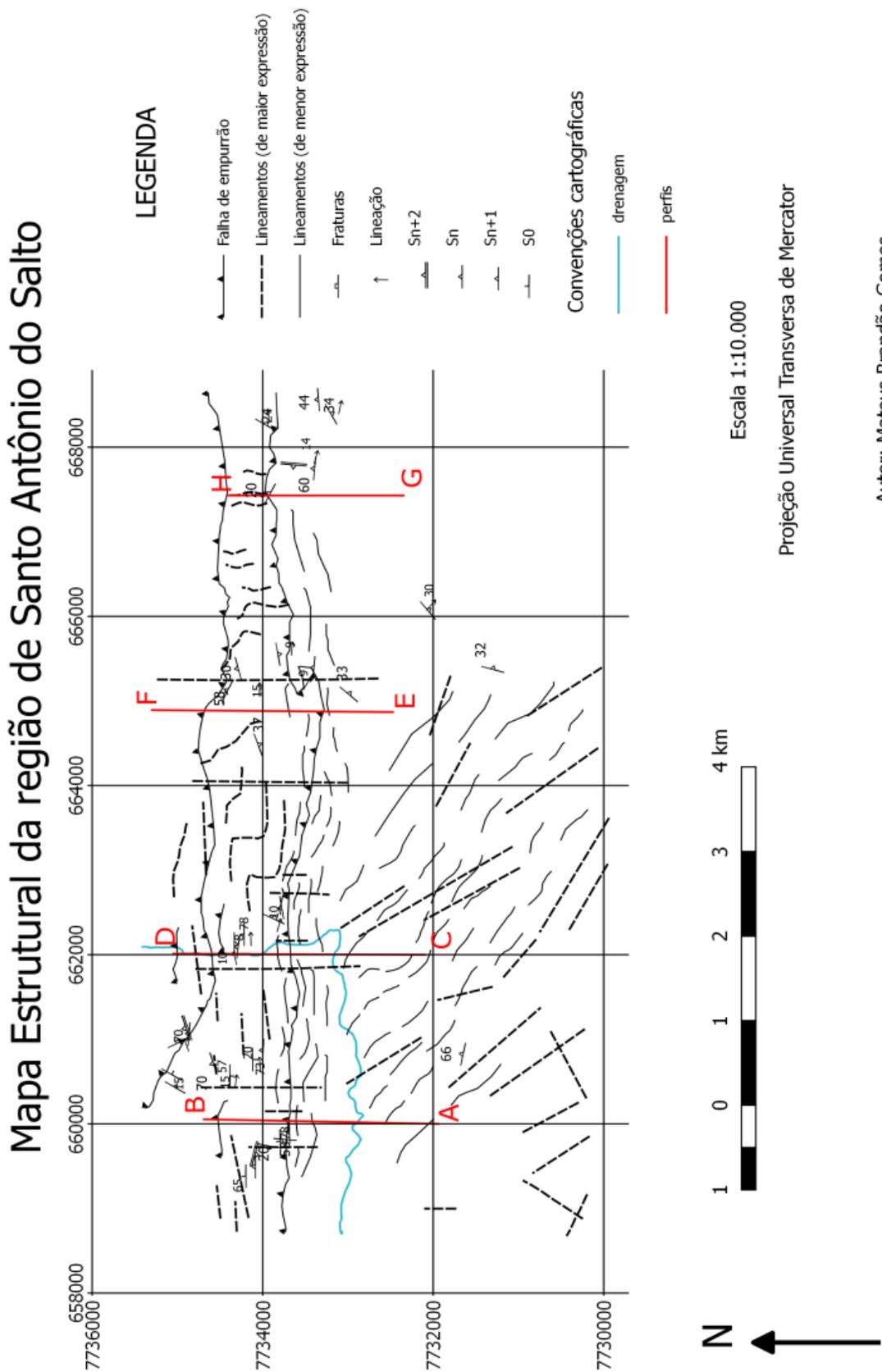


Figura 15 - Mapa estrutural de Santo Antônio do Salto, escala 1:10.000

3.3.1 Estereogramas

3.3.1.1 Bandamento gnáissico e acamamento

Nos gnaisses o bandamento gnáissico (Sb) tem uma distribuição bastante dispersa (Figura 16.A), porém com um trend de direção 210/40, como plano médio.

Como algo anterior as deformações, tem-se o acamamento (S0) de origem sedimentar, observado nos metarenitos do Grupo Itacolomi. Este é observado devido a variação granulométrica, além da presença de estratificações cruzadas acanaladas. A direção predominante do acamamento é E-W. Através da distribuição dos polos é possível determinar a distribuição em guirlanda (Figura 16.B).

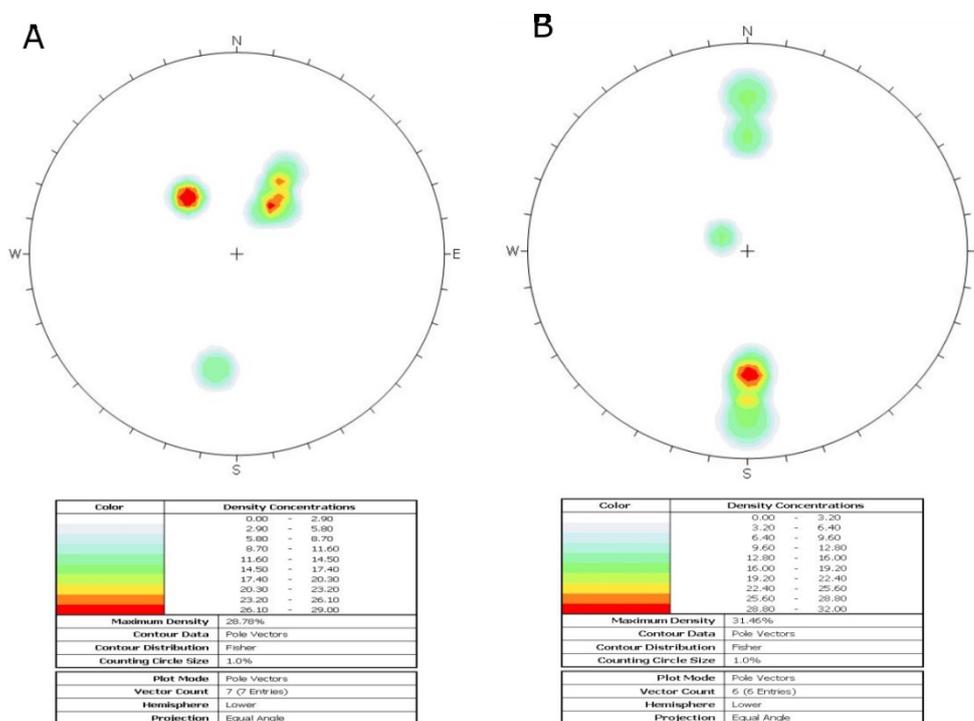


Figura 16 - A - diagrama de contorno de polos do bandamento composicional metamórfico no gnaisse (N=12) B - diagrama de contorno de polos de acamamento nos metarenitos (N=18).

3.3.1.2 Foliação (Sn) e Foliação (Sn+1)

A foliação apresenta-se penetrativa nas rochas, definida pela orientação dos minerais, em geral micas, quartzo e feldspato, o desenvolvimento independe da litologia. A Sn apresenta direção E-W com ângulos de mergulho que variam de baixo a médio, para norte e para sul (Figura 17).

Foliação (Sn+1) marcada por filossicatos, por vezes sericita, de menor penetratividade. Com maior expressividade perto dos contatos litológicos. A sua relação com o acamamento e com a foliação ocorre de forma oblíqua.

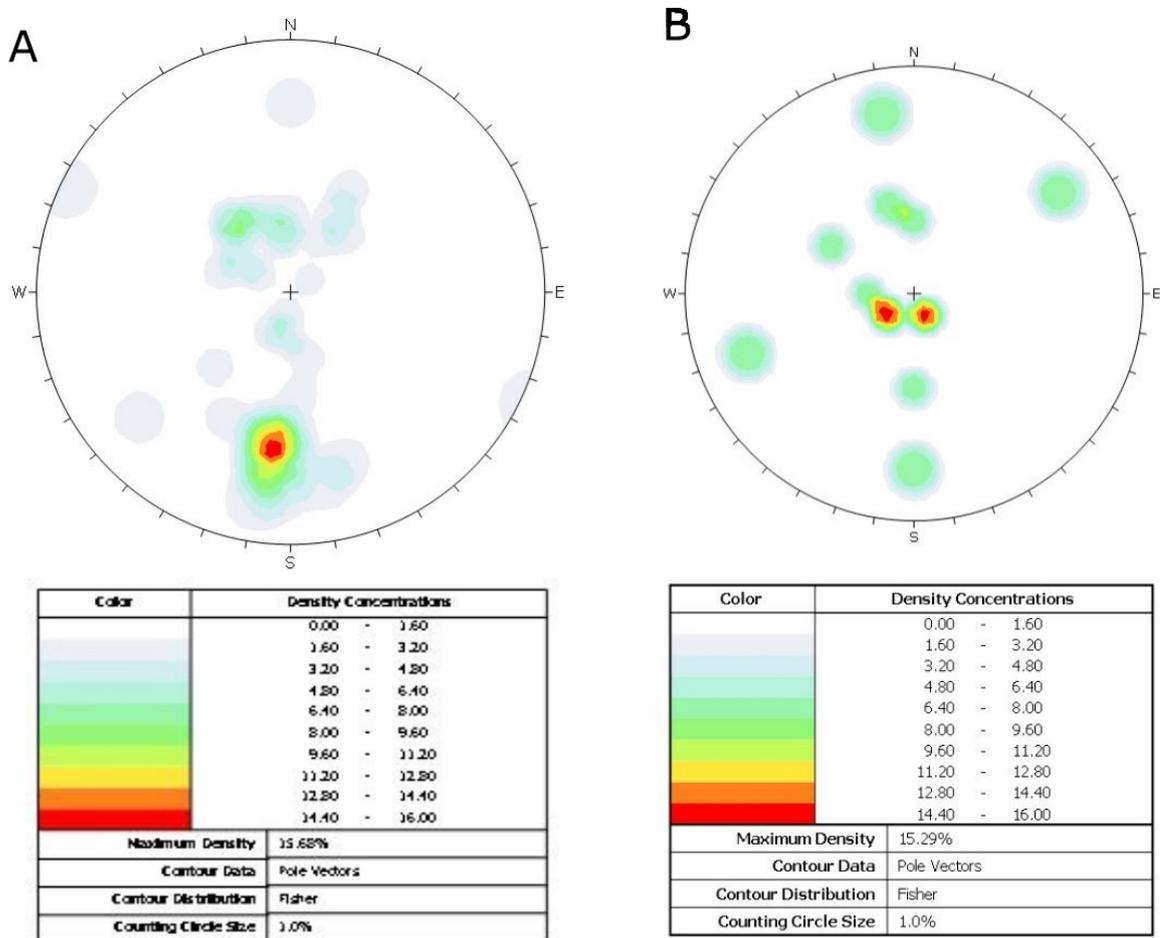


Figura 17 – A - diagrama de contorno de polos da foliação Sn (N=39). B - diagrama de contorno de polos da foliação Sn+1(N=13).

3.3.1.3 Lineação de interseção (Lint)

A lineação de interseção (Lint) foi gerada pelas foliações Sn, Sn+1 e/ou S0. Ela é definida por dois destes planos e pode ser observada em todas as litologias. Os diagramas estereográficos exibem padrão forte do tipo unimodal, com caimento das lineações predominantemente para leste, como pode ser observado na Figura 18.

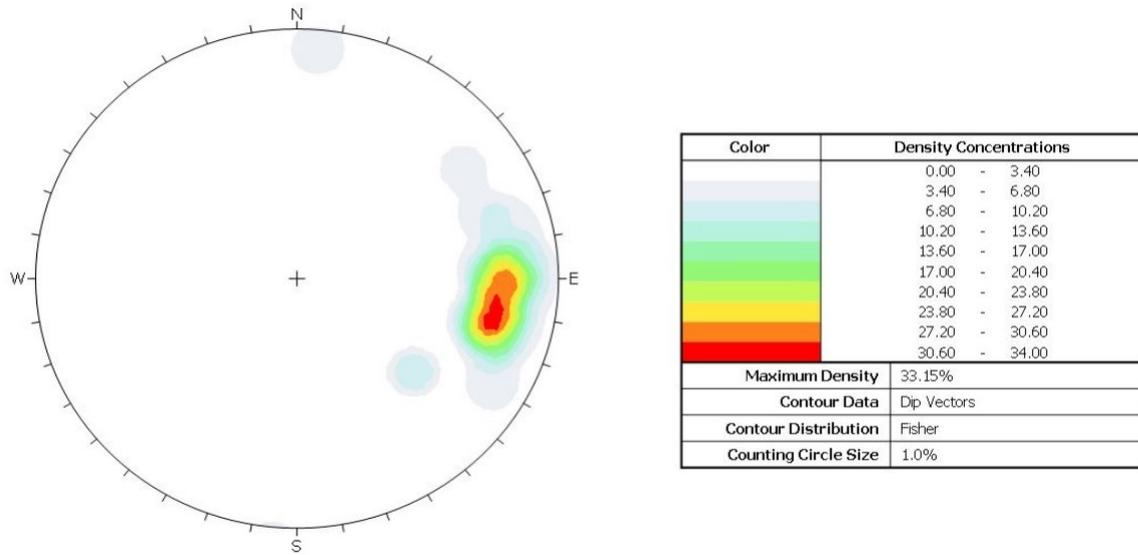


Figura 18 - Projção da lineação de interseção (Lint), (N=22).

3.3.1.4 Foliação de crenulação (Sn+2)

A estrutura está relacionada a trama rúptil, tem-se os planos de crenulação (Sn+2) e a lineação associada, de crenulação (Lcren). É uma estrutura pouco observada e de pouca penetrabilidade, possui direção bastante dispersa (Figura 19).

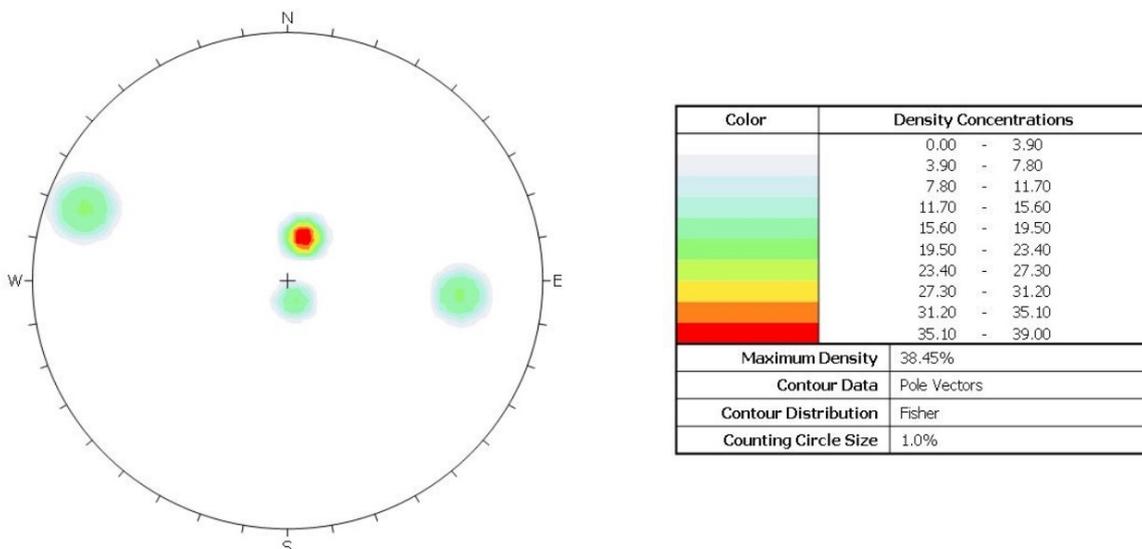


Figura 19 - Diagrama de contorno de polos da foliação de crenulação (Sn+2), (N=5).

3.3.1.5 Fraturas (Frat)

Como estrutura de caráter rúptil, temos sistemas de fraturas (Frat) que aparecem como algo repetitivo. Geralmente associado aos lineamentos N-S que cortam a área estudada, comprovados pela dispersão dos polos em guirlanda (Figura 20), que tem direção N-S com mergulho para ambas as direções. Estes planos de fraturas cortam S_0 , S_n e S_{n+1} .

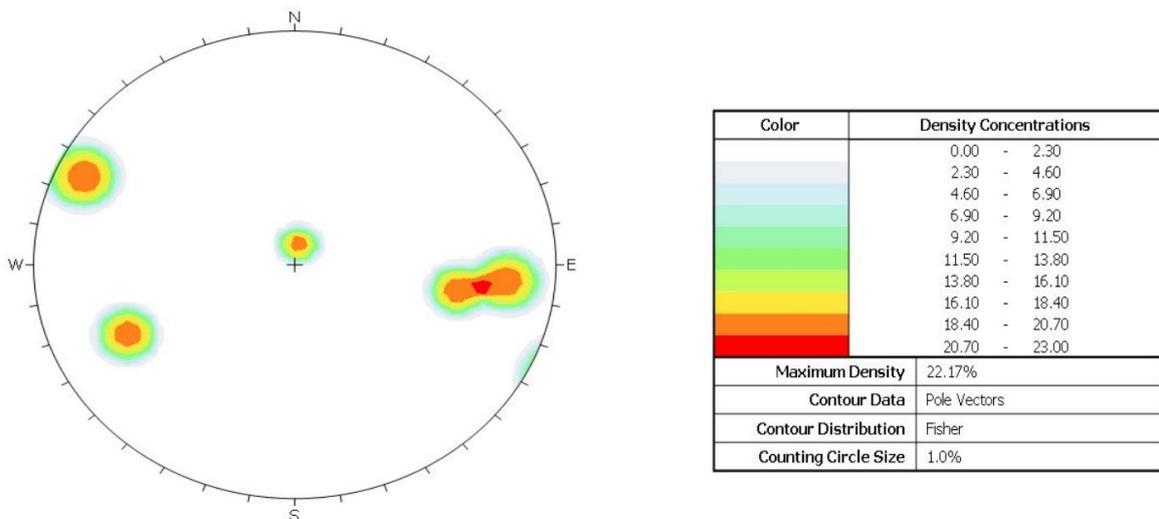


Figura 20 - Diagrama de contorno de polos das fraturas (N=5)

3.3.2 Seções geológicas

3.3.2.1 Perfil 1 – Serra de Santo Antônio do Salto (A-B)

Este perfil se localiza na porção oeste da área, compreende rochas do Complexo Santo Antônio do Pirapetinga, Grupo Sabará, Grupo Itacolomi e os diques máficos (Figura 21). O perfil se inicia próximo ao distrito de Santo Antônio do Salto e se estende até a estrada que liga à Lavras Novas (fora da área mapeada), com aproximadamente 2,5 km de extensão.

O embasamento está representado nesta seção apenas pelo metagranitóide. Este apresenta foliação (S_n) com direção E-W com mergulho variando, apresenta-se também bastante milonitizado, marcando uma segunda foliação (S_{n+1}). Tendo alta quantidade de filossilicatos por se encontrar próximo a zona de influencia da Falha do Engenho. O contato com o Grupo Itacolomi é inferido é por falha de deslocamento de alto ângulo.

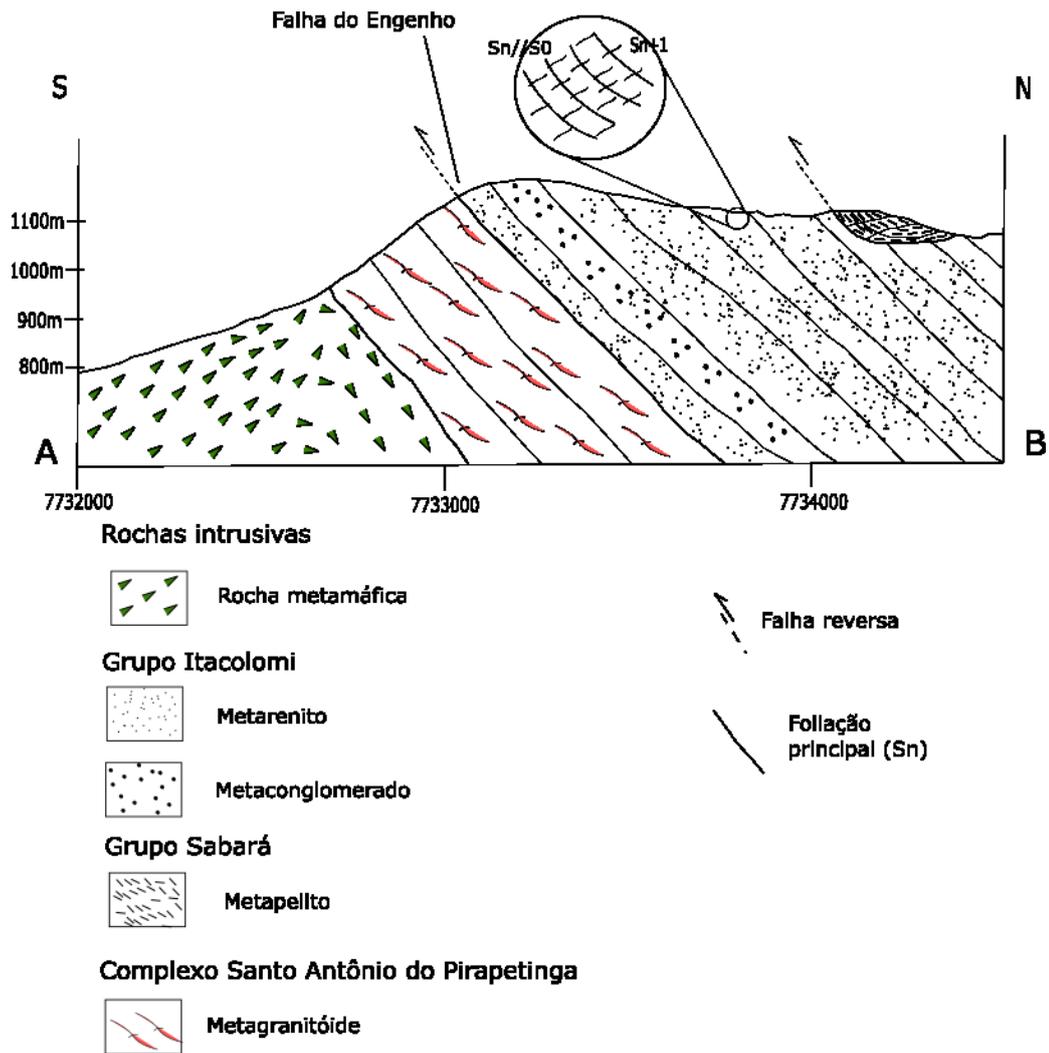


Figura 21 - Seção geológica Serra de Santo Antônio do Salto, oeste da região.

O Grupo Itacolomi apresenta o acamamento (S0) subparalelo a uma foliação (Sn) penetrativa, que tem direção E-W e mergulho para norte, o pacote tem 900 m de espessura. Existe também uma foliação (Sn+1), que em geral caem para sul, o traço desta foliação é visto no mapa estrutural (Figura 15). A interseção desses dois planos produz uma lineação de interseção (Lint) com sentido para leste. Como estruturas rúpteis, têm-se os planos de crenulação (Sn+2), lineação de crenulação (Lcren) e fraturas (algumas vezes preenchidas por quartzo), com medida 275/78, com movimento sinistral. Estas fraturas tem reflexo nos lineamentos N-S da região.

No extremo norte do perfil, há a ocorrência de uma lente do Grupo Sabará, com espessura de poucos metros. Os metapelitos apresentam acamamento (S0) e foliação (Sn) com

direção E-W com mergulho para sul. Nesta foliação há dobras com eixo 145/7. A foliação (Sn+2) mergulho para SES. A lineação de interseção (Lint) entre estas duas foliações tem sentido para leste, com baixo caimento. Esta lente de metapelito tem contato como falha de empurrão sobre o metarenito.

Há ainda a presença dos diques máficos, estes cortam o embasamento. Esta litologia se apresenta bastante intemperizada e por esse motivo, fica difícil a identificação de foliação e outras estruturas.

3.3.2.2 Perfil 2 – Funil (C-D)

Esta seção se localiza na porção centro-oeste da área. As unidades representadas são o embasamento, representado pelo Complexo Santo Antônio do Pirapetinga, os metapelitos do Grupo Sabará, os quartzitos do Grupo Itacolomi e os diques máficos (Figura 22). O perfil tem extensão de, aproximadamente, 3,5 km de extensão.

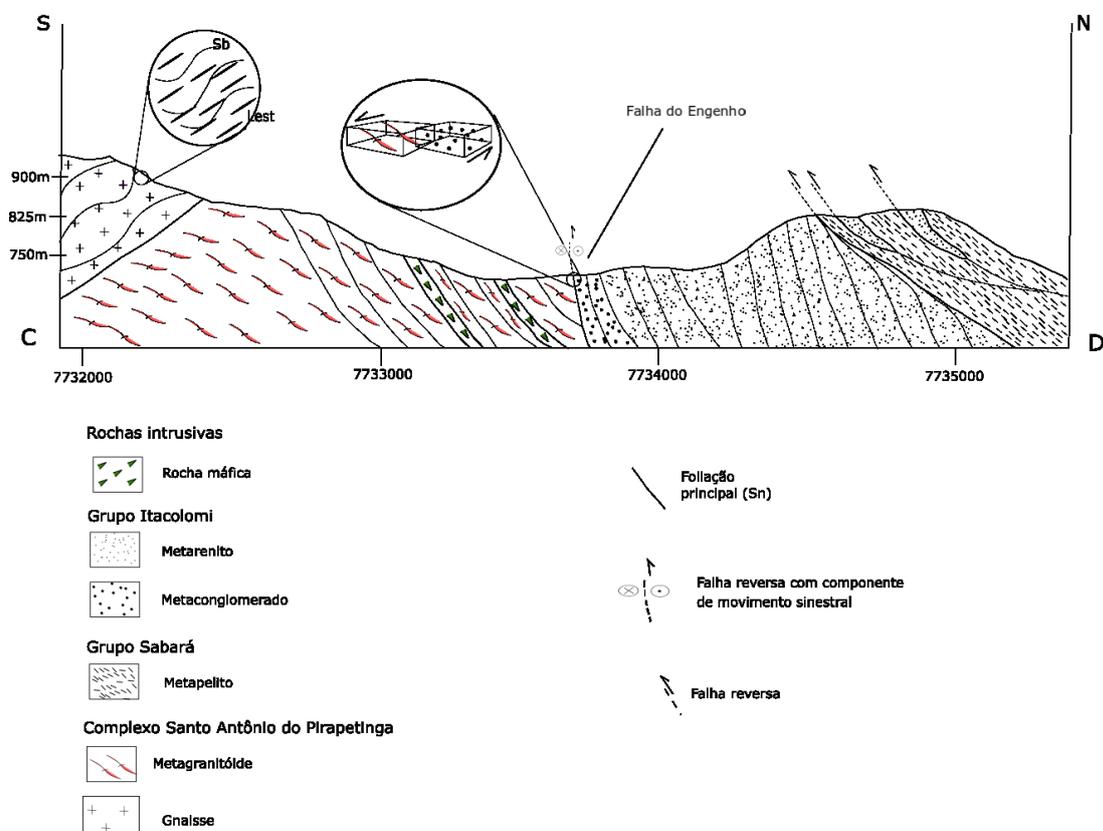


Figura 22 - Seção geológica Funil, centro-oeste da área

A seção se inicia no domínio gnáissico, este se apresenta dobrado com bandamento gnáissico (Sb) com direção NW-SE com mergulho para SW, evidenciado em lineamentos no mapa estrutural (Figura 15). Esta litologia marca as altas cotas altimétricas do embasamento. O eixo de dobra foi medido e nos mostra direção 320, com caimento de 27 graus (Figura 23). Têm-se também, o metagranitóide do Complexo Santo Antônio do Pirapetinga com foliação (Sn) com direção W-E e mergulho para norte. Tem-se ainda a foliação (Sn+1), que também tem direção W-E, porém com mergulho para sul. A lineação de interseção destes dois planos t^eFigura 23 - Gnaiss com microdobra de arrasto, com eixo 315/45, ponto XX acrustais é por meio de uma falha transcorrente reversa sinistral, que mostra que o Complexo Santo Antônio do Pirapetinga foi empurrado sobre o Grupo Itacolomi que havia se depositado sobre o embasamento.



Figura 23 - Gnaiss com microdobra de arrasto, com eixo 320/27

O Grupo Sabará se deposita sobre os metarenitos e o contato é por meio de uma falha de empurrão, com pacote de aproximadamente 350 m. A foliação (Sn) tem direção W-E e mergulho para norte.

Ao chegar próxima a maior cota da região, encontram-se os metarenitos do Grupo Itacolomi, com espessura aparente próxima a 700 m. Na base têm-se uma gradação de metaconglomerados para um metarenito médio. O acamamento (S0) sub-paralelo a foliação (Sn), ambos com direção W-E, e mergulho para norte. Tem-se uma foliação (Sn+1) que tem a mesma direção da anterior, porém mergulha para sul. Na base deste grupo, próximo ao

fraturas (Frat), algumas com movimentação, tendo medidas de 325/68 e 115/83. A lineação de interseção tem sentido para leste e mergulho de baixo ângulo.

Os diques máficos cortam o metagranitóide e seguem a direção da foliação da rocha sobre a qual está encaixado.

3.3.2.3 Perfil 3 – Estrada Mariana (E-F)

Este perfil foi feito na porção centro-leste da área, com aproximadamente 3 km de comprimento engloba rochas do Complexo Santo Antônio do Pirapetinga, litologias do Grupo Sabará e Itacolomi, além das rochas ultramáficas e máficas (Figura 24). Estas unidades apresentam, em geral, trend W-E.

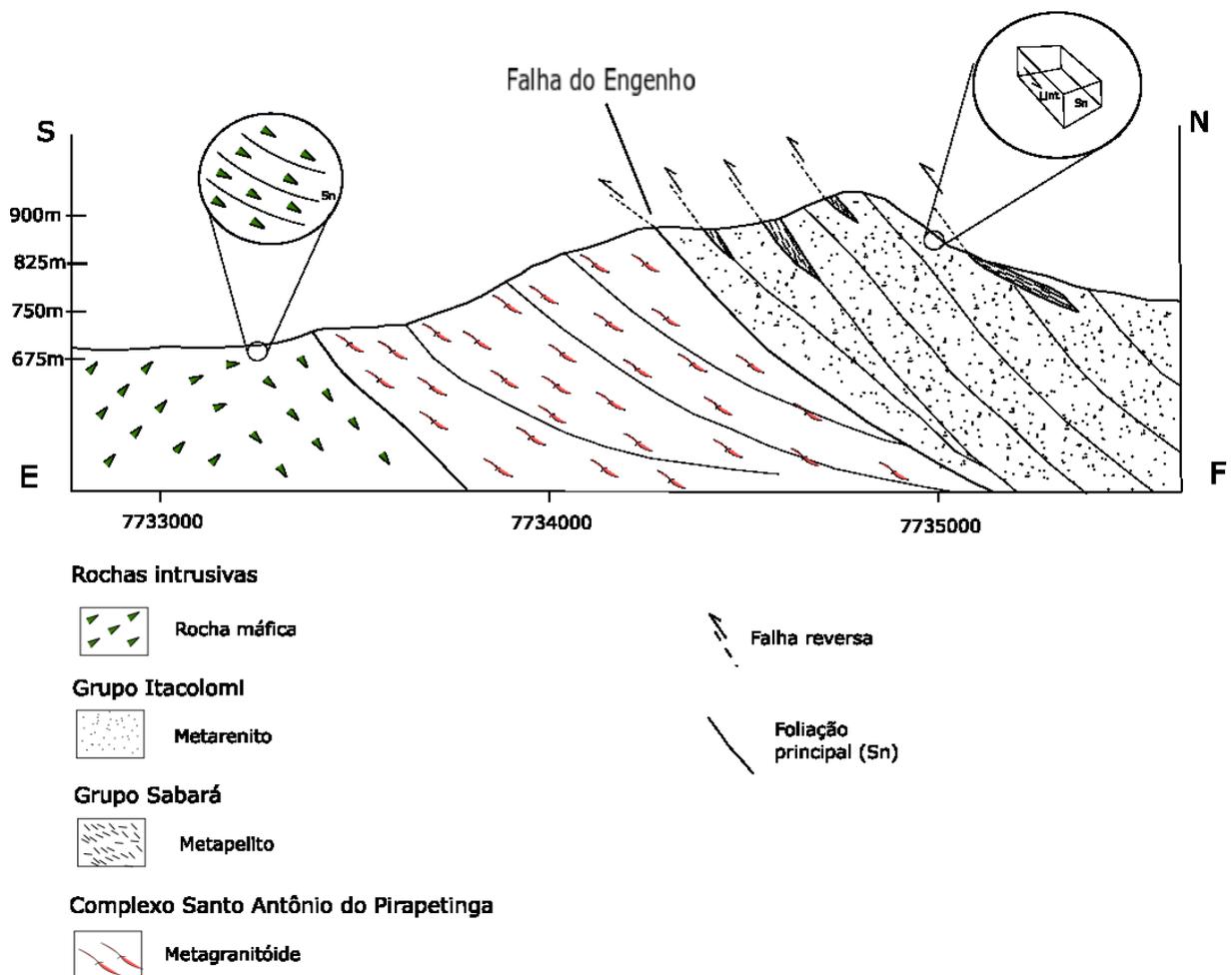


Figura 24 - Seção geológica Estrada Mariana, centro-leste da área

O Complexo Santo Antônio do Pirapetinga está representado apenas pelo metagranitóide, que se apresenta na porção central do perfil e aparece de duas formas, como afloramento sendo possível observar as estruturas e, também, como saprólito. A foliação (S_n) varia muito a direção do mergulho, mas a direção se mantém W-E, com o mergulho variando para sul ou norte. A foliação (S_{n+1}) obtida tem direção NE e mergulho para NW. A lineação de interseção (L_{int}) mantém sentido para leste e baixo mergulho.

O contato do metagranitóide com o Grupo Itacolomi é de alto ângulo, sendo inferido, pois estas rochas apresentam-se milonitizadas e fica dificultada a identificação precisa dos protólitos macroscopicamente. O Grupo Itacolomi apresenta a foliação (S_n) com direção W-E e mergulho para sul, estando em alguns locais anastomosada. A segunda foliação (S_{n+1}), com mergulho para ESE, sendo mais identificada próximo ao contato com o embasamento. A lineação de interseção (L_{int}) entre S_n e S_{n+1} , tem sentido para leste, com caimento próximo de 15 graus. Há ainda uma as estruturas de caráter rúptil, as de crenulação, com o plano de crenulação (S_{n+2}) com medida 110/82 e a lineação de crenulação (L_{cren}) com sentido para sul. Este grupo apresenta neste perfil, espessura de 750 m.

O Grupo Sabará aparece sob a forma de lascas sobre os metarenitos, de espessuras métricas, e este contato é de baixo ângulo. A foliação (S_n) identificada marca direção W-E e mergulho para norte. A lineação, desta vez, de estiramento mineral (L_{est}) tem sentido para leste.

As rochas máficas e ultramáficas estão representadas na porção sul do perfil, com foliação (S_n) bastante dispersa. Presentes nos locais com vegetação mais densa e exuberante e, por vezes, intemperizadas e sob a forma de solos.

3.3.2.4 Perfil 4 – Ribeirão Grande (G-H)

Esta seção foi feita na porção leste da área e engloba os metagranitóides do embasamento, além das supracrustais que compreendem o Grupo Sabará e Grupo Itacolomi (Figura 25). Neste perfil o embasamento tem a maior expressão dentre os perfis e, onde o embasamento se encontra mais a norte.

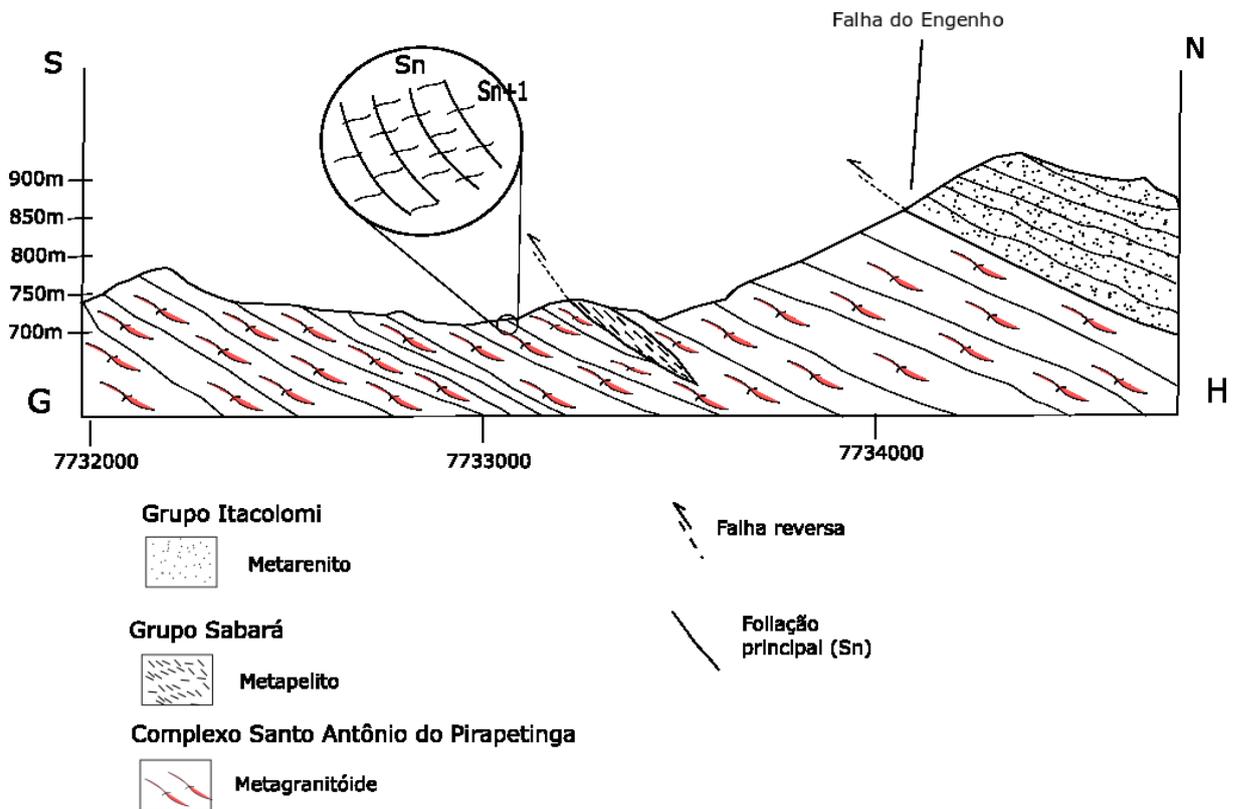


Figura 25 - Seção geológica Ribeirão Grande, leste da área

A única rocha do embasamento presente no local são os metagranitóides do Complexo Santo Antônio do Pirapetinga. A primeira estrutura é a foliação (Sn) que apresenta medidas em diversas direções, tendo o ENE como principal e mergulho para SES. A segunda foliação (Sn+1) tem direção W-E e mergulho para sul. A interseção entre Sn e Sn+1 marca uma lineação (Lint), que mantém o sentido para leste.

No embasamento, há planos e lineações de crenulação, com medidas 275/68 e 15/10, respectivamente. A presença de fraturas preenchidas com quartzo sigmoidal mostra movimento sinistral, apresentando medida 255/22 e com movimento de WNW para ESE.

O Grupo Sabará aparece apenas na forma de lasca, esta litologia tem pequena espessura, tendo em afloramento apenas uma foliação (Sn) visível, com mergulho para norte. Importante salientar que há presença de muitos grãos de magnetita.

A parte norte do perfil foi visitada, porém devido ao alto grau de intemperismo e grande concentração de vegetação arbustiva, a coleta de medidas estruturais foi impossibilitada. Então por meio de foto interpretação, utilizando critérios de morfologia e

vegetação, o Grupo Itacolomi foi colocado no perfil. Com a foliação principal (Sn) mergulhando para norte e espessura de 350 m.

CAPÍTULO 4

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 CARACTERÍSTICAS DAS BACIAS DO TIPO *FLYSCH* E MOLASSA

Para entender a evolução tectônica da área é importante primeiro tratar sobre a forma que as rochas supracrustais se depositaram. O Grupo Sabará e o Grupo Itacolomi, que englobam as litologias de origem sedimentar, têm deposição e características distintas.

4.1.1 Bacias do tipo *Flysch*

Segundo Alkmim & Marshak (1998), o Grupo Sabará é uma bacia do tipo *flysch*, representado por turbiditos oriundos de terrenos mais elevados a sudeste. Os turbiditos são considerados como produto de materiais provenientes de área emersas, em um ambiente de mudanças drásticas nas condições deposicionais da bacia, isto ocorre devido à inversão tectônica instalada à época transamazônica (Guitarrari 1999).

O Grupo Sabará mostra uma mudança no sistema deposicional e nas áreas fontes em comparação as outras unidades do Supergrupo Minas (Almeida 2005). Para Reis (2002), o modelo deposicional seria de leque submarino com planície de bacia.

Para Einsele (2000) os sedimentos do tipo *flysch* preenchem, em grande parte, bacias remanescentes (Figura 26). Costuma-se ser incorporado no *fold and thrust belt* de um cinturão orogênico em evolução.

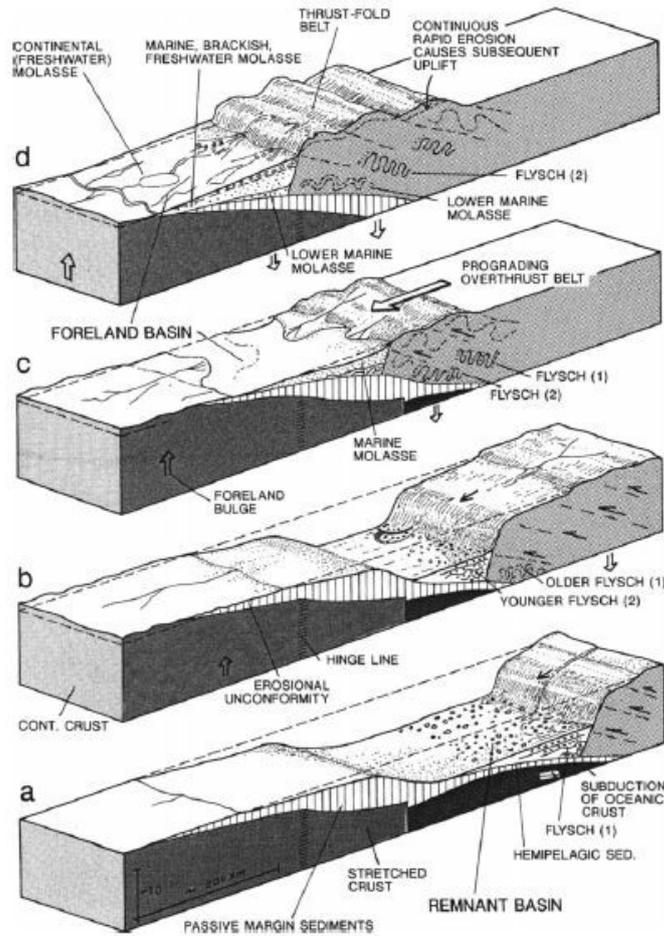


Figura 26 - Modelo de transição de bacia remanescente oceânica (a, b) para bacia de foreland (c, d), com evolução do cinturão orogênico. (Retirado de Einsele 2000)

Einsele (2000) afirma que a composição e o tamanho dos grãos pode variar bastante devido a heterogeneidade das fontes dos sedimentos, que podem ser intra ou extra basal. Os depósitos do tipo *flysch* tem amplo espectro de distribuição e podem incluir leitos conglomeráticos proximais, fluxo de detritos grosseiros, bem como xistos de turbiditos distais (Figura 27). Reis (2002) propõe que o Grupo Sabará é depositado em bacia de antepaís compartimentada.

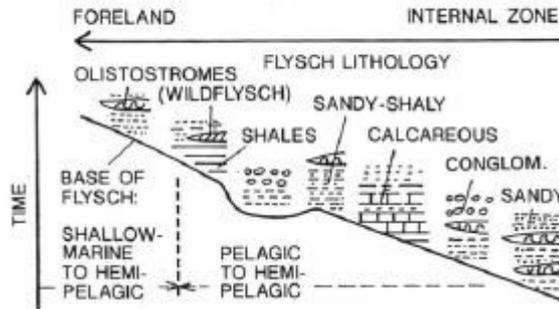
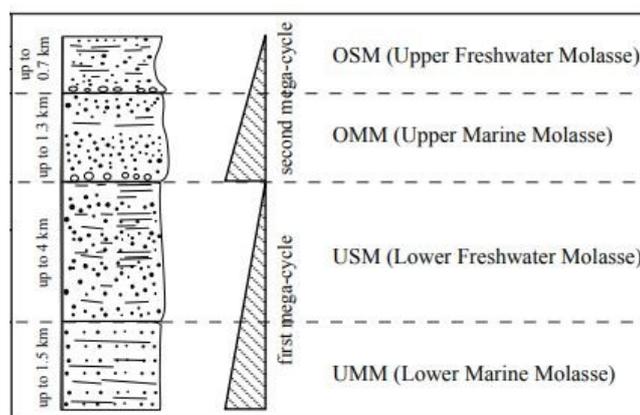


Figura 27 - Esquema simplificado de bacias jovens *flysch* em direção ao *foreland*, como observado nos Alpes Suíços (Retirado de Einsele 2000).

4.1.2 Bacias do tipo Molassa

O final do estágio de evolução de um cinturão orogénico é caracterizado pela formação de depressões alongadas na crosta continental entre o cráton adjacente e o cinturão orogénico. No QF, este processo ocorreu durante a fase de colapso extensional da Orogenia Riacciana, época que houve a deposição do Grupo Itacolomi (Alkmim & Martins-Neto 2012). Essas bacias podem se formar dos dois lados do cinturão (Einsele 2000), as chamadas de pró-antepaís, quando se desenvolvem sobre a placa subductada, e retropaís, quando se desenvolvem sobre a placa cavalgante.

Einsele (2000), utilizando como modelo clássico a evolução da bacia dos Alpes Suíços, diz que a composição litológica predominante é de conglomerados e arenitos (Figura 28), com composição mineralógica bastante diversa. Os conglomerados podem apresentar granulometria tamanho cascalho, dependendo do clima e do relevo. Os arenitos podem variar na proporção de quartzo e feldspato, que são os minerais principais.



As bacias do tipo molassa correspondem ao local onde houve a deposição do Grupo Itacolomi, com uma fonte não-cratônica (Alkmim & Marshak 1998). Este tipo de bacia tem geometria do tipo cunha em seção, com diminuição gradual da profundidade em direção ao cráton (Figura 29).

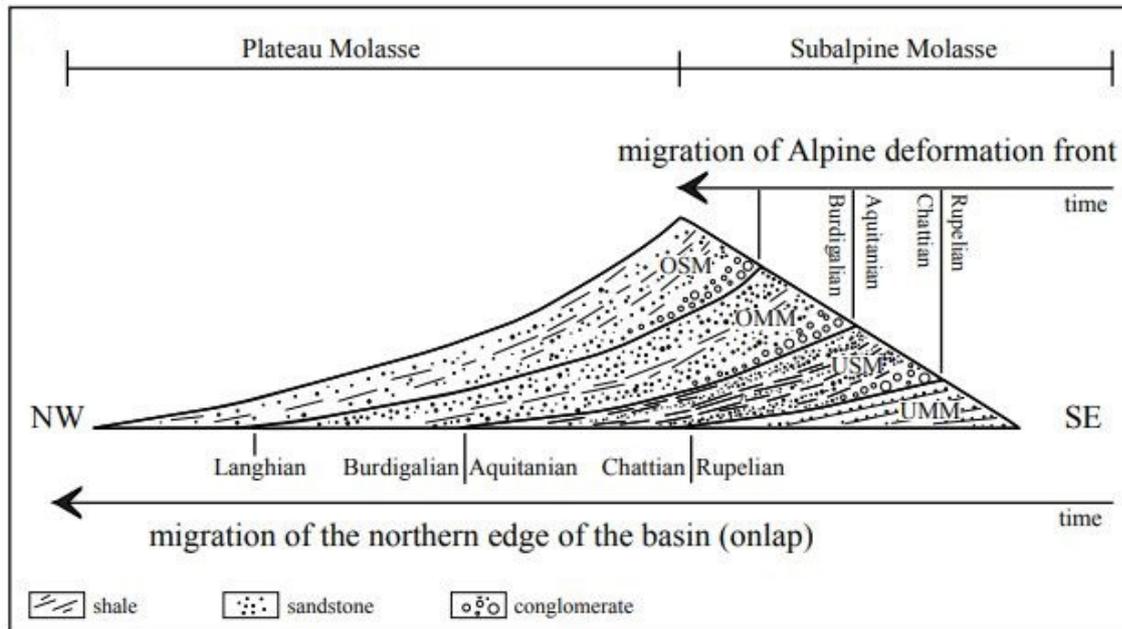


Figura 29 - Seção tipo com geometria padrão, retirado de Ibele (2011)

4.2 EVIDÊNCIAS ESTRATIGRÁFICAS

4.2.1 Grupo Sabará

Reis (2002) afirma que o arranjo das fácies e o arranjo estratigráfico em sucessivos ciclos em granocrescência ascendentes no Grupo Sabará mostra que a formação da bacia foi controlada por processos externos a bacia, como suprimento sedimentar e geração de espaço. O arranjo do arcabouço em ciclos sucessivos indica que a sedimentação ocorreu com altas taxas de geração de espaço de acomodação, em relação a taxa sedimentar que a bacia recebia, evidenciado pela deposição de fácies pelíticas, litologia deste grupo mais presente na área de estudo deste trabalho.

4.2.2 Grupo Itacolomi

Duque (2018) trata o Grupo Itacolomi como uma sucessão de natureza aluvial, com características parecidas com a de sistemas fluviais entrelaçados. As sequencias arenosas e conglomeráticas deste grupo associam-se ainda a complexos de leques aluviais. Considerando o caráter pós-orogênico da unidade, com sedimentos depositados em bacia do tipo molassa, com deposição em bacias intermontanas, a unidade conglomerática está relacionado a depósitos proximais. Enquanto a porção arenosa estaria relacionada aos depósitos mediais e distais.

Einsele (2000) mostra a coluna estratigráfica da bacia da Suíça e da Alemanha (Figura 30), que é entendida como molássica. A comparação entre essa bacia e a bacia em que se deposita o Grupo Itacolomi pode ser feita com base na litologias presentes e na composição mineralógica.

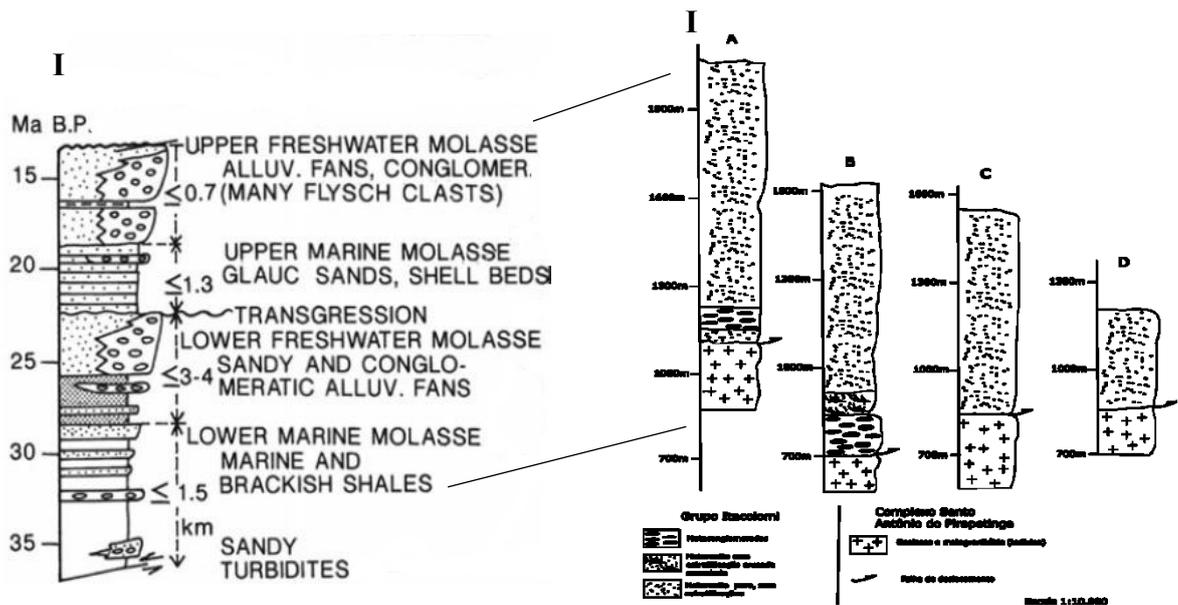


Figura 30 – I - Coluna estratigráfica da bacia da Suíça e Alemanha (retirado de Einsele 2000). II – Colunas estratigráficas das áreas mapeadas em Santo Antônio do Salto.

Na bacia idealizada por Einsele (2000), os conglomerados e os arenitos compõe a coluna estratigráfica. Os conglomerados são de granulometria fração cascalho, sendo comumente encontrado na base das bacias, em porções proximais. Os arenitos apresentam ricos em quartzo e feldspato, às vezes, com presença de fragmento de rochas, sendo

depositados nas porções mediais e distais da bacia. No topo da sequencia, nos estágios finais da deposição, pode haver incorporação de lascas erodidas dos depósitos flysch ou até mesmo dos próprios depósitos molássicos.

O Grupo Itacolomi, visitado na região de estudo, apresenta características semelhantes à apresentada na bacia da Suíça e da Alemanha. A composição quartzo-feldspática dos arenitos e, também a presença dos conglomerados apresentam distribuição que corroboram com a teoria de deposição da unidade em bacia do tipo molassa. Duque (2018) interpreta a unidade como depositada em leques aluviais, mesmo ambiente deposicional que Einsele (2000) aloca as bacias europeias, evidenciada na Figura 30.

4.3 ESTRUTURAL

Segundo Einsele (2000) é comum o desenvolvimento de falhas intraplaca, muitas vezes falhas reversas, no interior da bacia, durante ou após a deposição dos sedimentos. Afetando a crosta continental subjacente e contribuindo para o encurtamento crustal. Normalmente são subparalelos ao eixo da bacia, sendo em certos casos responsável pela segmentação da bacia (Figura 31)

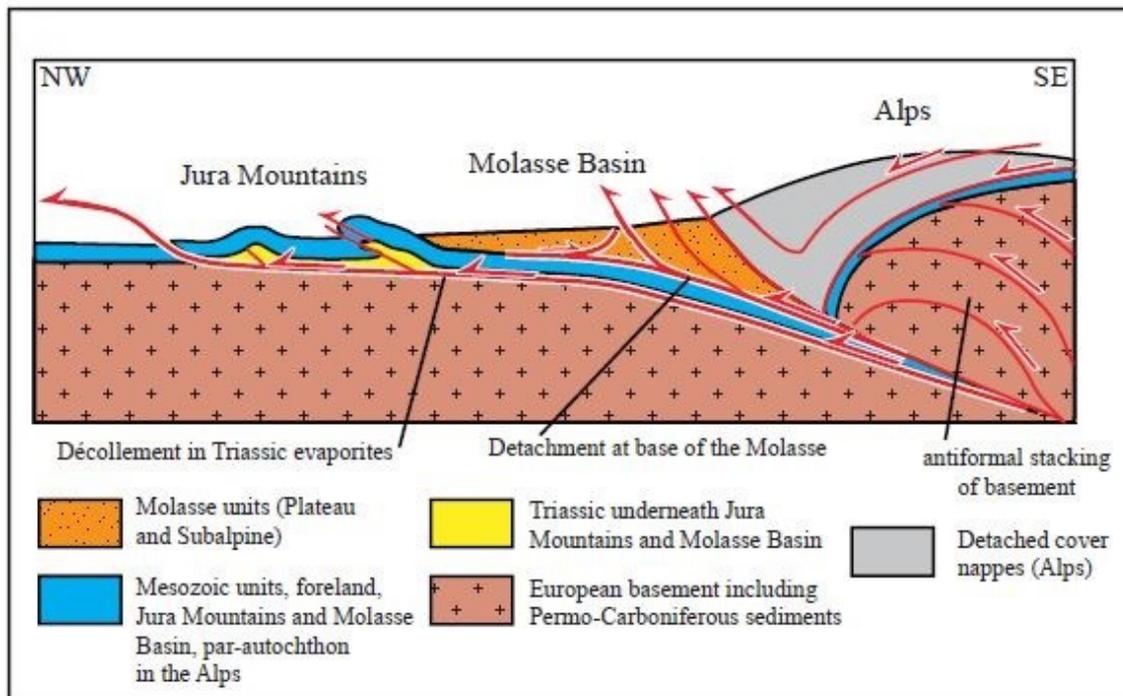


Figura 31 - Estruturação da bacia dos Alpes Suíços, seção tipo (Ibele 2011)

A foliação (S_n) que apresenta, em geral, mergulho para norte, está relacionada ao plano de falha principal, este plano já existia na época da deposição. Nas rochas de origem sedimentar, a foliação (S_n) se encontra subparalelo ao acamamento (S_0), sendo este plano de ruptura onde posteriormente se localizaram as falhas de empurrão e transcorrente. Como ilustrado nas seções geológicas, a foliação (S_n) está subparalelo aos planos de falha e aos contatos entre as litologias.

Fossen (2012) afirma que falha antitética é uma falha com mergulho na direção oposta à falha mestra ou a um conjunto de falhas dominantes. Esta feição ocorre na região de Santo Antônio do Salto sendo a estrutura que marca a foliação (S_{n+1}), com mergulho pra sul. Presente tanto no embasamento, como nas unidades supracrustais, esta foliação aparece como resposta ao plano principal de falha, marcado pela foliação (S_n) de caráter mais penetrativa. Nos esboços dos perfis é mostrada sua relação com S_n e com S_0 , exemplificando o seu caráter menos prenatativo e sua feição bem marcada perto dos contatos.

As duas estruturas de caráter rúptil da área de estudo, foliação de crenulação (S_{n+2}) e fraturas, são associadas aos lineamentos N-S que cortam a área estudada. A direção das estruturas é apresentada nos estereogramas, feitos com medidas obtidas em campo, e comprovadas por lineamentos de grande porte que cortam as unidades na direção N-S.

4.4 EVOLUÇÃO TECTÔNICA NA REGIÃO DE SANTO ANTÔNIO DO SALTO

De acordo com Noce et al. (1998), a plataforma que compõe a porção sul do Quadrilátero Ferrífero foi estabilizada a 2,6 Ga. A colisão entre os crátons São Francisco e Congo (Alkmim & Martins Neto 2012), durante a Orogenia Transamazônica (2,16 – 2,0 Ga), gerou um cinturão de dobramentos e cavalgamentos paleoproterozoico, chamado de Cinturão Mineiro (Teixeira et al. 2000). O cinturão foi formado por sucessivas acreções de arcos oceânicos e continentais nas margens sudeste e leste do Cráton São Francisco.

Segundo Teixeira et al. (2000), durante esta orogenia houve geração de tonalitos de origem mantélica, além de intrusões de granitos crustais entendidos como sin a pós-colisionais. O Grupo Sabará depositou-se nesta época, com sedimentos vindos principalmente dos depósitos do Cinturão Mineiro (Reis 2002).

Alkmim & Marshak (1998) afirmam que o colapso orogênico que sucede a Orogenia Transamazônica seria o gatilho para a deposição do Grupo Itacolomi. Os diques máficos que cortam todas as litologias da região de Santo Antônio do Salto estão relacionados a esforços distensivos de abertura da bacia do Espinhaço, de idade de 1,7Ga. (Silva et al. 1995). Estas rochas sofreram então deformação no evento Brasileiro, que Alkmim & Marshak (1998) caracterizam como transporte para NW.

O evento Brasileiro está responsável pela reativação das estruturas, o desenvolvimento do Orógeno Araçuaí com vergência para oeste, gerando as falhas de empurrão N-S do Sinclinal Dom Bosco, que se encontra a oeste da área de estudo. O contato entre o Complexo Santo Antônio do Pirapetinga e o Grupo Itacolomi acomodaram boa parte deste processo, concentrando a deformação e gerando as feições miloníticas da região. As falhas de empurrão, localizadas nos contatos entre as unidades, remetem a este evento compressivo.

Piassa (2014) afirma que a sequência de rochas apresentadas seja o flanco inverso de uma antiforme com vergência para sul, sendo o redobramento do flanco inverso de uma dobra recumbente regional. Porém, os dados obtidos em campo mostram indicadores cinemáticos com movimento sinistral, contrários a cinemática dextral proposto, isso não exclui o modelo do arcabouço estrutural proposto por Piassa (2014). Campos (2015) sugere movimento sinistral na zona milonítica influenciada pela Falha do Engenho, mesma vorticidade vista neste estudo.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

A zona que apresenta maior milonitização é a porção que acomodou o movimento entre o Complexo Santo Antônio do Pirapetinga e o Grupo Itacolomi, sendo o contato entre essas unidades por falha transcorrente sinistral com componente reverso.

O Complexo Santo Antônio do Pirapetinga no domínio dos gnaisses apresenta estruturação com direção NE-SW. Essa feição é possível de ser vista nas fotos aéreas e também nos mapas produzidos. Os metagranitóides aparecem distribuídos por todo o complexo e correspondem a litologia do embasamento que faz contato com as supracrustais.

A deposição do Grupo Sabará, composto por metapelitos e BIFs, ocorreu em uma bacia do tipo *flysch*, em ambiente sin-orogênico. O Grupo Itacolomi, composto por metarenitos e metaconglomerados, depositou-se em bacia do tipo molassa, em ambiente sin a pós-orogênico. A rocha intrusiva, representado pelas metamáficas, é a unidade mais nova da região.

A relação entre as estruturas vistas nas litologias refletem estruturas que podem ser observadas em foto aérea, e foram representadas nos mapas geológicos e estruturais. A foliação (Sn) está relacionada ao plano principal da região, que mergulha para norte. A foliação (Sn+1) está ligada as falhas antitéticas, com mergulho para sul e que surgiram como resposta à falha principal. As estruturas rúpteis, foliação de crenulação e fraturas, associados aos lineamentos N-S.

Trabalho de campo para coleta de amostras e posterior confecção de lâminas nas unidades devem ser realizados para entender com detalhe a composição mineralógica e as microestruturas. Trabalhos de geocronologia devem ser realizados nos metapelitos, para alocar corretamente estes na coluna estratigráfica, de acordo com sua exata idade de deposição e metamorfismo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkmim F. F. & Ribeiro F. M. 1997. O Sistema de Falhas em Duplex Oblíquo da Serra de Ouro Branco, Quadrilátero Ferrífero, MG. *In: 6º Simpósio Brasileiro Nacional de Estudos Tectônicos*. Pirenópolis, p. 250-252.
- Alkmim, F.F., Marshak, S., 1998. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton, Minas Gerais, Brazil: Evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research* 90, 29 e 58.
- Alkmim, F.F., Martins-Neto, M.A., 2012. Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco craton, eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology* 33, 127–139.
- Alkmim, F.F., Noce, C., 2006. The Paleoproterozoic record of the São Francisco Craton. IGCP 509 Field workshop, Bahia and Minas Gerais, Brazil. *Field Guide & Abstracts, Brazil*, p. 114.
- Almeida, F.F.M., Brito Neves, B.B., Carneiro, C.D.R., 2000. Origin and evolution of the South American Platform. *Earth-Science Reviews* 50, 77e111.
- Almeida L. G., Castro P. T., Endo I., Fonseca M. A. 2005. O Grupo Sabará no Sinclinal Dom Bosco, Quadrilátero Ferrífero: Uma Revisão Estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, 35(2):177-186.
- Baltazar, O.F., Pedreira, A.J., 1998. *In: Departamento Nacional de Produção Mineral. Associações litofaciológicas*. (Belo Horizonte), DNPM.
- Bento dos Santos, T.M., Tassinari, C.C.G., Fonseca, P.E., 2015. Diachronic collision, slab break-off and long-term high thermal flux in the Brasiliano - Pan-African orogeny: implications for the geodynamic evolution of the Mantiqueira Province. *Precambrian Research* 260, 1–22.
- Campos C. T. 2015. *Caracterização e análise estrutural do segmento ocidental da Falha do Engenho, entre os distritos da Chapada e Santo Antônio do Salto, Ouro Preto, Quadrilátero Ferrífero, MG*. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Geológica, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 96p.
- Chemale F. Jr., Rosière, C. A., Endo, I. 1994. The tectonic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Precambrian Research*, 65:25-54.
- Cutts, K.A., Lana, C., Alkmim, F., Peres, G., 2018. Metamorphic imprints on units of the southern Araçuaí Belt, SE Brazil: the history of superimposed Trans-amazonian and Brasiliano orogenesis. *Gondwana Research* 58, 211e234.
- Dabrio, C.J. y Hernando, S. (2003). *Estratigrafía*. Ed. Universidad Complutense de Madrid. 382 p.
- Dorr, J.V.N., 1969. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. USGS Prof. Paper 641-A, pp. 110.
- DUQUE, T. R. F. 2018. O grupo Itacolomi em sua área tipo : estratigrafia, estrutura e significado tectônico. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 102 f.
- EINSELE, Gerhard. 2000. *Sedimentary Basins: Evolution, Facies and Sediment budget*. Second edition. Springer-Verlag, 795p
- 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, 237p.
- Farina, F., Albert, C., Lana, C., 2015a. The Neoproterozoic transition between medium and high-K granitoids: clues from the Southern São Francisco Craton (Brazil). *Precambrian Research* 266, 375–394.
- Ferrais, A.J.N. 2017. *Geologia Da Região Dos Distritos De Santa Rita De Ouro Preto E Lavras Novas, Município De Ouro Preto, Com Ênfase No Estudo Do Complexo Santo Antônio Do Pirapetinga*. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Geológica, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 85p.

Fonseca, G.M., Jordt-Evangelista, H., Queiroga, G.N., 2018. Petrogenesis of metaultramafic rocks from the Quadrilátero Ferrífero and adjacent terrains, Minas Gerais, Brazil: Two events of ultramafic magmatism?. *Journal of South American Earth Sciences* 82, 16-32F

FOSSEN, H. *Geologia Estrutural* (trad. F.R.D. de Andrade). Editora Oficina de Textos. São Paulo. 584 p. 2012.

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

Guimarães, D. de 1931. Contribuição à Geologia do Estado de Minas Gerais. *SGMB*, 36p. (Boletim 55)

GUIARRARI, Marcelo Marmo. Petrografia e geoquímica dos metassedimentos turbidíticos dos grupos Nova Lima e Sabara no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais. 1999. 102p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP.

Harder, E.C. & Chamberlin, R.T. 1915. The geology of Central Minas Gerais. *Journal of Geology*, 23:341-378.

Ibele T. 2011. Tectonics of the western Swiss molasse basin during cenozoic times. Thesis. University of Fribourg, Fribourg, 174p.

Lobato, L. M. *et. al* 2005. Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero- Integração e Correção em SIG, Nota Mapa Ouro Preto 1:50.000, *CODEMIG*, 68p.

Machado, N., Schrank, A., Noce, C.M., Gauthier, G., 1996. Ages of detrital zircon from Archean-Paleoproterozoic sequences Implications for Greenstone Belt setting and evolution of a Transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, southeastern Brazil. *Earth Planet. Sci. Lett.* 141, 259-276.

Marshak, S., Alkmim, F.F., Jordt-Evangelista, H., 1992. Proterozoic crustal extension and the generation of dome-and-keel structures in an Archean granite-greenstone terrane. *Nature* 357, 491-493.

Morais, R., Mello, C., Costa, F., & Santos, P. (2006). Fácies sedimentares e ambientes deposicionais associados aos sepósitos da Formação Barreiras no estado do Rio de Janeiro. *Geologia USP. Série Científica*, 6(2), 19-30.

Noce C.M., Machado N., Teixeira W. 1998. U-Pb Geochronology of Gnaisses and Granitoids in Quadrilátero Ferrífero (Southern São Francisco Craton): age constraints for Archean and Paleoproterozoic magmatism and metamorphism. *Rev. Bras. Geoc.*, 28:95-102.

Piassa L.R.A. 2014. *Falha do Engenho: Quo vadis?* Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Geológica, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 106p.

PIASSA, L. R. A. 2018. A Falha do Engenho revisitada : sul do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 156 f.

Raposo F. O. 1991. Estratigrafia, Petrografia e Petrologia. *In*: Raposo F. O. (org.) 1991a. Rio Espera, Folha SF.23-X-BIV, Estado de Minas Gerais. Brasília, DNPM-CPRM (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB). p. 27-88

Reis L.A., Neto M.A.M., Gomes N.S., Endo I., Evangelista H.J. 2002. A Bacia de Antepaís Paleoproterozóica Sabará, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Rev. Bras. Geoc.*, 32:27-42.

Renger F. E., Noce C. M., Romano A. W., Machado N. 1994. Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. *Geonomos*, 2(1): 1-11.

Silva C. M. & Cantisano M.A.M. 1995. Mapeamento geológico de detalhe de um segmento da falha do Engenho, no extremo sudeste do Quadrilátero Ferrífero, a sul de Lavras Novas (MG). Trabalho Geológico. Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 118p.

Teixeira W., Sabate P., Barbosa J., Noce C.M., Carneiro M.A. 2000. Archean and Paleoproterozoic Tectonic Evolution of the São Francisco Craton, Brazil. *In*: U.G Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho & D.A. Campos (eds.), *Tectonic Evolution of South America*, 31st IGC, Rio de Janeiro, p.101-137.

Zuccheti, M., Lobato, L.M., Baltazar, O.F., 2000a. Volcanic and volcanoclastic features in Archean rocks and their tectonic environment, Rio das Velhas Greenstone Belt, Quadrilátero Ferrífero, MG-Brazil. *Rev. Bras. de Geociências* 30, 388–392.

Apêndice(s)

Mapa de pontos da região de Santo Antônio do Salto

