

Trabalho de Formatura

Curso de Graduação em Geologia

MAPEAMENTO ESTRUTURAL E MODELAGEM 3D DOS
METADOLOMITOS DA MINA OLHO D'ÁGUA, BOM SUCESSO DE
ITARARÉ – SP: SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO DE LAVRA

Gustavo Isnard Jarussi

Prof. Dr. Fábio A.G.V. Reis

Rio Claro - SP

2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

GUSTAVO ISNARD JARUSSI

MAPEAMENTO ESTRUTURAL E MODELAGEM 3D DOS METADOLOMITOS
DA MINA OLHO D'AGUA, BOM SUCESSO DE ITARARÉ – SP: SUBSÍDIO AO
PLANEJAMENTO DE LAVRA

Relatório apresentado ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas – Campus de
Rio Claro, da Universidade Estadual
Paulista Júlio de Mesquita Filho, para
obtenção do grau de Geólogo.

Rio Claro – SP

2017

551.8 Jarussi, Gustavo Isnard
J37m Mapeamento estrutural e modelagem 3D dos
metadolomitos da Mina Olho d'Água, Bom Sucesso de Itararé
- SP : subsídio ao planejamento de lavra / Gustavo Isnard
Jarussi. - Rio Claro, 2017
52 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots., mapas + mapa

Trabalho de conclusão de curso (Geologia) - Universidade
Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Fábio Augusto Gomes Vieira Reis

1. Geologia estrutural. 2. Mapeamento estrutural. 3.
Modelagem 3D. 4. Formação Bairro dos Campos. I. Título.

AGRADECIMENTOS

A priori, à minha mãe Luciana por sempre acreditar em mim e me ensinar que o sucesso é apenas o resultado de muito esforço. Mãe, você é a pessoa que eu me espelho todos os dias para ser quem eu sou hoje.

Aos meus dois pais Newton e Tito, porque quem disse que pai só existe um, estava redondamente enganado. Newton por seu jeito carismático e acolhedor que sempre me passou confiança ao conversar e dividir os grandes momentos da vida. Tito por ter me ensinados valores, que nenhuma outra pessoa poderia me ensinar e provando que o amor supera qualquer desafio na vida.

Ao meu parceiro maior que tenho nessa vida, meu irmão Luis Paulo, que foi meu primeiro amigo, meu parceiro de bola, meu ídolo de criança. Irmão, você é incrível. Continue mantendo a sua essência, que os grandes desafios de hoje, vão ser minúsculos no futuro.

Aos meus professores, que me ensinaram o que sei nesses cinco anos de muito esforço e aprendizado.

Ao meu eterno chefe Eduardo Marchi, por ter me ensinado e me orientado nessa etapa de aprendizagem e início de carreira profissional. Obrigado por sempre confiar em mim e no meu trabalho. Além de chefe você é um grande amigo que a Mineração Jundu me deu!

Agradeço também à Rafaela Pires por ter aturado minha atenção aos mínimos detalhes na construção do modelo 3D e à toda a equipe da Mineração Jundu que fez parte dessa experiência incrível que foi trabalhar nesses dois meses com vocês.

Aos meus parceiros Bruno, Danilo, Andres, Rafaela e Nicholas e à turma Geová 2013. Se a faculdade me deu algo a mais do que conhecimento, vocês são esse algo a mais! Obrigado pelas conversas geológicas, pelas tardes de estudo, pela parceria na hora da cerveja, e principalmente, pelas boas risadas que esses cinco anos nos renderam.

E é com um sorriso no rosto que eu encerro agradecendo à minha república de coração, Kraka – à – Tôa, que foi o berço de amizades e de experiências que levarei para sempre em minha vida.

RESUMO

Pertencente aos domínios da Faixa Ribeira, a Formação Bairro dos Campos em Bom Sucesso de Itararé – SP é constituída por metadolomitos Mesoproterozóicos que foram submetidos a esforços compressivos e transcorrentes em períodos diacrônicos da sua história evolutiva. Assim, esses eventos foram responsáveis pela modificação da morfologia original dessa unidade carbonática, tendo como resultado, a geração de estruturas dobradas nas rochas desse pacote metadolomítico. Desse modo, este trabalho teve como objetivo reconhecer a geometria da camada metadolomítica para servir de subsídio às próximas operações de lavra. Foram realizadas etapas de levantamento bibliográfico, de campo, análises químicas e mineralógicas, para produzir um mapa estrutural e um modelo 3D representativo da geologia da mina. Como resultado dessa análise estrutural, observa-se que as rochas da área de estudo se encontram dobradas, sendo esses dobramentos originados no segundo dos três eventos deformacionais proeminentes na área, com flancos mergulhando 60° para NNW e SSE, planos axiais de direção ENE - WSW em alto ângulo e com leve mergulho para SSE. Essas estruturas dobradas perfazem as áreas lavráveis da mina, contrapondo-se às áreas estéreis representadas pelo pacote sedimentar localizado entre os antiformes mapeados.

Palavras chave: Geologia Estrutural. Formação Bairro dos Campos. Modelagem 3D.

ABSTRACT

Belonging to Ribeira Belt's domains, the Bairro dos Campos Formation in Bom Sucesso de Itararé – SP is constituted by Mesoproterozoics metadolomites that were submitted to compressional and shearing events on different periods of its existence. These events were responsible for changing the original form of this carbonatic unit, folding the horizontal structures. In doing so, this study aims to recognize the geometry of this carbonatic rock at Mina olho d'Água, to make the minning operations easier. The methods were based on bibliographic surveys, field stage, chemical and mineralogic analysis, to produce a structural map and a 3D model of the rocks that belong to Mina Olho d'Água. Resulting from this analysis, we can observe that these rocks exhibit a folding pattern, consisted by limbs striking to NNW and SSE, axial planes striking ENE - WSW in high angle, dipping to SSE. These folded structures are the mineable áreas, opposing the sterile parts, that are represented by the sediments located between the two major mapped structures.

Key Words: Structural geology. Bairro dos Campos Formation. 3D Modelling.

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	9
2.	OBJETIVOS	10
3.	MATERIAIS & MÉTODOS	10
3.1	Materiais	10
3.2	Métodos	12
4.	CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA	16
4.1	Geologia Regional	16
4.2	Geologia Local	27
4.3	Geomorfologia	29
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
5.1	Geologia Estrutural	31
5.2	Análises Petrográfica, FRX e DRX	39
5.3	Mapa Estrutural	43
5.4	Modelo 3D	43
6.	CONCLUSÃO	47
7.	REFERÊNCIAS	48

APÊNDICE

Apêndice I - Mapa Estrutural

Índice de Figuras

Figura 1: Localização da área de estudo.....	11
Figura 2: Mapa de Pontos	13
Figura 3: A) Ponto de coleta de amostra localizado em imagem real. B) Ponto de amostragem localizado em imagem virtual do Modelo 3D.....	14
Figura 4: (a) Mapa geotectônico simplificado de parte da América do Sul e (b) mapa geológico simplificado da porção meridional da Faixa Ribeira (CAMPANHA et al., 2015b).	18
Figura 5: Mapa geológico simplificado da Folha Itararé (SG.22-X-B-I). Destaque para a área de estudo, em vermelho. Fonte: DE OLIVEIRA RODRIGUES et al. (2009)	21
Figura 6: Mina Olho d'Água, Bom Sucesso de Itararé – SP	28
Figura 7: Textura brechada no metadolomitos.....	28
Figura 8: Mapa geomorfológico do estado de São Paulo (IBGE, 2000). Destaque para a região da área de estudo, em preto.	30
Figura 9: A) Afloramento da Fm. Furnas na Serra de Bom Sucesso; B) Morro da galinha, outro exemplo da feição geomorfológica das escarpas devonianas na estrada Itapeva-Bom Sucesso. Fotos: Rones R. Reis.	31
Figura 10: Exemplos dos planos de acamamento (S_0) dos metadolomitos da Mina Olho d'Água, Bom Sucesso de Itararé - SP. Detalhe para a orientação dos instrumentos de escala, que apontam para a direção de mergulho dos acamamentos sedimentares (S_0). 32	
Figura 11: Amostra BSI-01 em um corte NNW-SSE, marcando a foliação S_2	34
Figura 12: Estratificação cruzada em depósito psamítico cenozoico, a alguns metros do Ponto 05.....	35
Figura 13: Alteração intempérica no metadolomito com a formação de argilominerais e presença de talcificação incipiente.	36
Figura 14: Estereogramas dos polos dos planos de acamamento (S_0) à esquerda, e os contornos dos grandes círculos com o eixo marcado pela estrela azul, relativo às medidas de S_0 , à esquerda. $n = 15$	37
Figura 15: Metadolomito brechado com presença de talco preto como matriz dos fragmentos metadolomíticos angulosos.	38
Figura 16: A) Lâmina BSI-01 sem o efeito dos polarizadores. B) Lâmina BSI-01 com o efeito dos polarizadores (Aumento 2,5x). Destaque para as setas coloridas que indicam as diferentes formas de ocorrência de dolomita.	40

Figura 17: Gráfico resultante da Análise por Difratometria de Raios X (DRX).	40
Figura 18: Representação dos Furos de sondagens realizados até hoje na Mina Olho d'Agua, Bom Sucesso de Itararé - SP.....	44
Figura 19: Modelo 3D da cava da Mina Olho D'Agua, Bom Sucesso de Itararé – SP, em três ângulos diferentes.	45
Figura 20: Modelo 3D da cava da Mina Olho d'Agua, Bom Sucesso de Itararé - SP, aplicado um filtro de transparência.....	46

1. INTRODUÇÃO

Os carbonatos são rochas utilizadas pelo homem desde os primórdios de sua inteligência. Na Pré-história, materiais como ponta de instrumentos de caça eram muitas vezes derivados dos carbonatos devido à sua dureza relativamente baixa, que possibilitava o homem a explorar sua intelectualidade e criatividade. Desse modo, na Antiguidade, os blocos de calcário eram usados para a construção de templos e tumbas dos faraós egípcios e seus grandes monumentos.

Já nos dias atuais, os principais usos desse material rochoso são no setor agrícola e industrial, onde o carbonato exerce funções importantes como a de dar resistência e aumentar a insolubilidade do vidro, dar resistência a plásticos, funcionar como carga na fabricação de tintas e papel, corretivo de solos na agricultura e produção de cimento Portland para o ramo da construção civil.

Assim, para que o homem consiga utilizar deste material em seu cotidiano, é necessário minerá-lo de sua fonte de origem, estabelecendo um projeto de extração do minério, acompanhado por órgãos governamentais responsáveis pela fiscalização

Dessa forma, incerteza na estimativa de recursos financeiros é uma das maiores fontes de risco na realização de um projeto mineiro, por isso, é comum que instituições financeiras tenham a tarefa de avaliar um empreendimento mineiro (PERONI, 2002). A oscilação do preço do bem mineral no mercado, o custo de capital, o contorno final da cava, são fatores geralmente testados para a análise da viabilidade de um empreendimento.

Entretanto, segundo Dowd (1994) e Thwaites (1998) raramente é considerada a incerteza relacionada ao atributo geológico em questão. Desse modo, as técnicas de mapeamento e modelagem por softwares foram sendo aprimoradas, ao longo do tempo, para que o modelo geológico fique cada vez mais representativo, mantendo sua fidelidade à realidade.

Devido à grande importância da utilização dos modelos 3D na mineração, este trabalho desenvolveu um estudo da estruturação das rochas nos domínios da Mineração Jundu, no município Bom Sucesso de Itararé – SP, em uma das unidades do Grupo Itaiacoca, a Formação Bairro dos Campos. Essa unidade é composta, na área estudada,

por metadolomitos maciços e localmente hidrotermalizados, transformados em talco xistos em um dos eventos metamórficos Neoproterozóicos.

Para atingir o objetivo proposto, foram analisados os elementos estruturais encontrados nos metadolomitos, que aliados à uma caracterização geológica e geomorfológica além de uma descrição dos eventos deformacionais, vão ajudar na compreensão das consequências desses eventos nessas rochas metadolomíticas.

A metodologia aplicada irá resultar na elaboração de um mapa estrutural e um modelo 3D da cava.

2. OBJETIVOS

Este trabalho visa determinar a geometria do corpo do minério metadolomítico, considerando características litológicas e estruturais para dar maior autonomia e segurança ao planejamento de lavra; sendo assim direcionados corretamente, os melhores locais para a realização de sondagens, decapeamentos e desmontes de acordo com o modelo geológico.

3. MATERIAIS & MÉTODOS

3.1 Materiais

- Localização e acesso da área

Condicionada pela extensão da Mina Olho d'Água, a área de estudo se encontra, exclusivamente, dentro dos direitos minerários DNPM 820.000/1983 (Portaria de Lavra 442/98), DNPM 820.217/1980 (Portaria de Lavra 381/97) da Mineração Jundu, em um sítio denominado “Sítio Olho d'Água” no município de Bom Sucesso de Itararé, Estado de São Paulo. Localizada junto às coordenadas UTM E 687699 e N 7310930, a lavra mapeada está 1,3 Km ao norte da cidade de Bom Sucesso de Itararé e possui cerca de 1 Km² (Figura 1).

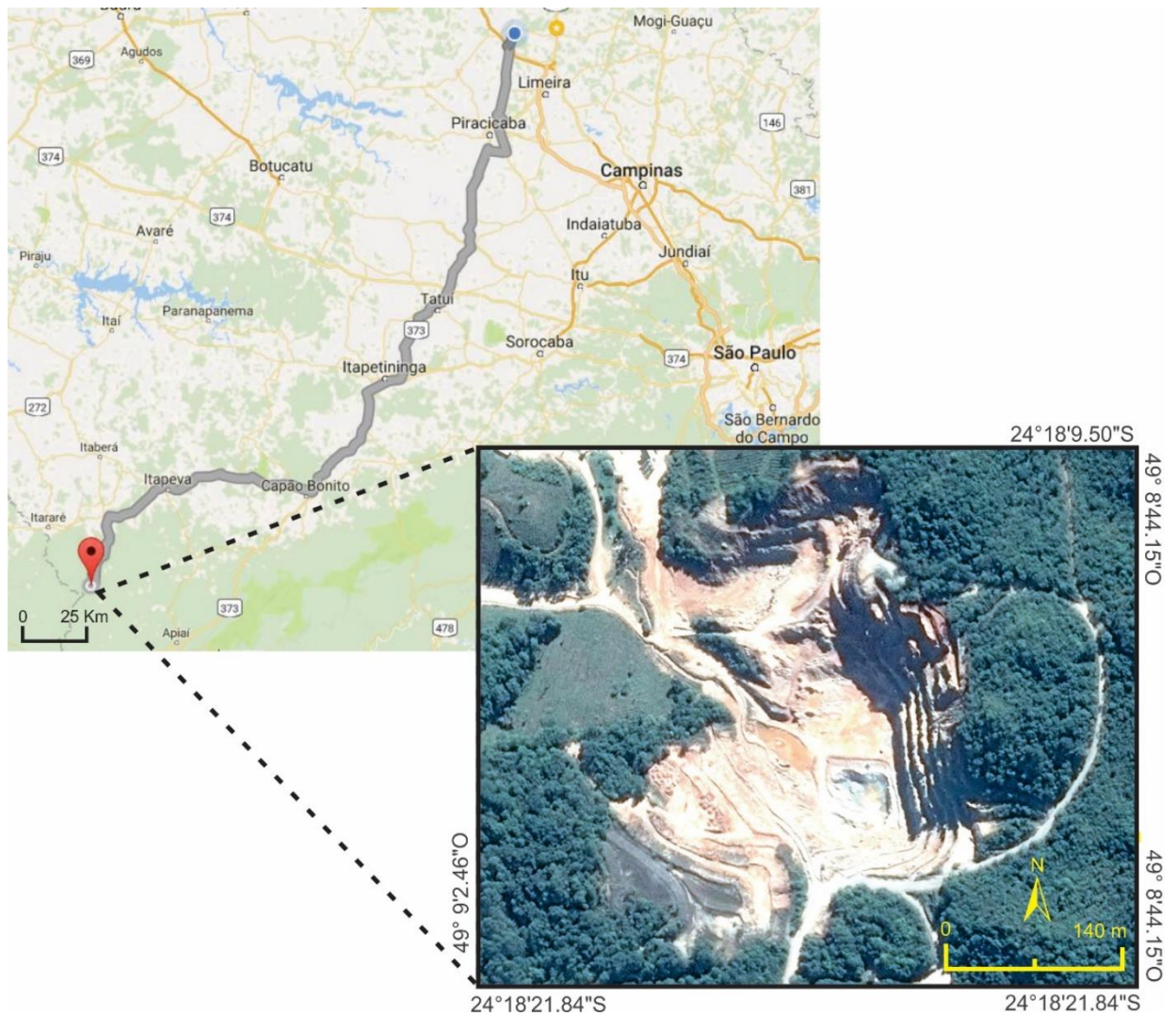


Figura 1: Localização da área de estudo.

O acesso à área, a partir de São Paulo, pode ser realizado guiando-se pela rodovia Raposo Tavares (BR-272), percorrendo aproximadamente 145 Km até a cidade de Itapetininga, de onde segue-se 24 Km rumo a Capão Bonito, até chegar na cidade de Itapeva. Assim, de Itapeva percorre-se 24 Km até o acesso à Estrada Municipal Bom Sucesso de Itararé, percorrendo nesta aproximadamente 32 Km até a cidade de Bom Sucesso de Itararé.

- Softwares de Mapeamento e Modelagem

Os softwares utilizados neste trabalho foram, ArcGis 10.4.1 e Datamine 3.24.25. Esses programas foram de fundamental importância para a obtenção do modelo geológico, através da análise das informações coletadas em campo e processadas no mapa estrutural.

3.2 Métodos

Visando atingir os objetivos propostos neste trabalho, foi adotada a seguinte metodologia:

- Levantamento Bibliográfico

As bases de dados utilizadas para o levantamento bibliográfico foram scholar google, web of Science e periódicos Capes para obtenção de artigos, dissertações e teses sobre os temas como evolução tectônica do Terreno Apiaí, sedimentação, deformação, metamorfismo e datações isotópicas do Grupo Itaiacoca, além de alguns títulos referentes a geomorfologia, mapeamento estrutural e planejamento de lavra.

- Etapa de Campo

Feita em duas etapas distintas, nos meses de janeiro de 2017 e julho de 2017, a etapa de campo consistiu na observação de elementos estruturais como feições acamadadas, contatos litológicos, foliações e lineações que auxiliaram no desenvolvimento do mapa estrutural e do modelo 3D. A área foi analisada em 14 pontos distintos de observação, ao longo da Mina Olho d'Água (Figura 2)

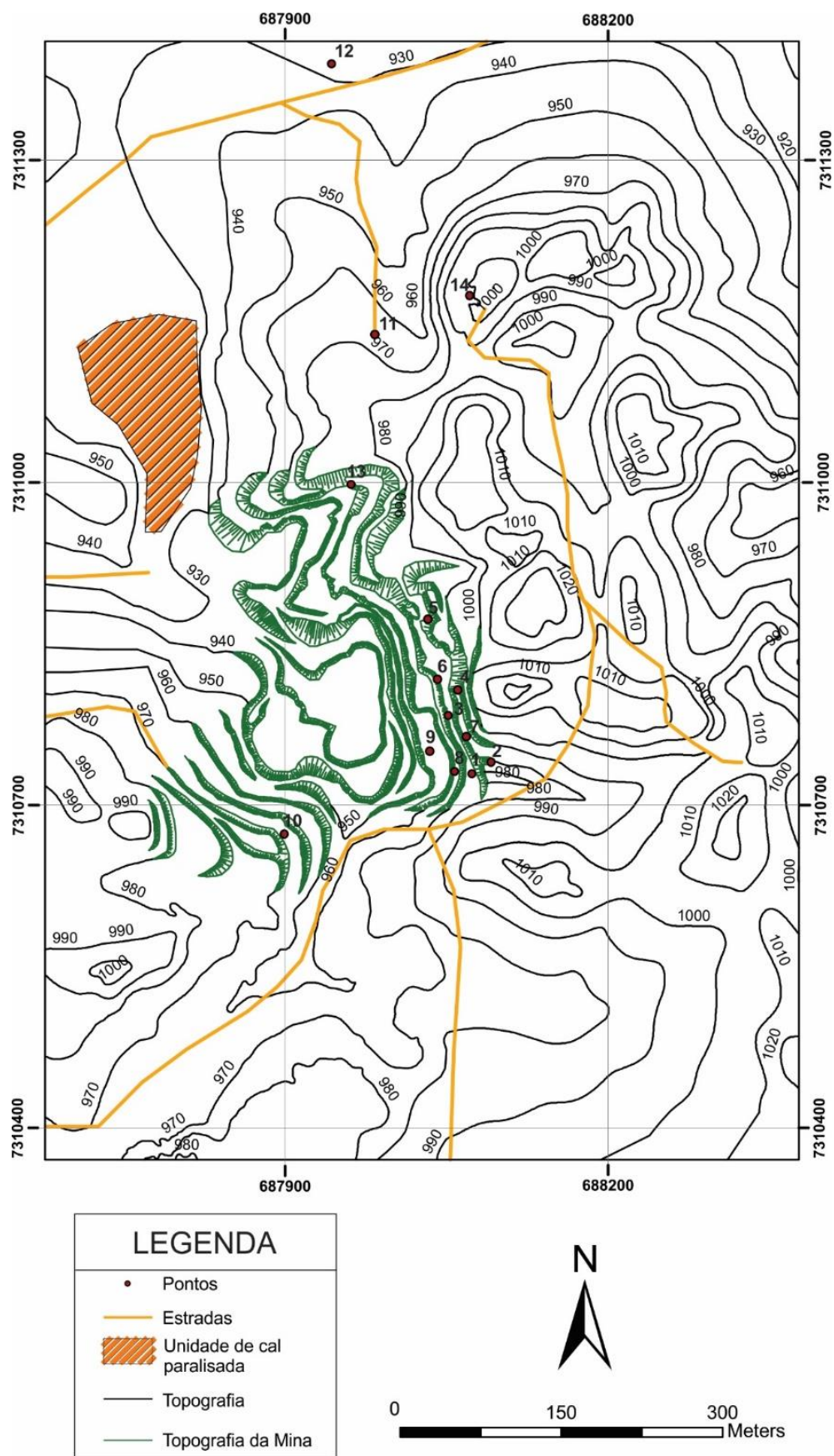


Figura 2: Mapa de Pontos

- Análise Petrográfica, Difração de Raios X (DRX) e Fluorescência de Raios X (FRX)

Para análise microscópica dos metadolomitos abordados nesse trabalho, foi realizada a confecção da seção delgada a partir da amostra BSI-01 coletada no ponto 8 (Figura 3), no flanco SE de um dos antiformes observados, de modo a se extrair feições microscópicas importantes para a compreensão da composição dos metadolomitos e dos eventos deformacionais que afetaram essas rochas, como a orientação de cristais que indicam a presença de uma foliação plano-axial às dobras D₂.

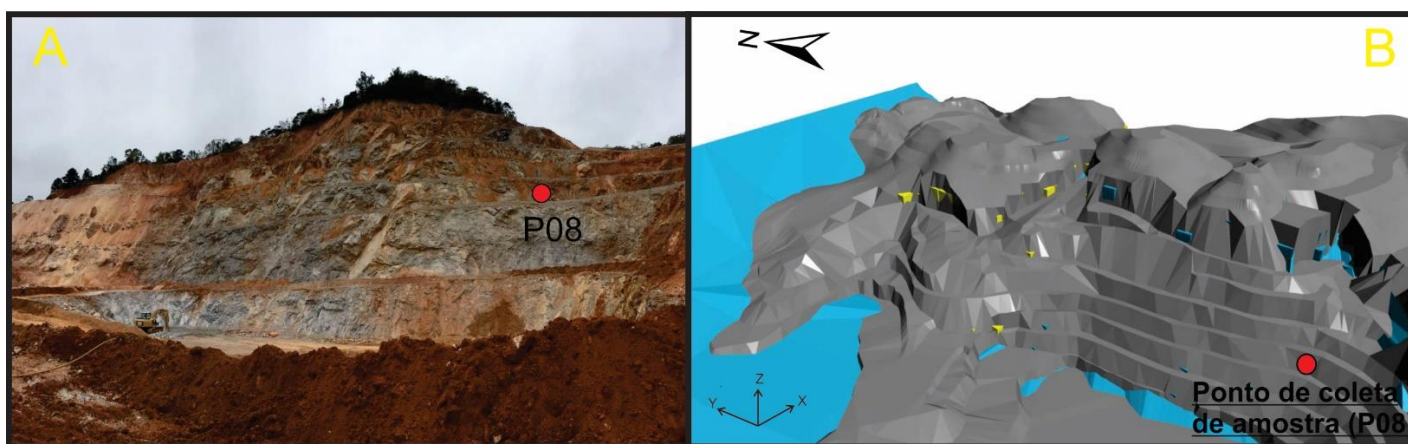


Figura 3: A) Ponto de coleta de amostra localizado em imagem real. B) Ponto de amostragem localizado em imagem virtual do Modelo 3D.

Nesse sentido, para melhor entendimento da composição química e mineralógica desse carbonato, foram feitas, análises de composição mineralógica por Difração de Raios X (DRX) usando a mesma lâmina (BSI-01), sem lamínula e análise química dos metadolomitos a partir de amostras retiradas dos furos de sondagem mais novos da mina pelo método de fluorescência de Raios X.

A difratometria de raios X corresponde a uma das principais técnicas de caracterização micro estrutural de materiais cristalinos (CULLITY, 1959). Destaca-se a sua utilização na determinação de estruturas cristalinas, identificação de fase, análise

quantitativa de fases, determinação de tamanho de cristalitos e avaliação de cristalinidade em materiais semicristalinos.

Foi utilizado o difratômetro PANALYTICAL com sistema EMPYREAN e operado com potencial de 40 kV, com fonte de Cu (radiação $K\alpha$, $\lambda=1,54060 \text{ \AA}$). A varredura foi realizada com passo de $0,0170^\circ$ (2θ) e tempo de acumulação de 15,24 segundos por passo.

A fluorescência de raios X por dispersão de energia (ED - XRF) é uma técnica instrumental e não destrutiva, que permite determinar a concentração de elementos em uma amostra utilizando as intensidades dos raios X característicos emitidos. Esta técnica tem adquirido importante papel em análises químicas, devido a possibilidade de detecção simultânea de elementos numa ampla faixa de número atômico e de concentração, e de não necessitar de pré-tratamento químico, além de ter custo relativamente baixo e ser de fácil operação, principalmente quando se utiliza fonte radioativa na excitação.

Desse modo, as análises de fluorescência de raios X e perda ao fogo foram realizados e fornecidos pela Mineração Jundu, onde os testes de perda ao fogo elevam as amostras a temperaturas que chegam a 1000°C para eliminar a H_2O e o CO_2 presentes na rocha metadolomítica.

- Mapa Estrutural

O mapa estrutural foi composto utilizando-se os dados coletados em campo, visando o entendimento e a descrição da geometria das dobras mapeadas, com base na análise estrutural, no estereograma e na base bibliográfica.

A análise estrutural, tais como os eventos deformacionais, geração de estruturas e relação com o regime tectônico, foram embasados em estudos de autores como Fiori (1993), Reis Neto (1994), Campanha & Sadowski (1999), Campanha (2002), integradas com os dados obtidos em campo.

O método analítico se baseou na observação e descrição das estruturas macroscópicas como planos de acamamentos reliquiais (S_0), foliações e lineações, fazendo uso da Bússola CLAR, e microscópicas, dos elementos estruturais e texturais dessa rocha. Foi adotado um modelo progressivo para as deformações no local de estudo,

optando-se por caracterizar os eventos de deformação de acordo com a sua progressão temporal: D₁, D₂ e D₃, perfazendo os três eventos descritos por Fiori, *et.al* (1993) para a região.

Assim, com os dados interpretados, foi elaborado um mapa estrutural em escala 1:5000, no software ArcGis 10.4.1, abrangendo de forma central a cava da empresa mineradora e de forma periférica os arredores da cava.

- Modelagem 3D

O modelo tridimensional da cava da mineração Jundu, foi gerado com base nas informações coletadas em campo e em furos de sondagem, feitos para controle e avanço da lavra ao longo do tempo. Com essas informações, mapeou-se, através da interpretação de seções paralelas de direção NNW-SSE, a superfície do corpo metadolomítico em profundidade. Assim, foi criado no software Datamine 3.24.25.0, uma camada (wireframe) representativa do pacote metadolomítico, que por sua vez deu origem ao sólido correspondente ao corpo carbonático.

4. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA

A caracterização geológica e geomorfológica é de fundamental importância para a análise comparativa entre os aspectos regionais e os aspectos locais encontrados na área estudada.

4.1 Geologia Regional

A cidade de Bom Sucesso de Itararé está inserida na região sudeste do Sistema Orogênico Mantiqueira, abrangendo uma porção meridional da Faixa Ribeira denominada Terreno Apiaí, entre dois complexos magmáticos que circundam as rochas do Grupo Itaiacoca.

- Província Mantiqueira

A Província Mantiqueira, também chamada de Sistema Orogênico Mantiqueira, foi definida por Almeida *et. al.*, (1981) para agregar as faixas móveis brasileiras ao longo da costa sudeste brasileira, entre o sul da Bahia até o Rio Grande do Sul, com extensão para o Uruguai, perfazendo cerca de 3.000 km de comprimento.

- Faixa Ribeira

A Faixa Ribeira localiza-se no Segmento Central da Província Mantiqueira, representa um segmento crustal amalgamado, deformado e metamorfizado durante a Orogenia Brasilina/Pan-Africana neoproterozóica, através da convergência de blocos e fechamento do Oceano Adamastor. Pode ser dividida nos domínios (ou terrenos) Varginha, Embu, Costeiro, São Roque, Apiaí, Curitiba, Paranaguá e Luís Alves (HASUI, 2012), limitados entre si por zonas de cisalhamento (Figura 4).

O Terreno Apiaí está inserido na porção meridional da Faixa Ribeira, é composto por diferentes associações litológicas de idades distintas, compreendendo sequências de rochas supracrustais de baixo a médio grau metamórfico limitadas por zonas de cisalhamento e intrudidas por granitóides.

Baseados nas datações disponíveis na literatura (HACKSPACHER *et. al.*, 2000; WEBER *et. al.*, 2004; CAMPANHA *et al.*, 2008, 2009; SIGA JR *et. al.*, 2009, 2011a,b) as unidades supracrustais do Terreno Apiaí possuem idades deposicionais que abrangem os períodos Calimiano (1500 -1400 Ma), com exemplos da Formação Água Clara, Formação Betara e Grupo Votuverava; Steniano ao Toniano (1200-880 Ma), como no Grupo Lajeado; Toniano Inferior (1000-900 Ma) representado por parte do Grupo Itaiacoca, e Ediacarano (630-580), representado também por parte do Grupo Itaiacoca e pela Formação Iporanga.

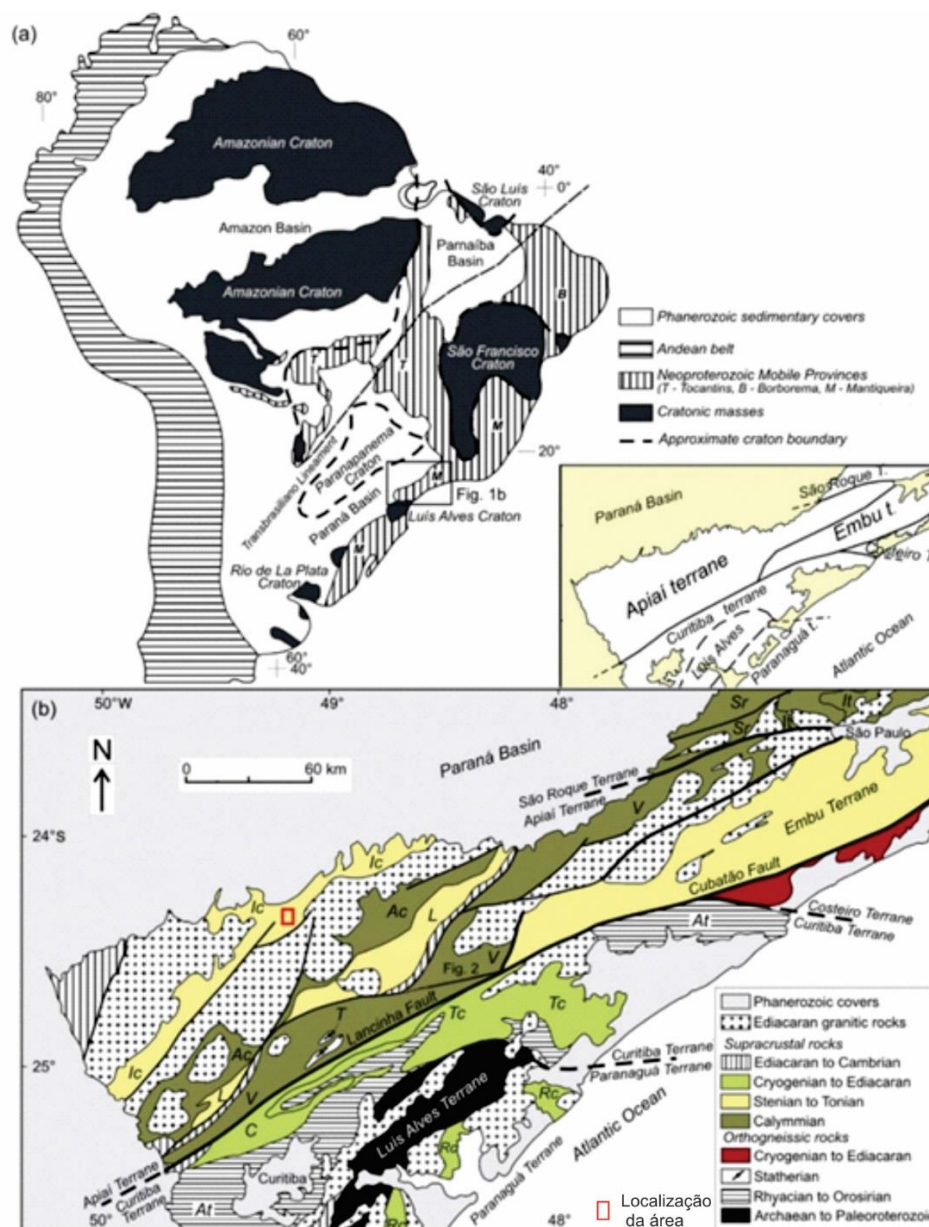


Figura 4: (a) Mapa geotectônico simplificado de parte da América do Sul e (b) mapa geológico simplificado da porção meridional da Faixa Ribeira (CAMPANHA et al., 2015b).

4.1.1 Grupo Itaiacoca

Os primeiros estudos do Grupo Itaiacoca foram realizados no início do Sec XX, quando OLIVEIRA (1917) descreveu carbonatos sacaróides e xistos argilosos aflorantes na região de Itaiacoca (PR), na época incluídos na série “Assunguy”. Em 1927, esse autor mapeou essas rochas como bolsões de carbonatos alinhados, envoltos por um conjunto maior de xistos argilosos.

Dessa forma, já no meio do séc. XX, ALMEIDA (1944) reconheceu, nas proximidades de Itapeva e Campina do Veado (SP), dois corpos de dolomitos organogênicos com estruturas primárias preservadas como esteiras algais da então série “Assunguy”. Para Almeida, essas estruturas seriam típicas de mares antigos e confirmariam a idade Proterozóica suspeitada para as rochas da região, já sugerida na época por Carvalho & Pinto (1937) e Oliveira & Leonardos (1943).

Nesse sentido, coube a Almeida, em seu trabalho ALMEIDA (1957), a criação do termo “Formação Itaiacoca” para caracterizar o espesso pacote, que não seria mais entendido como lentes isoladas, mas sim como uma camada espessa de cerca de 1000 m de espessura, que ocuparia uma porção intermediária da série “Açunguy”. Assim, estando assentada sobre filitos e quartzitos filitosos e recoberta por grande espessura de filitos sericíticos, ALMEIDA (1957) admitiu que essas rochas metassedimentares estariam repousando sobre um embasamento formado de granitos, gnaisses e xistos da Serra da Avenca, hoje incluídos no Complexo Granitóide Cunhaporanga.

Em meados dos anos 80, IPT (1985 a) de forma pioneira, classifica a então “Formação Itaiacoca” como Grupo Itaiacoca, devido às dimensões e homogeneidades litológicas das diversas unidades litoestratigráficas descritas na área. Assim, as subunidades do agora então, Grupo Itaiacoca passaram a ser classificadas como Formações (Água Nova, Serra dos Macacos, Bairro dos Campos e Abapã).

Nos últimos anos, a partir de dados geocronológicos U-Pb da região paranaense de Abapã e Socavão, Siga Jr *et. al.* (2009 e 2003) definiram o empilhamento estratigráfico deste grupo, em duas grandes unidades litoestratigráficas: uma sequência basal de rochas metacarbonáticas e metapelitos, de idades associadas ao final do Mesoproterozoico e início do Neoproterozoico (1030–908 Ma: U–Pb em zircões de rochas metabásicas, Siga Jr *et al.*, 2009); e uma sequência superior de rochas metavulcanoclásticas, metarenitos arcoseanos e metapelitos, do final do Neoproterozoico (645–628 Ma: U–Pb, em zircões de rochas metavulcânicas, Siga Jr *et. al.*, 2003).

Em relação ao ambiente de sedimentação desse grupo, dados litoestratigráficos, sedimentológicos, paleontológicos e químicos, relativos ao Grupo Itaiacoca, assinalam um ambiente deposicional de baixa energia, sobre o qual se instalou uma sedimentação

marinha rasa, de caráter plataformal (PETRI & SUGUIO, 1969; BETTENCOURT & WERNICK, 1976; CAMPANHA *et al.* 1987).

Segundo IPT (1985 a), é possível uma compartimentação desse ambiente deposicional em alguns diferentes sub-ambientes. Assim, a porção da plataforma que possui maior registros na área, corresponderia à parte oeste, onde haveria a predominância de ambientes de planícies de maré (quartzitos grosseiros e conglomeráticos), ambiente lagunares (ritmitos e lentes de calcários escuros), ambientes de barreiras carbonáticas com predominância de dolomitos estromatolíticos e de brechas sedimentares ambiente de mar aberto. Dessa forma, IPT (1985 a) relaciona o Grupo Itaiacoca a um ambiente plataformal com barreiras, porções proximais (praias) e distais.

Segundo Souza (1990), a sedimentação dessa “Bacia Itaiacoca” iniciou-se com sedimentação imatura e grossa, provinda de retrabalhamento de leques aluvias causados pelos processos de rifteamento e início de abertura continental. Posteriormente, com a variação do nível eustático, houve uma variação dos tipos de rochas que foram formadas, se adequando às condições dos seus ambientes deposicionais. Dessa forma, os litotipos do Grupo Itaiacoca seguem apresentados e delimitados no mapa geológico simplificado da Folha Itataré (SG-22-B-X-I) (Figura 5) retirado de De Oliveira Rodrigues *et al.* (2009).

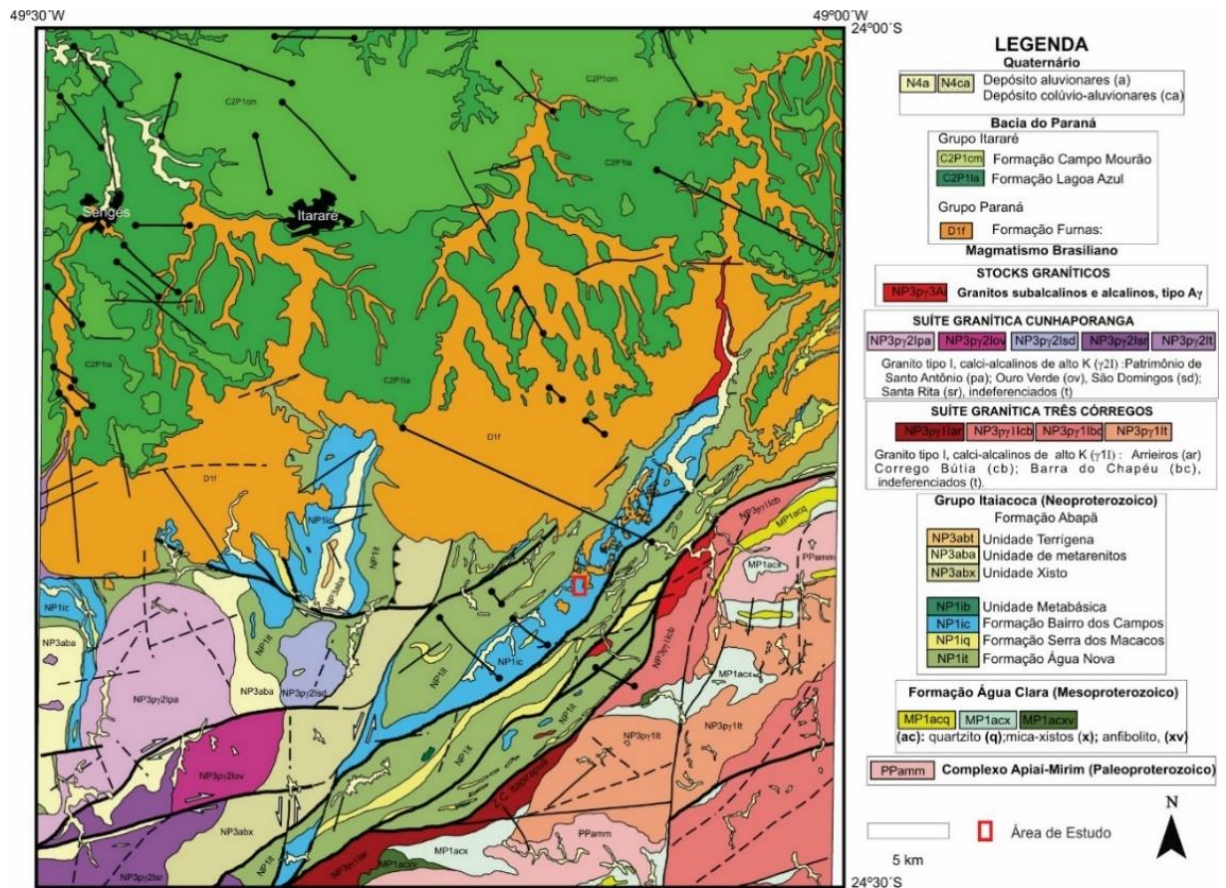


Figura 5: Mapa geológico simplificado da Folha Itararé (SG.22-X-B-I). Destaque para a área de estudo, em vermelho. Fonte: DE OLIVEIRA RODRIGUES et al. (2009)

- Formação Água Nova

A Formação Água Nova é constituída de rochas metapelíticas intercaladas com metamargas e pacotes métricos de quartzitos finos (CALTABELOTTI, 2011). Intrudindo essa unidade estão as rochas metabásicas que estão dispostas como pequenos corpos em meio às Formações Água Nova e a Formação Bairro dos Campos.

- Formação Serra dos Macacos

A Formação Serra dos Macacos, foi originalmente definida por Souza (1990) como uma sequência quartzítica, associada a um ambiente de linha de costa. Pautam-se em corpos estreitos e alongados, amplamente distribuídos que se destacam na paisagem, sustentando diversas serras. São comumente encontrados intercalados com as formações

Água Nova e Bairro dos Campos. Esta unidade é caracterizada por quartzitos e metarenitos de granulação fina a muito fina com textura granoblástica. Apresentam aspecto maciço, em geral, e assemelham-se a veios de quartzo. Se encontram orientados quando próximos às zonas de cisalhamento, onde ocorrem milonitizados e cataclasados (CALTABELOTI, 2011).

- Formação Bairro dos Campos

A Formação Bairro dos Campos é uma sequência de rochas metacalcárias e metacarbonáticas, que perfaziam uma grande plataforma carbonática no fim do Mesoproterozóico (ALMEIDA, 1944; SOUZA, 1990). Essa unidade foi deformada e metamorfsada em fácies xisto verde baixo, nos processos tectônicos do Brasileiro (900 M.a) no Neoproterozóico (WINKLER, 1977). É constituída predominantemente por metadolomitos que geralmente apresentam textura maciça e em alguns locais ao longo de sua extensão, possuem registro de estromatólitos e estruturas primárias preservadas como estratificações e laminações cruzadas em calcarenitos (CALTABELOTI, 2011). Siga Jr *et al.* (2009) sugerem idades de 1030–908 Ma: U–Pb em zircões de rochas metabásicas associadas a esse pacote carbonático.

Szabó *et. al.* (2006) estudaram as formas de ocorrência das jazidas de talco na região de Abapã e Socavão (PR) em relação aos eventos metamórficos dos metadolomitos do Grupo Itaiacoca, destacando quatro tipos de ocorrências de talco na Formação Bairro dos Campos: 1) Talco xistos associados às ramificações da zona de cisalhamento Itapirapuã; 2) Talco fino em descontinuidades estruturais; 3) Bolsões de talco maciço branco; 4) Talco retrometamórfico associado ao metamorfismo de contato dos Complexos Graníticos que intrudiram o pacote metassedimentar.

Nesse sentido, os principais tipos de ocorrência de talco na região estão relacionados ao hidrotermalismo que ocorreu concomitante à fase D₃ e que foi responsável pela silicificação de algumas porções da camada carbonática, deixando evidências desses processos nos carbonatos.

- Formação Abapã

A Formação Abapã marca o topo do Grupo Itaiacoca e consiste em uma sequência de rochas metassedimentares intercaladas com rochas metavulcânicas e metavulcanoclásticas. Caltabeloti (2011) subdivide a Formação Abapã em três sub-unidades: Unidade de Xistos, Unidade de metarenitos e metarcóseos e Unidade Terrígena. Datações feitas em rochas metavulcânicas que estão intercaladas com a sequência metarcoseana, sugerem uma idade de 645 a 628 M.a (U-Pb) para essa sequência de rochas (SIGA JR. *et al.* 2003).

4.1.2 Complexos Magmáticos

Complexos magmáticos são unidades litológicas ígneas, que podem ser nomeadas também como suítes magmáticas. Nesse sentido, fazendo contato com as rochas metassedimentares do Grupo Itaiacoca estão dois Complexos Magmáticos, de idades semelhantes, diferidos pelo comportamento dos álcalis nas suas composições.

- Complexo Três Córregos

A Suíte granítica Três Córregos é um conjunto de plútons graníticos provenientes do magmatismo sin a tardi tectônico, formado no Ciclo Brasileiro – Pan Africano, de idade Neoproterozoica (636 – 600 Ma) (PRAZERES FILHO *et al.* 2005). Essa suíte difere-se composicionalmente da Cunhaporanga devido à sua composição mais sódica.

A denominação de Granito Três Córregos foi utilizada primeiramente por Fuck (1966) para as rochas graníticas existentes na porção nordeste da quadrícula Quero-Quero (PR). Dada a grande variedade litológica, textural e composicional observada nesta imensa massa batolítica, passou-se a denominá-lo de Complexo Granítico Três Córregos.

De acordo com Gimenez Filho (1993) os granitos dessa suíte geralmente possuem contatos bruscos e tectônicos com as unidades metassedimentares ao seu entorno, são comumente cortados por veios graníticos e/ou aplíticos centimétricos a decimétricos, que representam fases magmáticas tardias e são descritos geralmente como granitóides de granulação média a grossa, com ou sem orientação e com presença de porfiróides de K-

feldspato em meio a uma matriz mesocrática média de cor cinza. Sua textura é granular a hipidiomórfica com composição granodiorítica e assembleia mineral formada por plagioclásio, quartzo, feldspato potássico, biotita e hornblenda.

Segundo este mesmo autor, a presença de minerais acessórios como titanita, zircão, clorita, magnetita e apatita são comuns, além da presença de enclaves de rocha básica a intermediária (tonalitos a monzodioritos), que em alguns casos, estão associadas com feições ‘migmatíticas’.

- Complexo Cunhaporanga

A Suíte Intrusiva Cunhaporanga aflora em uma faixa de cerca de 30 km de largura e direção NE-SW, ocupando uma área de aproximadamente 3700 Km² desde a região de Ponta Grossa (PR) até a região de Doutor Ulysses (PR). Segundo Prazeres Filho (2005), a unidade é no geral constituída por monzo-sienogranitos de coloração rósea a cinza e subordinadamente por granodioritos e quartzomonzonitos. Ocorrem ainda corpos subvulcânicos, de composição álcali-feldspato granítica e intrusivos, a exemplo dos Granitos Carambé e Joaquim Murtinho.

A Suíte Intrusiva Cunhaporanga apresenta um grande conjunto de dados geocronológicos de idades U-Pb (TIMS e SHRIMP) em zircões que variam no intervalo de 650 a 590 Ma (PRAZERES FILHO, 2000 e 2005). Este conjunto de idades também foi observado obtido a partir de outros métodos geocronológicos, como K-Ar (biotita e rocha total) e Rb-Sr (rocha total), apresentadas nos trabalhos de Reis Neto (1994) e Prazeres Filho (2000).

4.1.3 Depósitos Paleozóicos e Cenozóicos

- Formação Furnas

A Formação Furnas consiste em uma unidade litológica Siluriana de arenitos médios a grossos, feldspáticos e/ou caulíníticos, mal selecionados, portadores de estratificações cruzadas de diversos tamanhos, as quais se interestratificam delgados níveis conglomeráticos, sobretudo na porção basal.

Essa unidade apresenta geometria tabular e pequena variabilidade de espessura, no geral entre 250 e 300 m, somente alterada nas proximidades dos limites de ocorrência, quando indica bordas erosivas (ASSINE, 1996).

- Depósitos Cenozóicos

Os depósitos cenozoicos apresentam-se inconsolidados e são constituídos de areias estratificadas, finas a médias, as vezes com material argiloso associado, gerados pelo transporte e deposição de sedimentos de paleocanais e planícies de inundação cenozoicas. Sua espessura em superfície não é muito expressiva, porém em profundidade, esse pacote chega a ultrapassar os 70 m.

4.1.4 Estrutural e Metamorfismo

Eventos deformacionais são períodos de atividade tectônica que ocasionam mudanças químicas e físicas nas rochas que são por eles, afetadas. São processos que não ocorrem simultaneamente, têm durações de milhares a milhões de anos e podem ou não estarem associados a eventos metamórficos, uma vez que deformação não é sinônimo de metamorfismo.

Fiori *et. al.* (1993), descreve as características dos eventos deformacionais que moldaram as rochas do Terreno Apiaí e as diferentes respostas registradas nas rochas supracrustais dessa região. Segundo este mesmo autor, de maneira geral, os litotipos dos grupos rochosos pertencentes ao Terreno Apiaí, foram deformados em três fases diferentes cujos reflexos nas rochas formam padrões distintos de acordo com a sua litologia. Assim, é possível classificá-los, em ordem temporal, como D₁, D₂ e D₃, segundo o sequenciamento dos eventos resultantes da dinâmica tectônica do fim do Neoproterozóico e começo do Fanerozóico

De modo geral, o evento D₁, está relacionado à uma tectônica de cavalgamento, que causou a aloctonia do grupo e gerou uma série de estruturas geneticamente associadas, como falhas de cavalgamento, e foliação S₁, principalmente nos metapelitos.

O evento D₂ por sua vez, refere-se à um evento que foi responsável pelo dobramento generalizado das estruturas anteriormente formadas, podendo ser verificado em afloramento ou na escala de mapas. As suas dobras consistem em dobras abertas a isoclinais com flancos mergulhando para NW e SE e eixos sub-horizontais NE-SW. Esse evento gerou na maioria das rochas da região uma foliação plano axial S₂.

Já o terceiro evento deformacional (D₃), refere-se à uma tectônica transcorrente, da qual estão relacionados os principais lineamentos da região. Como consequência, os empilhamentos tectônicos anteriormente formados, forma truncados e deslocados, justapondo-se conjuntos litológicos distintos e originalmente situados a grandes distâncias. As principais estruturas desse evento são as falhas de Lancinha e Morro Agudo.

Sallun Filho *et al.* (2005) descreve o arcabouço estrutural da zona de ocorrência do Grupo Itaiacoca no Terreno Apiaí. Com forte orientação NE-SW e vergência estrutural voltada para NW (CAMPANHA *et al.* 1987), as rochas exibem grandes dobras abertas nos pacotes carbonáticos e quartzíticos, e cerradas a isoclinais nos pacotes menos competentes. A deformação e o metamorfismo destas rochas foram gerados em ambiente de arco magmático continental (REIS NETO, 1994, CAMPANHA & SADOWSKI, 1999).

Em relação ao metamorfismo, as rochas do Grupo Itaiacoca foram submetidas a três eventos metamórficos, descritos a seguir, que elevaram as pressões e temperaturas no Neoproterozóico (SAUNITE *et al.*, 2011) devido ao encontro de grandes massas continentais no Ciclo Brasileiro (900 M.a). Esse encontro de massas foi responsável pelo fechamento dos mares Proterozóicos que abrigavam as bacias originárias das rochas metassedimentares dessa porção da Faixa Ribeira.

1. Metamorfismo regional (Ciclo Brasileiro, Neoproterozoico): O primeiro evento metamórfico regional atingiu a fácies xisto verde, zona da clorita, e em alguns pontos, a zona da biotita, formando metadolomitos, filitos e anfíbolitos, cujas estruturas primárias estão parcialmente preservadas (REIS NETO, 1994; SIGA JUNIOR *et al.*, 2003; SZABÓ *et al.*, 2006). Essa fase metamórfica ocorreu concomitantemente às deformações do evento descrito por Fiori *et al.* 1993 como D₂, que foi o evento deformacional responsável pela formação das dobras reconhecidas em campo.

2. Metamorfismo termal I (Ciclo Brasileiro, Neoproterozoico): O segundo evento metamórfico que atingiu o grupo Itaiacoca foi um evento de metamorfismo de contato, originado pela intrusão dos Complexos Graníticos Cunhaporanga e Três Córregos, nas bordas do Grupo Itaiacoca, formando mármore brancos, com bolsões concêntricos contendo paragêneses de mais alto grau no núcleo e retrometamórficas nas bordas - tremolita $\pm$ diopsídio $\pm$ forsterita com talco, quartzo e calcita; também ocorrem metapelitos com granada $\pm$ sillimanita $\pm$ andalusita (SAUNITE *et. al.*, 2011).

3. Metamorfismo dinâmico e hidrotermal (Ciclo Brasileiro, Neoproterozoico - Início do Paleozóico): Este evento metamórfico, ocorreu de forma concomitante ao evento deformacional D₃, que foi o evento responsável pela evolução das zonas de cisalhamento do terreno Apiaí (FIORI *et. al.*, 1993; REIS NETO, 1994).

Dessa forma, esse episódio metamórfico, transformou porções dos metadolomitos que reagiram com os fluidos metamórficos, em talco xistos ao longo da Zona de Cisalhamento de Itapirapuã e suas ramificações (SZABÓ *et. al.*, 2006). Ainda sob a ótica de Szabó *et. al.* (2006), a percolação severa de fluidos silicosos nas zonas de cisalhamento foi responsável pela formação das principais jazidas de talco do Grupo Itaiacoca.

4.2 Geologia Local

Inserida na Formação Bairro dos Campos, a Mina Olho d'Água (Figura 6) possui cerca de 1 Km², sua configuração se baseia em conjuntos de bermas de cerca de 3 m de largura e taludes com 10 m de altura. Os metadolomitos se encontram dobrados e possuem uma característica textural homogênea na grande maioria do depósito. A variação textural aparece somente nas áreas hidrotermalizadas, onde há a presença de talco xistos que apresentam xistosidade (Figura 15) e metadolomitos com texturas hidrotermais de brechas (Figura 7).



Figura 6: Mina Olho d'Água, Bom Sucesso de Itararé – SP

As dobras possuem cerca de 150m de amplitude e podem ser interpretadas em escala de afloramento através da interpretação da disposição da feição estrutural mais proeminente da área que são as feições dobradas do acamamento sedimentar reliquiar (S_0), que se dispõem como flancos das dobras do segundo evento deformacional.



Figura 7: Textura brechada no metadolomitos

Os metadolomitos se encontram em um alto estado de fraturamento, com diversas famílias de fraturas naturais (geradas por esforços naturais) e fraturas condicionadas pela ação dos explosivos no desmonte dessas rochas ao longo do tempo. O fraturamento natural da rocha, em profundidade, apresenta reflexos nos metadolomitos. Em alguns pontos dos testemunhos de sondagem, foi comum encontrar frações argilosas que correspondem à frações de bolsões de argila resultantes do intemperismo químico nessas zonas de fraturas.

- Depósitos Cenozóicos

Os depósitos cenozóicos no local de estudo se resumem em pacotes de até 60 m de espessura de um material psamítico fino, provindos do retrabalhamento das escarpas devonianas da Formação Furnas.

4.3 Geomorfologia

A região de Bom Sucesso de Itararé está situada, de acordo com o mapa geomorfológico do IBGE (2000), na unidade Planalto de Paranapiacaba (Figura 8), que consiste em morfoestruturas de faixas de dobramentos e coberturas metassedimentares associadas da região Sudeste/Sul do estado de São Paulo. A altimetria da região varia de 800m (planícies aluviais) e 1334m (topo da Serra dos Macacos).

De acordo com Souza (1990), diversas formas de relevo podem ser identificadas nessa região, estando elas distribuídas entre relevos de agradação, degradação, residual, cárstico, de transição e planícies aluvionares. Esses diferentes tipos de relevo são condicionados por contatos litológicos de diferentes graus de erodibilidade, cisalhamento e dobramento.

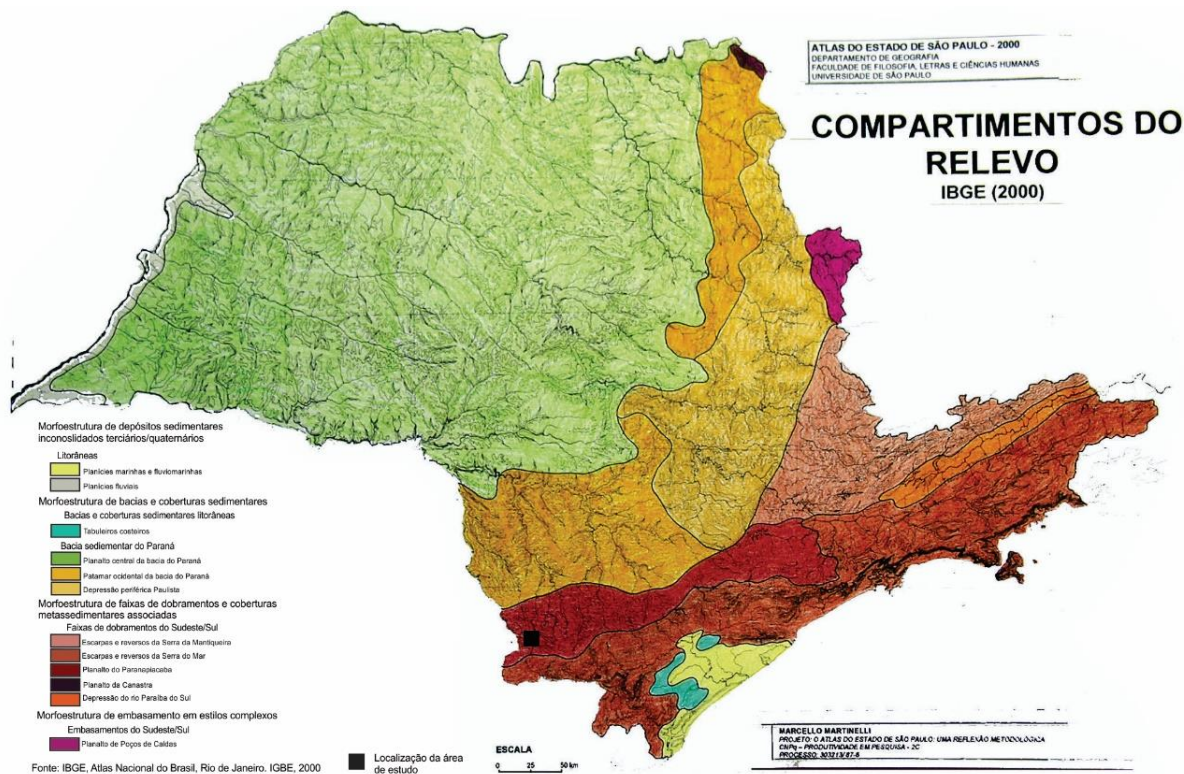


Figura 8: Mapa geomorfológico do estado de São Paulo (IBGE, 2000). Destaque para a região da área de estudo, em preto.

Os relevos mais comuns na região da área de estudo, consistem respectivamente, em relevos cársticos, relevos de transição e relevos residuais. Os relevos cársticos, são identificados pelas feições de dissolução em carbonatos, formação de cavernas e dolinas, além da notória presença dos cones cársticos. Nesse sentido, os cones cársticos consistem em altos topográficos que ilustram a paisagem da cidade de Bom Sucesso de Itararé, que podem ser traduzidos em porções dos aniformais dos dobramentos dos metadolomitos da Formação Bairro dos Campos.

O relevo de transição é marcado pelas escarpas devonianas da Formação Furnas, que consistem em encostas de arenitos dessa unidade marinha, que estão dispostas em uma angulação maior que 60° (Figura 9). Essa feição de relevo pode ser observável na estrada Itapeva/Bom Sucesso, com alguns locais onde as encostas atingem angulação de até 90°.

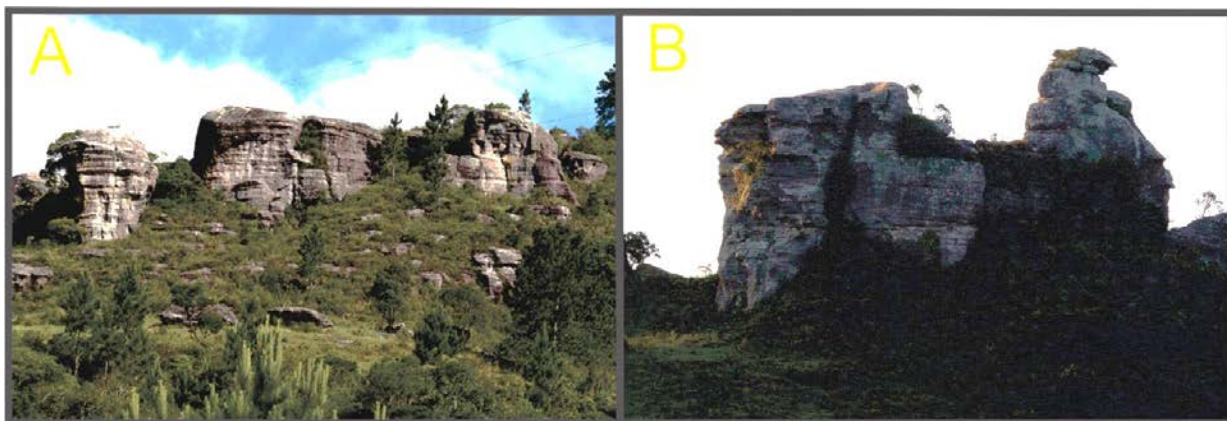


Figura 9: A) Afloramento da Fm. Furnas na Serra de Bom Sucesso; B) Morro da galinha, outro exemplo da feição geomorfológica das escarpas devonianas na estrada Itapeva- Bom Sucesso. Fotos: Rones R. Reis.

Segundo IPT, (1981a) essa região sofreu um amplo e contínuo soerguimento epirogênico, a partir do cretáceo, seguido de uma intensa fase erosiva (durante o eoceno), além de falhamentos e basculamentos de idade oligocênica. Dessa forma, esses processos foram responsáveis pela configuração atual da paisagem dessa região, tendo elevado e moldado toda a escarpa devoniana.

Os relevos residuais, por sua vez, são caracterizados pelas serras quartzíticas da região (Serra dos Macacos e Serra de Bom Sucesso), pertencentes à Formação Serra dos Macacos, que consistem em morfoestruturas afetadas diretamente pela zona de cisalhamento, configurando um aspecto alongado e sigmoidal, seguindo um padrão ditado pela falha Itapirapuã.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Geologia Estrutural

Acamamento Sedimentar (S_0)

Os planos de acamamento sedimentar nos metadolomitos da mina Olho d'Água (Figura 10), diferentemente dos descritos por Souza (1990) e Caltabelotti (2011), não apresentam bandamentos composicionais nem estruturas geopetálicas.

Dessa forma, a interpretação dos planos de acamamento foi possível através da observação de delgados planos de deposição sequencial resultantes do processo de precipitação do carbonato em seu ambiente deposicional e através do reconhecimento dos planos de contato entre o metadolomito e os sedimentos que recobrem a depressão gerada pelo sinforme da fase D₂.



Figura 10: Exemplos dos planos de acamamento (S_0) dos metadolomitos da Mina Olho d'Água, Bom Sucesso de Itararé - SP. Detalhe para a orientação dos instrumentos de escala, que apontam para a direção de mergulho dos acamamentos sedimentares (S_0).

Evento Deformacional D₁

O evento deformacional D₁ é produto do sistema de cavalgamentos que precedeu as outras fases de deformação, chamado de Sistema de Cavalcamento Açungui (SCA) (FIORI *et. al.* 1987, FIORI 1991, 1992). É marcado, em metapelitos, por uma foliação plano axial S₁ de direção NE-SW, do tipo xistosidade fina, com baixo ângulo de mergulho (<50°) e paralela ao acamamento sedimentar (S_0). Os minerais que marcam a foliação S₁ são placóides, representados por muscovita e biotita nos metapelitos do Grupo Itaiacoca.

A foliação S_1 , no entanto, não ocorre nos metadolomitos da Formação Bairro dos Campos observados em campo, uma vez que a feição proeminente é o acamamento (S_0). A homogeneidade composicional dos metadolomitos e suas texturas maciças correspondem aos principais fatores que dificultam a ocorrência da foliação S_1 .

Evento Deformacional D_2

O evento deformacional D_2 é reflexo de um regime compressivo Neoproterozóico, que levou a uma nova etapa de deformação crustal, caracterizada pelo dobramento do acamamento reliquiar S_0 e formação de uma foliação S_2 plano axial.

Segundo Fiori *et. al* (1993), as dobras desse evento podem ser identificadas em afloramento, amostra de mão, mapas e diagramas estruturais de polos de S_1 e/ou S_0 . São de dimensões variadas e gradam de abertas a isoclinais. Seus eixos são geralmente sub-horizontais, direcionados para nordeste-sudoeste, e com planos axiais inclinados a ângulos maiores que 45° .

A Foliação S_2 é marcada pela orientação dos cristais carbonáticos (Figura 11), sejam eles mais finos e escuros ou cristais mais grossos e esbranquiçados, cuja morfologia elíptica indica orientação geral ENE – WSW com cristais dispostos paralelamente ao plano axial das dobras D_2 .

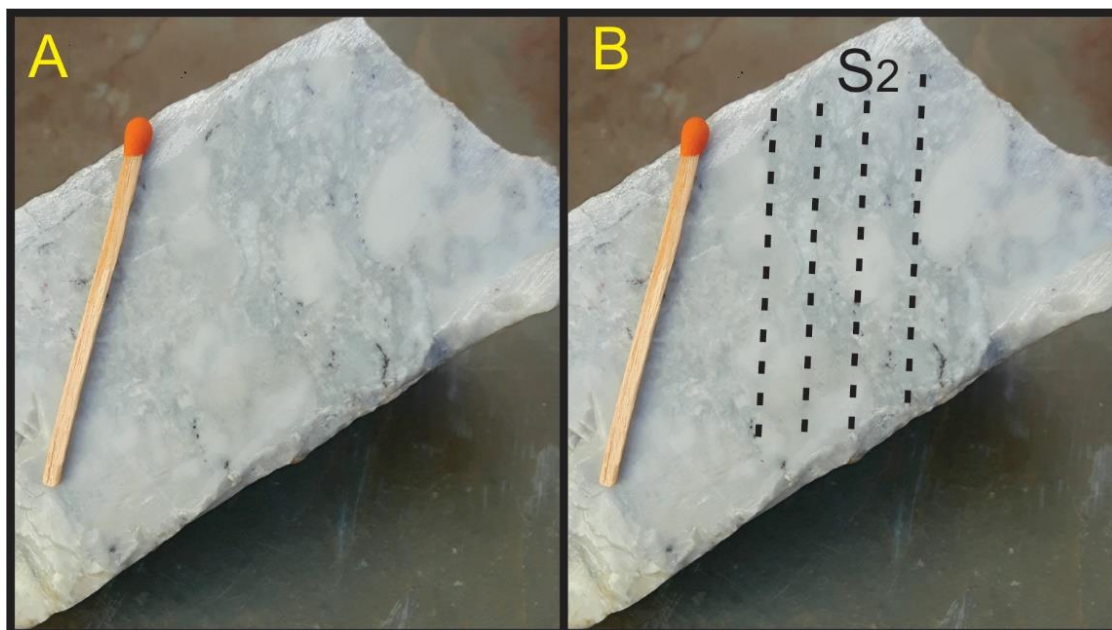


Figura 11: Amostra BSI-01 em um corte NNW-SSE, marcando a foliação S₂.

Na área de estudo os reflexos estruturais da D₂, formam as elevações topográficas da região e são de intrínseca importância para o controle e avanço da lavra dessa unidade mineradora. Nesse sentido, durante o mapeamento, foram reconhecidas três estruturas relacionadas às dobras desse evento, nomeadas de Sul para Norte.

O Antiforme 1 consiste em uma dobra aberta, com ângulo interflanco de aproximadamente 120°. Essa estrutura pôde ser observada através do reconhecimento das atitudes de seus dois flancos no interior da mina, representados por acamamentos reliquiais que mergulham cerca de 60° para NNW e para SSE - pontos de 1 a 10 (Figura 2). No ponto 7, observa-se o ponto de inflexão da zona de charneira do Antiforme 1. É nesse local, bancada 9539 C1, que foi encontrado a maior influência dos fluidos hidrotermais responsáveis pela transformação dos metadolomitos em talcoxistos, devido à colocação da Zona de Cisalhamento Itapirapuã, localizada a menos de 3 Km da área mapeada. O eixo dessa estrutura, de atitude N230/08, foi obtido através do cruzamento de dados feito pelo software *openstereo*, responsável pela geração do estereograma.

O Sinforme foi interpretado através do sequenciamento harmônico das dobras D₂, que alternam entre antiformes e sinformes. Desse modo, as áreas superficiais do Sinforme encontram-se preenchidas por um material arenoso, constituído por areias inconsolidadas, finas a médias, que apresentam estratificações cruzadas decimétricas como estruturas de transporte (Figura 12). Esses sedimentos inconsolidados foram interpretados como retrabalhamento dos arenitos Silurianos da Formação Furnas, estando estes atualmente, condicionados às escarpas encontradas destacadas no relevo da região.

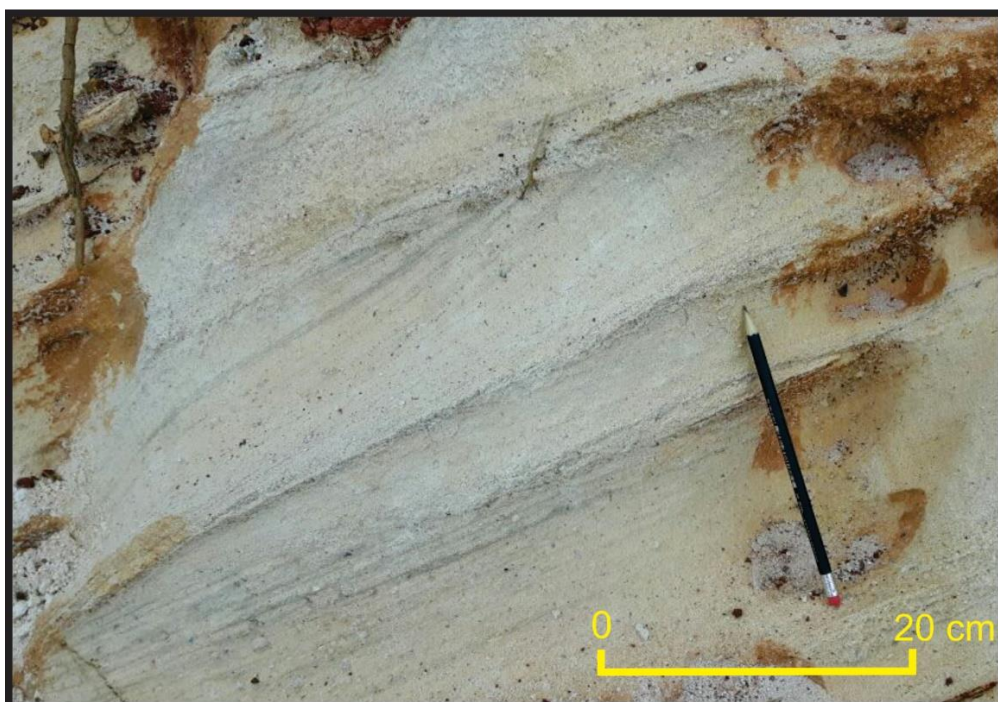


Figura 12: Estratificação cruzada em depósito psamítico cenozoico, a alguns metros do Ponto 05.

Em profundidade, durante as campanhas de sondagem realizadas pela empresa, entre o Antiforme 1 e 2 foi encontrada uma camada de dezenas de metros de areia com as mesmas características das encontradas em superfície, sobrepondo os metadolomitos que estavam por sua vez, mais profundos nessa porção da mina (~60m).

O contato entre os sedimentos arenosos inconsolidados e o metadolomito é marcado por uma porção demasiadamente alterada da rocha carbonática, sendo possível observar porções talcificadas (Figura 13) em meio ao material argiloso avermelhado, contendo

talco branco, untuoso, diferente do talco preto reconhecido na porção mais elevada da mina (bancada 9539 C1).

O Antiforme 2, diferentemente do Antiforme 1, pertence a uma fração da camada metadolomítica ainda não muito explorada pela mineradora e parcialmente exposta, com somente o flanco SSE dessa estrutura preservado. Embora o Antiforme 2 tenha sido parcialmente erodido, o padrão dessa estrutura é semelhante ao padrão do Antiforme 1, com flancos mergulhando para NNW e SSE e plano axial de direção ENE – WSW, mergulhando cerca de 80° para SSE.

Analisando as medidas estruturais de campo, o estereograma (Figura 14) das medidas de S_0 mostra um padrão de distribuição dos polos dos planos de acamamentos sedimentares, formando um padrão de guirlanda típico de estruturas dobradas. A atitude do acamamento varia entre as N315/60 e N160/60, e caracterizando as estruturas reconhecidas em campo.



Figura 13: Alteração intempérica no metadolomito com a formação de argilominerais e presença de talcificação incipiente.

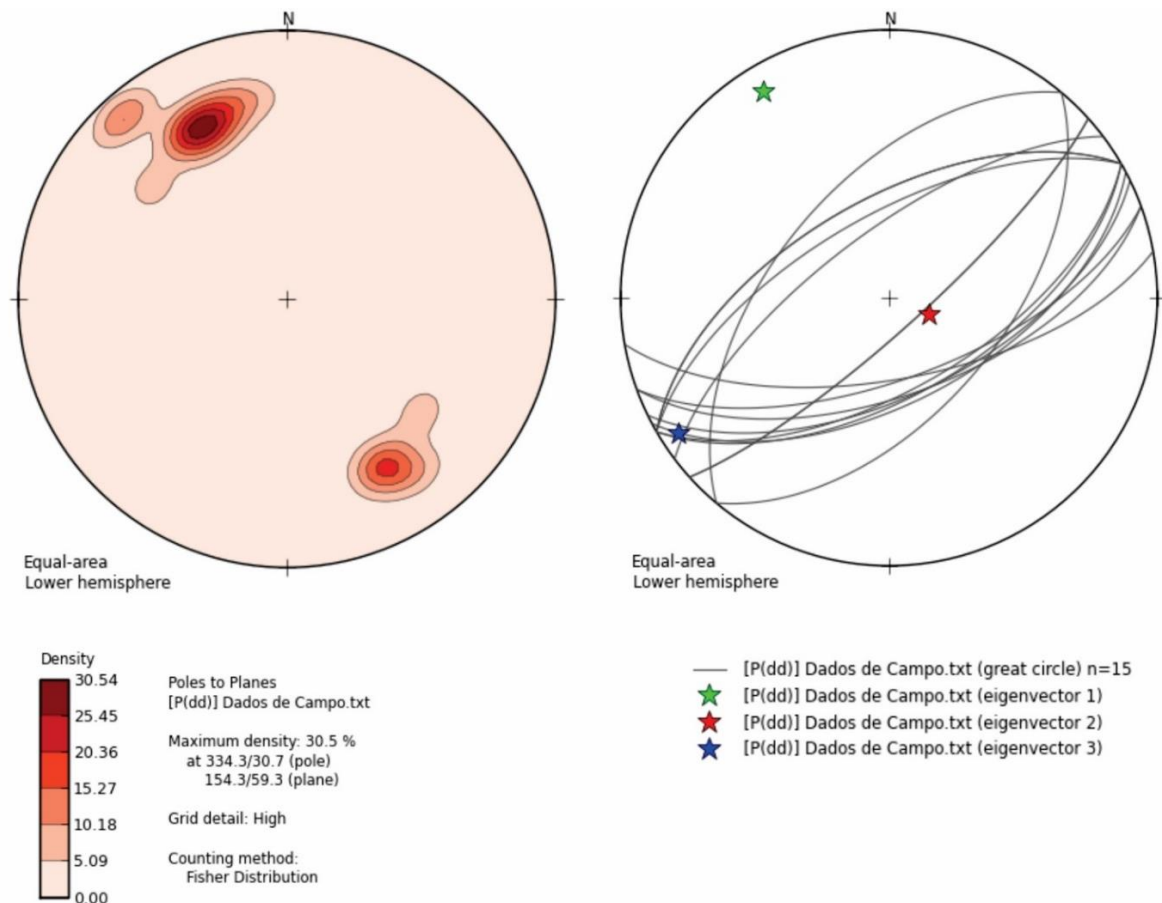


Figura 14: Estereogramas dos polos dos planos de acamamento (S0) à esquerda, e os contornos dos grandes círculos com o eixo marcado pela estrela azul, relativo às medidas de S0, à esquerda. n = 15

Evento Deformacional D₃

O terceiro evento deformacional refere-se a uma tectônica transcorrente, da qual estão relacionados os principais lineamentos da região. Como consequência, o empilhamento tectônico anteriormente formado, foi truncado e deslocado, justapondo-se a conjuntos litológicos distintos e originalmente situados a grandes distâncias (FIORI *et. al.*, 1993).

Esse evento foi o responsável pela colocação da Zona de Cisalhamento Itapirapuã, que por sua vez transportou fluidos metamórficos ricos em sílica, atingindo temperaturas entre 350 – 450 °C (SZABÓ *et. al.*, 2006) e causando hidratação e silicificação do sistema, transformando os metadolomitos em talco xistos nos locais afetados pelo regime de fluidos, através da seguinte reação: $3 \text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 + 4 \text{SiO}_2 (\text{aq}) + \text{H}^+ = \text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 + 3\text{Ca}^{2+} (\text{aq}) + 6 \text{CO}_2$.

Esses talco-xistos possuem uma foliação marcada por uma xistosidade fina dos argilominerais escuros, diferentemente dos cristais carbonáticos que marcam a foliação S_2 . Sendo assim, essa xistosidade foi interpretada como produto do evento D_3 , sendo denominada de S_3 .

A foliação S_3 foi observada somente na zona de influência do talco no metadolomito, que se restringe à porção superior das dobras mapeadas (bancada 9539 C1). O hidrotermalismo responsável pela silicificação do sistema ocorre concomitantemente ao evento D_3 e é marcado, na área de estudo, por um dos quatro tipos de talco descritos por Szabó *et. al.* (2006), o tipo 1, aflorante com direção predominante ENE - WSW, espessura métrica, coloração predominantemente preta, friável, foliação anastomosada e verticalizada.

A figura 15 mostra evidências de um sistema hidrotermal, responsável pelas texturas brechadas encontradas na bancada 9539 C1, perto da região de charneira do Antiforme 1, onde em matriz de talco preto, encontram-se fragmentos angulosos da rocha metadolomítica, que desenvolveram bordas de reação nas extremidades dos fragmentos, marcando a reação fluido rocha com a hospedeira carbonática.



Figura 15: Metadolomito brechado com presença de talco preto como matriz dos fragmentos metadolomíticos angulosos.

5.2 Análises Petrográfica, FRX e DRX

A análise petrográfica consistiu no estudo da seção delgada confeccionada a partir da amostra BSI-01, coletada do ponto 8 (Figura 3), no flanco SE em uma das estruturas antiformais mapeadas. Essa análise microscópica permitiu a visão mais detalhada dos elementos texturais e estruturais dos metadolomitos. Devido à presença de somente um tipo de rocha na área de estudo e pela homogeneidade textural dessa unidade em toda a extensão da mina, optou-se por fazer apenas uma lâmina delgada para análise microscópica.

A rocha metadolomítica é constituída exclusivamente por dolomita, que se apresenta de três diferentes formas. Dominantemente aparece como finos cristais, representados pela seta verde na figura 16, que formam uma matriz fina onde estão envoltos os outros dois tipos de dolomita, texturalmente diferentes. Em menores proporções, os cristais se dispõem como lamelas escuras de dolomita microcristalina, orientadas segundo a foliação S_2 , representadas pela seta vermelha na figura 16.

Já a forma mais rara de ocorrência, com os maiores minerais encontrados em lâmina ($\sim 0,1$ mm), estão os cristais dolomíticos que se recrystalizaram dentro das maiores vacâncias primárias da rocha carbonática, devido às alterações de pressão e temperatura durante o evento colisional D_2 e estão representados pela seta azul na figura 16.

Nesse sentido, devido à presença de um plano preferencial de disposição dos minerais dolomíticos, orientados paralelamente ao plano axial às dobras D_2 , podemos reconhecer a foliação S_2 , que é marcada pela orientação desses minerais microcristalinos escuros, dos poros alongados e pelos esforços compressivos do evento D_2 , na história evolutiva dessas rochas.

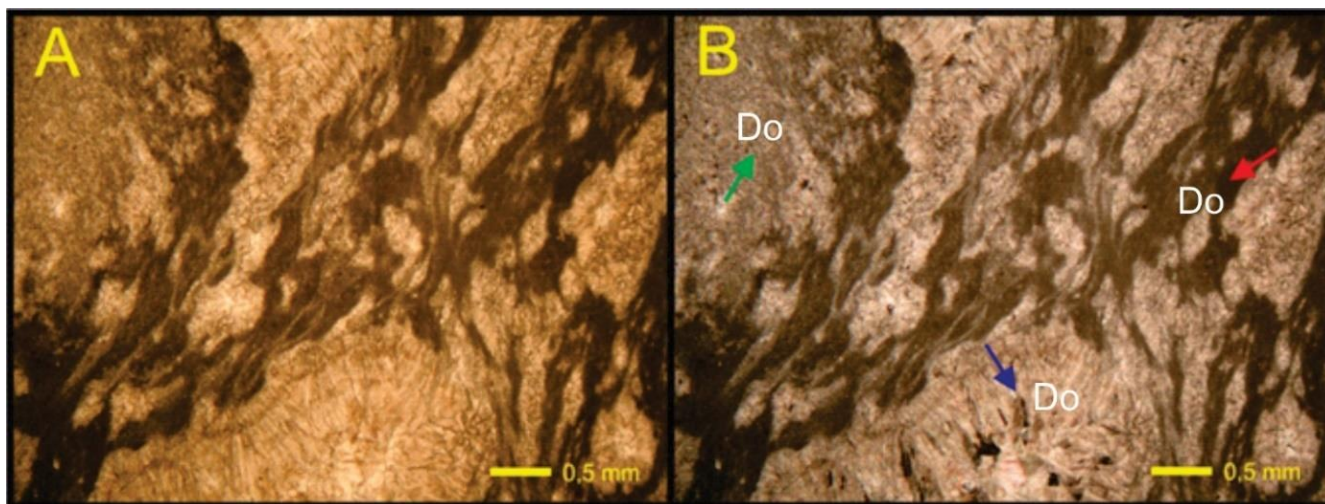


Figura 16: A) Lâmina BSI-01 sem o efeito dos polarizadores. B) Lâmina BSI-01 com o efeito dos polarizadores (Aumento 2,5x). Destaque para as setas coloridas que indicam as diferentes formas de ocorrência de dolomita.

A mineralogia da rocha é composta essencialmente de dolomita, tanto os maiores cristais como os microcristais contidos nas lamelas escuras são compostos somente de dolomita, conforme mostra o gráfico resultante da análise mineralógica da lâmina BSI-01 por difração de raios X (Figura 17).

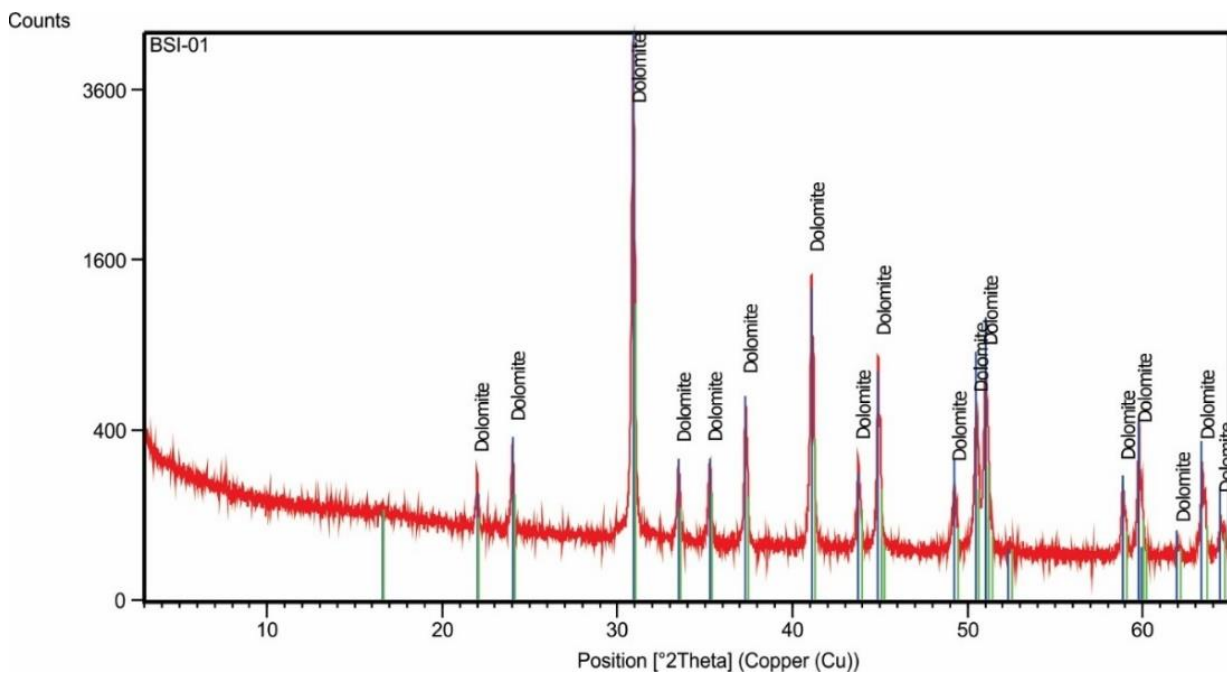


Figura 17: Gráfico resultante da Análise por Difractometria de Raios X (DRX).

Desse modo, a FRX, foi feita a partir de amostras dos furos de sondagem realizados em dezembro de 2016, revelando os percentuais dos elementos químicos, como mostram as tabelas. Assim, essa análise nos permitiu ter uma média da composição de dessa dolomita, que no caso das amostras obteve em média: 30,36 % de CaO; 21,5 % de MgO; 0,94 % de SiO₂; 0,062% de Al₂O₃ e 0,042 % de Fe₂O₃. O percentual da Perda ao Fogo refere-se ao CO₂ e H₂O presentes na rocha, volatilizados no teste, que chega a 1000°C.

Furo Amostrado	Profundidade (m)	Fe₂O₃ (%)	Al₂O₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SiO₂ (%)	P.Fogo (%)
F1	0,00-1,60	0,078	0,054	30,57	21,42	0,62	47,01
F1	1,60-2,60	0,039	0,044	30,78	21,33	0,39	47,19
F1	2,60-4,00	0,039	0,050	30,83	21,25	0,55	47,04
F1	4,00-5,00	0,044	0,040	30,36	21,59	0,81	46,91
F1	5,00-8,20	0,048	0,150	29,98	21,43	1,44	46,73
F1	8,20-11,25	0,060	0,091	29,90	21,64	1,59	46,49
F1	11,25-14,30	0,029	0,039	30,12	21,78	0,72	47,07
F1	14,30-17,35	0,039	0,102	30,12	21,48	1,39	46,61
F1	17,35-20,40	0,029	0,035	29,88	21,92	1,13	46,79
F1	20,40-23,45	0,031	0,034	30,35	21,67	0,48	47,23
F1	23,45-26,50	0,042	0,037	30,56	21,49	0,50	47,14
F1	26,50-29,55	0,049	0,118	30,36	21,33	0,90	47,02
F1	29,55-32,60	0,036	0,039	30,76	21,37	0,27	47,29
F1	32,60-35,50	0,033	0,041	30,56	21,47	0,52	47,16

Furo Amostrado	Profundidade (m)	Fe₂O₃ (%)	Al₂O₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SiO₂ (%)	P. Fogo (%)
F5	0,00-3,05	-	-	-	-	-	-
F5	3,05-6,10	-	-	-	-	-	-
F5	6,10-9,15	-	-	-	-	-	-
F5	9,15-12,20	-	-	-	-	-	-
F5	12,20-14,50	-	-	-	-	-	-
F5	14,50-17,45	0,030	0,037	31,08	21,17	0,22	47,24
F5	17,45-20,50	0,032	0,036	30,77	21,38	0,27	47,27
F5	20,50-23,55	0,031	0,027	30,70	21,46	0,24	47,31
F5	23,55-26,60	0,091	0,205	29,83	21,23	2,29	46,12
F5	26,60-29,65	0,063	0,097	30,81	21,09	0,74	46,97
F5	29,65-32,70	0,067	0,112	29,54	21,67	2,69	45,73
F5	32,70-35,75	0,052	0,088	30,27	21,42	1,21	46,76
F5	35,75-38,80	0,032	0,038	30,70	21,40	0,46	47,15
F5	38,80-41,85	0,032	0,041	29,38	22,10	2,29	45,94

Os percentuais máximos de Fe₂O₃ aceitáveis na indústria vidreira, que corresponde à maior demandante do minério proveniente da Mina Olho d'Água, são de 440 ppm, ou 0,0440 %, fazendo com que seja necessário a realização do processo de blendagem do minério, visto que as porcentagens de Fe₂O₃ encontradas nos testemunhos variam de 300 a 780 ppm.

5.3 Mapa Estrutural

O mapa estrutural (Apêndice I) foi confeccionado através de uma interpretação dos dados dos elementos estruturais coletados em campo, dispostos em 14 pontos (Figura 2). As estruturas observadas na área de estudo são semelhantes às encontradas na literatura, cujas teorias apontavam para o fato de que os dobramentos regionais da área de estudo, são provenientes da segunda fase deformacional, possuindo planos axiais com direções que variam de NE-SW, e flancos com direções NW-SE (FIORI, 1993; SIGA JR. *et al.*, 2003; SOUZA, 1990).

A divergência encontrada na área consiste no fato das dobras encontradas na Mina Olho d'Água, originadas também no segundo evento deformacional, estarem orientadas com plano axial de direção ENE - WSW e flancos mergulhando para NNW – SSE, diferindo das direções NE-SE e NW-SE dos planos axiais e flancos citados na bibliografia.

Apesar das grandes exposições rochosas exibidas pelas frentes de lavra, o reconhecimento dos elementos estruturais foi um processo dificultoso devido ao alto fraturamento em que se encontra esse pacote rochoso, afetado pelas operações de desmonte executadas para explorar o minério carbonático.

5.4 Modelo 3D

Realizado no Datamine 3.24.25, o modelo 3D da cava foi elaborado através da junção entre o mapa estrutural (Apêndice I) e a interpretação dos furos de sondagem realizados desde o início da exploração da mina Olho d'água.

Os furos foram realizados em uma malha irregular para identificar o minério em profundidade e saber quais eram as áreas mais propensas a conter o maior volume de minério carbonático. A figura 18 mostra a disposição dos furos de sondagem e a topografia da mina, utilizados para interpretação das estruturas mapeadas em profundidade e confecção do modelo 3D.

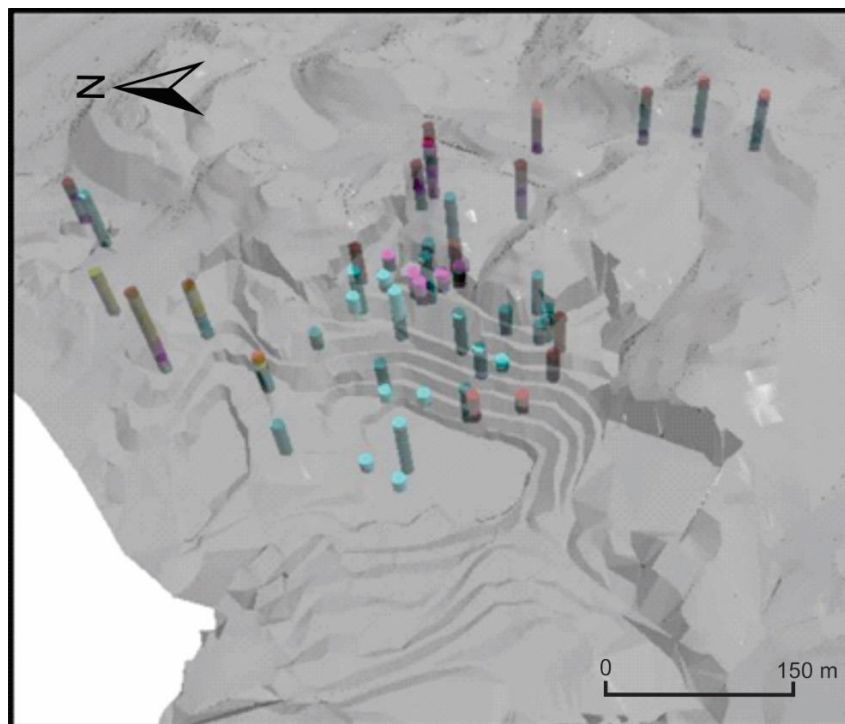


Figura 18: Representação dos Furos de sondagens realizados até hoje na Mina Olho d'Água, Bom Sucesso de Itararé - SP.

O modelo geológico tridimensional (Figura 19) consiste em um sólido tridimensional que apresenta três elementos dispostos em três cores diferentes. A cor cinza representa a topografia atualizada da mina Olho d'Água, a cor azul clara representa o minério metadolomítico e a cor amarela representa a parte estéril da mina, o pacote arenoso que preenche a geometria côncava do Sinforme da fase D₂.

O modelo (Figura 19) nos indica a geometria, em profundidade, desse pacote metadolomítico, que se apresenta dobrado pelo evento deformacional D₂, possuindo planos axiais com alto ângulo (~80°), com leve mergulho para SSE e flancos mergulhando cerca de 60° para NNW e SSE. A figura 20 ilustra claramente o preenchimento por sedimentos cenozóicos ao longo da superfície do Sinforme, delimitando a zona estéril da mina do minério, para controle e operação de lavra.

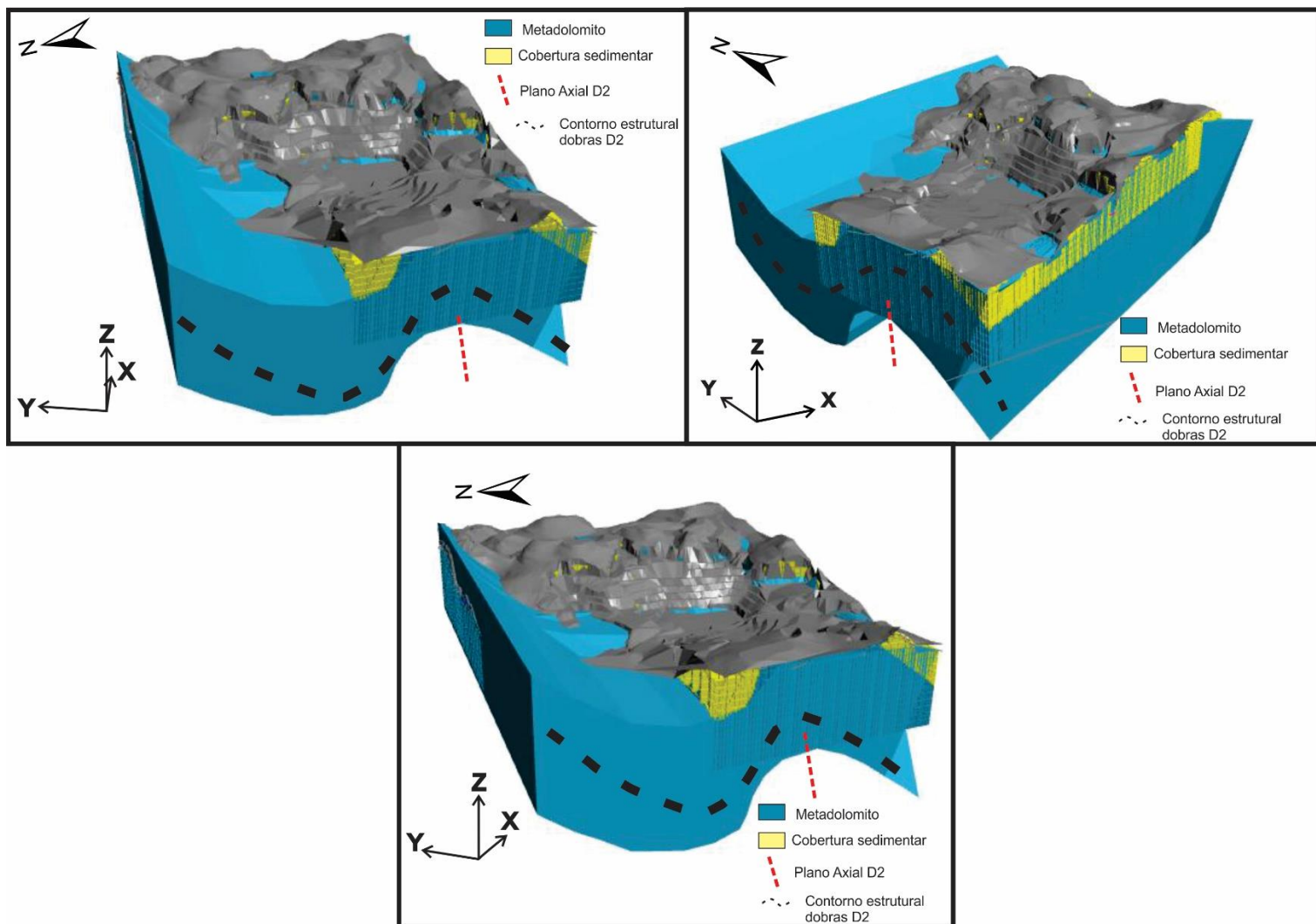


Figura 19: Modelo 3D da cava da Mina Olho D'Água, Bom Sucesso de Itararé – SP, em três ângulos diferentes.

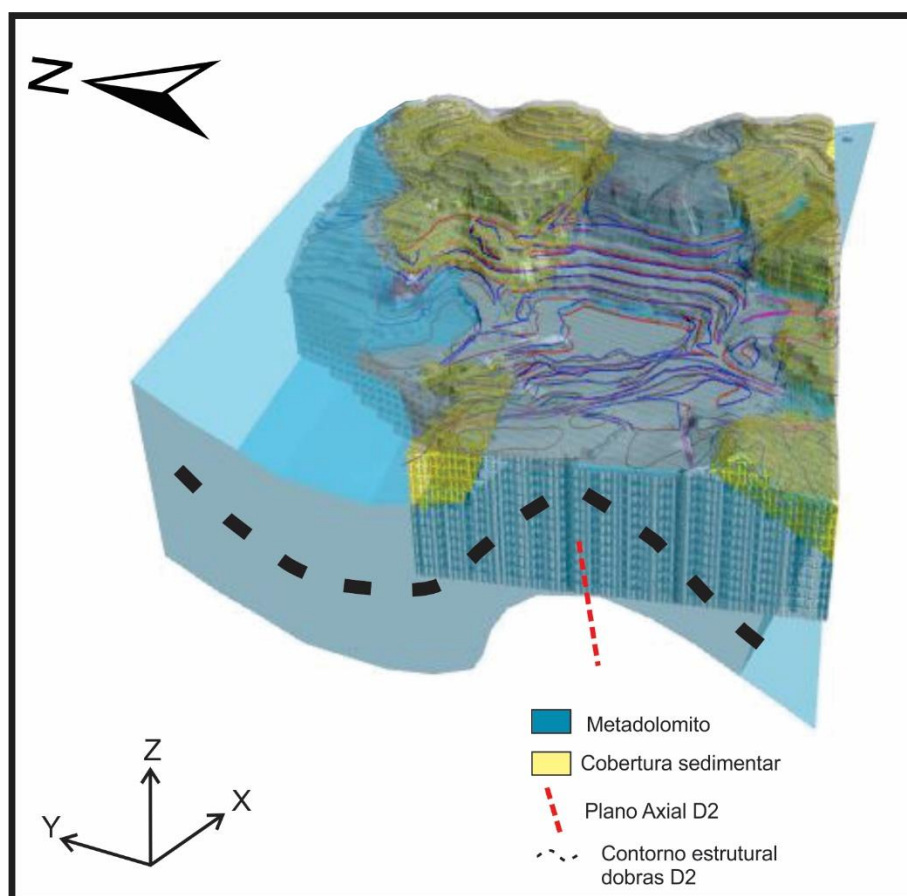


Figura 20: Modelo 3D da cava da Mina Olho d'Água, Bom Sucesso de Itararé - SP, aplicado um filtro de transparência.

6. CONCLUSÃO

Os metadolomitos Mesoproterozoicos da Formação Bairro dos campos na Mina Olho d'Água, município de Bom Sucesso de Itararé – SP, são quimicamente compostos por teores altos de CaO (~30 %) e MgO (~21 %) e baixos teores de SiO₂ (~1 %), Al₂O₃ (620 ppm) e Fe₂O₃ (~420 ppm), seguindo o padrão das rochas dolomomíticas. Essa dolomita se apresenta cristalizada de três formas distintas, variando o tamanho dos grãos carbonáticos.

Essas rochas carbonáticas foram condicionadas por três eventos deformacionais no Ciclo Brasileiro que ocorreram diacronicamente, sendo possível classificá-los, em D₁, D₂ e D₃. O evento D₂ foi o mais marcante na área, sendo representado pelo dobramento dos acamamentos sedimentares reliquias (S₀), que deram origem às dobras abertas com flancos mergulhando aproximadamente 60° para NNW e SSE e planos axiais em alto ângulo (~80°), com direção ENE - WSW e mergulho para SSE.

As estruturas provenientes desse evento mais marcante, dentro da área de estudo, foram mapeadas e servem como guias para a escolha dos novos locais a serem explorados por parte da equipe de planejamento de lavra, que tendo em mãos o mapa estrutural e o modelo geológico, detém das informações necessárias para tomar a decisão correta sobre o controle e avanço da mina.

A direção dos traços axiais ENE - WSW das estruturas antiformais da fase D₂, correspondem áreas mais propensas para investigação geológica, realização de novas e avanço da frente de lavra, almejando maior volume de minério.

Por um outro lado, para uma caracterização mais abrangente da geologia estrutural da região, principalmente no que se refere ao mergulho dos eixos das dobras D₂, seriam necessários trabalhos complementares em outros litotipos do Grupo Itaiacoca e nas áreas mais afetadas pelos movimentos transcorrentes, para uma melhor interpretação desse último evento deformacional e o resultado da sua dinâmica nas rochas do Grupo Itaiacoca.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, FFM de. Novas ocorrências de fósseis no pré-cambriano brasileiro. **Anais da Academia brasileira de Ciências**, v. 28, n. 4, p. 44-45, 1956.

ASSINE, Mario Luis. **Aspectos da estratigrafia das seqüências pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil**. 1996. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BETTENCOURT, J. S.; WERNICK, E. Contribuição à geoquímica do Sr das rochas calcárias dos grupos São Roque e Açungui (SP, PR). **29 CONG. BRAS. GEOL**, v. 1, 1976.

CALTABELOTTI, Fabrizio Prior. **Alojamento e deformação de plútons graníticos da extremidade nordeste da Suíte Intrusiva Cunhaporanga (Domínio Apiaí-Faixa Ribeira, PR)**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CAMPANHA, GA da C.; BISTRICHI, C. A.; ALMEIDA, MA de. Considerações sobre a organização litoestratigráfica e evolução tectônica da Faixa de Dobramentos Apiaí. **Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia**, v. 3, n. 1987, p. 725-742, 1987.

CAMPANHA, GA da C.; SADOWSKI, G. R. Tectonics of the southern portion of the Ribeira Belt (Apiaí Domain). **Precambrian Research**, v. 98, n. 1, p. 31-51, 1999.

CAMPANHA, Ginaldo Ademar da Cruz. **O papel do sistema de zonas de cisalhamento transcorrentes na configuração da porção meridional da Faixa Ribeira**. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CAMPANHA, Ginaldo Ademar da Cruz et al. Constraining the age of the Iporanga Formation with SHRIMP U-Pb zircon: Implications for possible Ediacaran glaciation in the Ribeira Belt, SE Brazil. **Gondwana Research**, v. 13, n. 1, p. 117-125, 2008.

CAMPANHA, G. A. C. et al. Geocronologia do Terreno Apiaí no Sul do Estado de São Paulo. **45 SIMPÓSIO ANOS DE GEOCRONOLOGIA NO BRASIL**, v. 1, 2009.

CAMPANHA, G. A. C. et al. Geochemistry and age of mafic rocks from the Votuverava Group, southern Ribeira Belt, Brazil: Evidence for 1490Ma oceanic back-arc magmatism. **Precambrian Research**, v. 266, p. 530-550, 2015.

CARVALHO, P. F.; PINTO, E. A. Reconhecimento geológico na Série Açungui. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia DNPM**, p. 1-29, 1937.

CULLITY, B. D. Elements of XR-Diffraction. 1959.

DE ALMEIDA, Fernando Flavio Marques. Collenia itapevensis sp. n.-um fóssil pré-cambriano do Estado de São Paulo. **Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, Universidade de São Paulo. Geologia**, n. 1, p. 89-106, 1944.

DE ALMEIDA, F. F. M. et al. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth-Science Reviews**, v. 17, n. 1-2, p. 1-29, 1981.

DE OLIVEIRA RODRIGUES, Sérgio Wilians; CALTABELOTTI, Fabrizio Prior; DE ALMEIDA, Vidyã Viera. GEOLOGIA ESTRUTURAL DO GRUPO ITAIACOCA NA FOLHA ITARARÉ (SG-22-BXI), 2009.

DOWD, P. A. Geological controls in the geostatistical simulation of hydrocarbon reservoirs. **Arabian Journal for Science and Engineering**, v. 19, n. 2 B, p. 237-247, 1994.

FIORI, A. P. et al. Compartimentação tectônica do Grupo Açungui a norte de Curitiba. **SBG, Simpósio Sul Brasileiro de Geologia**, v. 3, p. 183-196, 1987.

FIORI, A. P. **Tectônica e estratigrafia do Grupo Açungui a norte de Curitiba. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo**. 1991. Tese de Doutorado. Tese de Livre Docência.

FIORI, A. P. Tectônica e estratigrafia do Grupo Açungui, PR. **Boletim IG-USP. Série Científica**, v. 23, p. 55-74, 1992.

FIORI, Alberto P. O sistema de dobramento Apiaí, Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 23, n. 1, p. 5-17, 2017.

FUCK, Reinhardt Adolfo. **Nota explicativa da folha geológica de Quero-Quero**. The Instituto, 1966.

GIMENEZ FILHO, Antonio. **Evolução do Complexo Granítico Três Córregos a noroeste de Apiaí-SP**. 1993. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

HACKSPACHER, Peter Christian et al. Evidence of Neoproterozoic Backarc Basin development in the Central Ribeira Belt, Southeastern Brazil: new geochronological and geochemical constraints from the São Roque-Açungui Groups. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 1, p. 110-114, 2017.

HASUI, Y. Sistema Orogênico Mantiqueira. **Geologia do Brasil. São Paulo: Beca**, p. 331-610, 2012.

HASUI, Y.; CARNEIRO, C. dal R.; COIMBRA, A. M. The Ribeira folded belt. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 5, n. 4, p. 257-266, 1975.

OLIVEIRA, A. I. D., LEONARDOS, O. H., & PINTO, F. J. (1943). *Geologia do Brasil*.

OLIVEIRA, Euzébio Paulo de. *Geologia do estado do Paraná*. **Minist. Agric. Indúst. Com., Rio de Janeiro**, p. 67-143, 1916.

PETRI, Setembrino. **Contribuição para ao estudo do Devoniano paranaense**. 1948. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. Sobre os metassedimentos do Açungui do extremo sul do Estado de São Paulo. **São Paulo, DAEE-USP**, 1969.

PONÇANO, Waldir Lopes. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Divisão de Minas e Geologia Aplicada, 1981.

PRAZERES FILHO, Hécio José dos. **Litogeoquímica, geocronologia (U-Pb) e geologia isotópica dos Complexos Graníticos Cunhaporanga e Três Córregos, estado do Paraná**. 2000. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PRAZERES FILHO, Helcio José dos. **Caracterização geológica e petrogenética do batólito granítico Três Córregos (PR-SP) | b geoquímica isotópica (Nd-Sr-Pb), idades (ID-TIMS/SHRIMP) e $\delta^{18}\text{O}$ em zircão**. 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

REIS NETO, Jose Manoel dos. **Faixa Itaiacoca: registro de uma colisão entre dois blocos continentais no Neoproterozóico**. 1994. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SAUNITE, Danilo Marques et al. Metadolomitos talcificados do Grupo Itaiacoca, Paraná: regime de fluidos e implicações genéticas. **Geologia USP. Série Científica**, v. 11, n. 1, p. 171-187, 2011.

SIGA JR, Oswaldo et al. U-Pb (Zircon) ages of metavolcanic rocks from the Itaiacoca Group: tectonic implications. **Geologia USP. Série Científica**, v. 3, p. 39-49, 2003.

SIGA, O. et al. Lower and Upper Neoproterozoic magmatic records in Itaiacoca Belt (Paraná-Brazil): Zircon ages and lithostratigraphy studies. **Gondwana Research**, v. 15, n. 2, p. 197-208, 2009.

SIGA, Oswaldo et al. Calymmian (1.50–1.45 Ga) magmatic records in Votuverava and Perau sequences, south-southeastern Brazil: Zircon ages and Nd–Sr isotopic geochemistry. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 32, n. 4, p. 301-308, 2011.

SIGA, Oswaldo et al. Geology and geochronology of the Betara region in south-southeastern Brazil: evidence for possible Statherian (1.80–1.75 Ga) and Calymmian (1.50–1.45 Ga) extension events. **Gondwana Research**, v. 19, n. 1, p. 260-274, 2011.

SOUZA, Agenor Pereira. **Mapa Geológico na escala 1: 50.000 e esboço da evolução tectônica e sedimentar do Grupo Itaiacoca, nas folhas Barra do Chapéu e Ouro Verde-SP/PR**. 1990. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

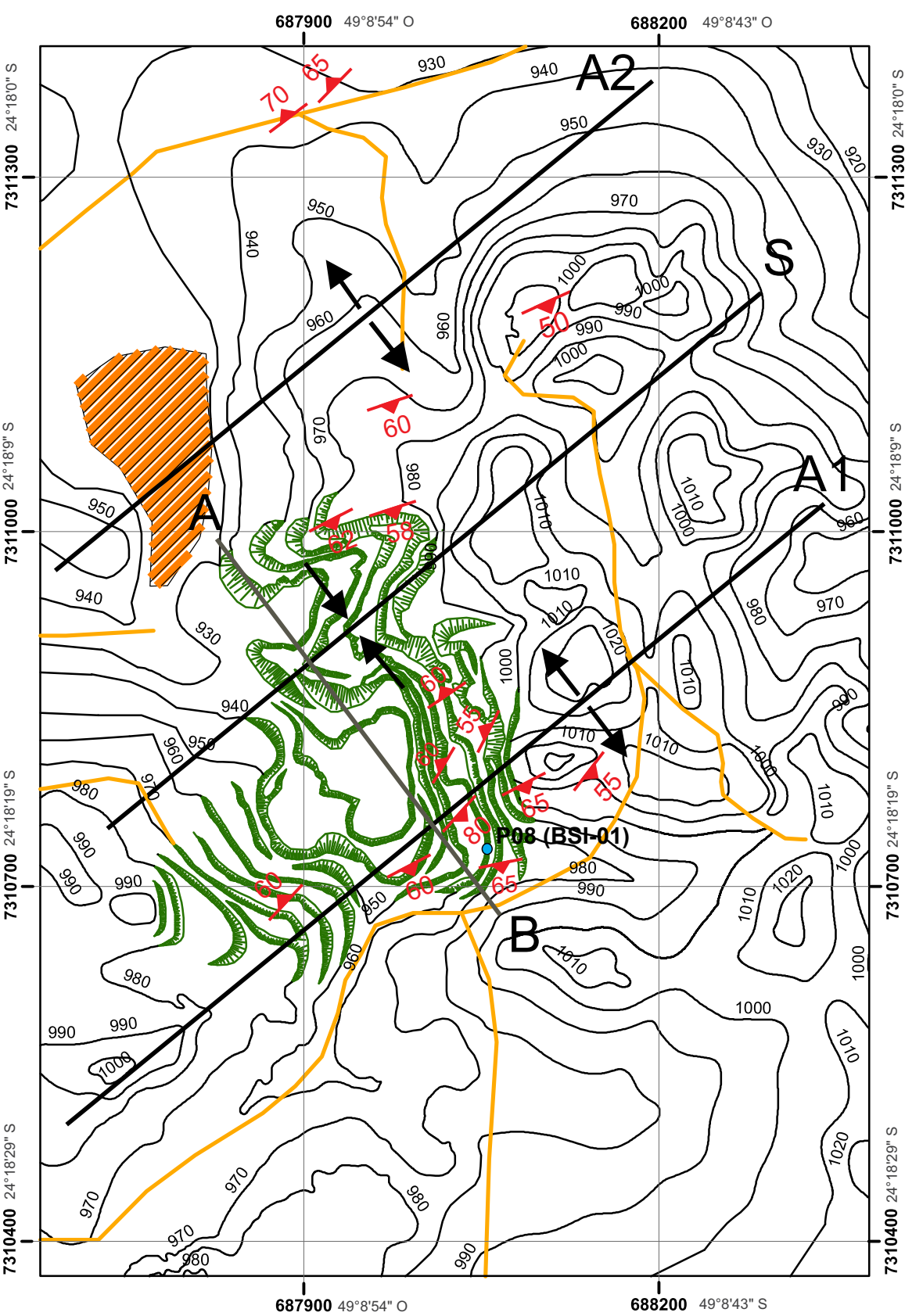
SZABÓ, Gergely Andres Julio et al. As jazidas de talco no contexto da história metamórfica dos metadolomitos do Grupo Itaiacoca, PR. **Geologia USP. Série Científica**, v. 5, n. 2, p. 13-31, 2006.

THWAITES, A. M. Assessment of geological uncertainty for a mining project. In: **Computer applications in the minerals industries. International symposium**. 1998. p. 391-404.

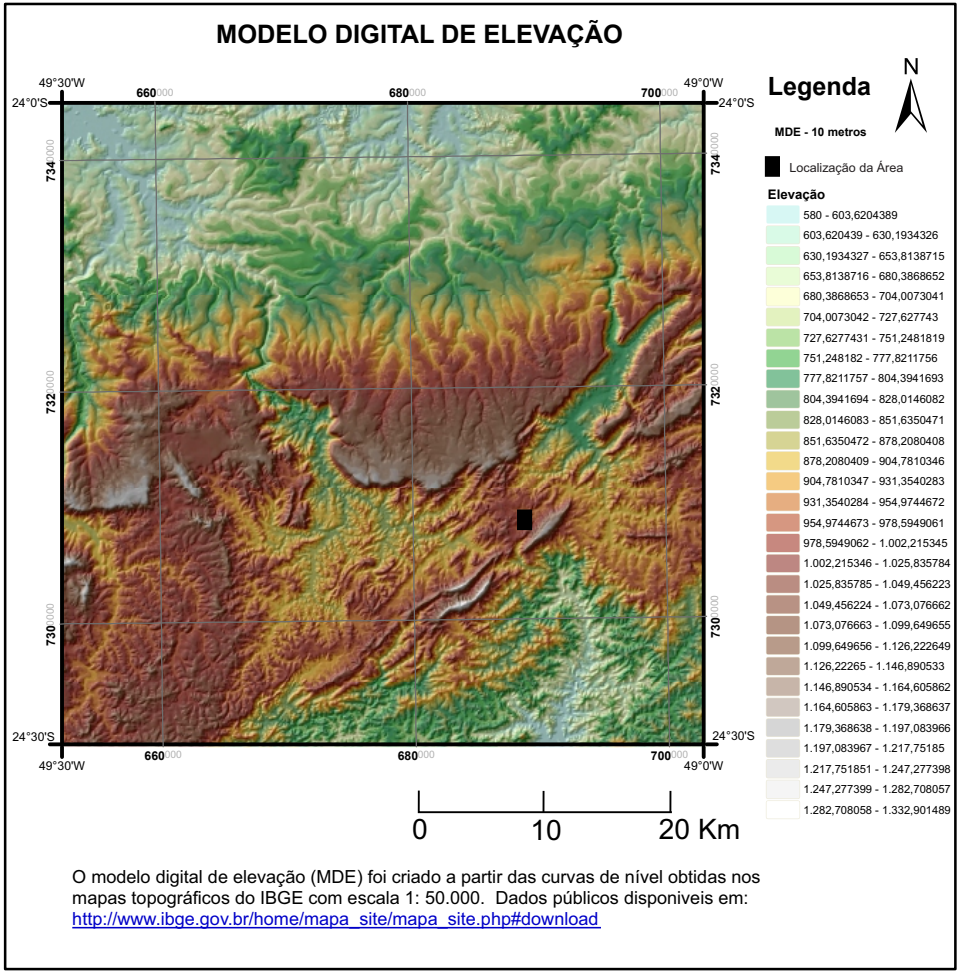
WEBER, Werner et al. A Formação Água Clara na Região de Araçáiba-SP: registro U-Pb de uma bacia mesoproterozóica. **Geologia USP. Série Científica**, v. 4, n. 1, p. 101-110, 2004.

WINKLER, Helmut Gustav Franz. **Petrogênese das rochas metamórficas**. Edgar Blücher, 1977.

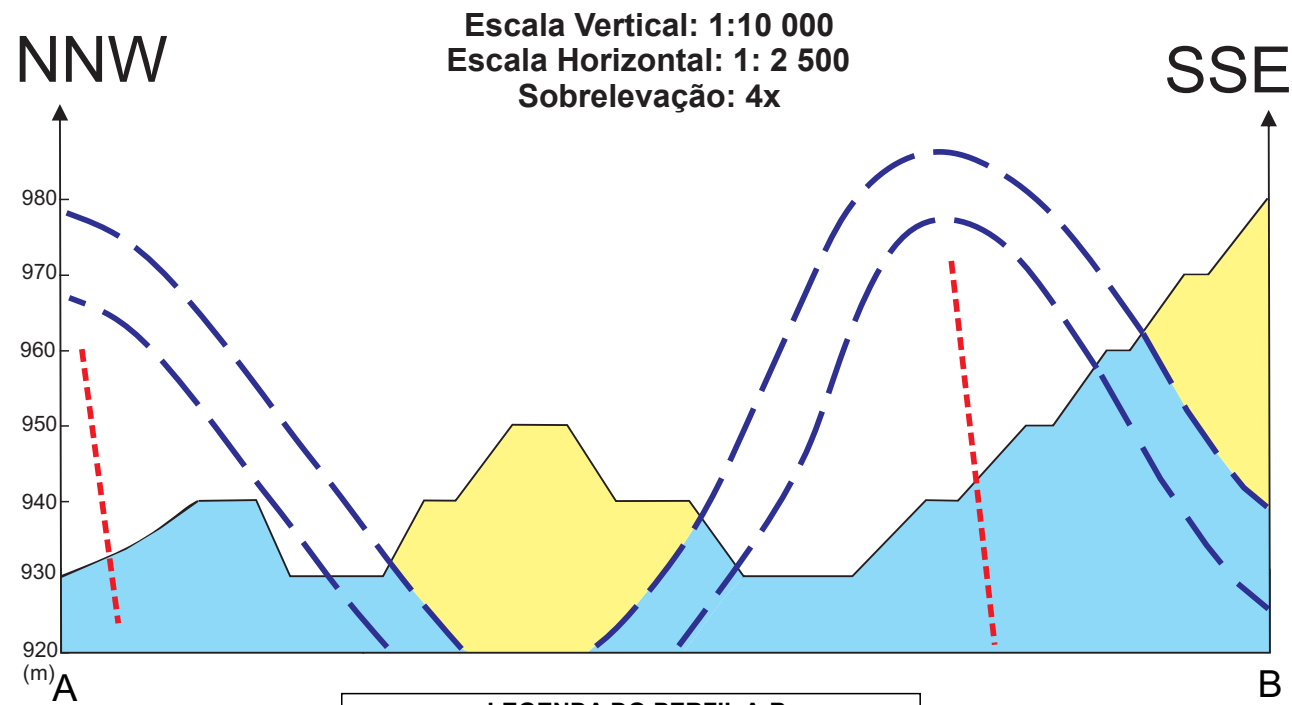
APÊNDICE I



LEGENDA DO MAPA	
Estradas	Acamamento sedimentar (S0)
Unidade produtora de cal paralísada	Antiforme D2
Topografia	Sinforme D2
Topografia da Mina	A1 Antiforme 1
Ponto de coleta de amostra	S Sinforme
	A2 Antiforme 2

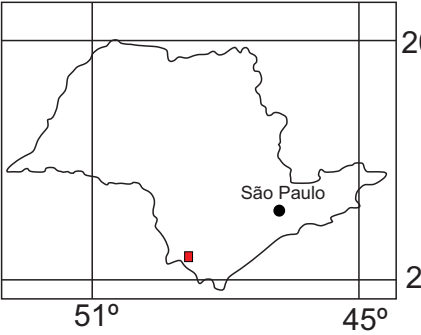


PERFIL A-B



LEGENDA DO PERFIL A-B	
Foliação S2 (Plano Axial D2)	Contorno estrutural das dobras D2
Metadolomito	Cobertura sedimentar psamítica

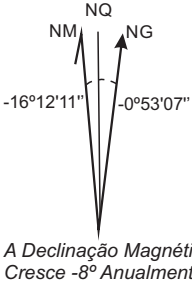
Localização da folha no estado de São Paulo



Articulação da Folha Bom Sucesso (SF-22-Y-D-V-1)
Localização da área em vermelho

Mandaguapé	Maringá	Sabúdia
Ivatuba	Bom Sucesso	Mina do Santo
Quinta do Sol	São Pedro do Ivan	Borraz

Declinação Magnética em 1987 e Convergência Meridiana



Mapeamento Estrutural e Modelagem 3D dos Metadolomitos da Mina Olho d'Água, Bom Sucesso de Itararé - SP: Subsídio ao Planejamento de Lavra

Apêndice I

Mapa Estrutural

Autor:
Gustavo Isnard Jarussi
2017, Rio Claro - SP

1:5.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR UTM (2015)
ESFENÓIDE INTERNACIONAL DATUM HORIZONTAL
SIRGAS 2000, ZONA 22 J
EQUIDISTÂNCIAS DAS CURVAS DE NÍVEL: 10 M