



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

GEOLOGIA E QUIMIOESTRATIGRAFIA DO GRUPO VAZANTE EM LAGAMAR
(MINAS GERAIS, BRASIL)

AUTOR: Carla Sofia de Sousa Marques

ORIENTAÇÃO: Alexandre Uhlein

Nº152

BELO HORIZONTE

DATA (27/09/15)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA



Dissertação de Mestrado

GEOLOGIA E QUIMIOESTRATIGRAFIA DO GRUPO VAZANTE EM LAGAMAR
(MINAS GERAIS, BRASIL)

AUTOR: Carla Sofia de Sousa Marques

ORIENTAÇÃO: Alexandre Uhlein

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Geologia do Instituto de

Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à

obtenção do título de Mestre em Geologia.

ÀREA DE CONCENTRAÇÃO: Geologia Regional

BELO HORIZONTE

(09/15)

M357g
2015

Marques, Carla Sofia de Sousa.

Geologia e quimioestratigrafia do Grupo Vazante em Lagamar (Minas Gerais, Brasil) [manuscrito] / Carla Sofia de Sousa Marques. – 2015.

134 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Alexandre Uhlein.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2015.

Área de concentração: Geologia Regional.

Bibliografia: f. 110-120.

Inclui anexos.

1. Mapeamento geológico – Lagamar (MG) – Teses. 2. Geologia estratigráfica – Teses. 3. Isótopos estáveis – Teses. I. Uhlein, Alexandre. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 55(815.1)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à República Federativa do Brasil pelo apoio em forma de bolsa de Pós-graduação CAPES e toda a infra-estrutura científica e acadêmica.

Ao orientador Alexandre Uhlein pelas orientações, companheirismo, e exemplo.

À CPRM - Serviço Geológico Brasileiro pelo acesso a informações cartográficas e geológicas da região, em especial ao geólogo Marcos Cristovão Baptista pela troca de conhecimentos sobre a geologia local e ao geólogo Claiton P. Pinto pelo fornecimento de material de estudo.

À empresa Votorantim Metais – Unidade Vazante pelo financiamento dos trabalhos de campo e análises químicas de amostras Lagamar, e em especial ao geólogo Gustavo Oliveira Diniz pelas suas imensas contribuições entusiásticas sobre o Grupo Vazante.

Às empresas Galvani - Unidade de mineração do fosfato de Lagamar e CALA (Calcários de Lagamar) pela disponibilização de amostras dos furos de sondagem e das lavras.

Aos colegas geológicos do IGC Bidu, Alemão, Boni, Jubé, Barrote, Renata, Tobias, e Walter.

Aos meus pais e irmão, sempre comigo em pensamento deste lado do oceano.

Aos amigos belo horizontinos Alessandro, Mariana, Bruno, Priscila, em especial ao Washington, e enfim, todos aqueles tão presentes na minha novela brasileira!

E ao Dharma, “incomparavelmente profundo e infinitamente sutil, raramente encontrado mesmo em centenas de milhares de milhões de ciclos universais”.

EPÍGRAFE

“Observou que para um homem assim preparado o ato de viajar é inútil; nosso século XX havia transformado a fábula de Maomé e a montanha; as montanhas, agora convergiam para o moderno Maomé.

Tão ineptas me pareceram aquelas idéias, tão pomposa e tão longa sua exposição, que as relatei imediatamente com a literatura; perguntei-lhe porque não as escrevia. Previsivelmente, respondeu que já o fizera: aqueles conceitos, e outros não menos novidadeiros, figuravam no Canto Augural, Canto Prologal ou simplesmente Canto-Prólogo de um poema em que trabalhava havia muitos anos, sem reclame, sem burburinho ensurdecedor, sempre apoiado nesses dois cajados que se chamam trabalho e isolamento. Primeiro abria as comportas para a imaginação; em seguida fazia uso da lima. O poema se intitulava “A Terra”; tratava-se de uma descrição do planeta, em que não faltavam, decerto, a digressão pitoresca e galharda apóstrofe.”

“o aleph” Jorge Luís Borges 1949

RESUMO

Este trabalho tem como base um mapeamento geológico na escala 1:50.000 de uma área de 400km² nos arredores da cidade de Lagamar (MG) e um estudo de perfis quimioestratigráficos com isótopos estáveis de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ e $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ nas formações Lagamar e Rocinha do Grupo Vazante. Na região afloram rochas da porção basal do Grupo Vazante, em contato tectônico com o Grupo Bambuí. Foram identificadas as formações Santo Antônio do Bonito, Rocinha, Lagamar e Serra do Garrote no Grupo Vazante, e no Grupo Bambuí, as formações Serra da Saudade e Lagoa Formosa. O estudo de litofácies discriminou 10 associações de fácies identificadas neste trabalho, como ambientes sedimentares marinhos costeiros, variando de rasos até profundos. Duas importantes falhas inversas ocorrem no polígono mapeado, aqui designadas como falha de Lagamar I e II. A falha de Lagamar I colocou as formações Serra do Garrote e Lagamar mais antigas em cima das formações Rocinha e Santo Antônio do Bonito e a falha de Lagamar II as formações Rocinha e Santo Antônio do Bonito (Grupo Vazante) sobre o Grupo Bambuí. Na Formação Lagamar, a partir das amostras da lavra Geraldo Américo, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ estão entre -0,14 e 0,91‰ e de $\delta^{18}\text{O}$ de -6,89 a -3,18‰. No furo da antiga lavra da CALA os valores de $\delta^{13}\text{C}$ mostram-se bem constantes, variando entre -0,86 e 2,2‰, e os valores de $\delta^{18}\text{O}$ entre -9,82 e -3,54‰. Na Formação Rocinha, no furo CD05, temos valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -6,58 e -2,85‰ e $\delta^{18}\text{O}$ entre -6,20 e -5,14‰. No furo F230A os valores de carbono ficam entre -6,62 e 3,33‰ e os de oxigênio entre -10,25 e -7,54‰. Estes perfis parecem evidenciar alterações diagenéticas, sobretudo no perfil Antiga Lavra CALA em que as curvas $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ apresentam alguma co-variância. Os valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ da Formação Lagamar (0,70679; 0,70685; 0,70718 e 0,70788) podem ser correlacionados a valores do mesoproterozoico a neoproterozoico (Toniano/Criogeniano), e para a Formação Rocinha (0,70766) idade neoproterozoica (Criogeniano/Ediacarano).

Palavras-chave: Mapeamento geológico; Quimioestratigrafia; Formação Lagamar; Formação Rocinha; Falha de Lagamar.

ABSTRACT

This work is based on a geological mapping at 1: 50.000 scale of an area of 400km² around of Lagamar city (MG) and in isotopic profiles with stable isotopes of $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ in Lagamar and Rocinha formations of the Vazante Group. In the region there are outcrop of rocks from the basal portion of Vazante Group in tectonic contact with the Bambuí Group. There have been identified Santo Antônio do Bonito, Rocinha, Lagamar and Serra do Garrote Formations in Vazante Group, and in Bambuí Group, Serra da Saudade and Lagoa Formosa Formations. The lithofacies study discriminated 10 facies associations identified in this work as marine sedimentary environments, ranging from shallow to deep. Two important reverse faults are included within the mapped polygon, designated here as Lagamar fault I and II. Lagamar fault I put the older Serra do Garrote and Lagamar Formations upon Rocinha and Santo Antonio do Bonito Formations. Lagamar fault II put the Rocinha and Santo Antônio do Bonito formations (Vazante Group) on top of the Bambuí Group. In Lagamar Formation, in Lavra Geraldo Américo, $\delta^{13}\text{C}$ show values between -0,14 and 0,91‰ and $\delta^{18}\text{O}$ between -6,89 and -3,18‰. In Antiga Lavra CALA, $\delta^{13}\text{C}$ are constant, between -0,86 and 2,2‰, and values of $\delta^{18}\text{O}$ are -9,82 to -3,54‰. In Rocinha Formation, CD05 show $\delta^{13}\text{C}$ values between -6,58 and -2,85‰ and, $\delta^{18}\text{O}$ values between -6,20 and -5,14‰. In F230A, $\delta^{13}\text{C}$ values are -6,62 to 3,33‰, and $\delta^{18}\text{O}$ values -10,25 to -7,54‰. This profiles may indicate diagenetic alteration, especially in Antiga Lavra CALA, because $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ show some co-variance in it chemostratigraphic profile. The values of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ of Lagamar Formation (0,70679; 0,70685; 0,70718 e 0,70788) may indicate Mesoproterozoic to Neoproterozoic Ages (Tonian/Cryogenian) for Lagamar Formation, and for Rocinha Formation (0,70766) Neoproterozoic Age (Cryogenian/Ediacaran).

Keywords: Geological mapping; chemostratigraphy; Lagamar Formation; Rocinha Formation; Lagamar fault.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	i
EPÍGRAFE.....	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABELAS.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. <i>Apresentação e justificativa.....</i>	<i>1</i>
1.2. <i>Objetivos.....</i>	<i>1</i>
1.3. <i>Localização e acessos.....</i>	<i>2</i>
1.4. <i>Aspectos fisiográficos.....</i>	<i>3</i>
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	5
3. GEOLOGIA REGIONAL.....	9
3.1. <i>Contexto geotectônico da Faixa Brasília e da Bacia do São Francisco.....</i>	<i>10</i>
3.2. <i>Litoestratigrafia do Grupo Vazante e do Grupo Bambuí.....</i>	<i>15</i>
3.3. <i>Geologia estrutural e metamorfismo do Grupo Vazante.....</i>	<i>22</i>
3.4. <i>Idade do Grupo Vazante.....</i>	<i>23</i>
4. QUIMIOESTRATIGRAFIA ISOTÓPICA.....	27
4.1. <i>O registro Neoproterozoico.....</i>	<i>27</i>
4.2. <i>Isótopos Estáveis de Carbono e Oxigênio.....</i>	<i>28</i>
4.3. <i>Isótopos de Estrôncio.....</i>	<i>31</i>
4.4. <i>Curvas de variação isotópica no Grupo Vazante e na Bacia do São Francisco.....</i>	<i>33</i>
5. SEDIMENTOLOGIA E SISTEMAS DEPOSICIONAIS.....	37
5.1. <i>Análise faciológica.....</i>	<i>37</i>
5.2. <i>Formação de carbonatos e tipos de plataformas.....</i>	<i>37</i>
5.3. <i>Ambientes de sedimentação marinhos.....</i>	<i>40</i>
5.4. <i>Fosforitos sedimentares.....</i>	<i>41</i>
6. ESTRATIGRAFIA E MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DE LAGAMAR.....	44
6.1. <i>Introdução.....</i>	<i>44</i>

6.2. Descrição das unidades estratigráficas mapeadas.....	45
6.2.1. Formação Santo Antônio do Bonito.....	46
6.2.2. Formação Rocinha.....	48
6.2.3. Membro Arrependido da Formação Lagamar.....	50
6.2.4. Membro Sumidouro da Formação Lagamar.....	51
6.2.5. Formação Serra do Garrote.....	55
6.2.6. Formação Serra da Saudade (Grupo Bambuí).....	55
6.2.7. Formação Lagoa Formosa (Grupo Bambuí).....	56
6.2.8. Coberturas recentes.....	57
7. ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES E SEDIMENTOLOGIA DOS GRUPOS VAZANTE E BAMBUI NA REGIÃO DE LAGAMAR.....	58
8. GEOLOGIA ESTRUTURAL DA REGIÃO DE LAGAMAR.....	64
9. QUIMIOESTRATIGRAFIA ISOTÓPICA DAS FORMAÇÕES LAGAMAR E ROCINHA	73
<i>Artigo submetido à Geonomos</i>	
10. CONCLUSÕES.....	108
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110
12. ANEXOS.....	121
<i>Anexo I: Mapa geológico na escala 1:50.000 em Lagamar.....</i>	<i>121</i>
<i>Anexo II: Mapa de Pontos na escala 1:50.000 em Lagamar.....</i>	<i>122</i>
<i>Anexo III: Tabela de Pontos de Mapeamento Geológico 1:50.000 em Lagamar.....</i>	<i>123</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Mapa de localização da área de pesquisa no Estado de Minas Gerais.....	2
Figura 1.2. Imagem de satélite da área <i>Geocover</i> , e principais domínios geomorfológicos na região de Lagamar.....	3
Figura 1.3. Aspectos geomorfológicos em Lagamar: A) Morros arredondados desenhados pelas drenagens na Serra do Garrote; B) Baixadas com mais vegetação e coqueiros característicos da Formação Lagamar; C) Relevo aplanado, intemperizado e com coberturas na Formação Rocinha (lado direito exploração de fosfato da empresa Galvani); D) Cristas quartzíticas da Formação Santo Antônio do Bonito alinhados; N-S; E) Relevo aplanado na Formação Serra da Saudade; F) Conglomerados da Formação Lagoa Formosa que formam morrotes no relevo aplanado do Grupo Bambuí.....	4
Figura 2.1. Mapa de localização dos furos e bancada amostrados da empresa CALA. Furos de sondagem da empresa Galvani: F230A e CD05.....	6
Figura 3.1. Esboço tectônico do Brasil Central, com destaque para a Província Tocantins e suas faixas móveis associadas (simplificado de Almeida <i>et al.</i> , 1981 <i>in</i> Valeriano <i>et al.</i> 2004).....	9
Figura 3.2. Mapa geológico da Faixa de Dobramentos Brasília, simplificado e adaptado de Dardenne (2000) com compartimentação em unidades tectônicas proposta por Fuck <i>et al.</i> (2005) e localização aproximada da área de estudo. Extraído e modificado de Santana (2011).....	10
Figura 3.3. Evolução geotectônica esquemática do Segmento Sul da Faixa Brasília segundo Dardenne (2000) (extraído de Sanches 2012). (I) deposição do Grupo Canastra (meso-neoproterozóico), em margem passiva; (II) desenvolvimento do arco magmático a oeste, relacionado à zona de subducção intra-oceânica e deposição dos grupos Araxá, durante estágio de expansão oceânica, e Ibiá, em bacia de retro-arco; (III) início do evento colisional brasileiro, e deposição dos Grupos Vazante e Bambuí em grande depressão formada no Front dos cavalgamentos; (IV) início de novo evento colisional, responsável por empurrões de baixo ângulo que colocam os Grupos Araxá, Ibiá e Canastra sobre o Grupo Bambuí.....	11
Figura 3.4. Subdivisão tectônica das unidades supracrustais da Faixa Brasília de acordo com semelhanças no sistema deposicional. Extraído e modificado de Pimentel <i>et. al.</i> (2011).....	12
Figura 3.5. Mapa geológico simplificado do Cráton do São Francisco, mostrando a localização geográfica e delimitação da bacia (modificado de Alkmim & Martins Neto (2001), extraído de Tonietto (2010)).....	13

Figura 3.6. Sequências na Bacia do São Francisco, com idades marcadas pelas intrusões, ou idades dos zircões mais jovens (Extraído de Alkmim & Martins Neto 2012).....	14
Figura 3.7. Coluna estratigráfica do Grupo Vazante (Dardenne, 2001). Extraída de Paniaggio (2011).....	17
Figura 3.8. Estratigrafia do Grupo Bambuí, extraído e modificado de Vieira <i>et al.</i> 2007.....	20
Figura 3.9. Coluna estratigráfica da Formação Lagoa Formosa, Grupo Bambuí, na região do Alto Paranaíba. Segundo Baptista.....	21
Figura 3.10. Seção geológica do Grupo Vazante passando pela Falha de Lagamar, proposta por Dardenne & Freitas-Silva (1999).....	23
Figura 3.11. Resumo de trabalhos de geocronologia e de estudos isotópicos no Grupo Vazante, segundo a litostratigrafia Dardenne (2001). Legenda: SL – Formação Lapa, MC – Formação Morro do Calcário, PV – Formação Poço Verde, SG – Formação Serra do Garrote, LA – Formação Lagamar, ROC – Formação Rocinha, STO – Santo Antônio do Bonito; ● Análises Re-Os de Geboy <i>et al.</i> (2013), ■ Método U-Pb de Rodrigues <i>et al.</i> (2012), idade mais recente de deposição. ♦ Método U-Pb de Azmy <i>et al.</i> , (2008).....	24
Figura 3.12. Seção geológica modificada do Grupo Vazante Dardenne & Freitas-Silva, (1999), incluindo a Falha de Lagamar com base em dados geocronológicos e verificações de campo. Extraído de Sanches (2012).....	26
Figura 4.1. Curva de variação global do $\delta^{13}\text{C}$ durante o Neoproterozoico, modificado e extraído de Halverson <i>et al.</i> (2005). Idades plotadas em Ma.....	29
Figura 4.2. Curva da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ do Neoproterozoico ao Cambriano. Modificado de Halverson <i>et al.</i> (2010).....	32
Figura 4.3. Variações do isótopo carbono ($\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$) no Grupo Bambuí em diversos locais da bacia: 1 - Alvorada (1-RC-GO) (Martins, 1999); 2 - Serra de São Domingos (Santos <i>et al.</i> , 2000); 3 - Pirapora (1-RF-1-MG) (Chang, 1997); 4, Sete Lagoas (Santos <i>et al.</i> , 2000); 5 - Mina da Bocaina (Martins, 1999); 6 – Arcos (Kuchenbecker, 2011). Extraído e modificado de Santos <i>et al.</i> (2004)..	34
Figura 4.4. Perfil quimioestratigráfico das associações de facies (AF3 a AF6), que encaixam a falha de Vazante com curvas de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ e razão Mn/Sr ao longo de 1.115m. Extraído de Oliveira (2013).....	35

Figura 5.1. Modelos de dolomitização ilustrando a variedade de mecanismos para a movimentação de fluídos pelos sedimentos. (Extraído e modificado de Tucker & Wright, 1990).....	38
Figura 5.2. Modelo deposicional de plataforma com barreira, extraído e modificado de Tucker & Wright (1990).....	40
Figura 5.3. Ilustração esquemática da formação de fosforitos em áreas de <i>upwelling</i> . Extraído e modificado de Boggs (2006).....	42
Figura 5.4. Hipotética reconstrução e paleogeografia do Depósito de fosfato da mina Rocinha após Da Rocha e Araújo (1988). Extraído e adaptado de Da Rocha Araújo <i>et al.</i> (1992).....	43
Figura 6.1. Mapa geológico simplificado da região de Lagamar na escala 1:50000.....	44
Figura 6.2. Coluna estratigráfica da região de Lagamar: STO – Formação Santo Antônio do Bonito; ROC – Formação Rocinha; Arrep. – Membro Arrependido, Formação Lagamar; LA – Membro Sumidouro, Formação Lagamar; SG – Formação Serra do Garrote; SS – Formação Serra da Saudade; LF – Formação Lagoa Formosa.....	45
Figura 6.3. Perfil transversal nas litologias da Formação Santo Antônio do Bonito (STO) e Rocinha (ROC).....	46
Figura 6.4. Descrição e aspectos petrográficos de rochas da Formação Santo Antônio do Bonito: A) Afloramento de diamictito Ponto 36; B) Amostra diamictito LA03 Ponto 3; C) Amostra quartzito LA149, Ponto 149; D) Fotomicrografia mostrando grãos de quartzo sub angulosos em quartzito LA36, XPL, 40x; E) Fotomicrografia mostrando clastos e matriz diamictito LA40 XPL 10x.....	47
Figura 6.5. Descrição e aspectos petrográficos de rochas da Formação Rocinha: A) Amostra fosforito lavra Galvani, LA09A; B) Amostra pelito, LA300; C) Amostra arenito, LA302; D) Amostra dololuto, G10, furo de sondagem CD05 empresa Galvani; E) Microscopia fosforito LA09B, lavra atual Galvani (Cava C), XPL 10x; F) Microscopia metapelito calcífero G2, furo de sondagem CD05 empresa Galvani, XPL 40x; G) Microscopia Dololuto G10, furo de sondagem CD05 empresa Galvani, XPL 40x; H) Microscopia arenito LA298, XPL, 10x.....	49
Figura 6.6. Aspecto geral do ponto 311: A) conglomerado; B) Pelito amarelado.....	50
Figura 6.7. Coluna estratigráfica do Membro Arrependido no Córrego Arrependido, ponto 13.....	50
Figura 6.8. Aspectos Formação Lagamar Membro Arrependido: A) Conglomerado, ponto 13; B) Contato conglomerado e pelito, ponto 13; C) Fotomicrografia conglomerado ponto 13, PPL, 10x; D) Fotomicrografia conglomerado ponto 13, XPL, 10x.....	51

Figura 6.9. Aspectos da Formação Lagamar, Membro Sumidouro: A) Morfologia <i>lappie</i> Ponto 25; B) Calcirrudito Ponto 220; C) Alternância calcarenito/calculutito de furo de sondagem antiga lavra empresa CALA; D) Afloramento Córrego Carrapato do Sumidouro, Ponto 114, pelito não calcítico esverdeado; E) Níveis de brecha intraformacional, e calcarenito do Ponto 5; F) Dolarenito LA60; G) Fotomicrografia amostra LA97, siltito XPL 40x; H) Fotomicrografia amostra calcarenito LA217 XPL 10x.....	53
Figura 6.10. Aspectos das construções estromatolíticas Formação Lagamar, Membro Sumidouro: A) Fotomicrografia de oncólitos da lâmina de dolomito róseo, Ponto 26, PPL 10x; B) Afloramento laminito com esteiras algais, Ponto 315, Fazenda Sumaré; C) Esteiras algais em dolomito cinza, Ponto 91; D) Esteira algal em dolomito, Ponto 178; E) Estromatólito colunar em amostra LA10; F) Estromatólitos colunares quebrados, ponto 25.....	54
Figura 6.11. Aspectos da Formação Serra do Garrote: A) Afloramento típico de metapelitos (intemperizado), ponto 75; B) Amostra metapelito roxo, Ponto 23.....	55
Figura 6.12. Aspectos da Formação Serra da Saudade: A) Afloramento com intemperismo provocando “pastilhação”, ponto 53; B) Amostra arenito, Ponto 333.....	56
Figura 6.13. Aspectos da Formação Lagoa Formosa: A) Afloramento conglomerado, Ponto 273; B) Afloramento de arenito, Ponto 329; C) Microscopia lâmina arenito, LA329, XPL 40x.....	56
Figura 7.1. Coluna estratigráfica e associações de fácies em Lagamar.....	60
Figura 7.2. Perfil simplificado W-E mostrando possível relação entres os Membros Arrependido e Sumidouro (Formação Lagamar).....	61
Figura 7.3. Reconstrução paleoambiental da Formação Lagamar e interpretação para as associações de fácies AF5, AF6, e AF7 no Membro Sumidouro. (Imagem adaptada de Tucker & Wright (1990)).	62
Figura 8.1. Perfis geológicos da região de Lagamar, orientados NW-SE.....	65
Figura 8.2. Estereogramas de pólos do acamamento (S_0) e da foliação (S_n) na área mapeada.....	66
Figura 8.3. Estereogramas de pólos do acamamento S_0 e foliação S_n do Domínio 1. “Bloco” Formação Serra do Garrote (SG) e Formação Lagamar (LA): A) S_0 da Formação Serra do Garrote; B) S_0 da Formação Lagamar; C) S_n da Formação Serra do Garrote; D) S_0 da Formação Lagamar...	67
Figura 8.4. Detalhe S_0 e S_n perpendiculares em flanco curto de dobramentos assimétricos na Formação Serra do Garrote: A) Afloramento Ponto 28; B) Microfotografia Ponto 23, XPL, 10x....	68

Figura 8.5. Perfis simplificados mostrando dobramentos dentro Formação Serra do Garrote.....	69
Figura 8.6. Estereogramas de pólos do acamamento e foliação do Domínio 2. “Bloco” Formação Rocinha (ROC) e Formação Santo Antônio do Bonito (STO): A) S_0 das formações do Domínio 2; B) S_n das formações do Domínio 2.....	69
Figura 8.7. Estereogramas de pólos do acamamento e foliação do Domínio 3. “Bloco” Formação Serra da Saudade (SS) e Formação Lagoa Formosa (LF): A) S_0 das formações do Domínio 3; B) S_n das formações do Domínio 3.....	70
Figura 8.8. Evidência de empurrão e retroempurrão em escala macroscópica de amostra, ponto 305, ritmito pelítico, Formação Rocinha.....	71
Figura 8.9. Dobramentos visíveis em afloramentos na região de Lagamar. A) Dobra em metapelito da Formação Serra do Garrote, ponto 243; B) Dobra em calcarenito da Formação Lagamar, ponto 218. C) Dobra em calcários da Formação Lagamar no Córrego do Arrependido, ponto 13.....	72
Figura 8.10. Microestrutural em lâminas petrográficas de amostras da região de Lagamar: A) Clivagem de crenulação ponto 179, metassilito da Formação Serra do Garrote, XPL 40x; B) Estruturas S-C em amostra de furo de sondagem C2, calcarenito da Formação Lagamar, PPL, 40x.	72
<i>Figuras do artigo “Quimioestratigrafia das Formações Lagamar e Rocinha do Grupo Vazante, porção oeste da Bacia do São Francisco (Minas Gerais, Brasil)”</i>	
Figura 1. Mapa de localização da área de pesquisa no Estado de Minas Gerais.....	76
Figura 2. Mapa geológico simplificado, 1:50000 em Lagamar. Segundo Marques, C.S. (2015).....	80
Figura 3. Coluna estratigráfica da região de Lagamar com suas associações de fácies e ambiente de sedimentação: STO – Formação Santo Antônio do Bonito; ROC – Formação Rocinha; Arrepend. – Membro Arrependido, Formação Lagamar; LA – Membro Sumidouro, Formação Lagamar; SG – Formação Serra do Garrote; SS – Formação Serra da Saudade; LF – Formação Lagoa Formosa....	81
Figura 4. Algumas litofácies da área mapeada: A) Diamictito Formação Santo Antônio do Bonito; B) Fosforito, ritmito (calcarenito/calculutito) da Formação Rocinha do Depósito fosfático em Lagamar. C) Ortoconglomerado Membro Arrependido Formação Lagamar; D) Brecha intraformacional do Membro Sumidouro Formação Lagamar; E) Dolomito estromatolítico; F) Metassilito da Formação Serra do Garrote.....	84

Figura 5. Perfis de campo orientados NW-SE.....	87
Figura 6. Estereogramas de densidade do acamamento (So) e da foliação (Sn) na região de Lagamar.....	88
Figura 7. Mapa de localização dos furos de sondagem e bancada de lavra amostrados para estudo isotópico e descrição de litotipos.....	93
Figura 8. Diagramas $\delta^{13}\text{C}$ vs $\delta^{18}\text{O}$ de seções amostradas na Formação Rocinha e Lagamar.....	95
Figura 9. Perfis quimioestratigráficos nas formações Rocinha e Lagamar na região de Lagamar, e sua posição aproximada na coluna estratigráfica local.....	97

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Localização e tipos de rochas coletadas em furos de sondagem e bancada de lavra na região de Lagamar	7
Tabela 7.1. Resumo das litofácies na região de Lagamar, com respectiva descrição e interpretação.....	58
Tabela 7.2. Resumo das associações de fácies na região de Lagamar e seus ambientes de sedimentação	63
<i>Tabela do artigo “Quimioestratigrafia das Formações Lagamar e Rocinha do Grupo Vazante, porção oeste da Bacia do São Francisco (Minas Gerais, Brasil)”</i>	
Tabela 1. Valores de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, e litoquímica de Mn e Sr para amostras de bancada e furos de sondagem das formações Lagamar e Rocinha na região de Lagamar.....	95

1. INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação e justificativa

Na porção ocidental da Bacia do São Francisco, junto à Faixa de Dobramentos Brasília, aflora o Grupo Vazante (Dardenne *et al.*, 1998; Dardenne, 2000). O Grupo Vazante é uma faixa delgada orientada N-S, com cerca de 250 Km, abrangendo as cidades de Coromandel, Lagamar, Vazante, Paracatu e Unaí, e tem suscitado interesse acadêmico e econômico por ser hospedeiro de importantes depósitos de zinco-chumbo e fosfato.

A idade do Grupo Vazante ainda não é bem compreendida dentro da evolução da porção ocidental da Bacia do São Francisco, podendo ser mesoproterozóica, representando uma variação lateral do Grupo Paranoá ou então neoproterozóica, representando uma variação de fácies do Grupo Bambuí (Dardenne, 2000). As falhas de empurrão geradas pelo ciclo brasileiro que alteraram o empilhamento natural das camadas dificultam a interpretação estratigráfica das suas unidades bordejantes.

A região de Lagamar é importante para a compreensão do Grupo Vazante, pois é onde se situam duas importantes falhas inversas, que teria colocado formações mais antigas em cima de formações mais jovens. Através de mapeamento geológico detalhado e análises petrográficas (macro e microscópicas) pretende-se entender as fácies e sistemas deposicionais das formações basais deste grupo. Apesar de diversos estudos quimioestratigráficos efetuados em carbonatos do Grupo Vazante, a Formação Lagamar carece ainda de uma análise sistemática de isótopos estáveis.

1.2. Objetivos

- Mapeamento geológico na escala 1:50.000 na região de Lagamar, numa área de 400km²;
- Estudo estratigráfico e estrutural em Lagamar;
- Caracterização das falhas inversas que afetam a estratigrafia local;
- Coleta de rochas carbonáticas de Formações do Grupo Vazante e estudos quimioestratigráficos visando interpretar os isótopos estáveis de carbono, oxigênio e estrôncio;
- Caracterização dos ambientes de sedimentação das unidades mapeadas;

1.3. Localização e acessos

A cidade de Lagamar dista aproximadamente 480 km de Belo Horizonte, e 385 km de Brasília (figura 1.1). Saindo de Belo Horizonte segue para a BR-381 em direção a SP, e vira na BR-262 em direção ao Triângulo Mineiro. Na Serra da Saudade toma-se a BR-354 em direção São Gotardo/Carmo Paraíba. Depois de passar a cidade de Patos de Minas segue à esquerda para Lagamar/Vazante antes de seguir a MG-410 para João Pinheiro.

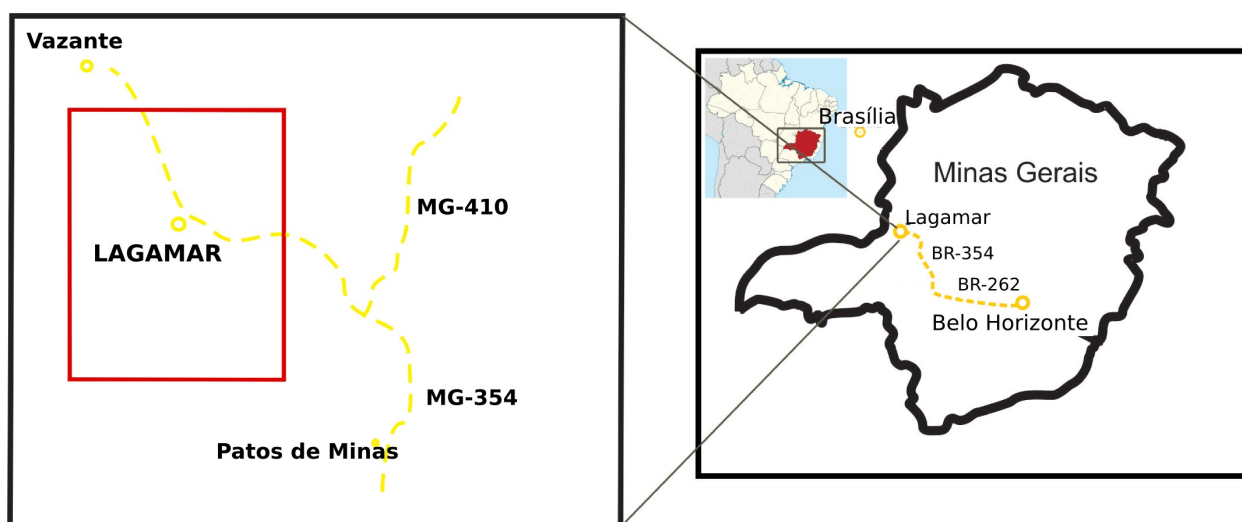


Figura 1.1. Mapa de localização da área de pesquisa no Estado de Minas Gerais.

Lagamar insere-se na região noroeste do estado de Minas Gerais, abrangendo uma área de 1.474,562 km², possui 7800 habitantes (Censos 2014), e seu bioma é do tipo Cerrado com clima Tropical Sazonal. (Fonte IBGE: <http://www.cidades.ibge.gov.br/>)

Antigamente Lagamar era uma região de peregrinação de romeiros. Diz-se que na região central havia uma lagoa de água salobra, de onde vem o nome atual da cidade. Porfírio Rodrigues Rosa é tido como o fundador do município, emancipado pela Lei Estadual no 2764, de 30 de dezembro de 1962 (Fonte: lagamar.mg.gov.br). A população local diz que essa antiga lagoa de água salobra é onde está atualmente a Praça Magalhães Pinto.

1.4. Aspectos fisiográficos

O município de Lagamar localiza-se na Bacia do Rio Paranaíba, importante rede de drenagem do Brasil Central e também um dos rios que formam a grande Bacia Hidrográfica do Paraná. A área mapeada é atravessada pelo rio Jacaré mais a sul, e outros córregos de importância local com existência sazonal, geralmente secando no inverno, quando diminuem as chuvas. Esses córregos são: Arrependido, a norte da área; córrego Macaco a montante da cidade, Sumidouro/Carrapato, a jusante da cidade; Sumaré, a leste da área, e os Canabrava e Agudo, a oeste da área.

Os domínios geomorfológicos da área mapeada foram delineados com auxílio da imagem de *Geocover*, e dividem-se em 3 principais domínios (figura 1.2):

Domínio 1 - Campos elevados: campos de altitude, morros arredondados dissecados pela erosão, cotas de 700 a 1000 m.

Domínio 2 - Relevos suaves, colinas e cristas alinhadas, às vezes com vegetação alta (em rochas carbonáticas), às vezes campos suavemente ondulados.

Domínio 3 - Relevo suavemente ondulado, com vegetação de cerrado, que caracteriza os terrenos do Grupo Bambuí.

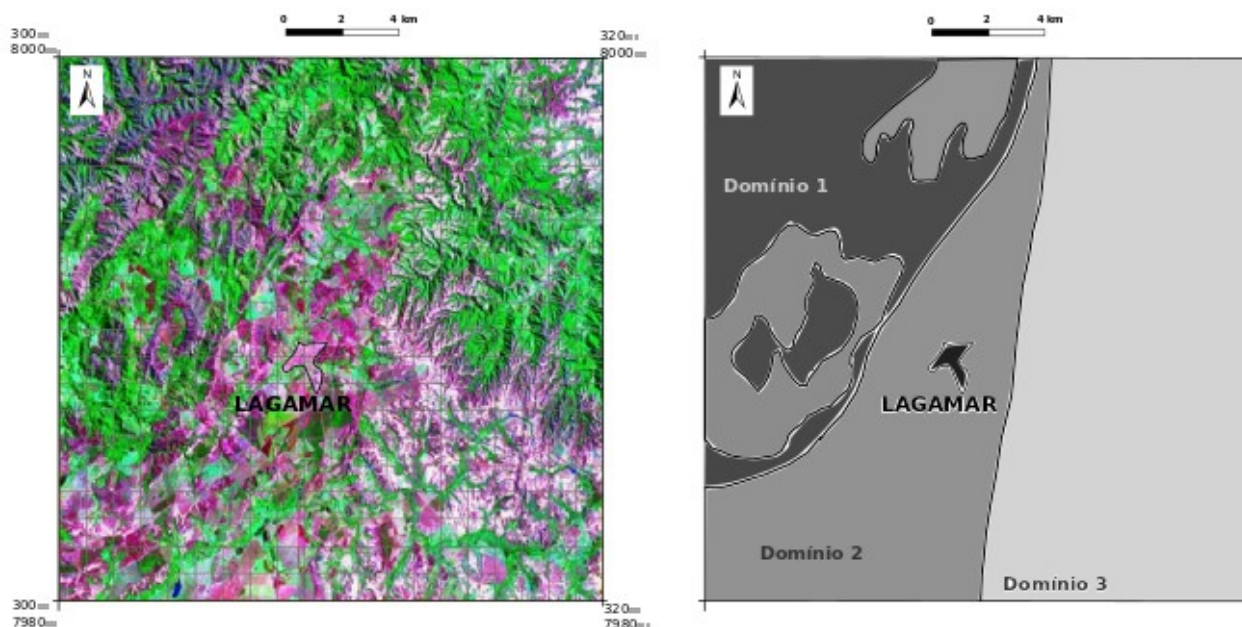


Figura 1.2. Imagem de satélite da área *Geocover*, e principais domínios geomorfológicos na região de Lagamar.

Na figura 1.3 estão fotografias que descrevem aspectos da geomorfologia da região. A fotografia 1.3 A insere-se no Domínio geomorfológico 1, as fotografias 1.3 B, C e D no Domínio geomorfológico 2, e ao Domínio geomorfológico 3 correspondem as fotografias 1.3 E e F.

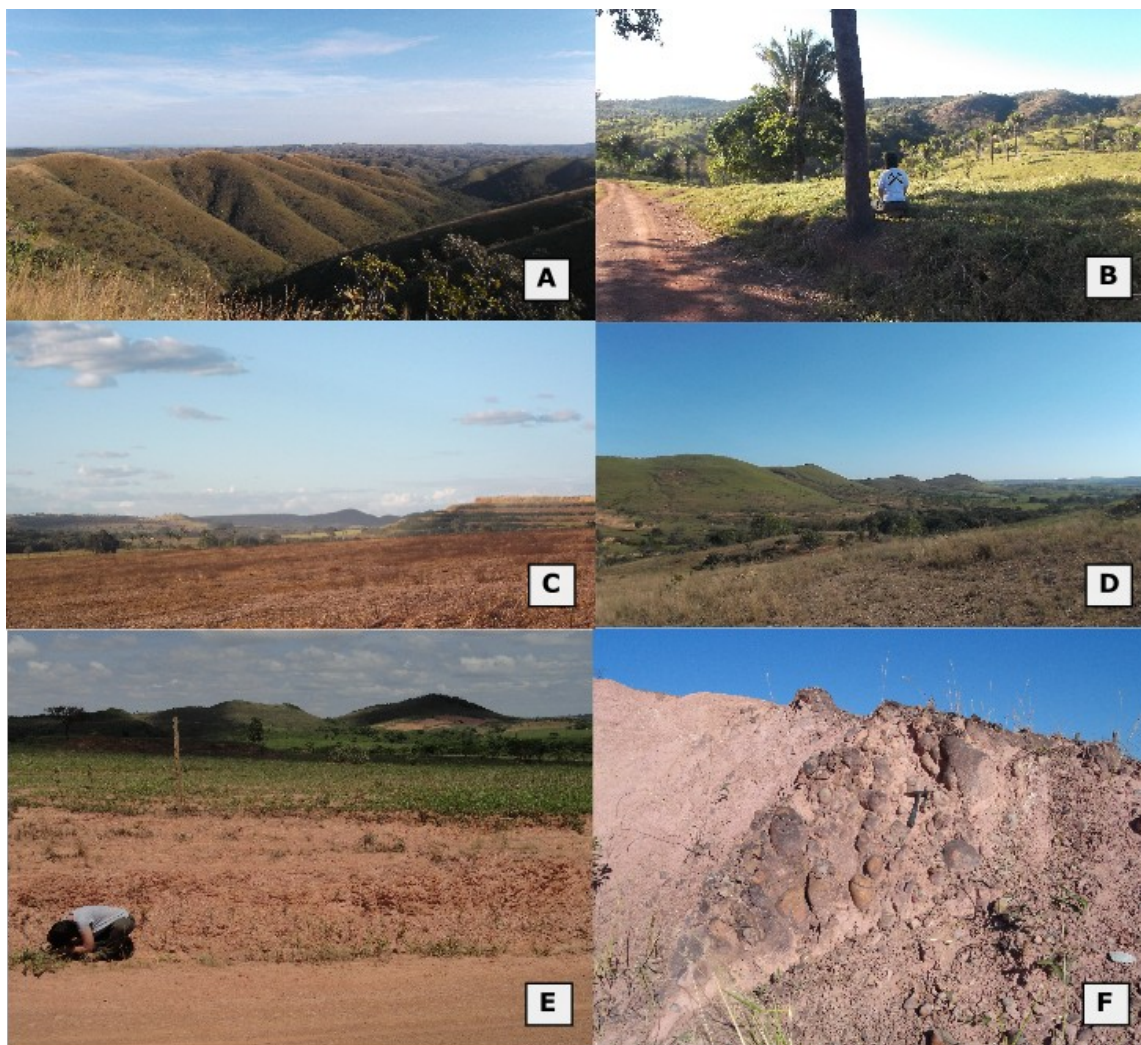


Figura 1.3. Aspectos geomorfológicos em Lagamar: A) Morros arredondados desenhados pelas drenagens na Serra do Garrote; B) Baixadas com vegetação e coqueiros característicos da Formação Lagamar; C) Relevo aplanado, intemperizado e com coberturas na Formação Rocinha (lado direito exploração de fosfato da empresa Galvani); D) Cristas quartzíticas da Formação Santo Antônio do Bonito alinhados N-S; E) Relevo aplanado na Formação Serra da Saudade; F) Conglomerados da Formação Lagoa Formosa que formam morrotes no relevo aplanado do Grupo Bambuí.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O resultado desta dissertação é composto por várias etapas de trabalho que serão descritas nos próximos parágrafos.

► *Pesquisa bibliográfica*

Primeiramente, fez-se uma reunião de trabalhos históricos sobre a geologia do Grupo Vazante, em especial na porção sul do Grupo Vazante entre as cidades de Coromandel e Vazante. Estes trabalhos estão detalhados e referenciados no capítulo 3, Geologia Regional.

Além disto efetuou-se pesquisa bibliográfica sobre ambientes de sedimentação e quimioestratigrafia, discriminadamente, o comportamento de isótopos estáveis de carbono, oxigênio e estrôncio em carbonatos.

► *Levantamento de informações geográficas e geológicas*

O município de Lagamar insere-se na carta topográfica de Lagamar SE 23-V-C-VI. O último mapeamento geológico da região é da CPRM (Serviço Geológico Brasileiro), do Projeto Vazante-Paracatu I, onde estão sendo mapeadas quatro folhas em escala 1:100.000. A folha Lagamar SE 23-Y-A-III (Signorelli *et al.*, 2013) foi a primeira a ser concluída e está disponível online no site da CPRM. Neste projeto foram adquiridos dados de geofísica e imagens de satélite. Nas imagens de geofísica é possível identificar alguns relevos, mas poucos lineamentos. A imagem de Gama U têm especial importância, pois nela é possível identificar a faixa fosfática da região que inclui os depósitos Rocinha e Lagamar. A análise e interpretação da imagem de satélite, *Geocover*, permitiram a individualização dos domínios geomorfológicos descritos no primeiro capítulo, bem como identificar estradas e localidades, facilitando o acesso aos diversos setores da folha.

► *Trabalhos de campo e coleta de amostras*

Elaborou-se um mapa geológico em escala 1:50.000 numa área de um polígono quadrangular de largura e comprimento 20x20 km, perfazendo 400 km². Durante 29 dias de campo foram marcados 318 pontos de mapeamento, e foram feitas visitas às empresas locais para descrição e coleta de amostras de furos de sondagem.

Na figura 2.1 está um mapa simplificado da área com a localização dos furos sondagem e bancada amostrados, e na tabela 2.1 dados sobre essa amostragem.

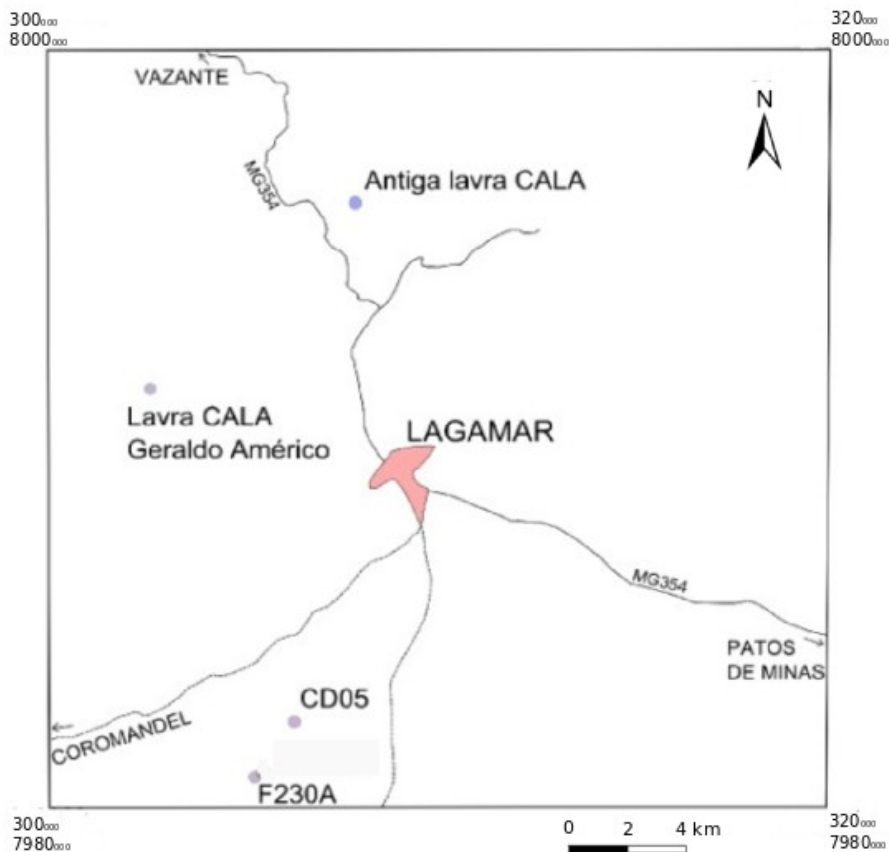


Figura 2.1. Mapa de localização dos furos e bancada amostrados da empresa CALA. Furos de sondagem da empresa Galvani: F230A e CD05.

Na empresa CALA, localizada a 1km a noroeste de Lagamar foram descritos 1 furo de sondagem de uma antiga lavra e uma bancada da atual lavra Geraldo Américo. O furo de sondagem da CALA está aproximadamente 7 km a norte de Lagamar. Este furo de sondagem está posicionado verticalmente. Deste furo foram coletadas 30 amostras de calcário. A atual lavra, Geraldo Américo, fica a noroeste de Lagamar, e em sua bancada a descrição foi elaborada na vertical, e foram coletadas 10 amostras.

Por sua vez, na empresa Galvani, localizada aproximadamente 10 km a sul de Lagamar, foram descritos 3 furos de sondagem. Os furos de sondagem da Galvani estão perpendiculares às camadas rochosas, posicionados para leste com uma inclinação de 45° com a superfície terrestre. Foram coletadas 23 amostras: 11 do furo F230A, e 4 do CD05.

EMPRESA	LOCALIZAÇÃO	UNIDADE ESTRATIGRÁFICA	TIPOS DE ROCHA
CALA	Lavra atual Geraldo Américo UTM: 302336; 7990985 Cota: 719 m	Formação Lagamar	Calcário calcítico e calcário dolomítico
CALA	Furo antiga lavra CALA UTM: 307529; 7995535 Cota: 784m 100m profundidade Inclinação a prumo	Formação Lagamar	Calcarenitos e calcilitos
Galvani	Furo F230A (Cava C, atual) UTM: 305208,409; 7980567,996 Cota: 807,872 m 84,60 m profundidade	Formação Rocinha	Metapelitos calcíticos e não calcíticos, ritmitos argilo-carbonáticos, margas
Galvani	Furo CD05 (Cava D) UTM: 306990; 7983640 79,89 m profundidade	Formação Rocinha	Metapelitos não calcíticos, calcário dolomítico, e brecha com clastos dolomíticos

Tabela 2.1. Localização e tipos de rochas coletadas em furos de sondagem e bancada de lavra na região de Lagamar.

► *Análises petrográficas*

Ao todo foram coletadas 65 amostras de campo. Vinte e oito lâminas delgadas foram confeccionadas no Laboratório de Laminação do Centro de Pesquisa Professor Manoel Teixeira da Costa/UFMG. A petrografia microscópica foi efetuada com o auxílio de microscópio ótico de aumento de até 50 vezes. A descrição foi feita utilizando os seguintes parâmetros: mineralogia do arcabouço e matriz e percentagem mineralógica estimada; textura e variações texturais; tipo de cimento; microestruturas sedimentares e tectônicas; nome/classificação da rocha.

► **Análises químicas de isótopos estáveis de carbono, oxigênio e estrôncio, e litoquímica**

Para as análises isotópicas de carbono e oxigênio, amostras foram pulverizadas prefazendo aproximadamente 1g, utilizando uma furadeira com uma broca de ponta diamantada, em porções de rocha pura, carbonática, homogênea, e sem veios, para evitar a contaminação das análises. As amostras foram analisadas no LABISE - Laboratório de Isótopos Estáveis da Universidade Federal de Pernambuco. Após a amostra pulverizada ter reagido 100% do ácido ortofosfórico a 25°C por um dia (3 dias quando na presença de dolomita), o gás CO₂ liberado foi analisado depois de uma limpeza criogênica no espectrometro de massa *Thermo Finnigan Delta V Advantage*. Os valores $\delta^{13}\text{C}$ são apresentados em per mil (‰) com base no padrão *Vienna Pee Dee Belemnite* (VPDB). A precisão das análises é de 0,1 ‰ para o carbono e 0,2 ‰ para o oxigênio, com base em múltiplas análises de um padrão interno do laboratório (BSC). Seis amostras de calcário com 13g cada foram usadas para analisar os isótopos de estrôncio no Laboratório de Isótopos Estáveis da Universidade de Brasília. As mesmas 6 amostras foram usadas para estudo de litoquímica, analisadas no laboratório da ALS *Chemex*, Vespasiano MG. Para esta análise química foram separadas 10g de cada amostra de furos e bancadas para controle quimioestratigráfico. A composição química das amostras foi usada para avaliar os efeitos dos processos diagenéticos, considerando as razões Mn/Sr e a quantidade de Sr preservado.

► **Confecção de mapa geológico e perfis geológicos**

Com o auxílio dos pontos descritos e também da imagem de satélite *Geocover* foram traçados contatos e lineamentos e falhas geológicas. Posteriormente foram traçados os perfis estratigráficos e estruturais, e diagramas estereográficos, e interpretação paleoambiental.

► **Análise e tratamento de dados**

Descreveram-se lâminas petrográficas, construíram-se gráficos e perfis com dados químicos e isotópicos. Por fim, interpretação de dados de campo e dados analíticos.

► **Redação da dissertação**

3. GEOLOGIA REGIONAL

A área de estudo, na região do município de Lagamar (MG) está situada no limite entre a Faixa de Dobramentos Brasília e o Cráton do São Francisco.

O início do Neoproterozóico foi marcado pelo rifteamento de idade Toniana (900Ma), responsável pela dispersão dos blocos crustais que constituíam o Supercontinente Rodínia (Brito Neves *et al.* 1999). No decorrer do tempo geológico, ao longo do Neoproterozoico, ocorreram de forma diacrônica eventos colisionais sucessivos que formaram diversas faixas orogênicas (Províncias Tocantins e Mantiqueira), consolidando a aglutinação do Supercontinente Gondwana, em torno de 520 Ma (Unrug, 1996).

A Província Tocantins (Figura 3.1) representa um orógeno desenvolvido como consequência da aglutinação de três importantes áreas cratônicas: o Cráton Amazônico, o Cráton do São Francisco, e o Cráton do Paranapanema (Dardenne, 2000). É compartimentada em três faixas proterozóicas dobradas: Faixa Araguaia (à norte), Faixa Paraguai (à leste) e Faixa Brasília (à leste).

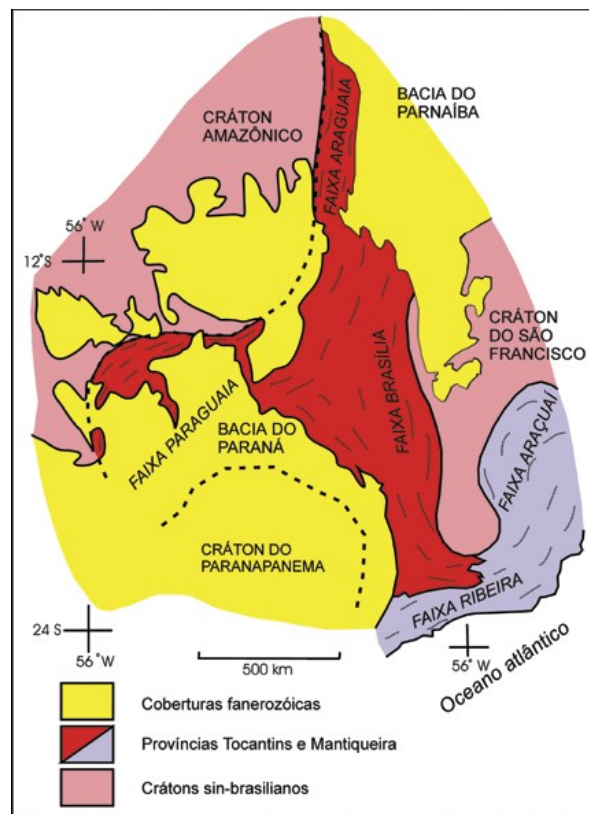


Figura 3.1. Esboço tectônico do Brasil Central, com destaque para a Província Tocantins e suas faixas móveis associadas (simplificado de Almeida *et al.*, 1981 in Valeriano *et al.* 2004).

3.1. Contexto geotectônico da Faixa Brasília e da Bacia do São Francisco

O Grupo Vazante fica no Domínio externo da Faixa Brasília (Fuck *et al.*, 1993; Fuck *et al.*, 2005; Valeriano *et al.*, 2008) como se vê na figura 3.2. As rochas supracrustais da Faixa Brasília são unidades tectono-estratigráficas separadas por falhas compressivas e reversas (Dardenne, 2000; Valeriano *et al.*, 2008).

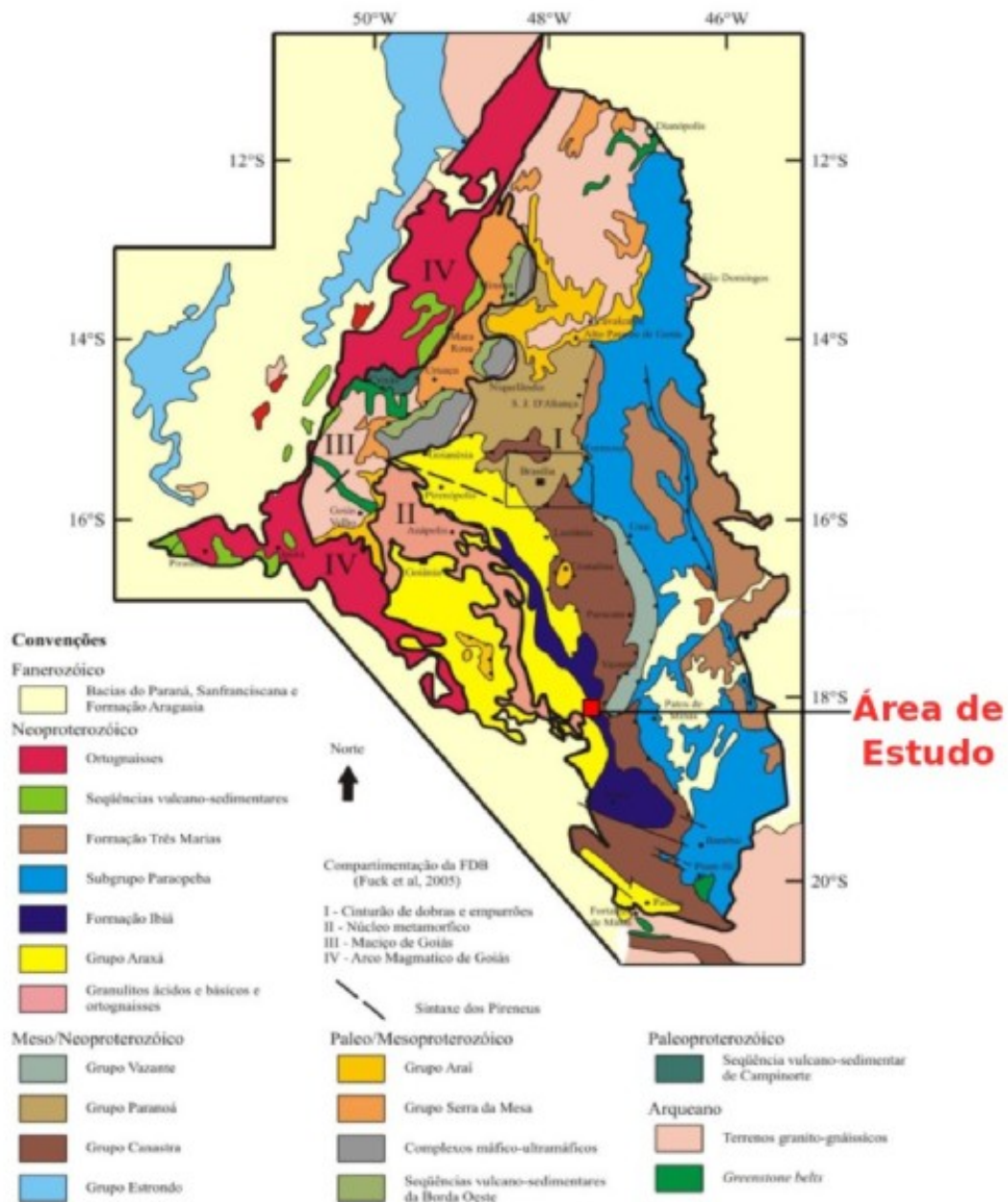


Figura 3.2. Mapa geológico da Faixa de Dobramentos Brasília, simplificado e adaptado de Dardenne (2000) com compartimentação em unidades tectônicas proposta por Fuck *et al.* (2005) e localização aproximada da área de estudo. Extraído e modificado de Santana (2011).

Na evolução de Dardenne (2000) (figura 3.3) a Faixa Brasília é dividida em segmento norte e segmento sul. O Grupo Vazante, ocorre no seguimento sul e, na concepção do autor, o Grupo Vazante seria neoproterozoico e representa uma variação lateral do Grupo Bambuí.

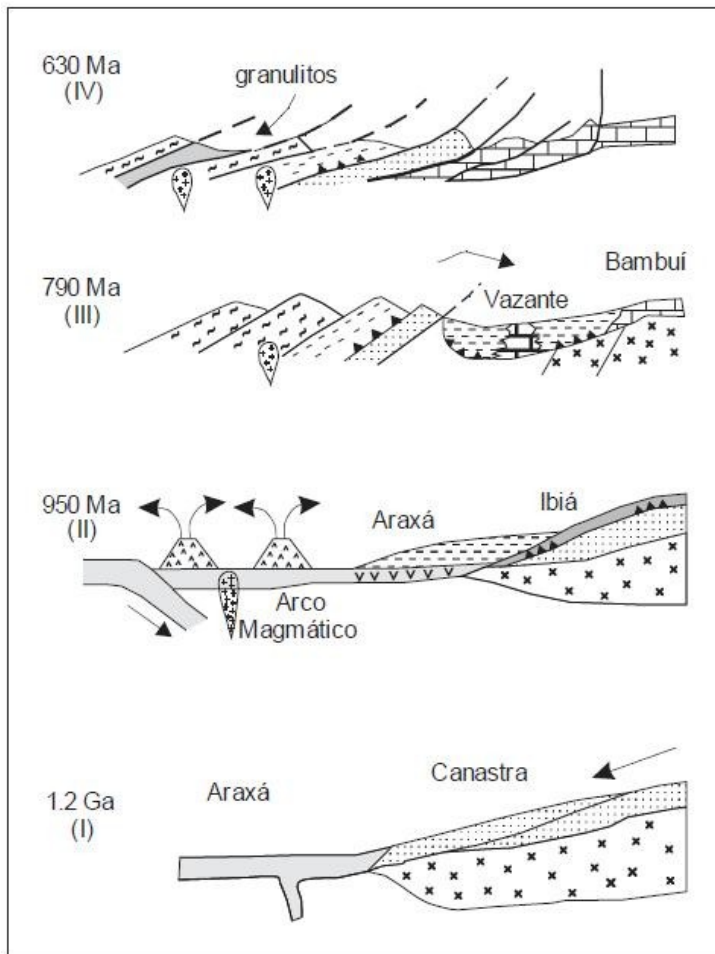


Figura 3.3. Evolução geotectônica esquemática do Segmento Sul da Faixa Brasília segundo Dardenne (2000) (extraído de Sanches 2012). (I) deposição do Grupo Canastra (meso-neoproterozóico), em margem passiva; (II) desenvolvimento do arco magmático a oeste, relacionado à zona de subducção intra-oceânica e deposição dos grupos Araxá, durante estágio de expansão oceânica, e Ibiá, em bacia de retro-arco; (III) início do evento colisional brasileiro, e deposição dos Grupos Vazante e Bambuí em grande depressão formada no Front dos cavalgamentos; (IV) início de novo evento colisional, responsável por empurrões de baixo ângulo que colocam os Grupos Araxá, Ibiá e Canastra sobre o Grupo Bambuí.

Pimentel *et. al.* (2011), a partir de estudos de proveniência de zircão detrítico e de Sm-Nd, propõe a subdivisão da Faixa Brasília em 4 seqüências deposicionais (Figura 3.4). Os Grupos Paranoá, Canastra e Vazante, na porção central da faixa, teriam idades mais antigas do que 900Ma, e são interpretados como uma seqüência de margem passiva depositadas ao longo da margem oeste do Cráton de São Francisco. Quanto aos Grupos Araxá e Ibiá, contêm populações de zircões detríticos com idades contemporâneas a 600Ma, sendo assim interpretadas como depósitos sin-orogênicos. O Grupo Bambuí, cobrindo grande parte do Cráton de São Francisco, contêm também zircões mais recentes, e é interpretado como uma seqüência maioritariamente em bacia do tipo Antepaís/*Foreland*, depositado no final da orogênese da Faixa Brasília.

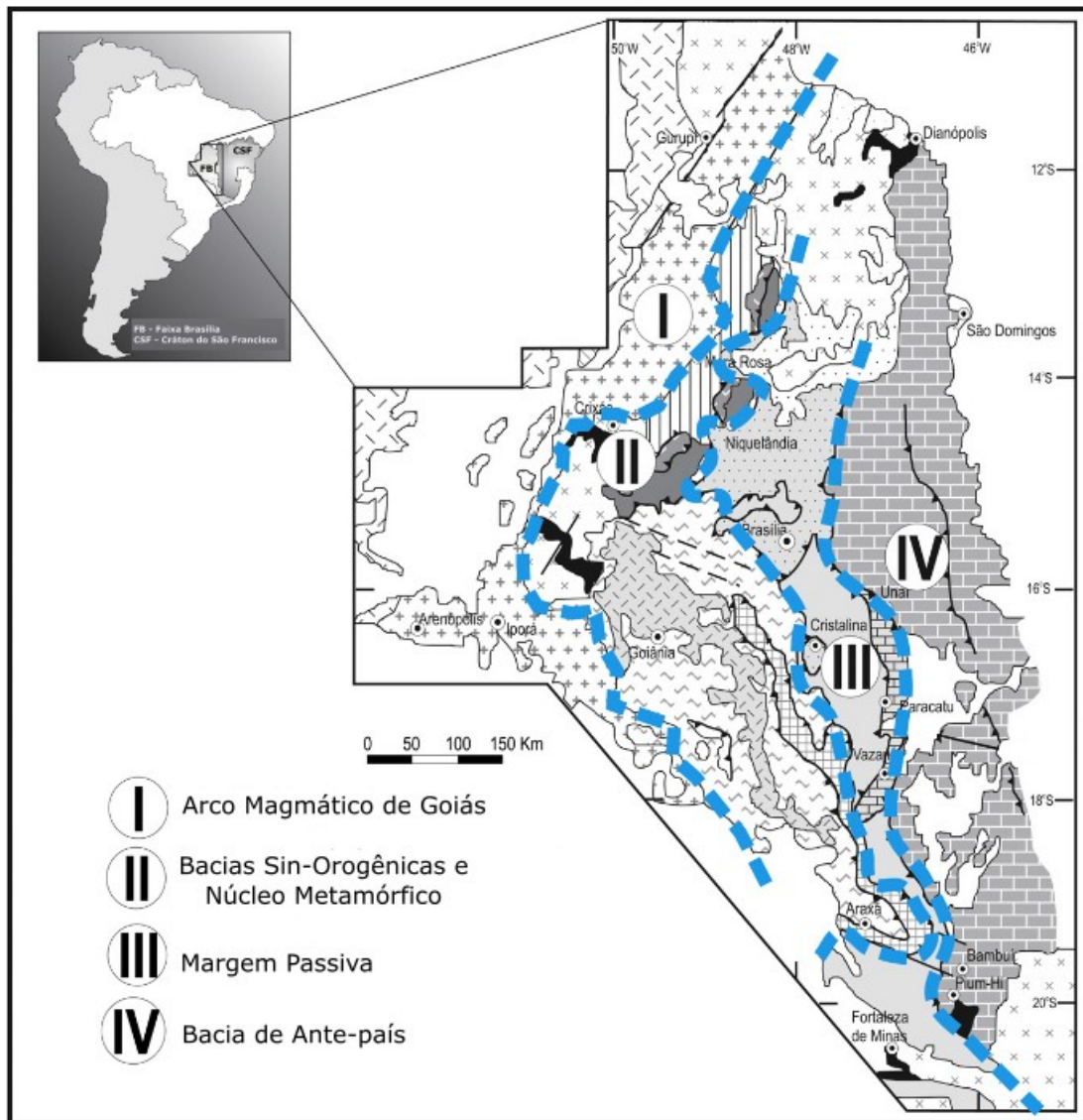


Figura 3.4. Subdivisão tectônica das unidades supracrustais da Faixa Brasília de acordo com semelhanças no sistema deposicional. Extraído e modificado de Pimentel *et al.* (2011).

A Bacia do São Francisco (figura 3.5) é uma bacia proterozoica que recobre o Cráton do São Francisco (Almeida, 1977; Alkmim, 2004). Estas rochas sedimentares cobrem um embasamento constituído por rochas granito-gnáissicas arqueanas a paleoproterozoicas dos Supergrupos Rio das Velhas e Minas (Teixeira *et al.*, 2000). As coberturas constituem o Supergrupo Espinhaço (Paleo-Mesoproterozoico), o Grupo Bambuí (neoproterozoico), o Grupo Santa Fé (Paleozoico) e Grupo Areado, Urucuia e Mata da Corda (Cretácio) (Alkmim & Martins-Neto, 2001; Sgarbi *et al.*, 2001).

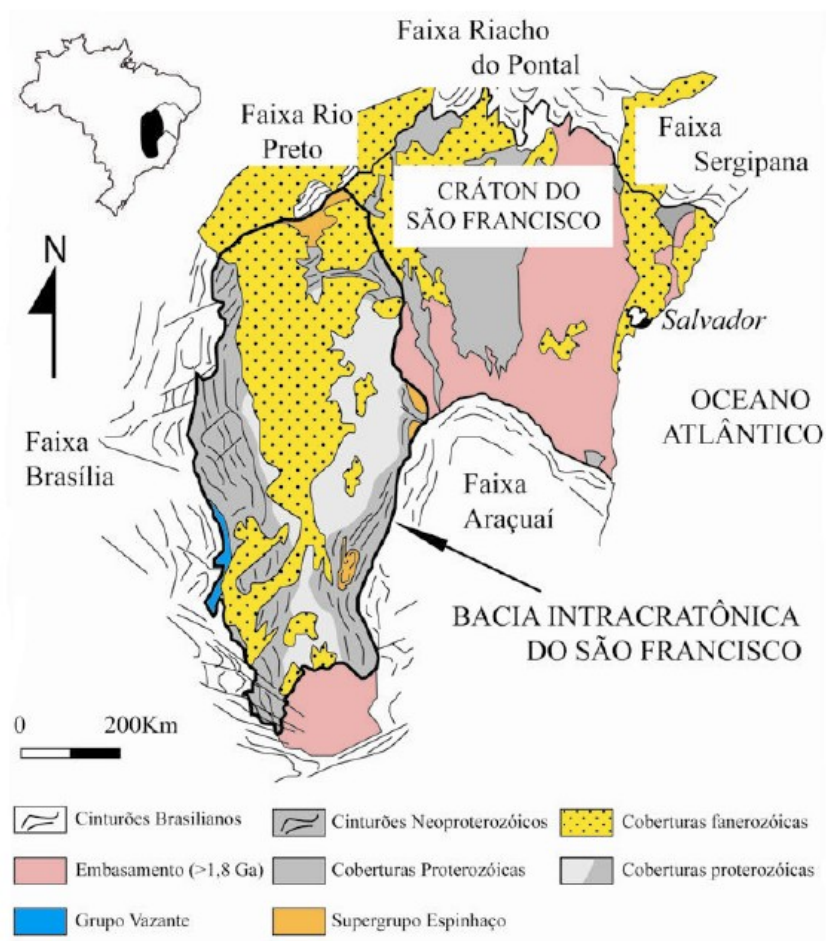


Figura 3.5. Mapa geológico simplificado do Cráton do São Francisco, mostrando a localização geográfica e delimitação da bacia (modificado de Alkmim & Martins Neto (2001), extraído de Tonietto (2010)).

A edificação da Faixa Brasília durante o Neoproterozoico, gerou na margem oeste do cráton do São Francisco uma bacia de Antepaís onde o Grupo Bambuí se depositou (Alkmim e Martins-Neto, 2001; Martins-Neto, 2009).

Existem 4 modelos tectônicos propostos para explicar a deposição do Grupo Vazante.

O proposto por Dardenne (2000) é de que teria havido uma rápida subsidência da bacia Antepaís iniciada durante a colisão da Faixa Brasília com o Cráton do São Francisco há 790Ma, sugerindo assim uma idade neoproterozoica para a sucessão do Grupo Vazante. Por outro lado, o modelo de Pimentel *et al.* (2011), a partir de estudo geocronológico e isotópico, e com interpretação de isótopos neodímio, afirma que as formações do Grupo Vazante seriam depositadas numa margem passiva mesoproterozoica correlata ao Grupo Paranoá.

Um terceiro modelo estratigráfico e geotectônico foi elaborado por Misi *et al.* (2011, 2014). Baseado em análises geocronológicas pelo método Re-Os a partir de contribuições de Geboy *et al.*

(2013), e valores de isótopos de estrôncio, defendem que a base do Grupo Vazante (as Formações Santo Antônio do Bonito e Rocinha) são neoproterozoicas e a porção média e superior do Grupo Vazante seria mesoproterozoica. Estes dois conjuntos foram deformados por uma falha reversa que inverteu a estratigrafia.

Um quarto modelo para a estratigrafia do Neoproterozoico em Minas Gerais foi proposto recentemente por Alkmim & Martins Neto (2012) com Grupo Vazante na base (Toniano) e Grupo Bambuí (Ediacariano) no topo. Este autor coloca o Grupo Vazante dentro da Sequência Macaúbas de idade Toniana a Criogeniana (figura 3.6). Na calha oeste do bacia, o Grupo Vazante é correspondente estratigráfico do Grupo Macaúbas da calha a leste com o Orógeno Araçuaí. O rift durante o Criogeniano resultou na formação de um mar do tipo golfo, que separava a península do São Francisco do continente Congo (Pedrosa-Soares *et al.* 2008), enquanto que a oeste da bacia existiria um mar aberto.

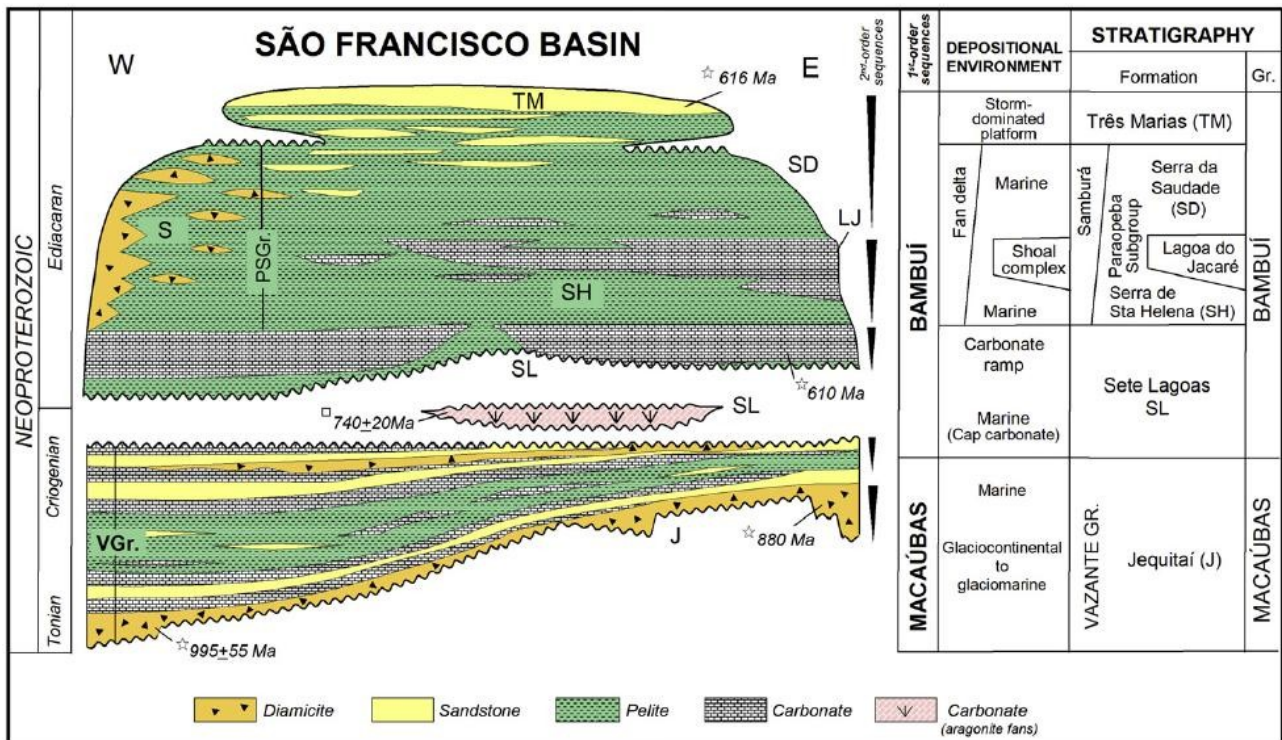


Figura 3.6. Sequências na Bacia do São Francisco, com idades marcadas pelas intrusões, ou idades dos zircões mais jovens (Extraído de Alkmim & Martins Neto 2012).

3.2. Litoestratigrafia do Grupo Vazante e do Grupo Bambuí

O Grupo Vazante ocupa uma faixa delgada comprimida orientada N-S (cerca de 40 por 250 km). Constitui-se por uma sucessão pelítico-carbonática metamorfizada na fácies xisto verde. Está em contato com o Grupo Canastra a oeste e Grupo Bambuí a leste. Os sedimentos provavelmente depositaram-se em uma bacia de margem passiva (Campos Neto, 1984a; Fuck *et al.*, 1994; Pimentel *et al.*, 2001), numa plataforma marinha rasa durante um ciclo regressivo (Dardenne, 1981; Dardenne, 2000). Começou como um ambiente costeiro na base, passando a um recife costeiro, e finalmente a depósitos de planície de maré no topo. Esta sequência foi elevada a categoria de Grupo Vazante por Dardenne *et al.*, (1998).

Os inúmeros trabalhos de campo na região de Paracatu a Vazante (Madalosso and Valle, 1978; Madalosso, 1980; Campos Neto, 1984a; Rigobello *et al.*, 1988; Pinho, 1990; Nogueira, 1993; Dardenne *et al.*, 1997; Souza, 1997; Dardenne *et al.*, 1998) resultaram na coluna sumarizada de Dardenne (2000, 2001) (figura 3.7).

O Grupo Vazante foi dividido em sete formações, da base para o topo: Santo Antônio do Bonito, Rocinha, Lagamar, Serra do Garrote, Serra do Poço Verde, Morro do Calcário, e Serra da Lapa (Dardenne, 2001).

A **Formação Santo Antônio do Bonito** (Souza,1997), também chamada de Retiro, consiste em quartzitos brancos, por vezes conglomeráticos, intercalados com xistos. Nos rios Santo Antônio do Bonito e Santo Inácio, esta formação é caracterizada pela presença de horizontes de diamictitos com clastos de quartzitos, calcários, dolomitos, metassiltitos e seixos de granito numa matriz pelítica, localmente fosfatada (Fosforito 1 – Coromandel) (Dardenne, 2000). A espessura estimada para este pacote está entre 100 a 250m.

Na **Formação Rocinha**, em sua base é uma sequência rítmica arenosa e pelítica, seguida por um espesso pacote de pelitos e siltitos regularmente intercalados que passa verticalmente para pelitos cinza escuro, carbonáticos e piritosos, com finas laminações fosfáticas (Fosforito 2 - Rocinha). Na porção superior dessa formação, ritmitos (quartzitos e siltitos) hospedam o depósito de fosfato de Lagamar (Fosforito 3) constituído essencialmente por fosfarenitos (Nogueira, 1993; Dardenne *et al.*, 1997). A espessura total deste pacote varia entre 500 a 1000 m.

A **Formação Lagamar** contém na sua base alternância de conglomerado, quartzito, metassiltito e ardósias. A unidade conglomerática foi chamado de Membro Arrependido e é suportado por clastos de quartzitos, metassiltitos e calcários cinza escuro. Como Membro Lagamar, são brechas dolomíticas às quais sucedem horizontes de calcários cinza escuros, bem estratificados, com intercalações de brechas lamelares e finalmente dolomitos estromatolíticos. Os dolomitos estromatolíticos formam biohermas de cor bege claro, compostos por dolomitos com esteiras microbiais, doloarenitos e doloruditos oncolíticos, e estromatólitos colunares com laminações convexas e cônicas do tipo *Conophyton metula* e *Jacutophyton* (Moeri, 1972; Cloud e Dardenne, 1973) depositados em água agitadas. A espessura total estimada para esta sucessão é de aproximadamente 250 m.

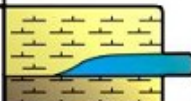

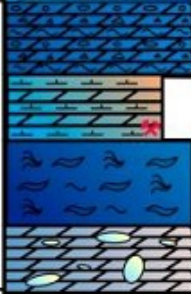
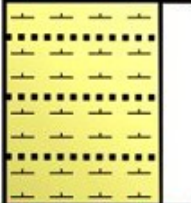
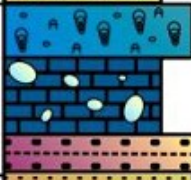
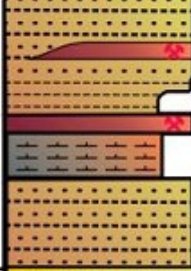

Grupo	Formação	Membro	Descrição e depósitos/ocorrências minerais associadas		
VAZANTE	Lapa	Serra da Lapa	Ardósias carbonatadas cinzas Lentes de dolomitos		
		Serra do Velosinho	Ardósias carbonatadas pretas		
	Morro do Calcário	Pamplona Superior		Bioherma estromatolítico, fácies de brechas e dolarenitos Depósitos minerais: MORRO AGUDO, Fagundes e Ambrósia	
				Dolomitos rosados com esteiras estromatolíticas, nódulos de barita e gretas de ressecamento	
				Ardósias cinza a verde com intercalações de dolomitos rosados Depósito mineral: Vazante	
				Dolomitos cinza-escuros com esteiras estromatolíticas e birds eyes	
	Serra do Poço Verde	Morro do Pinheiro Superior		Dolomitos cinza-claros a rosados com intercalações de brechas e dolareníticos	
				Dolomitos cinza-escuros com esteiras estromatolíticas e birds eyes	
	Serra do Garrote		Ardósias cinzas com lentes de quartzitos esporádicas		
	Lagamar	Arrependido	Sumidouro	Bioherma estromatolítico Calcários cinza-escuros Brechas dolomíticas	
			Conglomerados		
Rocinha			Ritmitos Depósito mineral: Lagamar - fosforito		
			Ardósias cinza-escuras, piritosas e fosfatadas Depósito mineral: Rocinha - fosforito		
			Ritmitos		
Santo Antônio do Bonito		Intercalação de quartzitos, fosforitos, diamictitos e ardósias Ocorrência mineral: Coromandel - fosforito			

Figura 3.7. Coluna estratigráfica do Grupo Vazante (Dardenne, 2001). Extraída de Paniaggio (2011).

A **Formação Serra do Garrote** (Madalosso e Valle, 1978; Madalosso, 1980; Dardenne, 1978; Campos Neto, 1984a; Dardenne *et al.*, 1997, 1998) é constituída por um espesso pacote de pelitos cinza escuros a cinza esverdeados, localmente rítmicos, carbonosos e piritosos, com finas intercalações de quartzitos. A espessura total inferida para esta sucessão pelítica ultrapassa os 1.000 m.

A **Formação Serra do Poço Verde** (Dardenne, 1979) é uma unidade predominantemente dolomítica com espessura total calculada entre 1.300 a 1.600 m, que é subdividida em quatro membros da base para o topo:

- Membro Morro do Pinheiro Inferior – constituídas por dolomitos cinza-claros e rosados, maciços e por níveis subordinados de dolarenitos, por vezes oncolíticos, brechas lamelares e lentes de estromatólitos colunares.
- Membro Morro do Pinheiro Superior – apresenta dolomitos cinza-médios a escuros com estruturas *birds eyes* e esteiras algais. Ocorrem níveis subordinados de dolarenitos, brechas lamelares e folhelhos carbonosos com pirita.
- Membro Pamplona Inferior – constituído por folhelhos carbonáticos, ardósia carbonosa cinza-claro, lilás a esverdeada com níveis dolomíticos finos.
- Membro Pamplona Médio – compreende dolomitos cinza-claros a rosados com laminações algais, intercalados a níveis de dolarenitos, brechas lamelares e estromatólitos colunares, e raras lentes de folhelho preto.

A **Formação Morro do Calcário** é caracterizada pela presença de dolomitos róseos estromatólíticos constituindo biostromos e biohermas com colunas de laminações convexas, associados a dolarenitos oolíticos e oncolíticos e doloruditos (espessura entre 200 a 300 m). Na região de Morro Agudo, Paracatu e Unaí, a Formação Morro do Calcário mostra espessuras superiores a 900 m, sendo composta essencialmente por doloruditos evidenciando, provavelmente, o retrabalhamento de biohermas estromatólíticas parcialmente preservadas associadas à fácies de dolarenitos intraclásticos oolíticos e oncolíticos. Essa espessura anormal sugere que, na porção norte da bacia, as formações Morro do Calcário e Serra do Poço Verde devem representar uma sequência dolomítica única, depositada em continuidade, não sendo possível a individualização das subdivisões observadas na região de Vazante. Nelas estão hospedadas as mineralizações de zinco e chumbo dos depósitos de Morro Agudo, Ambrósia e Fagundes.

A **Formação Lapa** (Madalosso e Valle, 1978; Madalosso, 1980) foi descrita na região de Paracatu com mais de 800m de espessura e na região de Vazante com espessura média de 100 a 200m. Esta formação representa uma sequência de filitos carbonosos, siltitos carbonáticos, lentes de dolomitos e camadas de quartzitos. Essas lentes carbonáticas são compostas por fácies de dolomitos laminados cinza escuro, maciços, ora dolareníticos impuros.

O **Grupo Bambuí** está inserido no Supergrupo São Francisco (Pflug e Renger, 1973) e representa um espesso pacote de rochas pelítico-carbonáticas, descrito pioneiramente por Costa e Branco (1961) e Dardenne (1978).

As formações que constituem o Grupo Bambuí, denominado-as da base para o topo (figura 3.8) são:

- Formação Jequitaí, representada por paraconglomerados glaciais (tilitos), com matriz argilo-carbonática, e clastos de quartzito, calcário, dolomito, chert, gnaiss, granito, micaxisto e rochas vulcânica;

- Formação Sete Lagoas, sequência margosa e pelítica, com lentes de calcário e dolomitos;

- Formação Serra de Santa Helena, constituída essencialmente por folhelhos e siltitos cinza a cinza esverdeados, com finas intercalações de lentes de arenito e calcário, com presença de laminação plano paralela e marca de onda;

- Formação Lagoa de Jacaré, caracterizado por siltitos e margas cinza esverdeados e cinza escuros, onde se intercalam calcários negros microcristalinos a cristalinos, fétidos, ricos em matéria orgânica, com bancos maciços oolíticos e pisolíticos, nos quais as estratificações cruzadas acanaladas são frequentes;

- Formação Serra da Saudade composta por siltitos, argilitos e folhelhos cinza esverdeados e verdes, onde lentes de calcários cinzas são normalmente observadas. Nesta formação foram observadas algumas ocorrências de fosforitos, nas regiões de Cedro do Abaeté e Quartel Geral (MG) onde a formação foi originalmente descrita.

- Formação Três Marias, é caracteristicamente composta por arenitos arcossianos e siltitos verdes a cinza esverdeados, localmente vermelhos.

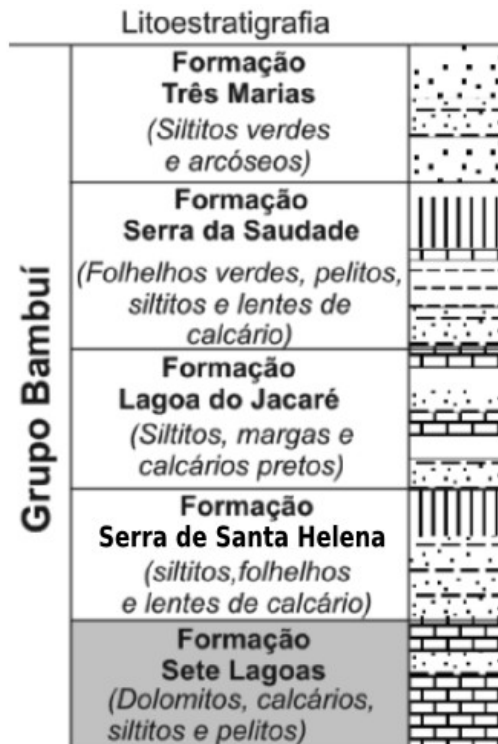


Figura 3.8. Estratigrafia do Grupo Bambuí, extraído e modificado de Vieira *et al.* 2007.

Nos últimos anos, surgiram novos trabalhos na região ocidental do Grupo Bambuí (Castro, 1997; Martins Neto *et al.*, 2001, Uhlein *et al.*, 2004) sendo descritos diversos ruditos e psamitos como integrantes do Grupo Bambuí, em especial na região ocidental da bacia. As litofácies da região de Lagoa Formosa foram descritas, inicialmente, por Seer *et al.* (1987) que tinham dúvidas se as mesmas estariam efetivamente no Grupo Bambuí, pois eram desconhecidas na coluna estratigráfica da unidade, na época. Uhlein *et al.* (2011) apresenta e descreve diferentes litofácies rudíticas e psamíticas, pelíticas e carbonáticas da região de Lagoa Formosa, integrando-as ao Grupo Bambuí, e propondo a designação de **Formação Lagoa Formosa**. Além disto, propõe também um modelo de sedimentação de leque submarino para as litofácies pertencentes à Formação Lagoa Formosa (Baptista, 2004; Uhlein *et al.*, 2010; 2011) como sedimentação dominada por fluxos gravitacionais subaquosos, com fluxos de detritos e lama e correntes de turbidez, que caracterizam uma sedimentação de leque submarino, em uma bacia do tipo *foreland*. Esta sequência metassedimentar foi deformada no final da Orogênese Brasileira, apresentando, principalmente, dobras assimétricas e foliação na forma de clivagem ardosiana. A Formação Lagoa Formosa sub-divide-se em duas associações (figura 3.9): 1) associação de diamictitos maciços e raras intercalações de siltitos; 2) associação de arenitos, siltitos, conglomerados e carbonatos, bem estratificados. A primeira é interpretada como fluxo de lama e detritos (*Debris Flow*) e a segunda como fluxo de detritos e correntes de turbidez, em bacia marinha (Uhlein *et al.*, 2011).

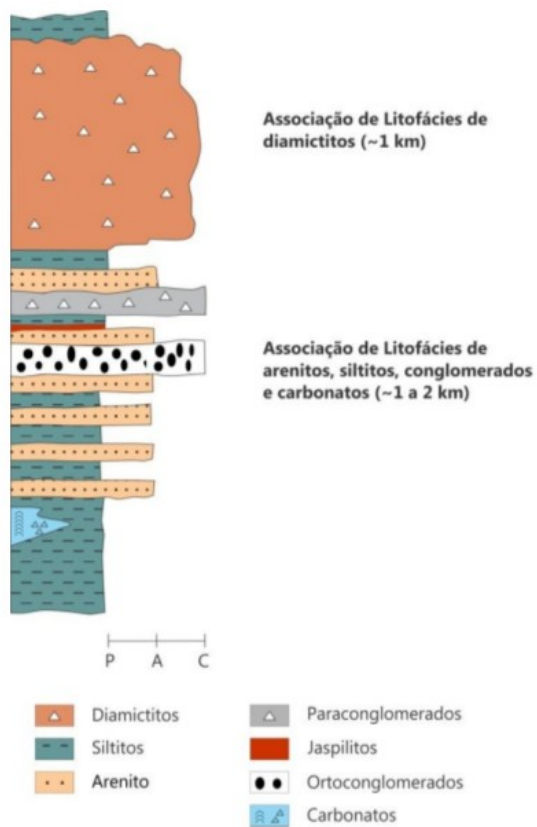


Figura 3.9. Coluna estratigráfica da Formação Lagoa Formosa, Grupo Bambuí, na região do Alto Paranaíba. Segundo Baptista (2004).

3.3. Geologia estrutural e metamorfismo do Grupo Vazante

Na porção oeste da Bacia do São Francisco, junto aos limites da Faixa Brasília, as rochas dos Grupos Vazante e Bambuí foram afetadas pela deformação do tipo *thin skinned* associado à edificação da Faixa Brasília, acomodando-os em forma de sistema de dobramentos e zonas de cisalhamento localizadas (Dardenne, 2000; Coelho *et al.*, 2008). O metamorfismo da Faixa Brasília, regra geral, diminui de oeste para leste, sendo metamorfismo de baixo grau no domínio externo da Faixa Brasília. O Grupo Vazante situa-se neste domínio externo da Faixa Brasília onde o metamorfismo é de baixo grau.

Segundo Dardenne (1974) a tectônica que afeta o Grupo Vazante são esforços compressivos de oeste para leste. As litologias tem uma resposta diferente aos esforços. Os pelitos evidenciam um dobramento intenso que pode chegar a dobras isoclinais, enquanto que os dolomitos comportam-se como blocos resistentes aos esforços, formando pequenas dobras suaves com eixos direção tanto leste-oeste, como norte-sul.

Campos Neto (1984b) apresenta sete fases de deformação para a evolução tectônica na faixa Paracatu-Vazante. As duas primeiras fases são representadas por dobras com eixo para SW. A terceira fase representada cavalgamentos paralelos às estruturas. A quarta fase formou dobras com eixo para NW. A quinta fase possui dobras com eixo para NE. A sexta fase é representada com eixos leste-oeste e, por último, a sétima fase é representada por falhas transversais.

Pinho *et al.* (1989) propõem quatro fases para a evolução tectônica na região de Vazante. A primeira fase de caráter extensivo que controla o movimento dos blocos do embasamento. Uma segunda fase compressiva que gerou falhamentos transcorrentes. A terceira fase está associada ao encurtamento tectônico, e é representado pelos falhamentos de empurrão que limitam as unidades. A última fase é extensiva, representada pelos falhamentos normais que correspondem o alívio da compressão exercida na fase anterior.

A falha de Lagamar identificada por Pinho e Dardenne (1994). Semelhante à de Vazante um pouco mais a noroeste, está alinhada aproximadamente a N45°E e N20°E, é visível em afloramentos e em fotointerpretação e marcada por uma foliação milonítica. Esta falha teria colocado materiais mais antigos (todo o Grupo Vazante) em cima de materiais mais jovens do Grupo Bambuí, como apresenta a seção de Dardenne e Freitas-Silva (1999) (figura 3.10).



Figura 3.10. Seção geológica do Grupo Vazante passando pela Falha de Lagamar, proposta por Dardenne & Freitas-Silva (1999).

3.4. Idade do Grupo Vazante

A idade do Grupo Vazante foi primeiramente estudada através dos estromatólitos, que foram relacionados com o Grupo Paranoá. Dardenne (2005) e Dardenne *et al.* (2005) escreveram no SIGEP sobre as características dos estromatólitos *Conophyton* de dois sítios paleontológicos no Grupo Vazante. Os estromatólitos do tipo *Conophyton* indicam um intervalo de tempo 1.35 a 0,9 Ga (Cloud and Dardenne, 1973). Dardenne (2005) descreve estromatólitos do tipo *Conophyton Cylindricum* Maslov em Cabeludo na Formação Serra do Poço Verde, e Dardenne *et al.* (2005) *Conophyton Metula Kirichenko* no Sumidouro do Córrego Carrapato em carbonatos da Formação Lagamar. A comparação das formas de *Conophyton* entre duas unidades da Faixa Brasília, os grupos Vazante e Paranoá, mostra que *Conophyton Cylindricum* de Cabeludo (MG) do Grupo Vazante e de Cabeceiras (GO) do Grupo Paranoá são semelhantes, mas diferentes de *Conophyton Metula* que ocorre na região de Lagamar (MG). Os estromatólitos *Conophyton Metula* de Lagamar (MG) são semelhantes aos *Conophyton Metula* descritos no Grupo Paranoá na região de São Gabriel (GO) por Dardenne *et al.* (1976).

Pimentel *et al.* (2001) apresentam idades máximas de deposição pelo modelo Sm-Nd com valores entre 2.1 Ga e 1.7 Ga para rochas pelíticas do Grupo Vazante, colocando o Grupo Vazante com uma idade intermédia entre as idades obtidas por TDM do mesmo autor para o Grupo Paranoá (2.3-2.0Ga) e Grupo Bambuí (1.9-1.3Ga).

Azmy *et al.* (2008) comparou as idades máximas de deposição dos diamictitos. Os diamictitos da Formação Morro do Calcário teriam idade entre 993 a 1100 Ma e o da Formação Santo Antônio do Bonito 988 a 1000 Ma

No trabalho de Rodrigues *et al.* (2012), as idades de zircão $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (idades máximas) obtidas foram: Formação Santo Antônio do Bonito 997-1907 Ma; Formação Rocinha 930-2982 Ma (com 3 picos heterogêneos de população de zircão: 0.9, 1.2 e 2.1 Ga); Formação Lagamar, Membro Arrependido principal pico 2087 Ma; Formação Serra do Garrote 1242-3409 Ma; Formação Morro do Calcário 1109-2466 Ma; e Formação Lapa 1100-2730 Ma. As idades da Formação Lagamar (Membro Sumidouro e Arrependido) e Formação Serra do Garrote sugerem uma fonte similar para estas formações. A identificação de uma população detrítica com aproximadamente 930 Ma indica que a idade da Formação Rocinha é neoproterozoica.

Os resultados Re-Os dos folhelhos orgânicos de Geboy *et al.* (2013) nas Formações Lagamar e Serra do Garrote têm idade 1.3 Ga, e 1.1 Ga para a Formação Serra do Poço Verde. No entanto estes valores para a Formação Serra do Garrote foram contestados por Bertoni *et al.* (2014) que defendem que os valores podem ser alterados pelos fluídos hidrotermais, os mesmo associados às mineralizações de interesse econômico na região.

A Figura 3.11 resume os dados de trabalhos geocronológicos e isotópicos efetuados no Grupo Vazante.

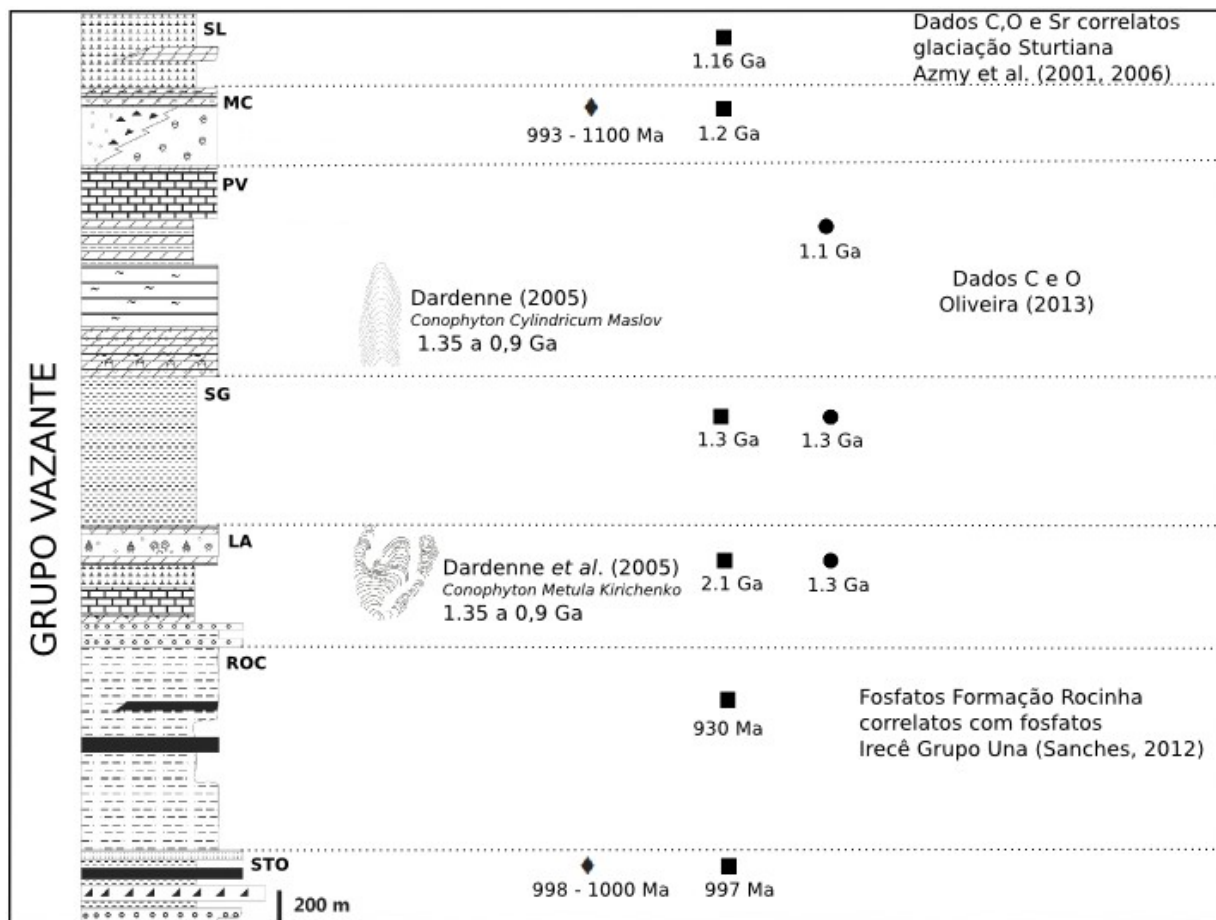


Figura 3.11. Resumo de trabalhos de geocronologia e de estudos isotópicos no Grupo Vazante, segundo a litostratigrafia Dardenne (2001). Legenda: SL – Formação Lapa, MC – Formação Morro do Calcário, PV – Formação Poço Verde, SG – Formação Serra do Garrote, LA – Formação Lagamar, ROC – Formação Rocinha, STO – Santo Antônio do Bonito; ● Análises Re-Os de Geboy *et al.* (2013), ■ Método U-Pb de Rodrigues *et al.* (2012), idade mais recente de deposição. ♦ Método U-Pb de Azmy *et al.*, (2008).

Misi *et al.* (2014) e Azmy *et al.* (2008) reforçam a idéia de que a porção basal do Grupo Vazante pode ser neoproterozoica. Outros autores (Dardenne, 2000, 2001; Misi, 2001; Misi *et al.*, 2007; Thomaz Filho *et al.*, 1998) sugerem a correlação com sucessões mais recentes (Grupo Bambuí). A associação de uma camada basal de diamictitos glacio-marinhos com depósitos fosfáticos, pode ser correlacionada com o Grupo Bambuí. Estas similaridades geológicas e quimioestratigráficas fez Misi *et al.* (2007) reavivarem a teoria de que as formações basais Rocinha e Santo Antônio do Bonito seriam contemporâneas do Grupo Bambuí. Essa correlação (Misi *et al.*, 2007) é baseada principalmente em semelhanças entre a litologia dos diamictitos Santo Antônio do Bonito (Grupo Vazante) e Jequitai (Grupo Bambuí) na base de cada sucessão, e nos valores do isótopo Sr (razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$).

Em relação aos calcários da Formação Sete Lagoas do Grupo Bambuí, estes foram datados em 740Ma (Babinski *et al.*, 2007), mostrando baixos teores de matéria orgânica e valores negativos de $\delta^{13}\text{C}$. Esta formação têm sido interpretada como um carbonato de capa depositado após a glaciação Esturtiana (Vieira *et al.*, 2007) ou Marinoana (Caxito *et al.*, 2012; Kuchenbecker, 2011)

Misi *et al.* (2014) propõem assim uma nova organização estratigráfica, onde a base do Vazante poderia ser Bambuí e o meio-topo do Vazante seria mesoproterozoico. Propõem também uma inversão estratigráfica na região de Lagamar (figura 3.12), resultante de uma falha reversa próximo do topo da Formação Rocinha, que colocou rochas mais antigas (Formações Lagamar e Serra do Garrote) em cima de rochas mais jovens (Formações Rocinha e Santo Antônio do Bonito).



Figura 3.12. Seção geológica modificada do Grupo Vazante (Dardenne & Freitas-Silva, 1999), incluindo a Falha de Lagamar com base em dados geocronológicos e verificações de campo. Extraído de Sanches (2012).

Santana (2011) trabalhou na região de Paracatu, onde aflora o topo do Grupo Vazante. Ela estudou a estratigrafia e sedimentologia das Formações Lapa, Morro do Calcário e Poço Verde, e a proveniência sedimentar da Formação Lapa.

Na sua tese, Sanches (2012) elabora um estudo de comparação dos depósitos fosfáticos de Lagamar (Mina da Galvani) e Rocinha, ambos pertencentes à Formação Rocinha de Dardenne (2000), com os depósitos fosfáticos de Irecê do Grupo Una. Esta comparação mostrou que os depósitos fosfáticos poderiam ter a mesma idade, relacionando-os a eventos de fosfatização global que ocorreram durante o final do Neoproterozóico.

Oliveira (2013) trabalhou na região de Vazante, com as formações Serra do Garrote, Poço Verde e Morro do Calcário, associadas ao depósito willemítico. Efetuou um estudo estratigráfico, faciológico e de quimioestratigrafia.

4. QUIMIOESTRATIGRAFIA ISOTÓPICA

A quimioestratigrafia é o estudo da variação química ao longo de uma coluna estratigráfica e sedimentar. Com esta ferramenta, e um estudo de litofácies, é possível fazer correlações intra e inter-bacinais em rochas carbonáticas. Tratando-se do Éon Proterozoico esta ferramenta ainda é mais importante dada a escassez de fósseis e o insucesso dos estromatólitos como recurso bioestratigráfico.

Os isótopos estáveis de carbono, oxigênio e estrôncio fornecem pistas para as condições ambientais da época de sedimentação. Kaufman & Knoll (1995), Veizer *et al.* (1999), Jacobsen & Kaufman (1999), Walter *et al.* (2000), Halverson *et al.* (2005, 2007, 2010), apresentam propostas de curvas temporais que podem ser utilizadas para correlação entre as bacias carbonáticas. Quebras bruscas podem indicar importantes mudanças climáticas e/ou hidrotermais, bem como as tendências suaves permitem correlacionar a resposta isotópica com as condições paleoambientais.

4.1. O registro Neoproterozoico

Vários pesquisadores têm demonstrado que o Neoproterozoico é caracterizado por eventos glaciais de natureza global, sucedidos por ampla sedimentação carbonática. Os carbonatos que capearam esses depósitos glaciares, em diversos continentes, apresentam uma assinatura isotópica de carbono semelhante e negativa, e uma série de estruturas sedimentares características.

Existem três hipóteses para como eram e como se estendiam estas glaciações: uma *Snowball Earth* (glaciação extrema com retorno-avanço do gelo de acordo com o albedo); *Hightilt Earth* (alta obliquidade e glaciação preferencialmente a baixa latitude) e *Zipper-Rift Earth* (glaciações diacrônicas relacionadas com margens de rifte continental). Estas três visões contrastam com uma síntese mais pragmática do estado glacial, a *Slushball Earth* (coexistência de oceanos descongelados e geleiras nos trópicos) (Fairchild & Kennedy, 2007).

Pelo menos três eventos glaciais têm sido consensualmente considerados globais durante o Neoproterozóico: i) *Sturtiano* (entre 750 e 700 Ma); ii) *Marinoan* (entre 650 e 600 Ma) e iii) *Gaskiers* (entre 550 e 500 Ma). Outras glaciações locais estão sendo averiguadas para conhecer o seu possível caráter global. Os dados sobre a duração desses períodos glaciais permanecem controversos e o início e o término de cada um deles em termos globais podem ter um caráter diacrônico e com múltiplos episódios de curta duração. Muitas complicações no estudo de isótopos estáveis são cau-

sadas pela indefinição do número de glaciações globais, e porque incursões negativas de carbono não podem ser usadas sozinhas para correlação (Melezhik *et al.*, 2001).

O Neoproterozoico é marcado pela quebra do paleocontinente Rodínia. Isto possibilitou maior circulação oceânica. Com a aglutinação para formar o Gondwana, houve uma diminuição significativa da superfície marinha, influenciando principalmente os valores de estrôncio.

4.2. Isótopos Estáveis de Carbono e Oxigênio

Para estudo isotópico do carbono $\delta^{13}\text{C}$ utiliza-se a razão entre $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ comparados com o padrão de internacional $_{\text{VPDB}}$ (*Vienna Pee Dee Belemnite*) pela seguinte equação:

$$\delta^{13}\text{C} = \left(\frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}(\text{amostra})}{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}(\text{padrão})} - 1 \right) 10^3$$

Os valores finais são expressos em per mil (‰), que corresponde à razão isotópica de uma concha de *Belemnite* de idade cretácea da Formação Pee Dee (Carolina do Sul, Estados Unidos).

O estudo isotópico do oxigênio $\delta^{18}\text{O}$ é avaliado pela razão entre $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ pela equação abaixo:

$$\delta^{18}\text{O} = \left(\frac{^{18}\text{O}/^{16}\text{O}(\text{amostra})}{^{18}\text{O}/^{16}\text{O}(\text{padrão})} - 1 \right) 10^3$$

Assim como nos isótopos de carbono os valores obtido são reportados em unidade per mil (‰) e os resultados são reportados pela comparação a dois tipos de padrões de referência internacionais: $_{\text{VPDB}}$ (*Vienna Pee Dee Belemnite*) e $_{\text{SMOW}}$ (*Standard Mean Ocean Water*).

Segundo Schidlowski *et al.* (1983), os isótopos de C e O possuem os mesmos reservatórios: um interno, composto pelas rochas e pelo manto, e um externo, constituído pela hidrosfera, atmosfera, biosfera e sedimentos inconsolidados. Apesar disto, diferentes processos controlam o seu fracionamento, resultando em distintas interpretações para eventuais incursões isotópicas.

» Isótopos Estáveis de Carbono

O carbono tem dois isótopos estáveis: ^{12}C (98,89%) e ^{13}C (1,11%). Os reservatórios de carbono podem ser divididos em: oxidados (constituídos principalmente por CO_2 , HCO_3^{2-} e minerais carbonáticos), e reduzidos (formados por compostos orgânicos e combustíveis fósseis). A constante mudança entre os reservatórios oxidados e reduzidos mantêm seu equilíbrio. Os processos que envolvem o ciclo do carbono também envolvem seu fracionamento isotópico (Tucker & Wright, 2008).

A produção de matéria orgânica é o principal mecanismo responsável pelo fracionamento isotópico do carbono estável, que ocorre fundamentalmente por meio da fotossíntese. Neste processo é utilizado preferencialmente o ^{12}C , acarretando num enriquecimento relativo do meio (água do mar) em ^{13}C e, portanto, uma elevação dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ (Schidlowski *et al.* 1983).

Deste modo, num ambiente marinho com intensa atividade biológica, os valores $\delta^{13}\text{C}$ são bastante positivos na água do mar, o que fica registrado nos carbonatos precipitados a partir dela. No entanto, se a atividade biológica é inexistente ou muito baixa, o meio aquático apresentará valores de $\delta^{13}\text{C}$ negativos, assim como os carbonatos precipitados naquele meio.

Halverson *et al.* (2005) sumariza o comportamento isotópico do carbono no Neoproterozóico (Figura 4.1).

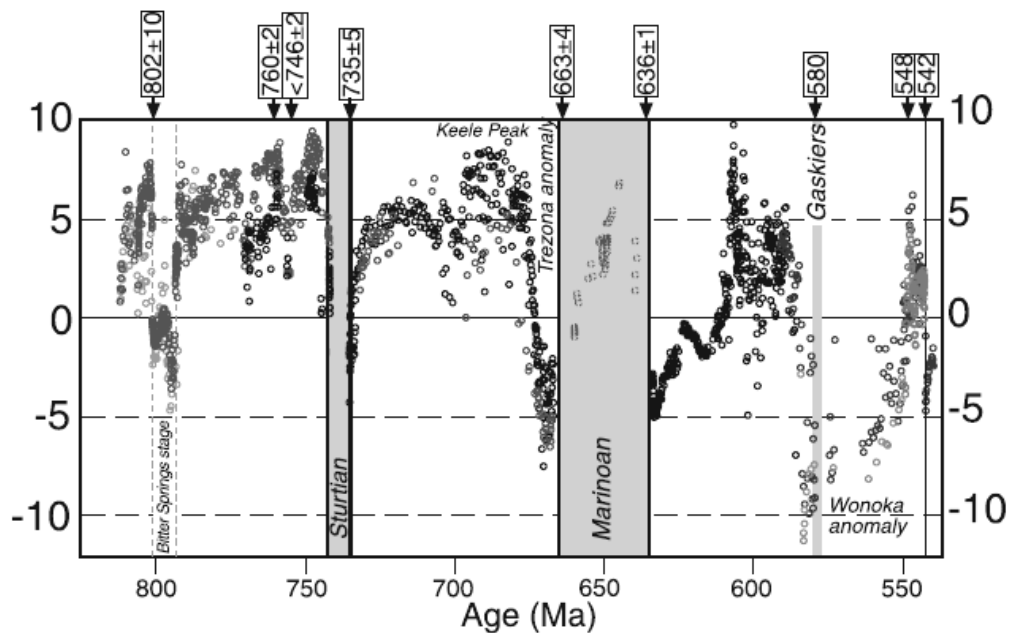


Figura 4.1. Curva de variação global do $\delta^{13}\text{C}$ durante o Neoproterozoico, modificado e extraído de Halverson *et al.* (2005). Idades plotadas em Ma.

Em depósitos que sucedem a glaciação Marinoana a curva de $\delta^{13}\text{C}$ inicia com valores entre -2‰ e -4‰ e quase sempre apresenta uma tendência ligeiramente negativa em direção ao topo dos dolomitos (Williams, 1979; Kennedy, 1996; James *et al.*, 2001; Hoffman & Schrag, 2002). Nessas seqüências a transição dos depósitos dolomíticos para os calcários, ao longo de uma superfície de inundação máxima, é caracterizada por um aumento gradativo de $\delta^{13}\text{C}$ até atingir valores em torno de 0‰. Em seqüências de glaciação Esturtiana a curva de carbono não apresenta a primeira fase de diminuição dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ observada nas seqüências *Marinoan* (Higgins & Schrag, 2003). Nas seqüências carbonáticas que sucedem o evento glacial mais antigo do Neoproterozóico, a curva isotópica de carbono mostra uma tendência constante de aumento nos valores de $\delta^{13}\text{C}$, começando em torno de -5‰ ou -3‰ passando rapidamente para valores positivos em direção ao topo das seqüências (Kennedy *et al.*, 1998; Hoffman e Schrag, 2002). Halverson *et al.* (2005) chamam a atenção para o fato de que muitas vezes não é possível definir uma seqüência como *Marinoan* ou *Sturtian* somente com base nas curvas de $\delta^{13}\text{C}$, porque o seu registro isotópico pode ser muito semelhante.

» Isótopos Estáveis de Oxigênio

O oxigênio faz-se presente na natureza sob a forma de três isótopos estáveis: ^{16}O (99,75% do total), ^{17}O (0,037% do total) e ^{18}O (0,199% do total). Nos oceanos atuais a composição isotópica do oxigênio varia com a profundidade e as concentrações são fornecidas pelos valores de $\delta^{18}\text{O}$ do oxigênio dissolvido. Os valores de $\delta^{18}\text{O}$ na superfície da água são de +24‰ em função da troca com o O_2 atmosférico. Com o aumento da profundidade, os valores de $\delta^{18}\text{O}$ diminuem em consequência do consumo preferencial de oxigênio leve na oxidação de matéria orgânica.

Sharp (2007) considera três hipóteses para explicar essa variação: os valores de ^{18}O dos oceanos eram mais negativos no passado; as temperaturas nos oceanos antigos eram superiores ou os sedimentos tornaram-se mais ricos em ^{16}O com o tempo pela alteração diagenética.

A evaporação da água é um importante mecanismo responsável pelo fracionamento isotópico do oxigênio. Durante este processo, o vapor produzido é enriquecido em ^{16}O , acarretando num enriquecimento relativo de ^{18}O na água do mar remanescente, deste modo elevando seu $\delta^{18}\text{O}$.

Por consequência os carbonatos eventualmente depositados neste intervalo também apresentarão valores elevados de $\delta^{18}\text{O}$. Portanto, alterações nos fatores naturais relacionados à evaporação, como variação de temperatura, insolação, salinidade, restrição do corpo d'água, glaciações, entre outros, seriam capazes de gerar variações nas razões $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ da água do mar e, por conseguinte, dos depósitos carbonáticos gerados (Corfield, 1994; Allan & Mathews, 1982; Thunel *et al.*, 1987). Processos diagenéticos e demais interações relacionadas com água meteórica podem alterar os valores de $\delta^{18}\text{O}$, tornando-os mais negativos. No entanto, como a assinatura isotópica do oxigênio em carbonatos é extremamente sensível a alterações decorrentes da percolação de fluidos, principalmente águas meteóricas, a preservação da assinatura isotópica primária do oxigênio em sedimentos antigos deve ser considerada com ressalva.

4.3. Isótopos de Estrôncio

No estudo isotópico do Sr utiliza-se o ^{87}Sr – isótopo radiogênico proveniente do decaimento (β) do ^{87}Rb – através da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. Durante o intemperismo, o Sr contido nas rochas é liberado para o ciclo hidrológico com a sua respectiva composição isotópica (Faure, 1986). No mar, estas razões tendem a se homogeneizar, tendo em vista a diferença entre o tempo de residência deste elemento no mar (3-5Ma) e o tempo de homogeneização inter-oceânica (aproximadamente 1000 anos) (Halverson *et al.*, 2007). Assim, a razão isotópica da água do mar em um dado momento fica registrada nos carbonatos ali depositados.

Vários mecanismos geológicos podem influenciar a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, a exemplo da atividade hidrotermal nas cadeias meso-oceânicas (Jones *et al.*, 1994) e da diagênese (Baker *et al.*, 1982). No entanto, a relação direta desta razão com o Rb, elemento essencialmente litófilo, faz com que a taxa de intemperismo/erosão assumam especial importância nesse aspecto. Assim, todos os fatores naturais que, direta ou indiretamente, controlam o ciclo sedimentar podem influenciar de maneira significativa a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. Dentre os principais, destacam-se as mudanças climáticas (especialmente as glaciações), processos orogenéticos e grandes variações no nível do mar (Banner, 2004). Outros fatores, como o impacto de meteoros (Martin & McDougall, 1991) e mudanças no padrão de circulação dos oceanos também poderiam influenciar a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$.

Dados da composição isotópica de Sr mostram um aumento contínuo na razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (Figura 4.2) ao longo do Neoproterozóico, verificada em várias bacias em diferentes lugares do mundo (Veizer *et al.*, 1983, Jacobsen & Kaufman, 1999; Walter *et al.*, 2000).

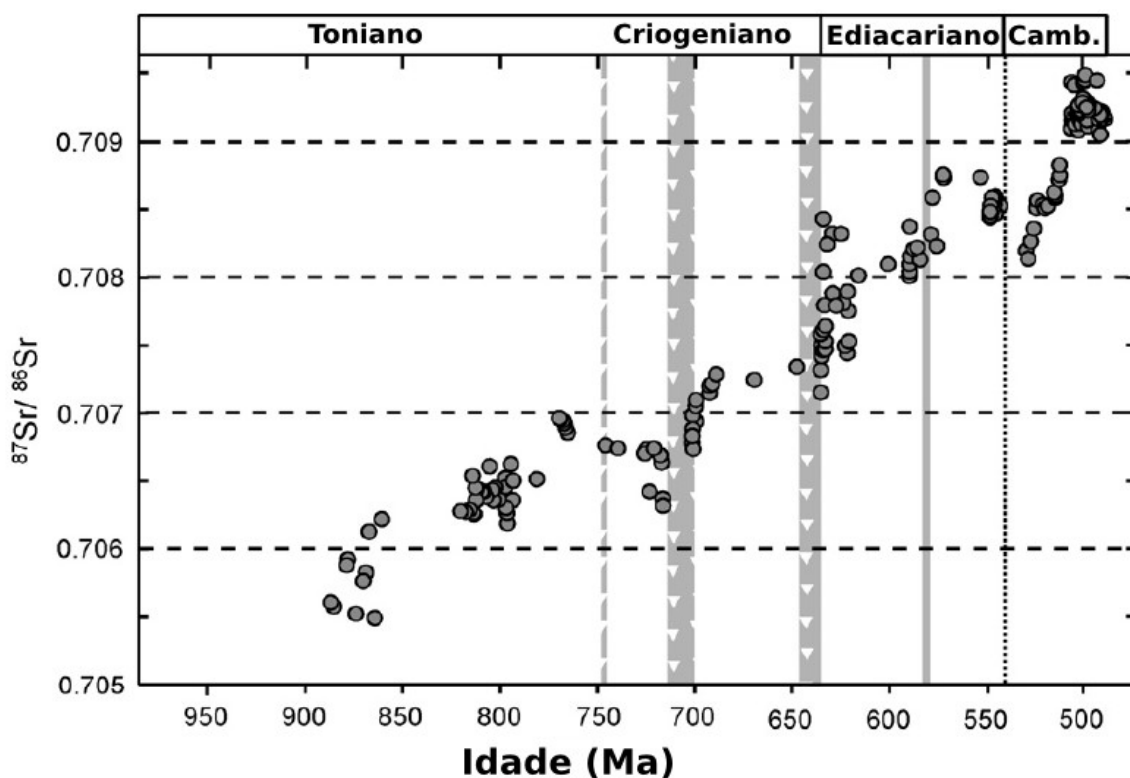


Figura 4.2. Curva da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ do Neoproterozoico ao Cambriano. Modificado de Halverson *et al.* (2010).

Uma curva de evolução da razão isotópica $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ durante o Neoproterozóico, calibrada em relação aos dados radiométricos e correlações de diferentes sucessões mostra um aumento sistemático desta razão desde valores de 0.7055 até valores de 0.7085 (Halverson *et al.*, 2007). Nessa compilação observa-se um aumento constante, de longa duração, interrompido por declínios na base do ‘*Bitter Springs Stage*’ (Halverson *et al.*, 2005) e antes da glaciação *Sturtian*. A glaciação *Sturtian* é limitada por valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ entre 0.7067 e 0.7069 e a glaciação *Marinoan* por valores entre 0.7071 e 0.7073. O período Ediacarano é caracterizado por um expressivo aumento na razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ passando de 0.7072 há ca. 635 Ma para 0.7085 há ca. 542 Ma (Kaufman *et al.*, 1993). Os valores mais baixos de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ no Neoproterozóico coincidem com o estágio final de formação do supercontinente Rodínia (Meert e Torsvik, 2003).

Por outro lado, o substancial aumento na razão de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ no Neoproterozóico Médio provavelmente coincide com a fase inicial de quebra do supercontinente Rodínia, enquanto as variações de escala menor na razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ocorridas são atribuídas a eventos biogeoquímicos e/ou climáticos (Halverson *et al.*, 2007).

4.4. Curvas de variação isotópica no Grupo Vazante e na Bacia do São Francisco

Nas sucessões de carbonatos depositados sobre o Cráton de São Francisco, as incursões negativas de $\delta^{13}\text{C}$ ocorrem em carbonatos de capa depositados como sequências pós-glaciais dos eventos Marinoano (~640Ma) e Esturtiano (~730Ma).

Na figura 4.3 pode-se comparar as curvas de $\delta^{13}\text{C}$ em vários pontos da Bacia do São Francisco.

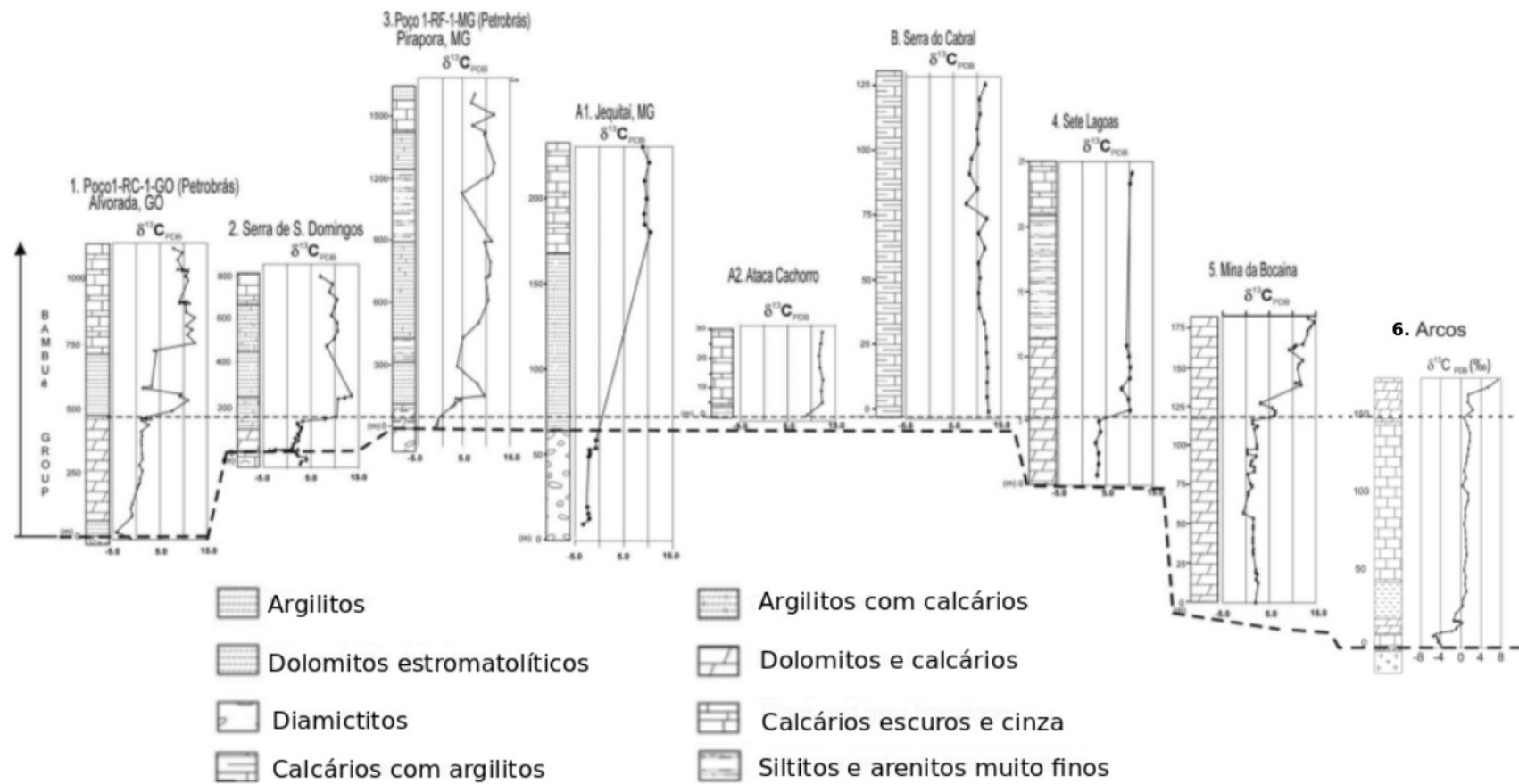


Figura 4.3. Variações do isótopo carbono ($\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$) no Grupo Bambuí em diversos locais da bacia: 1 - Alvorada (1-RC-GO) (Martins, 1999); 2 - Serra de São Domingos (Santos *et al.*, 2000); 3 - Pirapora (1-RF-1-MG) (Chang, 1997); A1, A2 e B (Santos *et al.*, 2004); 4, Sete Lagoas (Santos *et al.*, 2000); 5 - Mina da Bocaina (Martins, 1999); 6 - Arcos (Kuchenbecker, 2011). Extraído e modificado de Santos *et al.* (2004).

O perfil de $\delta^{13}\text{C}$ dos carbonatos do Grupo Vazante é geralmente perto de zero, e mostra pequenas incursões negativas relacionadas com litofácies de carbonatos de capa (Azmy *et al.* 2001, 2006).

No seu trabalho de mestrado, Oliveira (2013) elaborou um estudo quimioestratigráfico na Formação Serra do Poço Verde (figura 4.4).

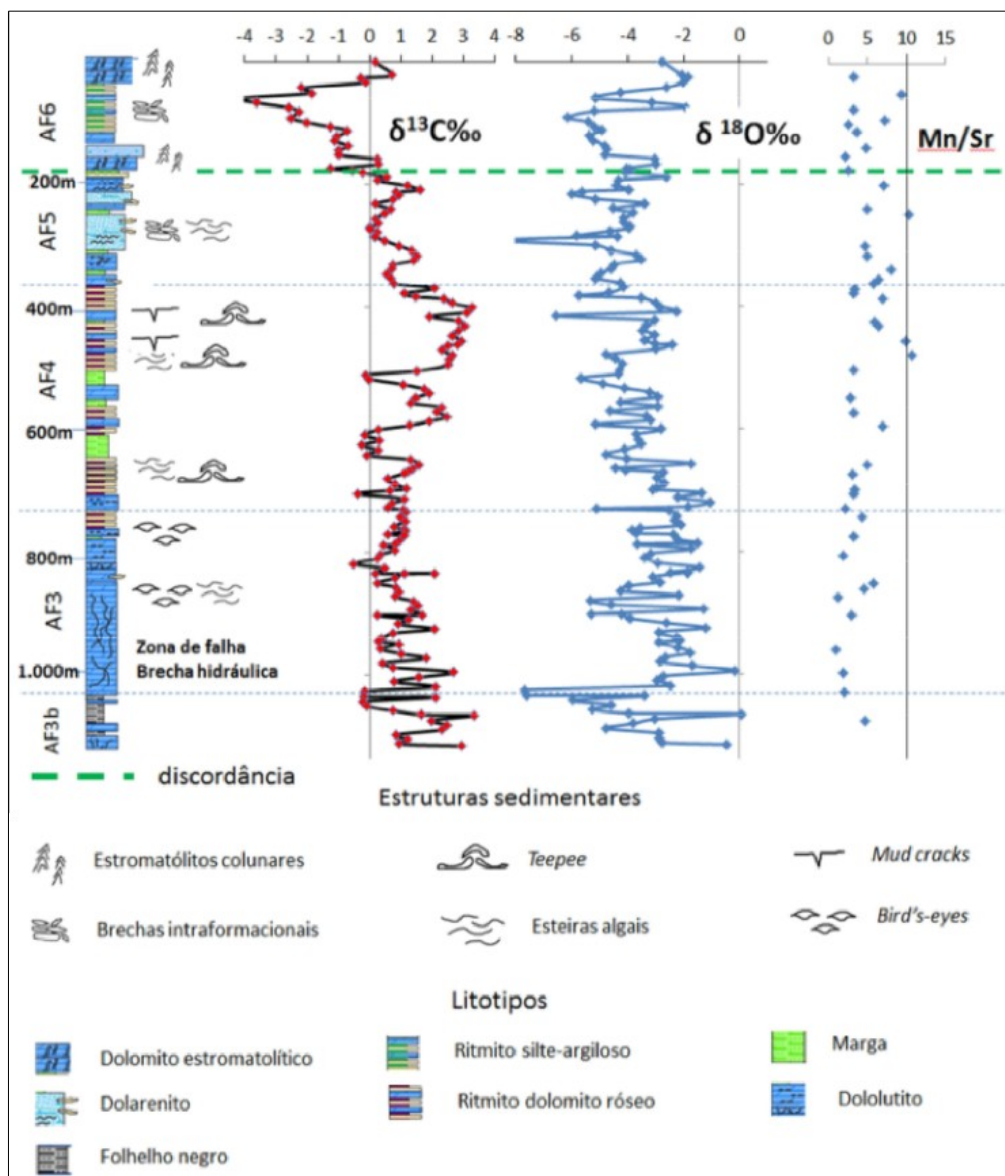


Figura 4.4. Perfil quimioestratigráfico das associações de facies (AF3 a AF6), que encaixam a falha de Vazante com curvas de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ (PDB) e razão Mn/Sr ao longo de 1.115m. Extraído de Oliveira (2013).

A curva do $\delta^{13}\text{C}$ apresenta valores entre -4,12‰ e +3,35‰, sendo 80% das amostras de valores positivos com 55% concentrados entre 0,00‰ a 1,50‰. São comuns oscilações entre amostras adjacentes com amplitudes de até 1‰. O comportamento do $\delta^{18}\text{O}$ ao longo do perfil é instável com valores entre -8,60‰ a +0,06‰ sendo o limite máximo o único valor positivo da curva. Os valores estão concentrados 82% entre -4,00‰ a -2,50‰, com dois picos de maior frequência em -4,50‰ e -2,50‰ (PDB) (Oliveira, 2013).

Uma correlação inter-bacinal pode ser feita com os valores do isótopos de Sr dos níveis fosforíticos das porções basais do Vazante serem semelhantes aos do Grupo Bambuí e Grupo Una (Sanches, 2012). As razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ obtidas para os fosfato de Lagamar e Rocinha variaram em torno de 0,70760 e 0,70791, ou seja, dentro da faixa esperada para o intervalo próximo a 650 Ma (Criogeniano superior) na curva de variação da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ durante o Neoproterozóico (Halverson *et al.*, 2010). Os valores de razão de Sr são semelhantes aos da Formação Sete Lagoas, que segundo Misi *et al.* (2007) é 0,70739.

Alvarenga *et al.* (2014) comparam valores da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ do Grupo Paranoá com Grupo Bambuí na Serra de São Domingos (MG). Os valores são entre 0,7056 e 0,7068 no Grupo Paranoá superior (Mesoproterozoico), e 0,7074 e 0,7080 no Grupo Bambuí (Ediacarano - Neoproterozoico).

5. SEDIMENTOLOGIA E SISTEMAS DEPOSICIONAIS

5.1. Análise faciológica

Neste trabalho adotou-se a classificação das rochas carbonáticas proposta por Folk (1959, 1962) com base no tamanho dos grãos, sendo utilizados os termos dolorrudito, dolarenito e dololuto para os seus equivalentes dolomíticos.

O estudo de fácies foi pautado em critérios propostos por Walker (1992), os quais incluem as seguintes etapas para modelagem de fácies (*In* Vieira, 2007):

(i) *Individualização de fácies* - Consiste no reconhecimento e descrição detalhada de estruturas sedimentares, texturas, geometria e composição litológica, bem como descrição dos processos geradores de tais fácies;

(ii) *Associação de fácies* - Agrupa fácies contemporâneas, geneticamente relacionadas, o que imprime às associações de fácies uma conotação ambiental;

(iii) *Modelo deposicional* - Construídos com base nas associações de fácies, os modelos deposicionais são uma representação sintética geral (em forma de blocos-diagramas) dos sistemas deposicionais, onde se observa a relação entre os diferentes paleoambientes.

5.2. Formação de carbonatos e tipos de plataformas

Os carbonatos formam-se em ambientes litorâneos e de plataforma continental, geralmente em águas rasas e quentes. Ocorrem em ambientes de planícies de marés, lagunas, recifes e no ambiente marinho raso a profundo.

As rochas carbonáticas, apesar de serem mineralogicamente simples, variam em função do tipo de grão. Entretanto, dois componentes principais podem ser reconhecidos: os aloquímicos representados pelos grãos carbonáticos, e os ortoquímicos que podem ser matriz ou cimento. Os grãos carbonáticos podem ser subdivididos em não-esqueletais, esqueletais e clastos. A matriz da maioria das rochas carbonáticas consiste em um material constituído por cristais muito finos de calcita denominado de micrita. O tamanho dos cristais é geralmente menos de 4 μ m. O termo matriz é geralmente usado para descrever o componente da rocha com menos de 62 μ m de tamanho, o que geralmente se denomina lama carbonática nas descrições sedimentológicas. O cimento carbonático corresponde a precipitados de carbonato formados no espaço poroso do sedimento ou rocha. A cimentação carbonática pode ocorrer desde o ambiente deposicional até ao soterramento profundo.

Por vezes o carbonato de cálcio é substituído por dolomita. Existem diversas teorias para tentar explicar o processo de dolomitização. Atualmente são aceitas principalmente 5 teorias (figura 5.1): evaporação (A, C e F) associados a regiões de supra e intermaré, infiltração (B), modelo zona de mistura (D e E), soterramento (H), modelo *seawater* (G).

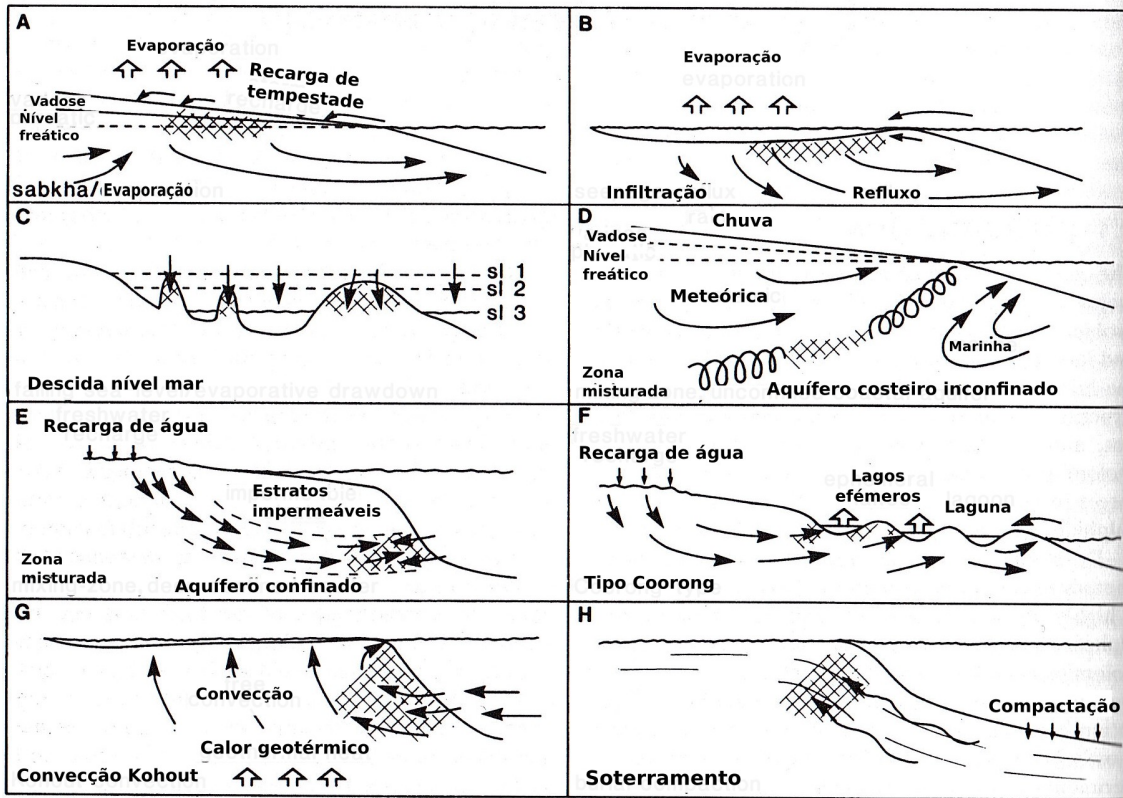


Figura 5.1. Modelos de dolomitização ilustrando a variedade de mecanismos para a movimentação de fluidos pelos sedimentos. (Extraído e modificado de Tucker & Wright, 1990).

O termo plataforma carbonática é utilizado para designar o ambiente litorâneo até ao talude, favorável à formação e acumulação de sedimentos carbonáticos. O principal fator condicionante da instalação da plataforma carbonática é a ausência de deposição terrígena. Plataformas carbonáticas desenvolvem-se em uma grande variedade de ambiente geotectônicos, mas particularmente ao longo de margens continentais passivas, em bacias intracratônicas, riftes abortados, bacias de *back-arc* e de *foreland*. Em 1973, Ahr W.M. distinguiu, com base na morfologia do substrato e distribuição de fácies, dois tipos principais de ambiente para precipitação de carbonatos:

a) o tipo plataforma, ou plataforma com barreira (*rimmed shelf*).

A plataforma com barreira, cujo modelo de distribuição de fácies foi proposto por Wilson (1974, 1975) estende-se desde o sub-ambiente de supramaré, passando pela plataforma até às águas profundas. Recifes, biohermas e bancos de areia carbonática constituem barreiras que limitam a alta energia em direção ao mar aberto, enquanto protegem e restringem a circulação na laguna. Ao longo da linha de costa, dependendo do nível de energia e da maré, planícies de maré ou complexos ilha barreira podem estar presentes. Detritos oriundos da margem de plataforma são jogados no talude adjacente e na bacia.

b) tipo rampa.

A rampa carbonática é uma superfície com inclinação suave, geralmente com alta energia na porção interna costeira passando para águas calmas e profundas de plataforma externa, afetada periodicamente por tempestades. Ao longo da linha da costa podem ocorrer complexos de praia-barreira-maré-delta, com lagunas e planícies de maré. As bioconstruções constituem *patch reefs* na plataforma interna, enquanto as do tipo pináculo e *mud-mounds* estão em águas profundas, na plataforma externa.

Outros autores (Wilson, 1975; Reading, 1986; Tucker & Wright, 1990) também caracterizaram os diferentes tipos de plataforma, destacando também outras categorias: plataforma epirogênica, plataforma isolada e plataforma afogada. Cada tipo de plataforma apresenta um padrão particular de fácies e sucessão de fácies.

As plataforma epirogênica é uma área cratônica muito extensa, relativamente plana, coberta por um mar raso. Ao longo de uma margem pode ocorrer talude suave (tipo rampa) ou íngreme (tipo plataforma) em direção à bacia, mas a margem não é a feição mais importante. Dentro da própria plataforma podem ocorrer bacias de águas profundas cercadas por rampa e plataformas com bordas. Plataformas epirogênicas são dominadas por sedimentos de baixa energia, de inframaré rasa e intermaré. Tempestades e correntes de marés podem ser importantes.

Plataformas isoladas são cercadas por águas profundas e então são fortemente afetadas por ventos dominantes e direções de tempestades. Elas variam em tamanho de poucos quilômetros a poucas centenas de quilômetros. Estas plataformas são compostas por sedimento carbonático puro, pois o material terrígeno a atingi-las é a poeira trazida pelo vento. As margens destas plataformas podem ser do tipo rampa ou plataforma.

Plataformas afogadas são aquelas que sofreram elevação do nível do mar de forma relativamente rápida, então fácies de águas profundas são depositadas sobre fácies de águas rasas.

5.3. Ambientes de sedimentação marinhos

Segundo Dardenne (1981, 2000) o Grupo Vazante é uma sequência pelítico-carbonática em um ciclo regressivo. Por isso neste sub-capítulo serão descritos alguns ambientes marinhos de sedimentação costeira, planície de maré, laguna, recife, e plataformal (figura 5.2).

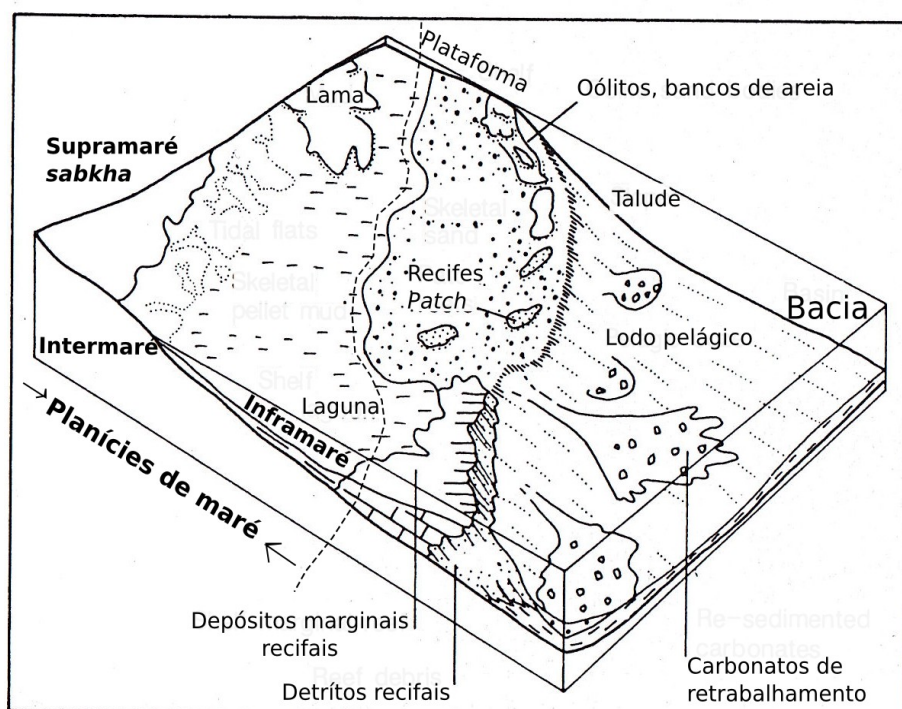


Figura 5.2. Modelo deposicional de plataforma com barreira, extraído e modificado de Tucker & Wright (1990).

A planície de maré, a região mais próxima do continente, sub-divide-se em 3 zonas: a supramaré, intermaré e inframaré. A zona de supramaré forma evaporitos, ambiente tipo *sabkha*. Na intermaré são comuns formar-se canais, estruturas como *birdeyes*, *tepees*, calcarenitos com *herringbone*, calcarenitos oolíticos e calcilitos com gretas de contração devido à oscilação do nível do mar. Na laguna a salinidade é maior, podendo formar minerais de anidrita, gipsita e halita. Na região recifal, podem formar-se corais, biohermas e estromatólitos (cianobactérias). A forma e tamanho dos estromatólitos podem ajudar na interpretação do ambiente. Como por exemplo, em águas mais rasas geralmente formam-se esteiras algais, e águas mais profundas estromatólitos do tipo *conophyton*. A forma do estromatólito traduz a luta das bactérias para obter mais luz e a sua consequente precipitação de carbonato. Por vezes estes recifes formam ilhas isoladas designadas

como *patch reefs*. Entre a barreira e o mar, a plataforma marinha termina e é onde se formam calcários de retrabalhamento, tempestitos, turbiditos e ritmitos carbonáticos. Em mar aberto, mais próximo do centro da bacia são comuns as correntes de turbidez.

5.4. Fosforitos sedimentares

A maioria dos depósitos fosfáticos são de origem sedimentar marinha. Os fosforitos sedimentares são rochas enriquecidas em fósforo. Estas rochas têm especial interesse econômico em rochas com mais de 15% de P_2O_5 .

Os fosforitos sedimentares formam-se durante uma sedimentação episódica. Os episódios fosfogenéticos são níveis de mar alto (*Highstand Sea Level*), numa transgressão marinha. O fosforito na sua geoquímica é geralmente constituído por fluorapatita criptocristalina. Urânio, Terras Raras e matéria orgânica são comuns em fosforitos. Outros minerais do grupo da apatita também podem ocorrer como substituições. Os depósitos de fosfato marinhos depositam-se em bacias do tipo rifte, margem continental ou bacia intracratônica epicontinental. A sua gênese é por precipitação direta ou também como retrabalhamento mecânico em superfície de erosão (figura 5.3).

No processo de precipitação direta (*upwelling*) o fósforo deposita-se no fundo oceânico misturado com detritos orgânicos e é enterrado com os sedimentos. O fosfato concentra-se nos poros de água dos sedimentos. A apatita carbonática precipita a partir deste fosfato, formando grão de fosfato e cimento. A apatita também pode substituir grão esqueletais ou outros grãos carbonáticos.

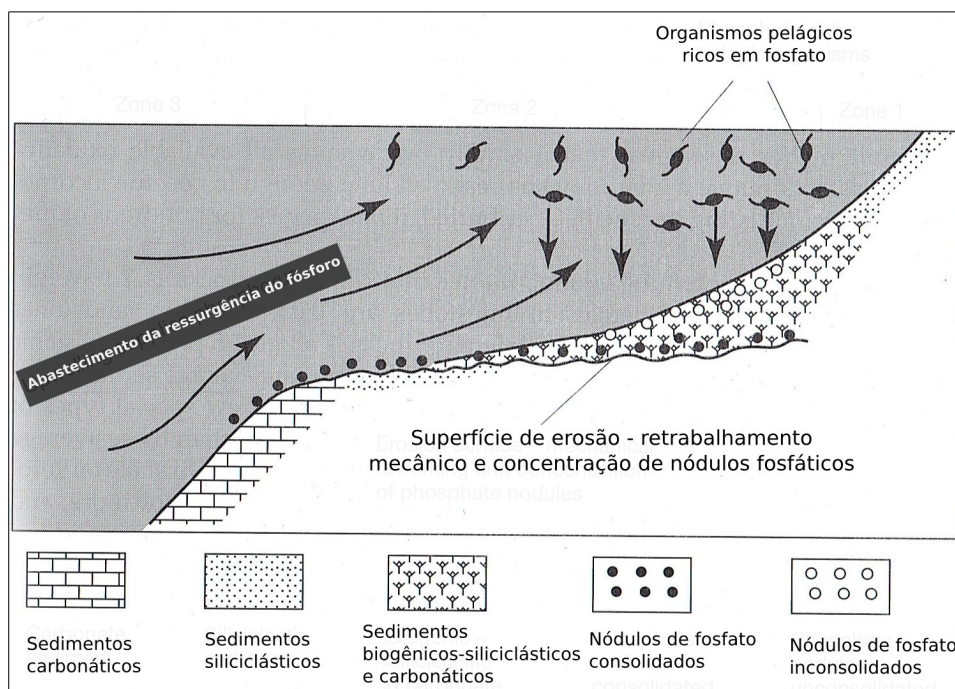


Figura 5.3. Ilustração esquemática da formação de fosforitos em áreas de *upwelling*. Extraído e modificado de Boggs (2006).

As ocorrências de fosforitos Proterozoicos no Brasil distribuem-se principalmente nos estados de Minas Gerais, Goiás e Bahia. Dardenne *et al.* (1986) assinalaram a existência dos seguintes depósitos, todos associados aos sedimentos carbonáticos atribuídos ao Neoproterozóico do Brasil: Nova Roma, Campos Belos, Monte Alegre e Cabeceiras, no estado de Goiás; Cedro do Abaeté, Rocinha e Lagamar, em Minas Gerais. Os depósitos dos estados de Minas Gerais e Goiás ocorrem em rochas metassedimentares da Faixa Brasília, exceto os depósitos de Felixlândia; os depósitos de Irecê, na Bahia, ocorrem em sedimentos dolomíticos.

Aconteceram dois eventos de fosfatização globais no Mesoproterozoico e Neoproterozoico. Segundo Araújo *et al.* (1992) no Proterozoico Médio ocorreriam os depósitos dos Grupos Vazante e Paranoá, e no Proterozoico Superior os depósitos do Bambuí.

Os depósitos fosfáticos da Formação Rocinha do Grupo Vazante (figura 5.4) formaram-se num mar bordejando uma plataforma continental, sujeito a diferentes níveis de energia. Os Depósitos Fosfáticos Rocinha e Lagamar são respectivamente, profundidade média e de profundidade rasa (Nogueira, 1993).

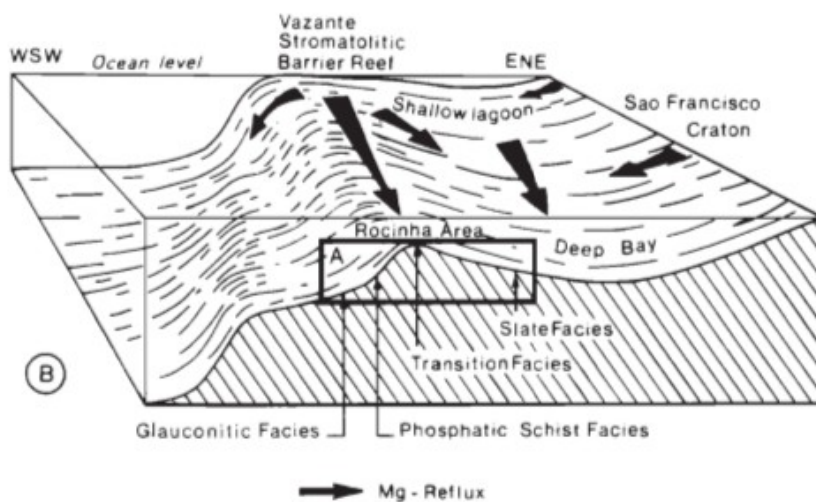


Figura 5.4. Hipotética reconstrução e paleogeografia do depósito de fosfato da mina Rocinha após Da Rocha e Araújo (1988). Extraído e adaptado de Da Rocha Araújo *et al.* (1992).

O Depósito fosfático de Lagamar teria instalado-se num mar raso, em um alto estrutural do embasamento. Estes depósitos são fosfoarenitos com intercalações de ardósias calcíferas, quartzitos, calcários e dolomitos oncolíticos e doloarenitos com brechas numa fácies argilosa (Nogueira, 1993). O depósito fosfático de Lagamar, na fácies argilosa, está litoestratigraficamente abaixo do depósito fosfático de Rocinha que está na fácies rítmica.

6. ESTRATIGRAFIA E MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DE LAGAMAR

6.1. Introdução

O mapeamento geológico na escala 1:50.000 (figura 6.1) abrange uma área de 400 Km² no município de Lagamar – MG. A área abrange o Grupo Vazante (Formações Santo Antônio do Bonito, Rocinha, Lagamar e Serra do Garrote) e o Grupo Bambuí (Formações Lagoa Formosa e Serra da Saudade). Duas importantes falhas inversas fazem a separação entre estes grupos, bem como a separação de formações dentro do Grupo Vazante.

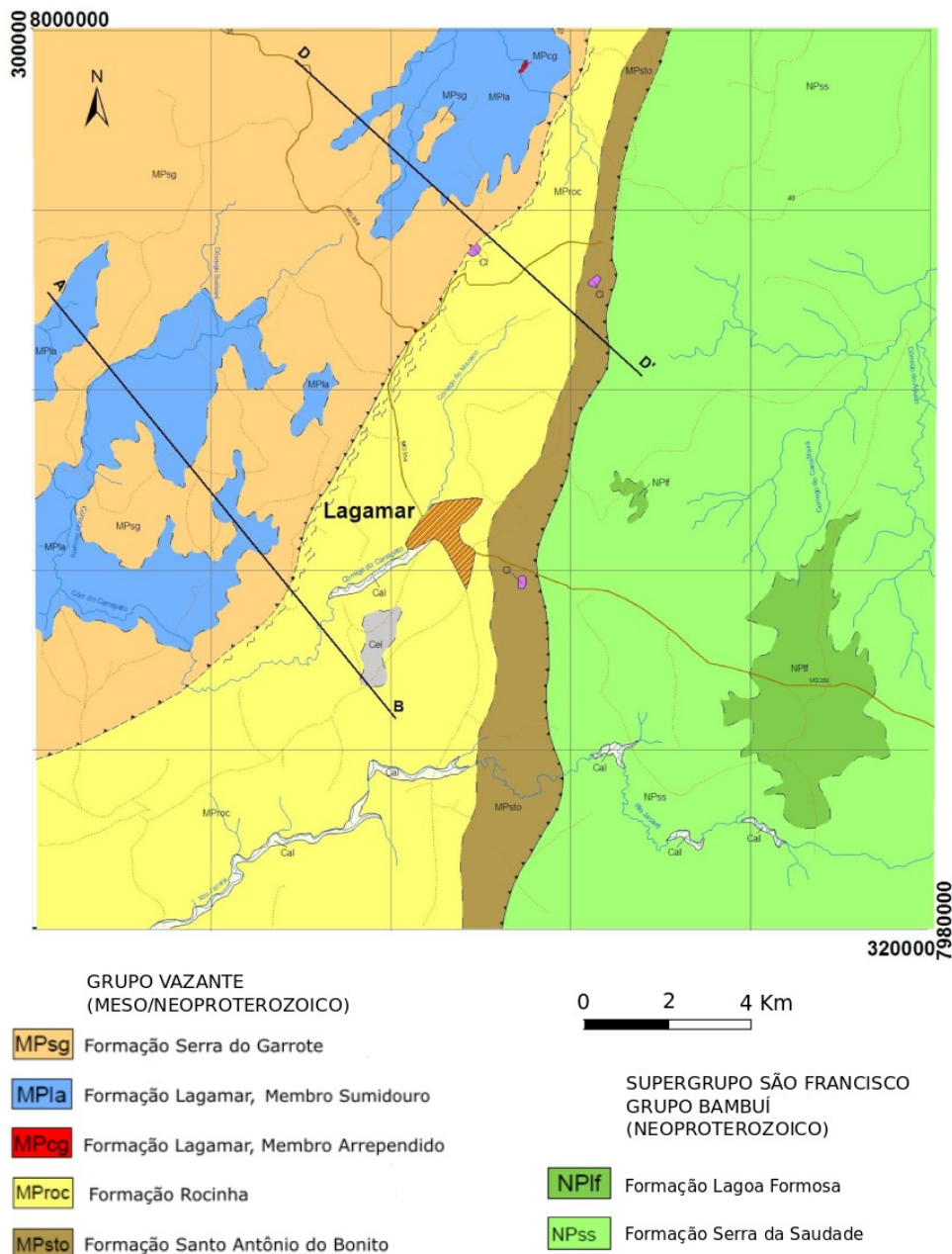


Figura 6.1. Mapa geológico simplificado da região de Lagamar na escala 1:50000.

6.2. Descrição das unidades estratigráficas mapeadas

O empilhamento estratigráfico na região de Lagamar, considerando as formações dos grupos Vazante e Bambuí, está representado na figura 6.2 e está descrito detalhadamente nos próximos sub-capítulos.

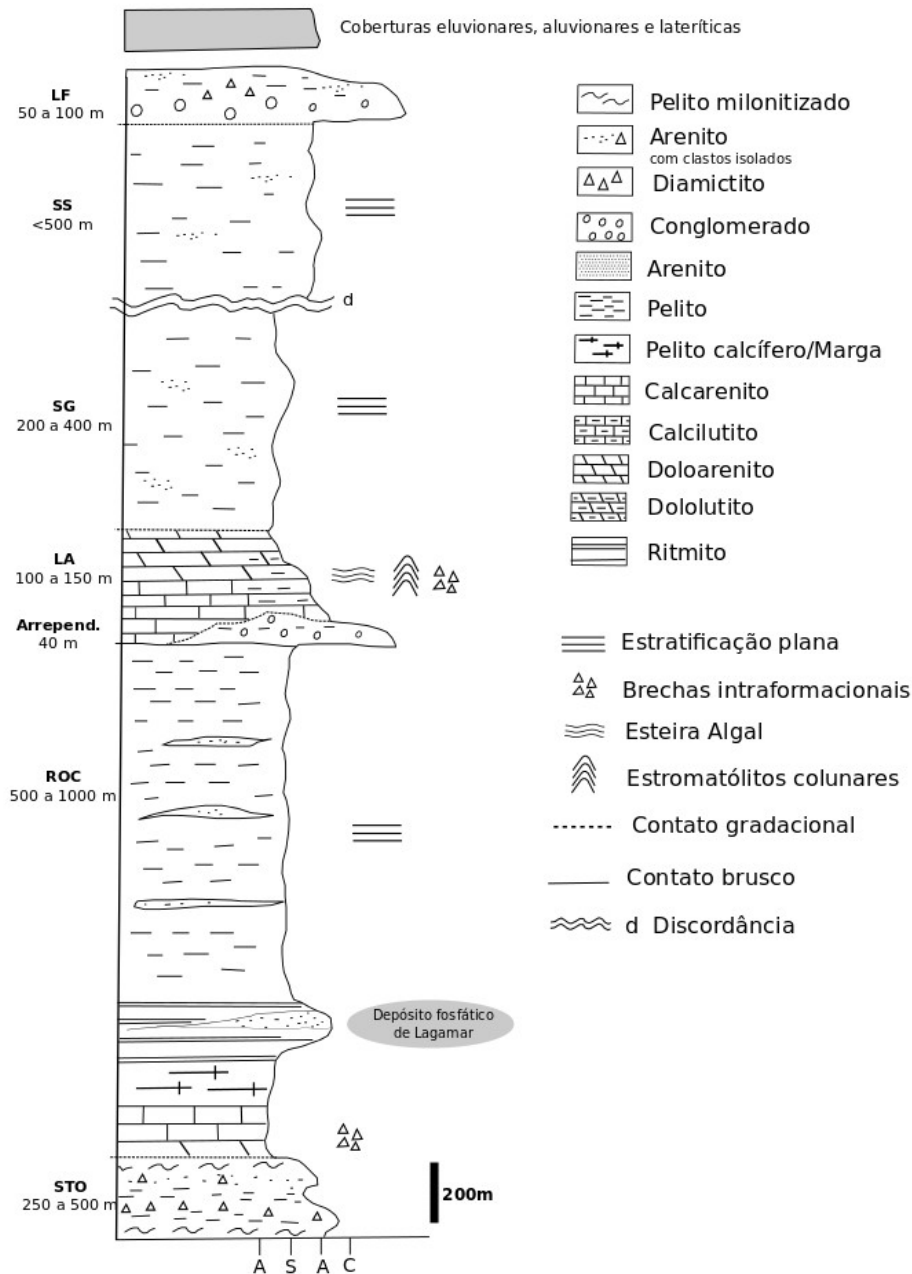


Figura 6.2. Coluna estratigráfica da região de Lagamar: STO – Formação Santo Antônio do Bonito; ROC – Formação Rocinha; Arrepend. – Membro Arrependido, Formação Lagamar; LA – Membro Sumidouro, Formação Lagamar; SG – Formação Serra do Garrote; SS – Formação Serra da Saudade; LF – Formação Lagoa Formosa.

6.2.1. Formação Santo Antônio do Bonito

As rochas da Formação Santo Antônio do Bonito estão alinhadas aproximadamente N-S na porção central do mapa. Esta rochas representam cerca de 10% na área mapeada e estão geralmente muito intemperizadas. Esta formação está em contato gradacional com a Formação Rocinha a oeste e contato tectônico a leste (falha inversa), com o Grupo Bambuí. A sua espessura é 250 a 500 m.

Esta formação apresenta-se através de diamictitos arenosos ou com matriz silto-argilosa, com cor rosa de intemperismo e clastos de quartzito branco. Arenitos brancos impuros (micáceos) preservam morros característicos na paisagem. Aparecem também pelitos avermelhados ou rosados, geralmente intercalados com diamictitos e arenitos. A figura 6.3 é um perfil de campo onde é possível ver as litologias desta formação e sua relação com a paisagem.

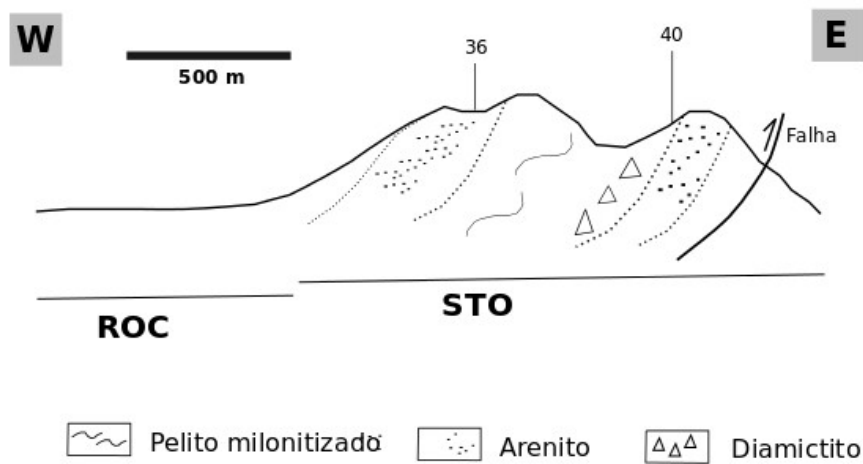


Figura 6.3. Perfil transversal nas litologias da Formação Santo Antônio do Bonito (STO) e Rocinha (ROC), entre pontos 36 e 40.

Na figura 6.4 estão detalhes desta formação em escala de afloramento, macroscopia e microscopia das unidades descritas.

Em lâmina petrográfica, o arenito LA36 (figura 6.4 D) da Formação Santo Antônio do Bonito é constituído essencialmente por grãos de quartzo de granulometria média de 0,5mm. Possuem pequenas fraturas preenchidas por mica de espessura menor que 0,01mm. A maioria dos grãos de quartzo são subangulosos a subarredondados, com baixa esfericidade, mal selecionados e apresentam extinção ondulante. Seus contatos variam de longitudinais a côncavo-convexo. Os espaços entre os grãos são preenchidos por argilominerais e opacos, caracterizando a matriz. Na lâmina da amostra de diamictito LA40 (figura 6.4 E) o arcabouço é formado por clastos de até 5mm

que por sua vez são formados por agregados de cristais de quartzo cuja granulometria varia de 0,08mm a 0,4mm. Os clastos variam de subangulosos a angulosos, e possuem baixa esfericidade. A matriz é formada por quartzo de granulometria mais fina e argilominerais.



Figura 6.4. Descrição e aspectos petrográficos de rochas da Formação Santo Antônio do Bonito: A) Afloramento de diamictito Ponto 36; B) Amostra diamictito LA03 Ponto 3; C) Amostra arenito LA149, Ponto 149; D) Fotomicrografia mostrando grãos de quartzo sub angulosos em arenito LA36, XPL, 40x; E) Fotomicrografia mostrando clastos e matriz diamictito LA40 XPL 10x.

6.2.2. Formação Rocinha

Esta formação representa cerca de 14% da porção central do mapa. A espessura desta unidade na área varia entre 500m mais a norte e mais a sul com cerca de 1000 m. A noroeste a Formação Rocinha está em contato tectônico (falha inversa) com a Formação Lagamar. A oeste o contato com a Formação Santo Antônio do Bonito é gradacional.

Caracteriza-se por pelitos de cor cinza escuro, intercalado com fosfoarenito (Fosforito Lagamar), calcarenito cinza escuro e calcilutito cinza claro, margas, dolomitos, ritmitos, siltitos com lentes ou camadas arenosas. As rochas clásticas desta formação apresentam-se geralmente com cor amarela quando intemperizado, e com estratificação planar. Em relação às rochas carbonáticas, observaram-se apenas em furos de sondagem. Na figura 6.5 estão fotografias com detalhes petrográficos, macro e microscópicos de amostras desta formação. A foto 6.5.A é um exemplar do fosforito da atual lavra da empresa Galvani correspondente a um ritmito que ocorre intercalado numa sequência maioritariamente argilosa. Nesta sequência está inserida a amostra da figura 6.5 D. Esta amostra é um dololutito com clastos esverdeados de dololutito, do furo de sondagem CD05 da empresa Galvani. As figuras 6.5 B e C, pelito e arenito respetivamente, compõem a sequência rítmica desta formação. Estas sequências (associações de fácies) serão descritas com mais detalhe no próximo capítulo.

Em lâmina microscópica o fosforito LA09B (figura 6.5 E) é uma rocha rítmica e carbonática com ocorrência de quartzo e minerais opacos. O quartzo aparece muitas vezes preenchendo microfraturas. Ocorrem veios calcíticos paralelos aos planos de foliação, com espessura de 0,12mm. A lâmina G2 de um pelito calcífero do furo de sondagem CD05 (figura 6.5.F), é uma rocha laminada composta essencialmente por grãos carbonáticos angulosos de cor amarelada (calcita). Alternam-se lâminas bastante foliadas onde os cristais possuem uma granulometria mais fina (0,05mm) com espessura média de 0,5mm. Outras lâminas mais claras são constituídas por cristais de calcita, opacos, quartzo e algum feldspato mais grosso. Essas lâminas são menos espessas, 0,03mm.

Outra amostra do mesmo furo de sondagem, lâmina G10 (figura 6.5 G), é um dololutito formado por cristais angulosos a subangulosos, com baixa esfericidade, cujo contato é longitudinal variando de 0,03 a 0,05mm. É possível observar uma diferença de granulometria na rocha, com zonas onde a dolomita apresenta-se recristalizada e é possível observar duas direções de clivagem, sendo uma direção mais evidente do que a outra. A lâmina LA298 (figura 6.5 H) é um arenito constituído por cristais de quartzo de tamanho médio de 0,16mm, subarredondados a arredondados,

com alta esfericidade, bem selecionados e maturo mineralogicamente e texturalmente. O contato entre os grãos é pontual.

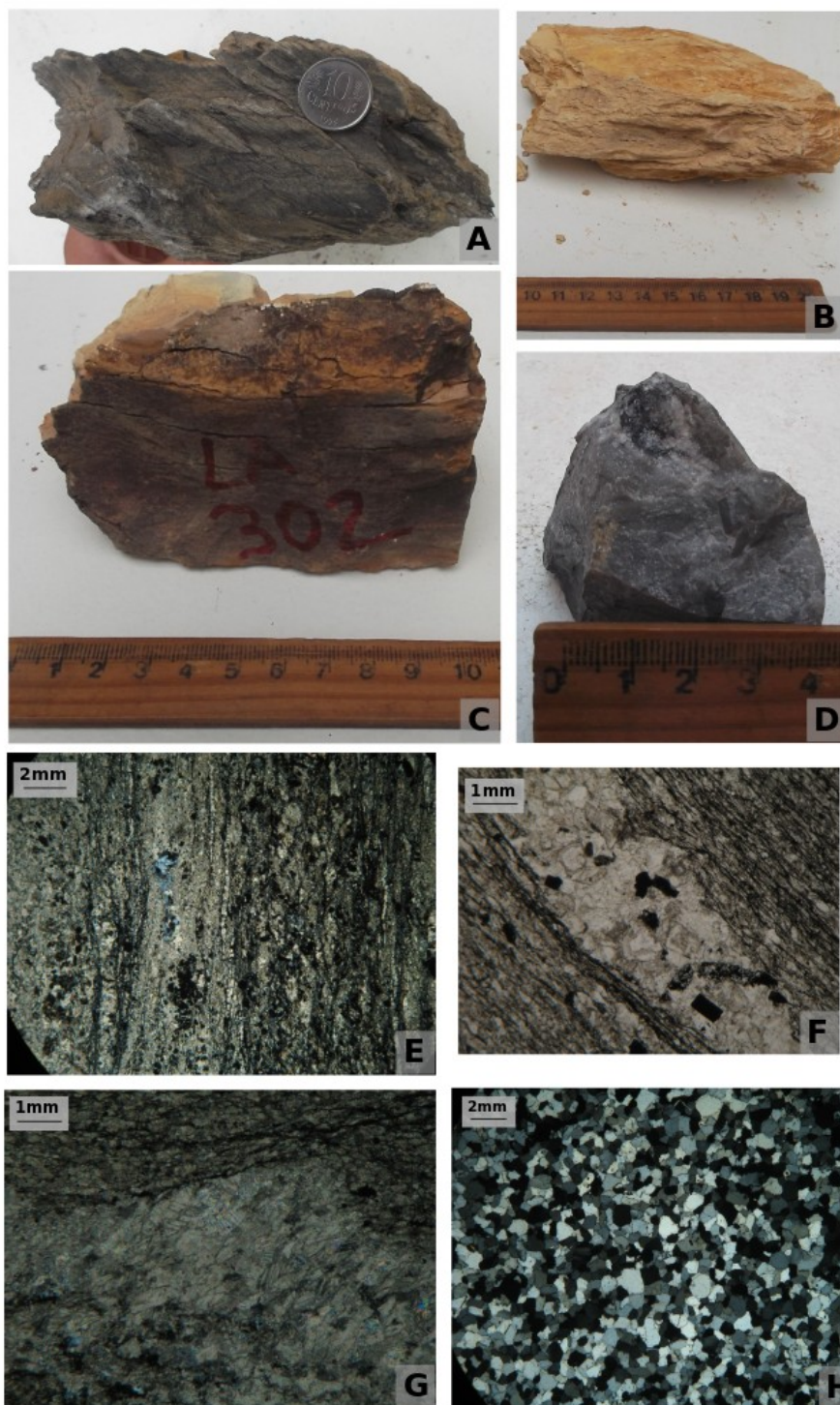


Figura 6.5. Descrição e aspectos petrográficos de rochas da Formação Rocinha: A) Amostra fosforito lavra Galvani, LA09A; B) Amostra pelito, LA300; C) Amostra arenito, LA302; D) Amostra dololutito, G10, furo de sondagem CD05 empresa Galvani; E) Microscopia fosforito LA09B, lavra atual Galvani (Cava C), XPL 10x; F) Microscopia metapelito calcífero G2, furo de sondagem CD05 empresa Galvani, XPL 40x; G) Microscopia Dololutito G10, furo de sondagem CD05 empresa Galvani, XPL 40x; H) Microscopia arenito LA298, XPL, 10x.

Ainda acerca da Formação Rocinha, assinala-se um ponto de conglomerado no limite da área a norte. Este ponto, 311, fica entre as duas falhas traçadas no mapa. São ortoconglomerados com clastos de tamanho grânulo a calhau. Ocorrem em contato com siltitos e pelitos. Estão verticalizados, e intemperizados. Esta ocorrência de conglomerados insere-se provavelmente no topo estratigráfico da Formação Rocinha.

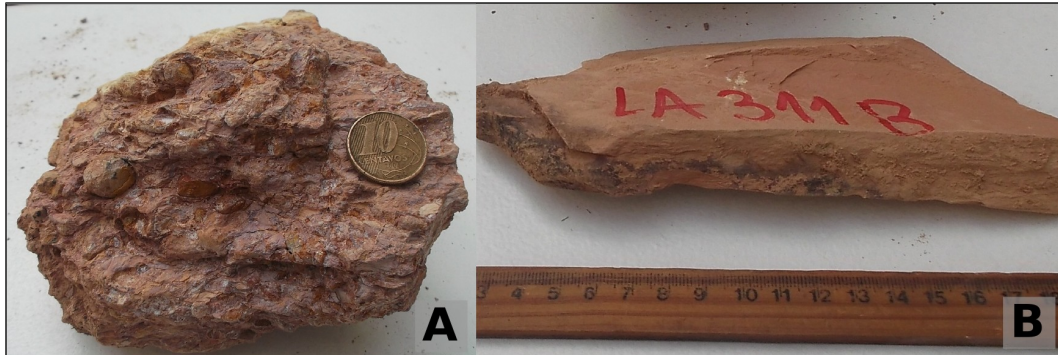


Figura 6.6. Amostras ponto 311: A) conglomerado; B) Pelito amarelado.

6.2.3. Membro Arrependido da Formação Lagamar

Esta sub-unidade aflora como uma pequena lente de 40 m no córrego Arrependido prefazendo cerca de 1% da área, ao norte. O conglomerado com intercalação de pelito mostra possível gradação para as rochas carbonáticas do Membro Sumidouro, conforme observações ao longo do córrego Arrependido. As litofácies do Membro Arrependido são ortoconglomerados com matriz não calcítica, cor cinza escuro, com clastos de siltito cinza escuro não carbonático, e clastos de arenito laminado cinza claro a escuro. Intercalado nos ortoconglomerados ocorrem pelitos laminados, como mostra a coluna estratigráfica com mais detalhe na figura 6.7.

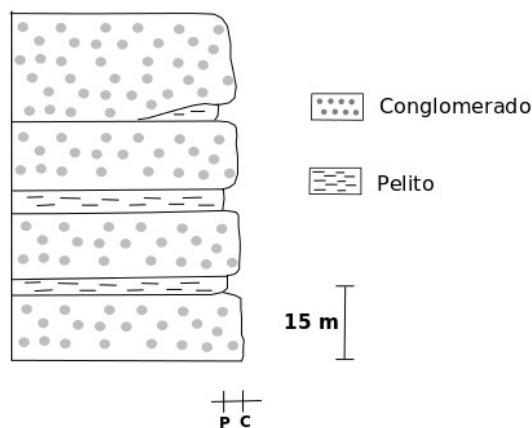


Figura 6.7. Coluna estratigráfica do Membro Arrependido no Córrego Arrependido, ponto 13.

A figura 6.8 A e B mostra estas litologias em afloramento. Em lâmina petrográfica estes clastos são constituídos por areia fina de quartzo, arredondados, numa matriz lamosa (figura 6.8 C e D).

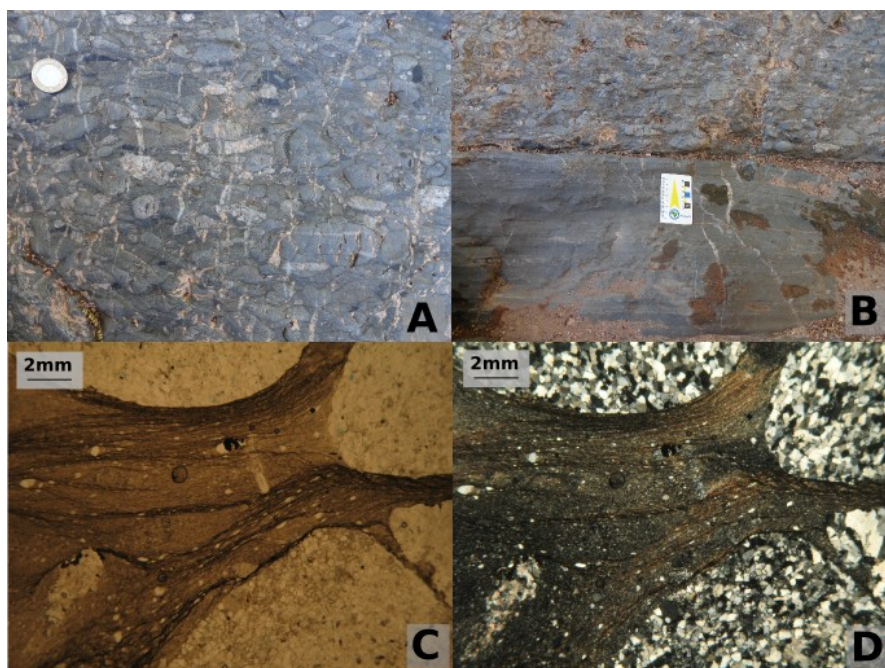


Figura 6.8. Aspectos Formação Lagamar Membro Arrependido: A) Conglomerado, ponto 13; B) Contato conglomerado e pelito, ponto 13; C) Fotomicrografia conglomerado ponto 13, PPL, 10x; D) Fotomicrografia conglomerado ponto 13, XPL, 10x.

6.2.4. Membro Sumidouro da Formação Lagamar

Esta unidade litoestratigráfica ocupa aproximadamente 10% na porção noroeste da área. Esta formação está em contato gradacional com a Formação Serra do Garrote. O Membro Sumidouro é observável nas baixadas entre morros da Formação Serra do Garrote, e caracteriza-se muitas vezes por uma morfologia de intemperismo tipo *lappie*, com vegetação mais alta (figura 6.9 A). A sua espessura varia de 100 até 150 m.

As rochas carbonáticas desta formação são calcarenitos cinza escuro, calcilutitos cinza claro com laminação fina, com alguns níveis de brechas intraformacionais de cor cinza escuro e matriz calcítica. Ocorrem intercalações de pelitos calcíticos e não calcíticos de cor cinza escuro. Ocorrem também dolarenitos e dololutitos cinza a rosa, dolomitos estromatolíticos de cor cinza claro, dolomitos oncolíticos de cor rosa, e microbialitos.

Na lâmina LA97 (figura 6.9 G), siltito, observa-se uma rocha com minerais de granulometria muito fina onde não é possível distinguir muito bem o limite dos grãos com argilominerais formando planos de foliação. Observam-se grãos de quartzo estirados segundo a foliação. Vários desses grãos são clastos de no máximo 0,15mm com cauda de recristalização. Esta amostra possui uma alternância de lâminas com mais ou menos argilominerais. Por sua vez, a lâmina LA217 exhibe um calcarenito laminado com visível diferença de granulometria (figura 6.9 H). Os cristais menores possuem um tamanho médio de 0,04mm, enquanto os maiores chegam a medir o dobro do tamanho, ou seja, 0,08mm.

A Formação Lagamar apresenta ótimos exemplares de estromatólitos do tipo colunar. Dardenne *et al.* (2005) descreveram as características dos estromatólitos *Conophyton Metula Kirichenko* no Sumidouro do Córrego Carrapato. Os estromatólitos *Conophyton Metula* de Lagamar (MG) são semelhantes aos *Conophyton Metula* descritos no Grupo Paranoá na região de São Gabriel (GO) (Dardenne *et al.*,1976). Os estromatólitos do Sumidouro do Córrego Carrapato foram estudados mais detalhadamente por Favoretto (2011). Este estudo bioestratigráfico nos estromatólitos sugere ciclos de raseamento no ambiente deposicional. Na área mapeada foram encontrados exemplos de estromatólitos *conophyton* e esteiras algais (microbialito) (figura 6.10. D, E e F).

Na figura 6.10 podemos observar alguns detalhes macro e microscópicos de rochas biogênicas da Formação Lagamar. Oncólito é um tipo de grão carbonático não esqueletal. São estruturas sedimentares esféricas ou ovais de origem orgânica, formados por camadas de carbonato de cálcio. A formação dos oncólitos é muito similar à dos estromatólitos. Pode-se observar esta bioestrutura na amostra LA26A (figura 6.10 A), cujos núcleos foram substituídos por cristais de carbonato e envolto em cimento. O contato entre os grãos varia de longitudinal a côncavo convexo.



Figura 6.9. Aspectos da Formação Lagamar, Membro Sumidouro: A) Morfologia *lappie* Ponto 25; B) Calcirrudito Ponto 220; C) Alternância calcarenito/calcilutito de furo de sondagem antiga lavra empresa CALA; D) Afloramento Córrego Carrapato do Sumidouro, Ponto 114, pelito não calcítico esverdeado; E) Níveis de brecha intraformacional, e calcarenito do Ponto 5; F) Dolarenito LA60; G) Fotomicrografia amostra LA97, siltito XPL 40x; H) Fotomicrografia amostra calcarenito LA217 XPL 10x.

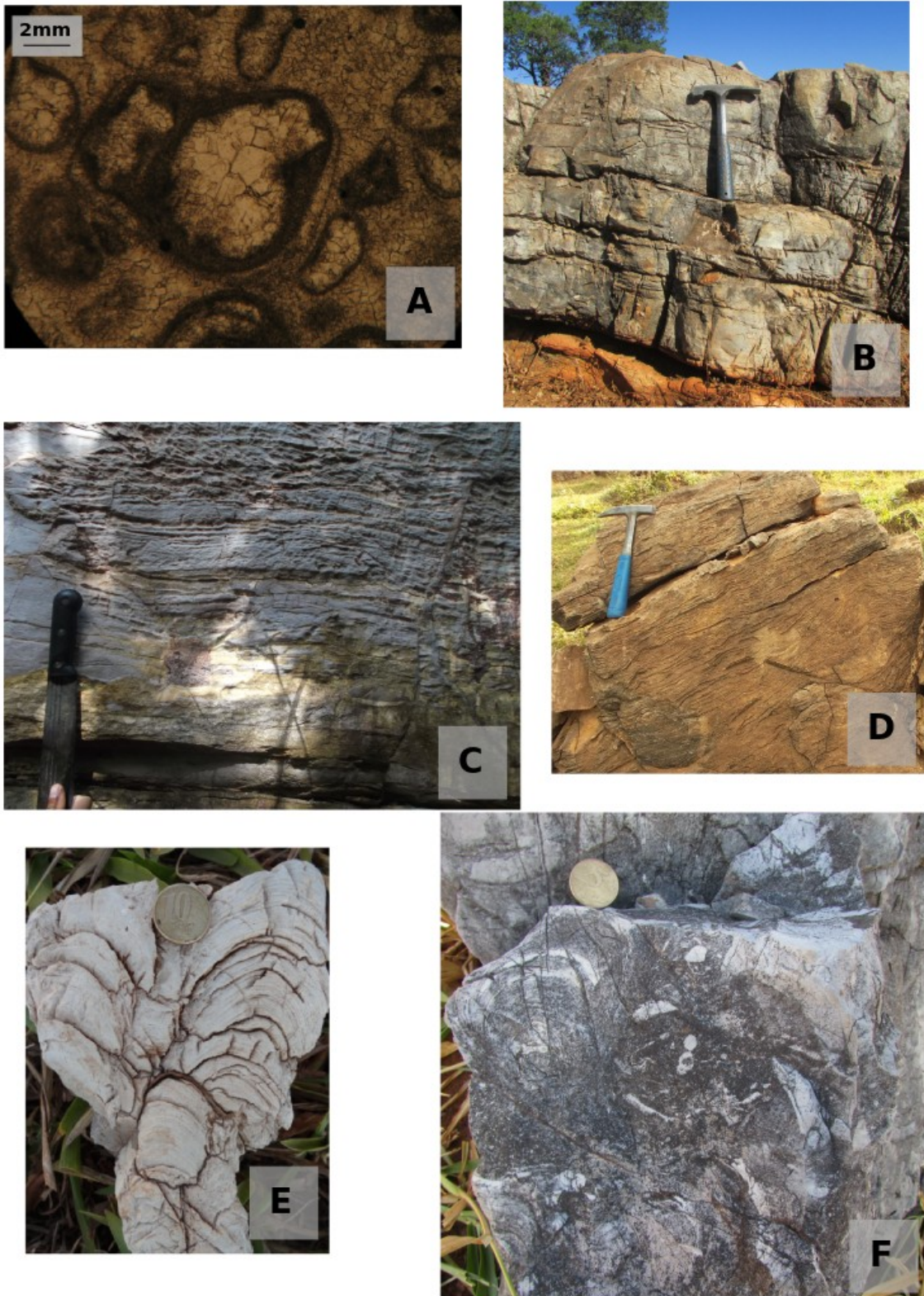


Figura 6.10. Aspectos das construções estromatolíticas Formação Lagamar, Membro Sumidouro: A) Fotomicrografia de oncólitos da lâmina de dolomito róseo, Ponto 26, PPL 10x; B) Afloramento laminito com esteiras algais, Ponto 315, Fazenda Sumaré; C) Esteiras algais em dolomito cinza, Ponto 91; D) Esteira algal em dolomito, Ponto 178; E) Estromatólito colunar em amostra LA10; F) Estromatólitos colunares quebrados, ponto

6.2.5. Formação Serra do Garrote

Esta formação cobre cerca de 14% da área na porção mais a NW da região estudada. Esta formação está bem marcada em imagem de *Geocover* devido à sua morfologia peculiar, morros dissecados por drenagens profundas. Dentro do limite da área mapeada, as espessuras variam de 200 a 400 m e está em contato gradacional com a Formação Lagamar.

São essencialmente ritmitos e siltitos por vezes laminados, com cor de intemperismo de rosa a roxo, e cinza esverdeados quando frescos. A figura 6.11 ilustra um afloramento e amostra típicos desta formação.



Figura 6.11. Aspectos da Formação Serra do Garrote: A) Afloramento típico de pelitos (intemperizados), ponto 75; B) Amostra pelito roxo, Ponto 23.

6.2.6. Formação Serra da Saudade (Grupo Bambuí)

A Formação Serra da Saudade corresponde a cerca de 30%, na porção mais a leste do mapa. As espessuras desta unidade chegam provavelmente até 500 m. Está em contato tectônico com a Formação Santo Antônio do Bonito a oeste, e em contato gradacional com Formação Lagoa Formosa.

Faz-se representar por siltito, pelito e arenito de cor cinza esverdeado, e rosa quando intemperizados. O siltito apresenta-se maciço ou laminado com predomínio de laminação plana. Frequentemente intercalado em siltitos argilosos. O arenito mostra estratificação plana, granulometria fina a média, rico em micas detríticas. A figura 6.12 A mostra uma feição de “pastilhação” bem característica dos afloramentos desta formação em que o siltito quebra através do plano do acamamento e das fraturas. A figura 6.12 B mostra um arenito lítico texturalmente e composicionalmente imaturo.

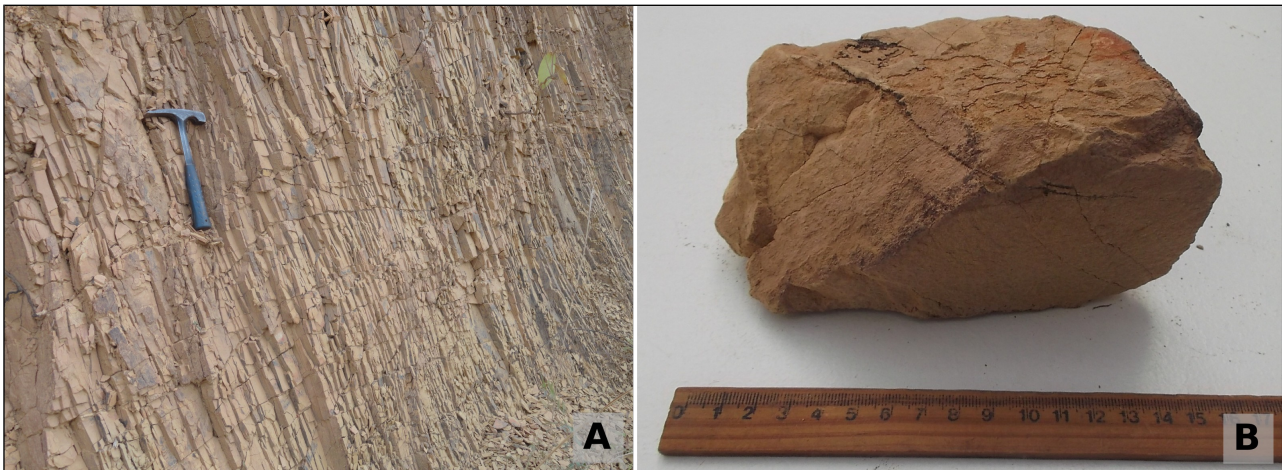


Figura 6.12. Aspectos da Formação Serra da Saudade: A) Afloramento com intemperismo provocando “pastilhação”, ponto 53; B) Amostra arenito, Ponto 333.

6.2.7. Formação Lagoa Formosa (Grupo Bambuí)

Esta unidade depositou-se de forma gradacional sobre a Formação Serra da Saudade. A sua espessura é aproximadamente de 50 a 100 m, e ocupa cerca de 8% da área mapeada. Apresenta ortoconglomerados e diamictitos com cores de intemperismo rosa a verde claro, arenitos e siltitos com cor de intemperismo rosa. O diamictito possui matriz pelítica foliada e clastos esparsos de granulometria matacão, calhau e seixos, de composição silito e arenito. Os ortoconglomerados são polimíticos, contendo clastos sub-arredondados tamanho seixo a matacão de arenitos arcoseanos e siltitos, imersos em matriz silto-argilosa, às vezes areno-silto-argilosa. Os níveis conglomeráticos intercalam-se com arenitos arcoseanos micáceos e siltitos. A figura 6.13 A e B são afloramentos desta formação e a figura 6.13 C a lâmina de um arenito do Ponto 329. O arcabouço deste arenito é formado por grãos de quartzo (cerca 70%) bastante angulosos, mal selecionados, e sem contato direto entre os grãos. A granulometria varia de 0,05 a 0,15 mm. Este arenito está bastante oxidado.

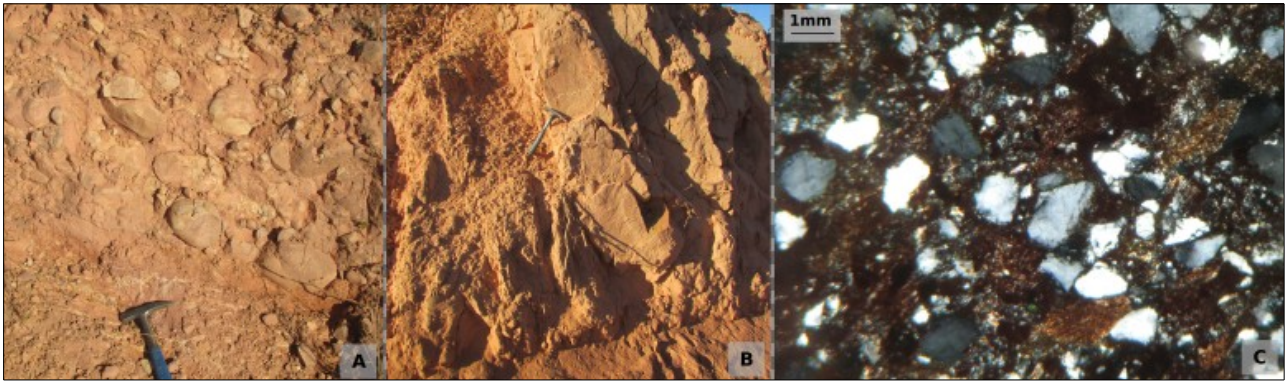


Figura 6.13. Aspectos da Formação Lagoa Formosa: A) Afloramento conglomerado, Ponto 273; B) Afloramento de arenito, Ponto 329; C) Microscopia lâmina arenito, LA329, XPL 40x.

6.2.8. Coberturas recentes

Por fim, as unidades mais recentes mapeadas são coberturas lateríticas, eluvionares e aluvionares, cobrindo aproximadamente 4% da área total. As concreções ferruginosas das **Coberturas Lateríticas** são de cor roxo em chapadas com cotas entre 800 e 1000 m. As **Coberturas Eluvionares** geralmente representam os latossolos, e sedimentos argilo siltosos avermelhados. Quanto às **Coberturas Aluvionares**, são sedimentos inconsolidados de natureza arenosa, areno-siltosa, e argilo-siltosa próximo às maiores drenagem da área, com mais representatividade nas margens do Rio Jacaré.

7. ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES E SEDIMENTOLOGIA DOS GRUPOS VAZANTE E BAMBUÍ NA REGIÃO DE LAGAMAR

O Grupo Vazante foi estudado e interpretado por Dardenne (1981, 2000) como uma sequência marinha constituída por um ciclo regressivo. As formações Santo Antônio do Bonito, Rocinha, Lagamar e Serra do Garrote sugerem uma sedimentação costeira. A Formação Serra do Poço Verde foi definida como um recife costeiro (Oliveira, 2013), e Formações Morro do Calcário e Lapa como planícies de maré (Dardenne, 2000).

No polígono mapeado em Lagamar foram descritas e interpretadas litofácies resumidas na tabela 7.1.

Formação	Litofácies	Descrição	Interpretação
Santo Antônio do Bonito	<i>Diamictito</i> <i>Arenito</i> <i>Pelito com clastos</i>	Diamictitos com matriz arenosa, por vezes silto-argilosa, com cor rosa de intemperismo e clastos de quartzito branco. Estes diamictitos apresentam-se intercalados com arenitos brancos impuros (micáceos) e pelitos Diamictito com matriz pelítica foliada e clastos esparsos de granulometria matacão, calhau e seixos, de composição siltito e arenito. Ortoconglomerados polimíticos, contendo clastos sub-arredondados tamanho seixo a matacão de arenitos arcoseanos e siltitos, imersos em matriz silto-argilosa, às vezes areno-silto-argilosa. Os níveis conglomeráticos intercalam-se com arenitos arcoseanos micáceos e siltitos.maciços, por vezes foliado e também com clastos isolados.	Fácies sedimentares como produto de fluxos gravitacionais em ambiente marinho e/ou ambiente glaciomarinho (clastos isolados).
Rocinha	<i>Ritmito</i> <i>Siltito</i> <i>Arenito</i>	Ritmitos arenito-siltosos e silto-argilosos, com laminação plano-parela conspícua, às vezes enriquecidos em fosfato. Siltitos com laminação plana, às vezes maciços, por vezes intercalados com lentes ou estratos de arenito com granulometria fina a média.	Sedimentação marinha plataformal, com correntes fracas, abaixo da influência de ondas.
Membro Arrependido, Formação Lagamar	<i>Conglomerado</i> <i>Pelito</i>	Ortoconglomerados com matriz areno-siltosa não calcítica, cor cinza escura, com clastos de siltito não carbonático, de arenito laminado, de quartzo, e de ritmito. Clatos predominantemente tamanho seixo (1-5 cm) e localmente calhau (8cm). Intercalados com pelitos cinza laminados e não carbonáticos.	Sedimentação gravitacional por fluxo de detritos (<i>debris-flow</i>) em ambiente subaquoso.
Membro Sumidouro, Formação Lagamar	<i>Calcário</i> <i>Dolomito</i> <i>Pelito</i>	Calcarenitos e dolarenitos com granulometria fina a média e estratificação plana ou cruzada. Calcilutitos cinza com laminação fina. Brechas intraformacionais de cor cinza com clastos carbonáticos e matriz calcítica. Pelitos calcíticos e não calcíticos de cor cinza. Dolomitos estromatolíticos cor cinza, com colunas coniformes (<i>Conophyton</i>) e subcilíndricos ramificados ou não. Dolomitos oncolíticos maciços. Microbialitos (esteiras algais com laminação plana irregular).	Sedimentação de plataforma carbonática com fácies de água rasa até lagunar (esteiras algais), estrutura recifal (fácies de estromatólitos) e fácies de <i>fore reef</i> (brechas intraformacionais e calcarenitos).
Formação Serra do Garrote	<i>Siltito</i> <i>Ritmito</i>	Siltitos geralmente laminados com níveis de arenitos finos a muito finos, intercalados com ritmitos silto-argilosos.	Sedimentação silto-argilosa em ambiente marinho plataformal, transgressivo em relação à Formação Lagamar.
Formação Serra da Saudade	<i>Siltito</i> <i>Arenito</i>	Siltito maciço ou laminado com domínio de laminação plana. Frequentemente intercalado em siltitos argilosos. Arenito com estratificação plana, granulometria fina a média, rico em micas detríticas.	Sedimentação marinha plataformal provavelmente abaixo da influência de ondas.
Formação Lagoa Formosa	<i>Diamictito</i> <i>Conglomerado</i> <i>Arenito</i> <i>Siltito</i>	Diamictito com matriz pelítica foliada e clastos esparsos de granulometria matacão, calhau e seixos, de composição siltito e arenito. Ortoconglomerados polimíticos, contendo clastos sub-arredondados tamanho seixo a matacão de arenitos arcoseanos e siltitos, imersos em matriz silto-argilosa, às vezes areno-silto-argilosa. Os níveis conglomeráticos intercalam-se com arenitos arcoseanos micáceos e siltitos.	Sedimentação marinha profunda, associada com fluxos gravitacionais (avalanches e correntes de turbidez).

Tabela 7.1. Resumo das litofácies na região de Lagamar, com respectiva descrição e interpretação.

Na região de Lagamar foram individualizadas 10 associações de fácies e seus respectivos ambientes de sedimentação (figura 7.1).

A **Associação de Fácies 1 (AF1)** correspondente à Formação Santo Antônio do Bonito. As fácies são diamictito, arenito, pelito com seixos. Esta associação de facies pode ser interpretada como produto de fluxos gravitacionais ou fácies de ambiente glaciomarinho. Souza (1997) descreveu estas fácies como glaciomarinhas. O que foi observado na área mapeada não permite inferir com certeza qual foi o ambiente de sedimentação. Entretanto, as ocorrências de clastos isolados, tanto em arenitos como também em pelitos laminados, sugere influência glacial. Neste sentido, possivelmente teria ocorrido os dois processos concomitantemente, ou seja, sedimentação gravitacional com influência glacial (Walker & James, 1992). Trata-se portanto de uma sedimentação marinha plataformal com influência glacial.

A Formação Rocinha é constituída por duas associações de fácies: **Associação de Fácies 2 (AF2)** - Sequência argilosa, e **Associação de Fácies 3 (AF3)** – Sequência rítmica. A associação de fácies AF2 é constituída por pelito calcífero e não calcífero, calcarenito e calcilito, margas, metarritmitos onde está alojado o depósito fosfático de Lagamar. A associação de fácies AF3 é constituída por siltitos com lentes arenosas centimétricas a decamétricas. Estas associações indicam sedimentação marinha plataformal abaixo da influência de ondas, possivelmente com influência de correntes de turbidez. A fácies argilosa (AF2), lateralmente interdigitada com a fácies rítmica, representa o aprofundamento da bacia em direção ao oeste/sudoeste. A fácies rítmica (AF3) da Formação Rocinha representa ambiente plataformal de baixa energia, abaixo da zona de influência de ondas, cujos sedimentos areno-silto-argilosos traduzem provável instabilidade de uma área fonte distal em relação à bacia de sedimentação (Nogueira, 1993).

A **Associação de Fácies 4 (AF4)** correspondente ao Membro Arrependido da Formação Lagamar. Esta associação é constituída por ortoconglomerado com clastos de arenitos e pelitos intercalados em pelitos laminados, com espessura de cerca de 40 metros. Estas litofácies sugerem sedimentação gravitacional por fluxo de detritos (*debris-flow*) em ambiente subaquoso. A espessura dos conglomerados sugere sedimentação em rampas de falhas extensionais. O contexto extensional pode gerar falhas normais com sedimentação de *fan deltas*. Essa cunha clástica subaquosa fica interdigitada com rochas carbonáticas, fazendo assim a passagem do *fan delta* do Membro Arrependido para a rampa carbonática do Membro Sumidouro (figura 7.2).

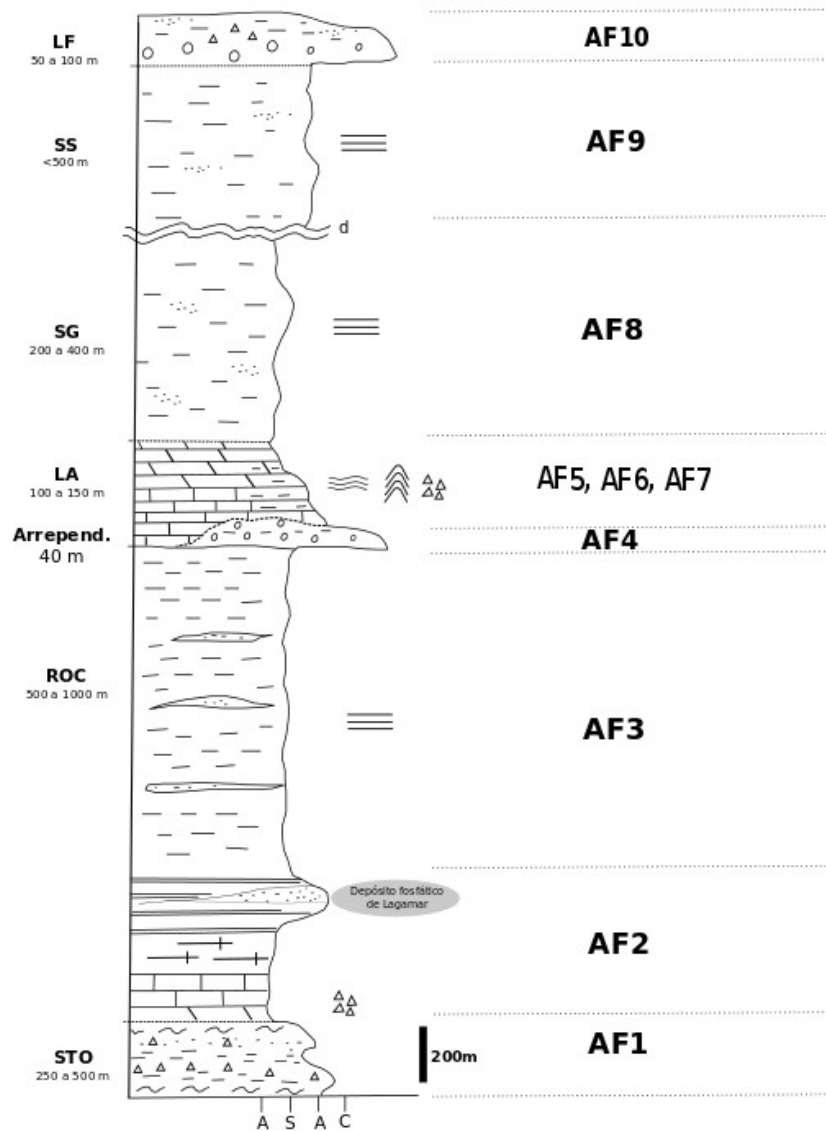


Figura 7.1. Coluna estratigráfica e associações de fácies em Lagamar.

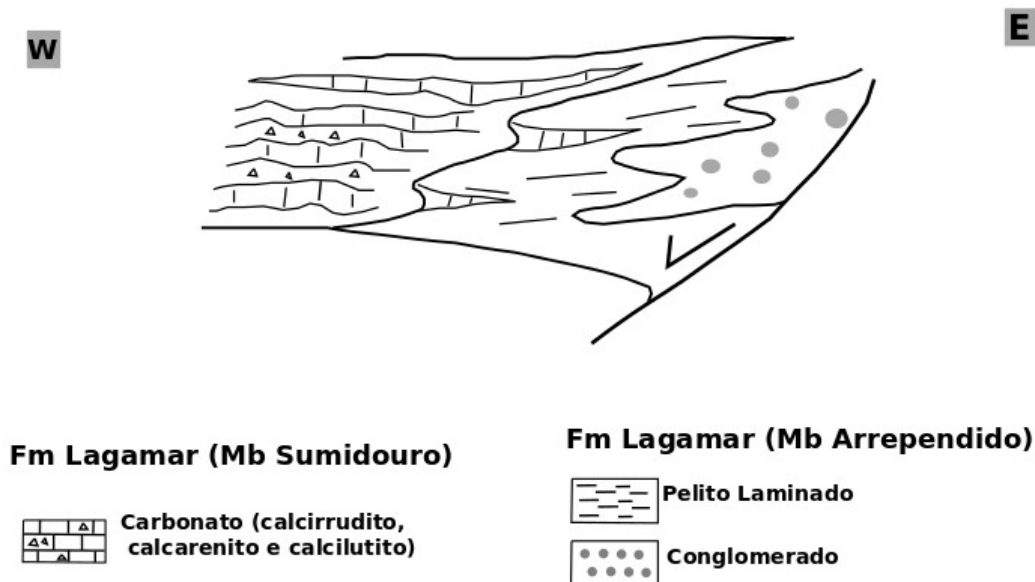


Figura 7.2. Perfil simplificado W-E mostrando possível relação entres os Membros Arrependido e Sumidouro (Formação Lagamar).

Na próxima unidade litoestratigráfica, o Membro Sumidouro da Formação Lagamar foram reconhecidas três associações de fácies marinhas: **Associação de fácies (AF5)** constituída por calcarenitos, calcilutitos com laminação fina, doloarenitos, dololutitos e com alguns níveis de brechas intraformacionais calcíferas e dolomíticas; **Associação de fácies (AF6)** constituída por calcários estromatolíticos; **Associação de fácies (AF7)** é constituída por laminitos algais, calcários escuros, doloarenitos oncolíticos e intraclásticos. Estas litofácies carbonáticas do Membro Sumidouro permitem interpretar uma sedimentação de plataforma carbonática com fácies de água rasa ate lagunar (laminitos algais), estrutura recifal (fácies de estromatólitos) e fácies de *fore reef*, ou seja, fácies de retrabalhamento por ondas nas estruturas recifais. Infere-se então três tipos de ambientes de plataforma carbonática: fácies de retrabalhamento, possivelmente também de inframaré, com brechas intraformacionais, doloarenitos e calcarenitos (AF5); Fácies inframaré a intermaré - biohermas estromatolíticos (AF6); Fácies lagunar e planície de maré (intermaré) - com calcários negros, doloarenitos oncolíticos e intraclásticos e laminitos algais ou microbialitos (AF7).

O Membro Sumidouro da Formação Lagamar assemelha-se a uma plataforma carbonática com morfologia do substrato tipo rampa (Ahr, 1973) e com barreira recifal com morfologia do tipo *patch reef* (figura 7.3).

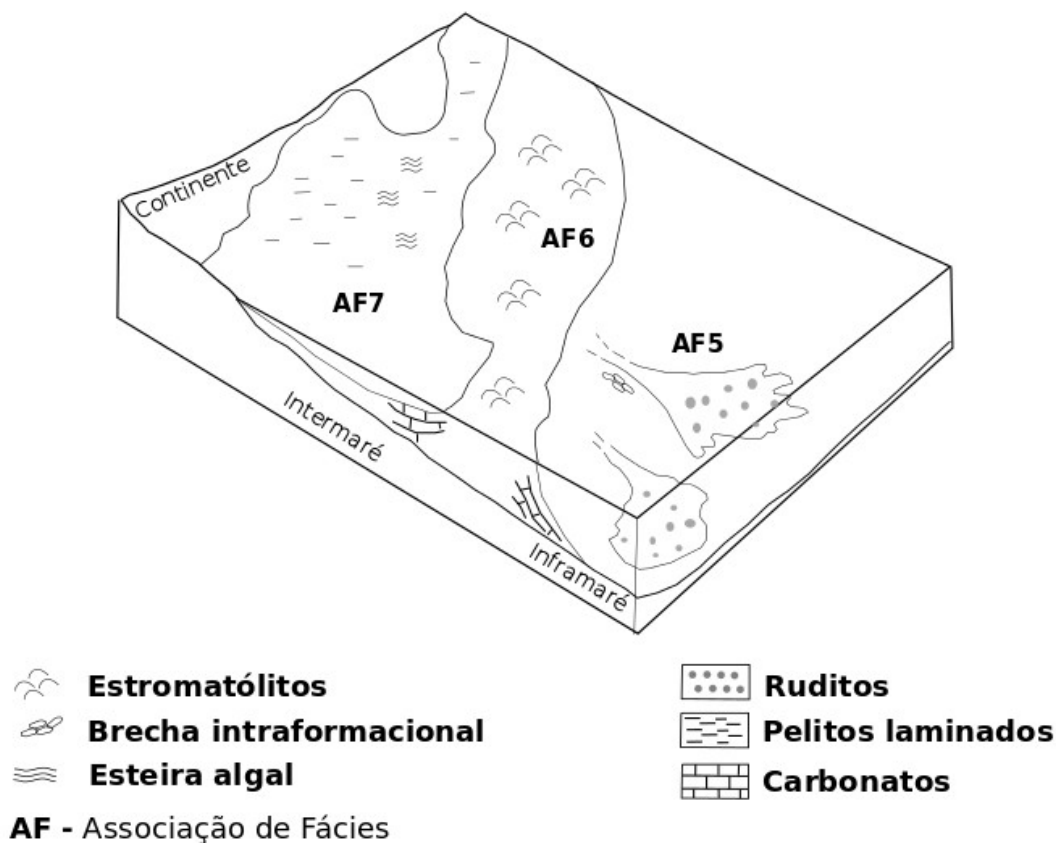


Figura 7.3. Reconstrução paleoambiental da Formação Lagamar e interpretação para as associações de fácies AF5, AF6, e AF7 no Membro Sumidouro. (Imagem adaptada de Tucker & Wright (1990)).

Na AF6 as estruturas recifais são estromatólitos colunares, observados no ponto 25 (Fazenda Sumaré), 178 e 10. Nogueira (1993) classificou-os como *conophyton*, *jacutophytos* e *baicalias*. Os dolarenitos com brechas intraformacionais e calcarenitos da associação de fácies AF5 marcam a zona de inframaré, sob ação de ondas, indicando condições de alta energia. O desenvolvimento de esteiras algais e oncoides na AF7 é favorecido pelo ambiente raso, com alta salinidade, protegido pela barreira recifal.

A **Associação de Fácies 8 (AF8)** correspondente à Formação Serra do Garrote e é constituída por ritmitos e siltitos com estratificação planar. Infere-se então uma sedimentação em um estágio de plataforma marinha que caracteriza-se por uma sedimentação areno-silto argilosa, em águas profundas, abaixo da influência de ondas. O nível do mar desta associação de fácies subiu em relação às anteriores.

A sedimentação das formações Serra da Saudade e Lagoa Formosa, correspondente à Associação de Fácies 9 e 10, respectivamente. A **Associação de Fácies (AF9)** é constituída

maioritariamente por siltitos e arenitos. Ocorrem rochas silto argilosas de cor amarelada a rosa, microdobradas. Infere-se um ambiente marinho plataformal. Segundo Uhlein *et al.* (2004) ocorrem arenitos com estratificações *hummocky*, que caracteriza a fácies de tempestitos, portanto sedimentação plataformal sob ação de ondas de tempestades.

A **Associação de Fácies 10 (AF10)** é constituída por diamictitos, ortoconglomerados, arenitos e pelitos. Infere-se uma sedimentação marinha profunda, possivelmente com fácies de turbiditos. Os ortoconglomerados são polimíticos, contendo seixos arredondados de quartzitos, arenitos arcoseanos, metassiltitos róseos, todos imersos em matriz silto-argilosa, às vezes areno-silto-argilosa. Os seixos possuem dimensões variadas, com alta frequência de diâmetros entre 0,5 e 10 cm; localmente, entretanto, ocorrem blocos de até 50 cm de diâmetro. O conjunto tem estruturação plano-acamadada, com granodecrescência ascendente; os níveis conglomeráticos intercalam-se com bancos de arenitos arcoseanos muito micáceos, siltitos e argilitos. Trata-se de ambiente de sedimentação marinha profunda, permitindo relacionar os diamictitos como *debris flows*, depositados em meio à sequência areno-silto-argilosa (Uhlein *et al.*, 2011).

Em resumo, pode descrever-se a sedimentação das unidades estudadas conforme a tabela 7.2.

Associação de Fácies	Unidade litoestratigráfica		Ambiente de sedimentação
AF10	Gr BAMBUI	Fm Lagoa Formosa	Plataforma com fluxo de detritos
AF9		Fm Serra da Saudade	Marinho plataformal
AF8		Fm Serra do Garrote	Marinho plataformal
AF4, AF5, AF6, AF7	Gr VAZANTE	Fm Lagamar	Fan delta e plataforma carbonática
AF2, AF3		Fm Rocinha	Marinho plataformal
AF1		Fm Sto Ant. do Bonito	Glácio-marinho

Tabela 7.2. Resumo das associações de fácies na região de Lagamar e seus ambientes de sedimentação.

8. GEOLOGIA ESTRUTURAL DA REGIÃO DE LAGAMAR

A região de Lagamar mostra estruturas dobradas e falhadas, associadas a um metamorfismo de baixo grau. No geral o acamamento (S_o) está mergulhando para NW, mas por força dos dobramentos mergulha também para SE. A foliação (S_n) tem mergulhos para NW, mas com valores em geral maiores.

A área mapeada é atravessada por duas falhas principais. A falha mais a oeste - a falha de Lagamar, aqui designada como falha de Lagamar I, foi identificada por Sanches (2012) e Misi *et al.* (2014). Esta falha é visível em afloramentos através de uma forte foliação cataclástica-milonítica e também em fotointerpretação, marcada por lineamentos NE. A Falha de Lagamar I está entre as Formações Lagamar e Rocinha. A outra falha, situada a leste, aqui denominada como Falha de Lagamar II foi inicialmente identificada por Pinho e Dardenne (1994), está alinhada aproximadamente de N45°E até N20°E, e separa o Grupo Vazante do Grupo Bambuí. A falha de Lagamar II está orientada N-S a leste da cidade de Lagamar, e acompanha a diferença de relevo entre os morros da Formação Santo Antônio do Bonito (Grupo Vazante), e as regiões mais baixas e aplainadas do Grupo Bambuí. Na figura 8.1 estão ilustrados os perfis geológicos na área mapeada em Lagamar. Nela é possível verificar a posição destas duas falhas, bem como a disposição geral das camadas.

No geral o acamamento (S_o) está mergulhando para NW, com mergulhos variados, desde 30 até 80°. A foliação (S_n) tem a mesma tendência, mas com mergulhos geralmente maiores do que o S_o . Estatisticamente, observa-se S_o para NW 290/33, e S_n com tendência geral 293/50. S_n tem a mesma tendência que S_o , mas com um pouco mais de mergulho (figura 8.2). Pelo estereograma da geral da área para o acamamento S_o , a dispersão observada forma uma dobra de guirlanda (dobra cilíndrica) com vergência para leste e eixo para SW. Em relação ao estereograma geral da área para a foliação S_n , mostra uma dispersão representativo de terrenos que foram transportados em zonas de cavalgamento.

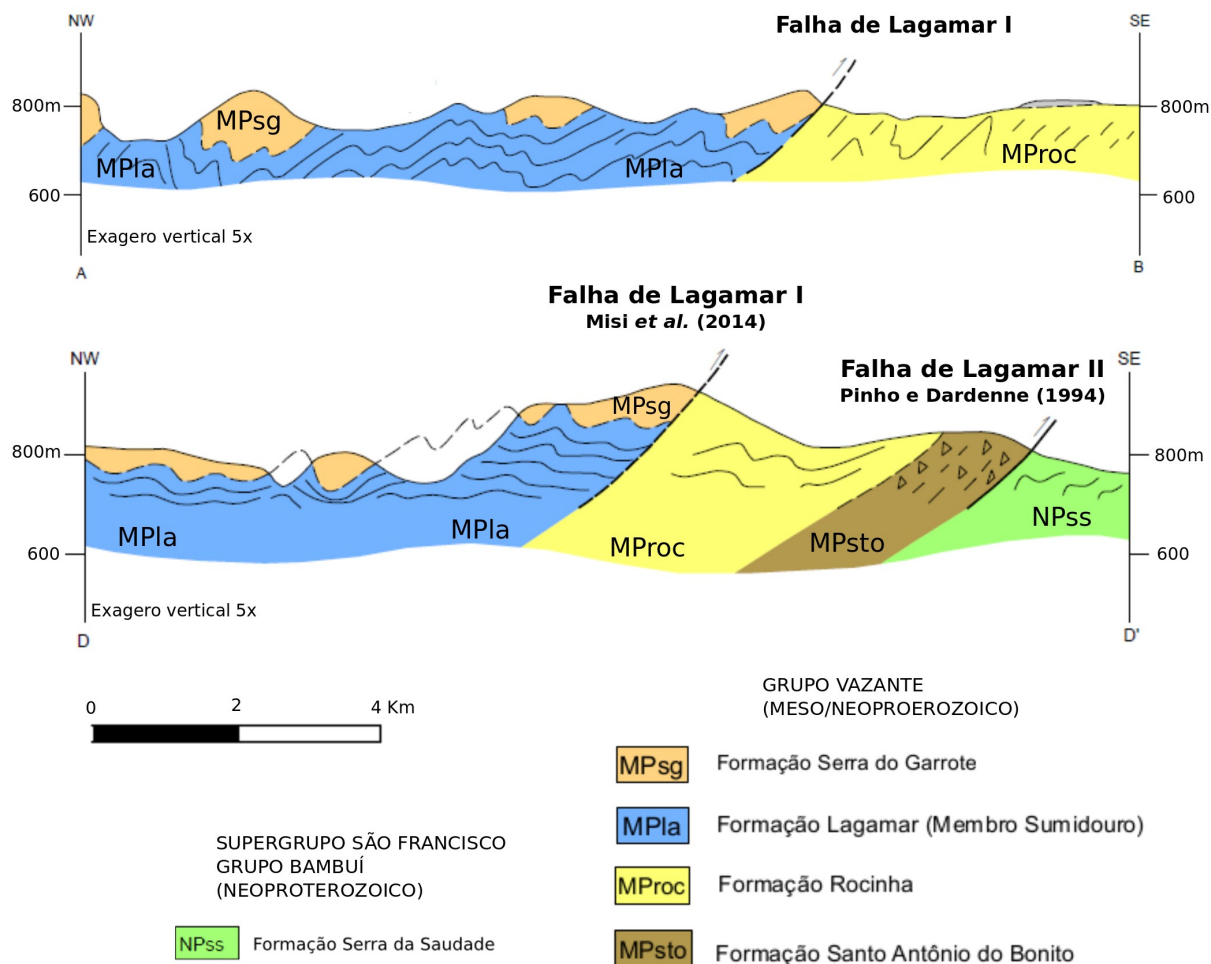


Figura 8.1. Perfis geológicos da região de Lagamar, orientados NW-SE.

Para um estudo mais detalhado dos acamamentos (S_0) e foliações (S_n) fez-se uma sub divisão em domínios estruturais como “Blocos” nos terrenos entre as duas falhas locais. O Domínio 1 forma um bloco a oeste da Falha de Lagamar I constituído pelas formações Serra do Garrote e Lagamar. O Domínio 2 entre as duas falhas principais, integra as formações Rocinha e Santo Antônio do Bonito. O Domínio 3, a leste da Falha II corresponde ao Grupo Bambuí, com as formações Serra da Saudade e Lagoa Formosa.

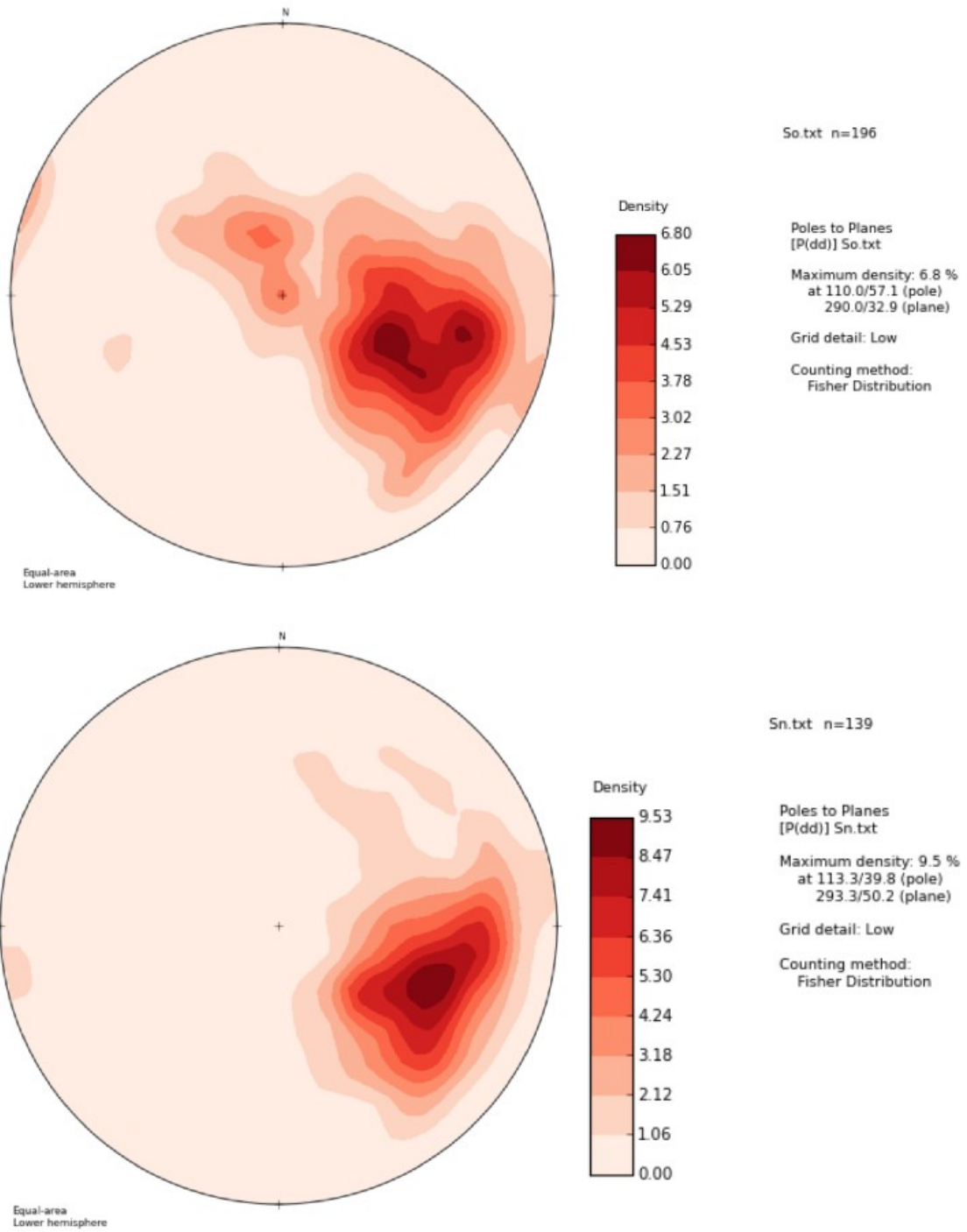


Figura 8.2. Estereogramas de pólos do acamamento (S_0) e da foliação (S_n) na área mapeada.

No **Domínio 1** as unidades litostratigráficas foram analisadas em separado pois são formações com reologia muito diferente (ver figura 8.3). O acamamento na Formação Serra do Garrote esta marcado por camadas pelíticas, em geral bem laminadas, e mostra uma grande dispersão de dados. O acamamento da Formação Lagamar tem duas tendências principais: NW (290/70) e SE. A foliação (S_n) nas formações Serra do Garrote e Lagamar é semelhante (figura 8.3). Com tendência semelhante ao S_0 mas com um pouco mais de mergulho, S_n tem respectivamente, Formação Serra do Garrote e Formação Lagamar, tendência estatística, 293/44 e 308/44.

Pelo estereograma do Domínio 1, o acamamento S_0 (figura 8.3 A e B) apresenta uma dispersão que forma uma dobra de guirlanda (dobra cilíndrica) com vergência para leste e eixo para SW. Quanto à foliação S_n (figura 8.3 C e D), mostra uma dispersão representativa de terrenos que foram transportados em zonas de cavalgamento.

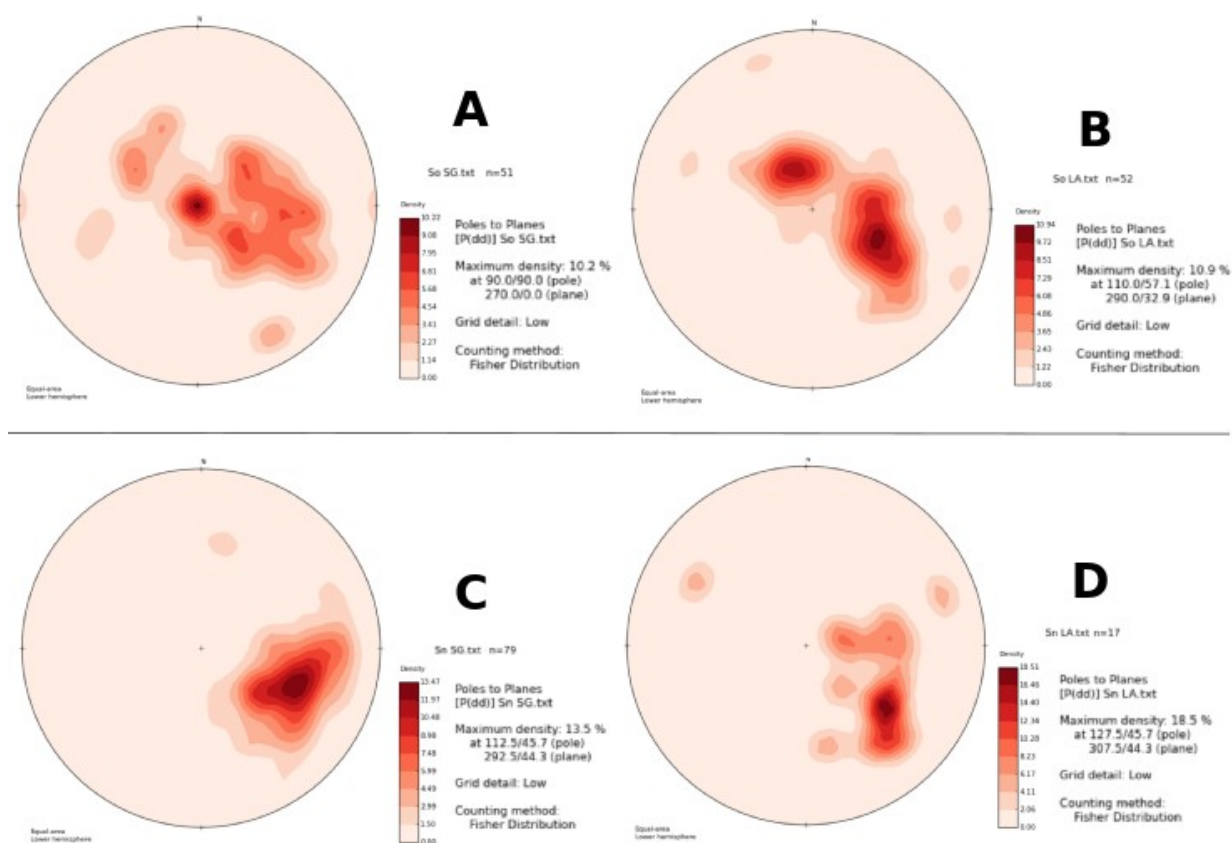


Figura 8.3. Estereogramas de pólos do acamamento S_0 e foliação S_n do Domínio 1. “Bloco” Formação Serra do Garrote (SG) e Formação Lagamar (LA): A) S_0 da Formação Serra do Garrote; B) S_0 da Formação Lagamar; C) S_n da Formação Serra do Garrote; D) S_n da Formação Lagamar.

Na área estudada a foliação S_n é reconhecida nas formações pelíticas sobretudo da Formação Serra do Garrote, mas pouco proeminente nos carbonatos da Formação Lagamar, podendo ser reconhecida nesta unidade só em intercalações de pelitos ou margas. O S_0 oblíquo ao S_n é encontrado próximo aos flancos curtos dos dobramentos assimétricos, enquanto que nos flancos longos eles aparecem subparalelos. Isso é visível em escala de afloramento e escala microscópica como mostra na figura 8.4.

Para melhor entender os dobramentos dentro das rochas pelíticas da Formação Serra do Garrote, fez-se um pequeno perfil de detalhe entre os pontos 65 e 61, e entre pontos 315 e 319 (figura 8.5). Estes perfis confirmam dobras maiores e menores (parasíticas) dentro da Formação Garrote.

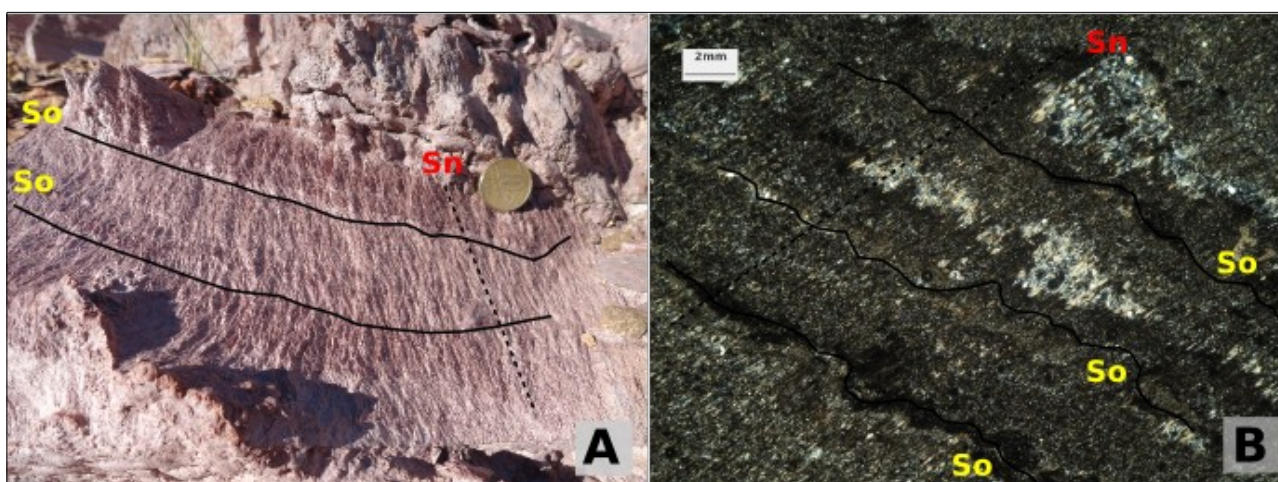


Figura 8.4. Detalhe S_0 e S_n perpendiculares em flanco curto de dobramentos assimétricos na Formação Serra do Garrote: A) Afloramento Ponto 28; B) Fotomicrografia Ponto 23, XPL, 10x.

No **Domínio 2** as formações Rocinha e Santo Antônio do Bonito (figura 8.6) possuem tendências de acamamento semelhantes ao Domínio 1. O acamamento do Domínio 2 tem uma tendência para NW (288/45), mas mais próximo de E-W, e isso verifica-se pelo desenho das formações no mapa que estão orientadas aproximadamente N-S. A foliação está com uma tendência geral de 278/51.

Pelo estereograma do Domínio 2, o acamamento S_0 amostra uma dispersão que forma uma dobra de guirlanda (dobra cilíndrica) com vergência para leste e eixo para SW (figura 8.6 A). Quanto à foliação S_n , mostra uma dispersão representativa de terrenos que foram transportados em zonas de cavalgamento, cuja direção do movimento de transporte está aproximadamente E-W (figura 8.6 B).

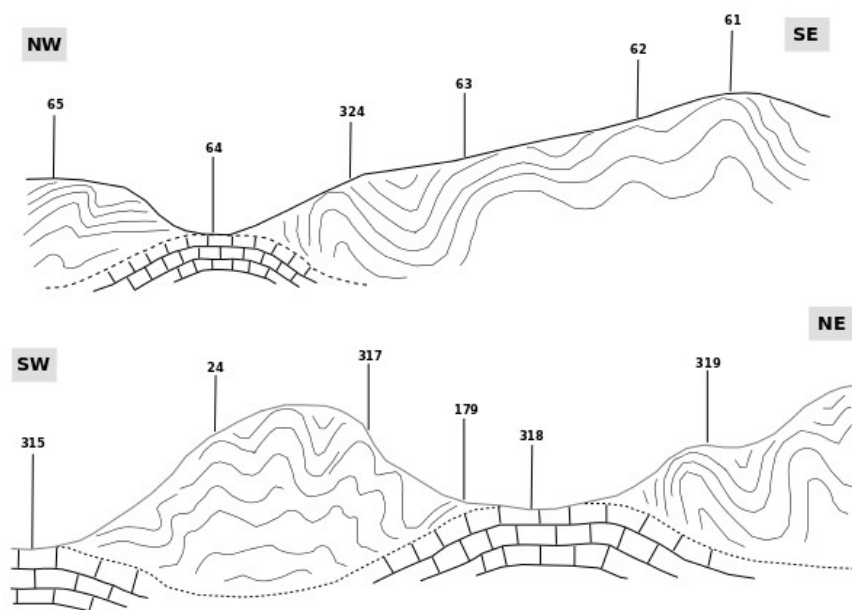


Figura 8.5. Perfis simplificados mostrando dobramentos dentro Formação Serra do Garrote.

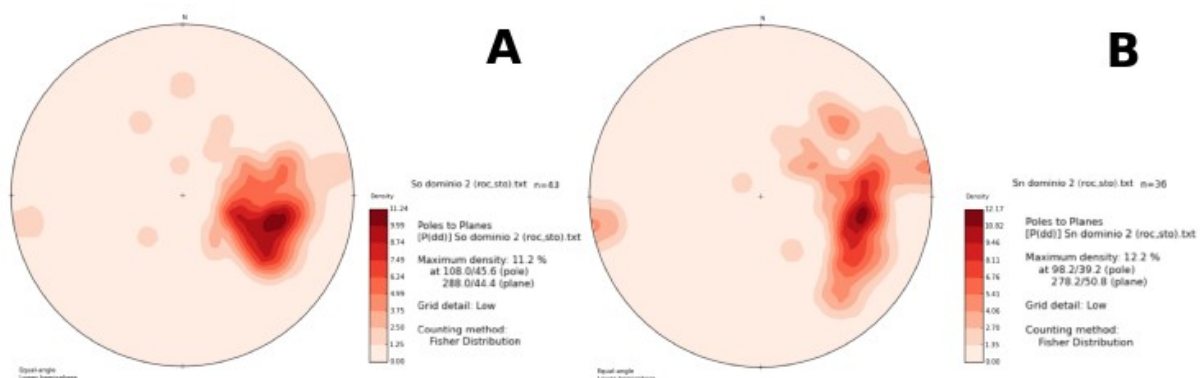


Figura 8.6. Estereogramas de pólos do acamamento e foliação do Domínio 2. “Bloco” Formação Rocinha (ROC) e Formação Santo Antônio do Bonito (STO): A) S_0 das formações do Domínio 2; B) S_n das formações do Domínio

2.

No **Domínio 3** (figura 8.7) o acamamento apresenta-se dobrado para NW e SE, com tendência estatística para NW (284/51). No estereograma deste domínio o acamamento S_0 mostra uma dispersão que forma uma dobra de guirlanda (dobra cilíndrica) com vergência para leste e eixo aproximando-se do eixo N-S (figura 8.7 A). Por sua vez, a foliação S_n , mostra uma dispersão

diferente dos domínios anteriores, mas devido ao número reduzido de medidas não se pode tirar uma interpretação significativa (figura 8.7 B).

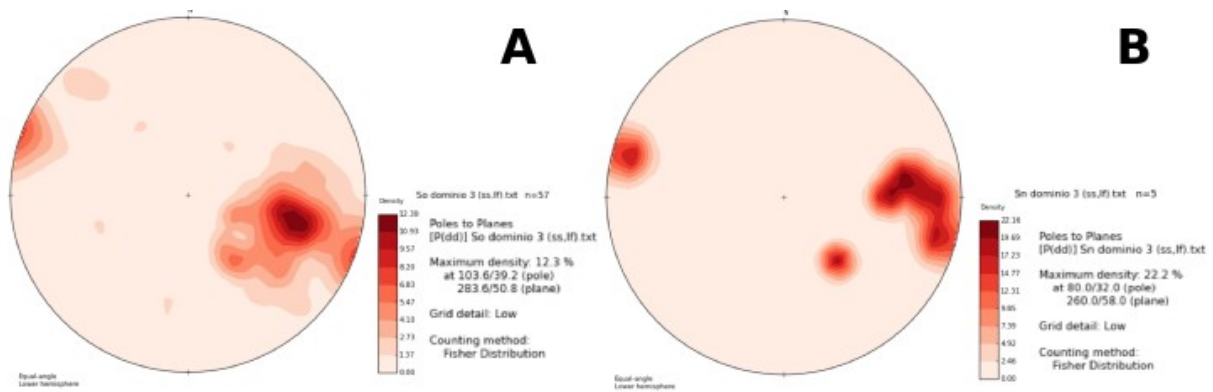


Figura 8.7. Estereogramas de pólos do acamamento e foliação do Domínio 3. “Bloco” Formação Serra da Saudade (SS) e Formação Lagoa Formosa (LF): A) S_0 das formações do Domínio 3; B) S_n das formações do Domínio 3.

Depois de analisados este 3 domínios pode-se afirmar que o Domínio 1 e 2, referentes a formações do Grupo Vazante assumem características semelhantes, fazendo supor um transporte de oeste para leste formando dobras vergentes para leste. Enquanto o Domínio 3, Grupo Bambuí, assume características de um bloco que foi apertado pelos blocos com movimento de oeste para leste formando dobras flambadas no bloco de anteparo.

Em relação às falhas mapeadas, a falha II entre o Grupo Bambuí e o Grupo Vazante é uma falha inversa de alto ângulo ($>65^\circ$), com mergulho maior do que a falha a oeste, a Falha de Lagamar I, entre as formações Lagamar e Rocinha. Estas falhas são semelhantes às falhas que compõem a Faixa de Dobramentos Brasília, constituídos por cavalgamentos e falhas inversas que empilharam, de oeste para leste, zonas internas da Faixa Brasília sobre as zonas mais externas. Entretanto, a falha de Lagamar I, constitui possivelmente uma falha inversa resultante de um processo de inversão de uma antiga falha extensional (normal).

Numa amostra de ritmito pelítico da Formação Rocinha, no ponto 305, é visível um retroempurrão. A amostra 305 mostra a evidência de uma estrutura de empurrão. Na figura 8.8 estão explicadas em forma de croqui esse movimento de resposta ao empurrão.

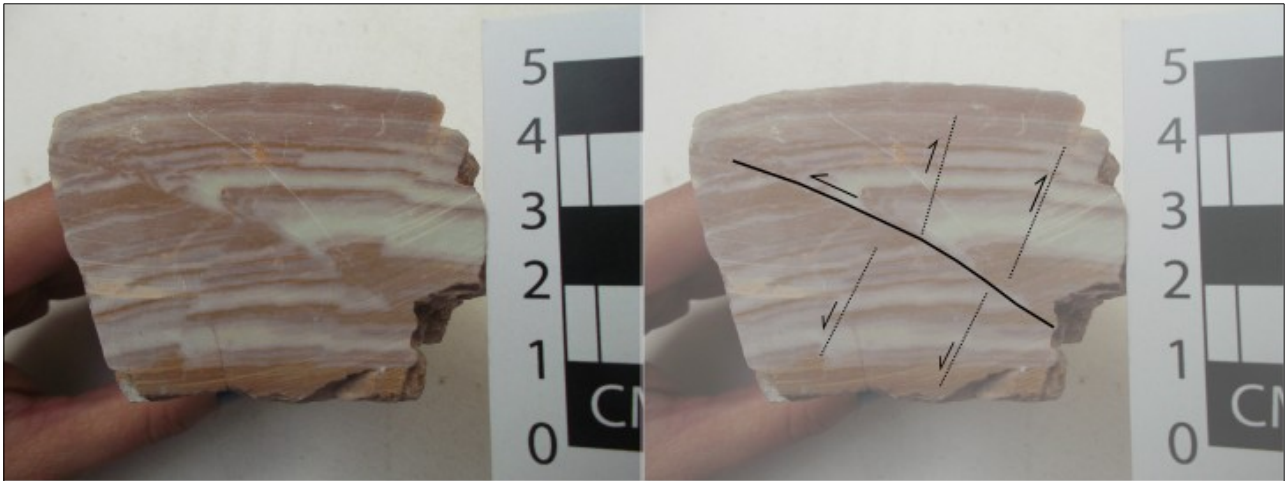


Figura 8.8. Empurrão e retroempurrão em escala macroscópica de amostra, ponto 305, ritmito pelítico, Formação Rocinha.

A deformação na área começou principalmente com a Orogenia Brasileira, provocando dobras mais proeminentes em pelitos da Formação Serra do Garrote, e dobras mais abertas nos carbonatos da Formação Lagamar. Na figura 8.9 são algumas fotos em escala de afloramento onde se observam-se essas dobras. Estas dobras com eixo para SW, apresentam sinformes e antiformes de porte centimétrico a decamétrico. Estas dobras principalmente em pelitos da Formação Serra do Garrote observa-se na dispersão dos dados de S_0 no estereograma (figura 8.3).

A lâmina petrográfica da amostra do ponto 179 (siltito do Domínio estrutural 1) observa-se clivagem de crenulação (figura 8.10 A) S_{n+1} , evidenciando mais de uma fase de deformação em rochas pelíticas. Um detalhe a salientar é também a relação de S_0 e S_n em microescala na amostra C2 (figura 8.10 B). Nesta imagem observa-se a diferente resposta de S_n à diferença composicional da rocha. Os planos de foliação formam microzonas de cisalhamento, com estruturas S-C. Os cristais de quartzo também formam porfiroclastos rotacionados com sombra de pressão e estrutura sigmóide indicando um movimento destal.



Figura 8.9. Dobramentos visíveis em afloramentos na região de Lagamar. A) Dobra em metapelito da Formação Serra do Garrote, ponto 243; B) Dobra em calcarenito da Formação Lagamar, ponto 218. C) Dobra em calcários da Formação Lagamar no Córrego do Arrependido, ponto 13.

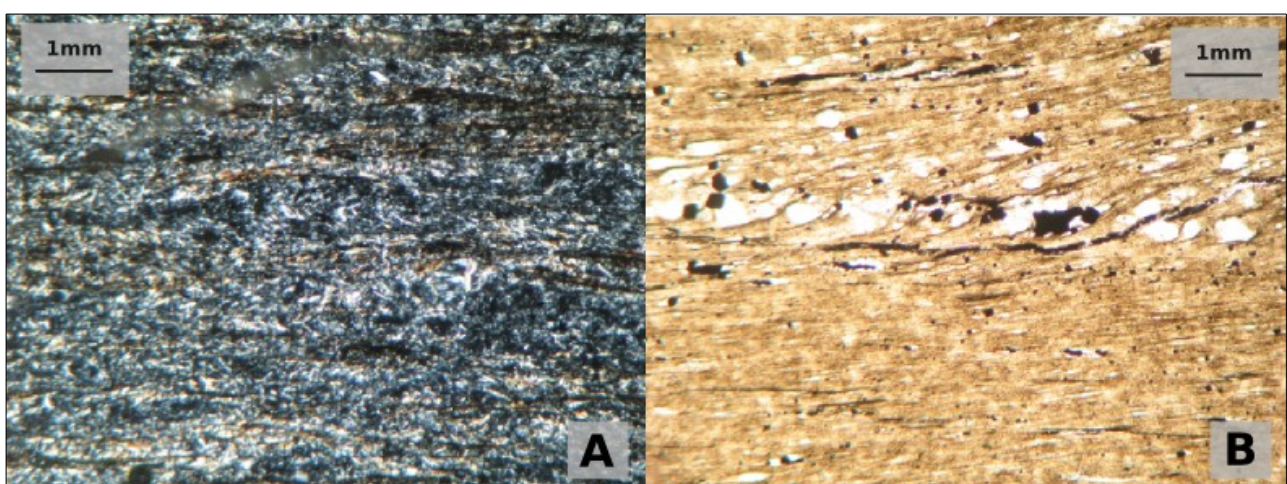


Figura 8.10. Microestrutural em lâminas petrográficas de amostras da região de Lagamar: A) Clivagem de crenulação ponto 179, metassiltito da Formação Serra do Garrote, XPL 40x; B) Estruturas S-C em amostra de furo de sondagem C2, calcarenito da Formação Lagamar, PPL, 40x.

9. QUIMIOESTRATIGRAFIA ISOTÓPICA DAS FORMAÇÕES LAGAMAR E ROCINHA

Artigo submetido à Geonomos

QUIMIOESTRATIGRAFIA DAS FORMAÇÕES LAGAMAR E ROCINHA DO GRUPO VAZANTE, PORÇÃO OESTE DA BACIA DO SÃO FRANCISCO (MINAS GERAIS, BRASIL)

Carla Sofia Sousa Marques¹; Alexandre Uhlein²; Gustavo Diniz Oliveira³; Gabriel Jubé Uhlein¹; Alcides Nóbrega Sial⁴; Carlos José Souza de Alvarenga⁵

1- Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Av. Antônio Carlos 6627, CEP 31270-901. Belo Horizonte, MG, Brasil. smarques085@gmail.com; guhlein@gmail.com

2 - Instituto de Geociências, CPMTC e Departamento de Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos 6627. 31270-901. Belo Horizonte, MG, Brasil. auhlein@gmail.com;

3 - Votorantim Metais, Vazante, MG, Brasil. gustavo.oliveira.go1@vmetais.com.br

4 - NEG-LABISE, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, 50670-000, Recife, PE, Brasil.
sial@ufpe.br

5 - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Campus Universitário, Asa Norte 70910-900 - Brasília, DF – Brasil.
carlosjalvarenga@gmail.com

RESUMO:

Nos arredores da cidade de Lagamar, MG, foram mapeadas as formações Santo Antônio do Bonito, Rocinha, Lagamar, e Serra do Garrote no Grupo Vazante, e no Grupo Bambuí, as formações Serra da Saudade e Lagoa Formosa. Estas formações depositaram-se em ambientes de sedimentação costeira. Duas importantes falhas inversas estão inseridas dentro do polígono mapeado, aqui designadas como falha de Lagamar I e II. A falha de Lagamar I colocou as formações Serra do Garrote e Lagamar mais antigas em cima das

formações Rocinha e Santo Antônio do Bonito, e a falha de Lagamar II colocou o Grupo Vazante sobre o Grupo Bambuí. Na Formação Lagamar, a partir das amostras da lavra Geraldo Américo, mostra valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -0,14 e 0,91‰ e de $\delta^{18}\text{O}$ de -6,89 a -3,18‰. No furo da antiga lavra da CALA os valores de $\delta^{13}\text{C}$ mostram-se bem constantes, variando entre -0,86 e 2,2‰, e os valores de $\delta^{18}\text{O}$ entre -9,82 e -3,54‰. Na Formação Rocinha, no furo CD05, temos valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -6,58 e -2,85‰ e $\delta^{18}\text{O}$ entre -6,20 e -5,14‰. No furo F230A os valores de carbono ficam entre -6,62 e 3,33‰ e os de oxigênio entre -10,25 e -7,54‰. Estes perfis parecem evidenciar alterações diagenéticas, sobretudo no perfil Antiga Lavra CALA em que as curvas $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ apresentam alguma co-variância. Os valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ da Formação Lagamar (0,70679; 0,70685; 0,70718 e 0,70788) podem ser correlacionados a valores do mesoproterozoico a neoproterozoico (Toniano/Criogeniano), e para a Formação Rocinha (0,70766) idade neoproterozoica (Criogeniano/Ediacarano).

Palavras chave: Meso-Neoproterozoico; Formação Lagamar; Formação Rocinha; Falha de Lagamar.

ABSTRACT: CHEMOSTRATIGRAPHY OF LAGAMAR AND ROCINHA FORMATION IN VAZANTE GROUP, WESTERN PORTION OF SÃO FRANCISCO BASIN (MINAS GERAIS, BRASIL).

Around Lagamar city, MG, there have been identified, Santo Antônio do Bonito, Rocinha, Lagamar and Serra do Garrote Formations in Vazante Group, and in Bambuí Group, Serra da Saudade and Lagoa Formosa Formations. These formations have been deposited in coastal sedimentation environments. Two important inverse faults are included within the mapped polygon, designated here as Lagamar fault I and II. Lagamar fault I put the older Serra do Garrote and Lagamar Formations upon Rocinha and Santo Antonio do Bonito Formations, and Lagamar fault II put the Vazante Group on top of the Bambuí Group. In

Lagamar Formation, in Lavra Geraldo Américo, $\delta^{13}\text{C}$ show values between -0,14 and 0,91‰ and $\delta^{18}\text{O}$ between -6,89 and -3,18‰. In Antiga Lavra CALA, $\delta^{13}\text{C}$ are constant, between -0,86 and 2,2‰, and values of $\delta^{18}\text{O}$ are -9,82 to -3,54‰. In Rocinha Formation, CD05 show $\delta^{13}\text{C}$ values between -6,58 and -2,85‰ and, $\delta^{18}\text{O}$ values between -6,20 and -5,14‰. In F230A, $\delta^{13}\text{C}$ values are -6,62 to 3,33‰, and $\delta^{18}\text{O}$ values -10,25 to -7,54‰. This profiles may indicate diagenetic alteration, especially in Antiga Lavra CALA, because $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ show some co-variance in it chemostratigraphic profile. The values of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ of Lagamar Formation (0,70679; 0,70685; 0,70718 e 0,70788) may indicate Mesoproterozoic to Neoproterozoic Ages (Tonian/Cryogenian) for Lagamar Formation, and for Rocinha Formation (0,70766) Neoproterozoic Age (Cryogenian/Ediacaran).

Keywords: Meso-Neoproterozoic; Lagamar Formation; Rocinha Formation; Lagamar fault.

1. INTRODUÇÃO

Na porção ocidental da Bacia do São Francisco, junto a Faixa de Dobramentos Brasília, aflora o Grupo Vazante (Dardenne *et al.*, 1998; Dardenne, 2000) numa faixa orientada N-S, com cerca de 250 Km, abrangendo as cidades de Coromandel, Lagamar, Vazante, Paracatu e Unaí. Este grupo tem suscitado interesse de pesquisa devido a importantes depósitos de zinco-chumbo e fosfato.

A idade do Grupo Vazante ainda não é bem compreendida dentro da evolução da porção ocidental do palecontinente Gondwana, podendo ser mesoproterozoica, representando uma variação lateral do Grupo Paranoá, ou então neoproterozoica, representando uma variação de fácies do Grupo Bambuí (Dardenne, 1981; 2000). As falhas de empurrão geradas pelo ciclo brasileiro, que alteraram o empilhamento natural

das camadas, dificultam a interpretação estratigráfica das unidades da Faixa Brasília bem como toda borda oeste da Bacia do São Francisco.

A região de Lagamar é importante para a compreensão do Grupo Vazante, pois é onde se situam duas das falhas de empurrão dos dobramentos brasileiros, que poderiam ter colocado formações mais antigas em cima de formações mais jovens.

Através de mapeamento geológico, análises estratigráficas e sedimentológicas, petrográficas (macro e microscópicas) e um estudo quimioestratigráfico de isótopos de carbono, oxigênio e estrôncio em rochas carbonáticas, em especial da Formação Lagamar e Formação Rocinha, pretende-se contribuir na resolução de problemas estratigráficos do Grupo Vazante.

A cidade de Lagamar (figura 1) dista aproximadamente 480 kms de Belo Horizonte, e 385 kms de Brasília. Saindo de Belo Horizonte, segue-se para a BR-381 em direção a SP, e vira na BR-262, em direção ao Triângulo Mineiro. Na Serra da Saudade toma-se a BR-354 em direção São Gotardo/Carmo do Paraíba. Depois de passar Patos de Minas segue-se à esquerda pela MG-354 para Lagamar/Vazante, evitando a MG-410 que vai para João Pinheiro.

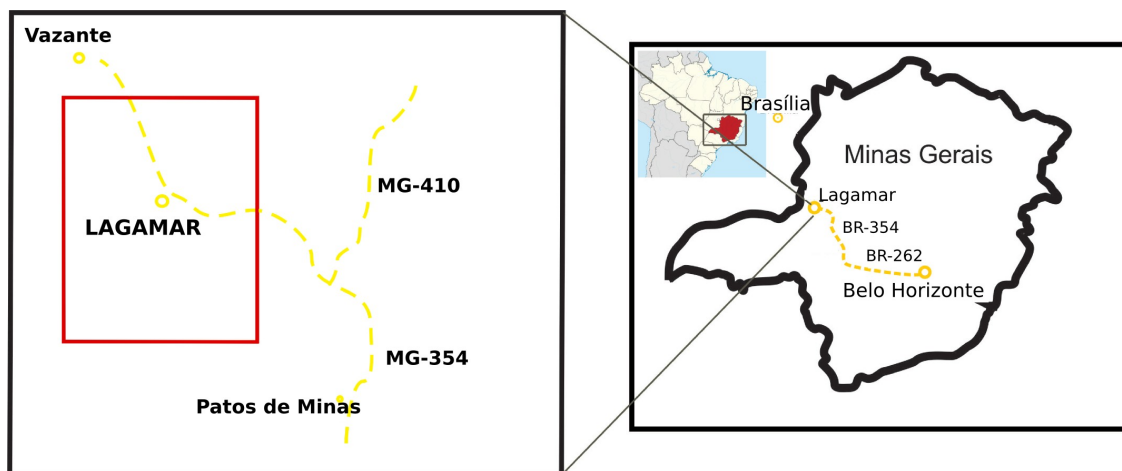


Figura 1. Mapa de localização da área de pesquisa no Estado de Minas Gerais.

2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A Bacia do São Francisco é uma bacia proterozoica que recobre o Cráton do São Francisco (Almeida, 1977; Alkmim, 2004). A edificação da Faixa Brasília foi no Neoproterozoico durante orogenia brasiliana, na margem oeste do Cráton do São Francisco (Martins-Neto e Alkmim, 2001). O Grupo Vazante ocorre no Domínio externo da Faixa Brasília (Fuck *et al.*, 1993; Fuck *et al.*, 2005; Dardenne, 2000, Valeriano *et al.*, 2004, 2008), numa região orogênica situada a oeste da Bacia do São Francisco.

A sequência Vazante foi elevada a categoria de Grupo Vazante por Dardenne *et al.* (1998). O Grupo Vazante é uma sequência marinha pelito-carbonática, depositada numa plataforma marinha rasa durante um ciclo regressivo (Dardenne, 1981; Dardenne, 2000), começando com um ambiente costeiro, passando a um ambiente recifal e finalmente terminando com depósitos de planície de maré. Dardenne (2000, 2001) dividiu em sete formações, da base para o topo: **Santo Antônio do Bonito** (metadiamicritos, quartzitos, xistos), **Rocinha** (pelitos e fosforitos), **Lagamar** (calcários e dolomitos estromatolíticos), **Serra do Garrote** (metapelitos, quartzitos finos), **Serra do Poço Verde** (dolomitos), **Morro do Calcário** (dolomitos recifais), e **Lapa** (filitos, metapelitos e lentes de dolomitos), totalizando cerca de 2500 m de espessura.

O **Grupo Bambuí** representa um espesso pacote de rochas pelítico-carbonáticas, descrito em detalhe por Costa e Branco (1961) e Dardenne (1978), apresentando, da base para o topo: Formação Jequitaí, (paraconglomerados glaciais), Formação Sete Lagoas (calcários e dolomitos), Formação Serra de Santa Helena, (siltitos, localmente arenitos e calcários), Formação Lagoa de Jacaré, calcários negros, fétidos, ricos em matéria orgânica, com bancos maciços oolíticos e pisolíticos e intercalações de siltitos, Formação Serra da Saudade (siltitos), Formação Três Marias, (arenitos arcosianos e siltitos). Uhlein *et al.* (2011) descrevem diferentes litofácies rudíticas e psamíticas,

pelíticas e carbonáticas da região de Lagoa Formosa, integrando-as ao Grupo Bambuí, e propondo a designação de **Formação Lagoa Formosa**.

Quatro modelos geotectônicos principais apresentam-se para explicar o empilhamento estratigráfico regional do Grupo Vazante. O primeiro, relaciona o Grupo Vazante a uma subsidência de bacia *Foreland* iniciada durante a colisão da Faixa Brasília com o Cráton do São Francisco (Dardenne, 2000), sugerindo, assim uma idade neoproterozoica para o Grupo Vazante. Neste modelo o Grupo Vazante representaria uma fácies lateral do Grupo Bambuí. Este modelo está baseado na similaridade estratigráfica com o Grupo Bambuí e algumas idades U-Pb em zircão detrítico (Pimentel *et al.*, 2011).

O segundo modelo geotectônico, baseado em dados isotópicos de neodímio, sugere que as formações Lagamar e Serra do Garrote seriam depositadas numa margem passiva mesoproterozoica correlata ao Grupo Paranoá, unidade mesoproterozóica da Faixa Brasília (Dardenne, 1979, 1981; Pimentel *et al.*, 2001). Este modelo é suportado por cronoestratigrafia de estromatólitos *Conophyton* indicando um intervalo de tempo 1.35 a 0,9 Ga (Cloud e Dardenne, 1973). Pimentel *et al.* (2001) apresentam idades a partir de Sm-Nd com valores entre 2.1 Ga e 1.7 Ga para rochas pelíticas do Grupo Vazante, colocando o Grupo Vazante com uma idade intermédia entre as idades obtidas por TDM para o Grupo Paranoá (2.3-2.0Ga) e Grupo Bambuí (1.9-1.3Ga). Segundo Rodrigues *et al.* (2012), as idades de zircão $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ sugerem uma fonte similar (pré-neoproterozoicas) para as Formações Lagamar e Serra do Garrote. Os resultados Re-Os dos folhelhos orgânicos de Geboy *et al.* (2013) também corroboram esta idade mesoproterozóica, com valores na Formação Serra do Garrote de ~1.3Ga e nas Formações Serra do Poço Verde e Serra da Lapa 1.1Ga. No entanto, Bertoni *et al.* (2014) com base em evidências petrológicas, sugerem que o fluxo de fluídos hidrotermais

perturbem a sistemática Re-Os e que foi provavelmente o que ocorreu com os folhelhos orgânicos próximos do depósito de minério de Vazante.

Um terceiro modelo para a estratigrafia do Neoproterozóico em Minas Gerais foi proposto recentemente por Alkmim & Martins Neto (2012) com Grupo Vazante na base (Toniano) e Grupo Bambuí (Ediacariano) no topo. Estes autores colocam o Grupo Vazante dentro da Sequência Macaúbas de idade Toniana a Criogeniana. Na calha oeste do Cráton, o Grupo Vazante seria o correspondente estratigráfico do Grupo Macaúbas na calha a leste do cráton, próximo do Orógeno Araçuaí. O rifte durante o Criogeniano resultou na formação de um mar do tipo golfo, que separava a península do São Francisco do continente Congo (Pedrosa-Soares *et al.* 2008), enquanto que a oeste existiria um mar aberto.

O quarto modelo, proposto no trabalho de Misi *et al.* (2014), pressupõe uma nova organização estratigráfica para o Grupo Vazante, com uma importante inversão estratigráfica resultante de uma falha inversa próximo do topo da Formação Rocinha, que colocou rochas mais antigas (Formação Lagamar e superiores do Grupo Vazante) em cima de rochas mais jovens (Formações Rocinha e Santo Antônio do Bonito). Devido às similaridades geológicas e quimioestratigráficas das formações basais Rocinha e Santo Antônio do Bonito, Misi *et al.* (2007) correlacionaram-nas ao Grupo Bambuí. A identificação de uma população detrítica com aproximadamente 930 Ma na Formação Rocinha também indica que esta é neoproterozoica (Rodrigues *et al.*, 2012).

3. GEOLOGIA DO GRUPO VAZANTE EM LAGAMAR

3.1 Estratigrafia

O mapeamento geológico escala 1:50.000 (figura 2) cobre uma área de 400 Km² no município de Lagamar – MG. A área abrange o Grupo Vazante (Formações Santo Antônio

do Bonito, Rocinha, Lagamar e Serra do Garrote), e o Grupo Bambuí (Formações Lagoa Formosa e Serra da Saudade). Duas importantes falhas inversas fazem a separação entre estes Grupos, bem como a separação de formações dentro do Grupo Vazante.

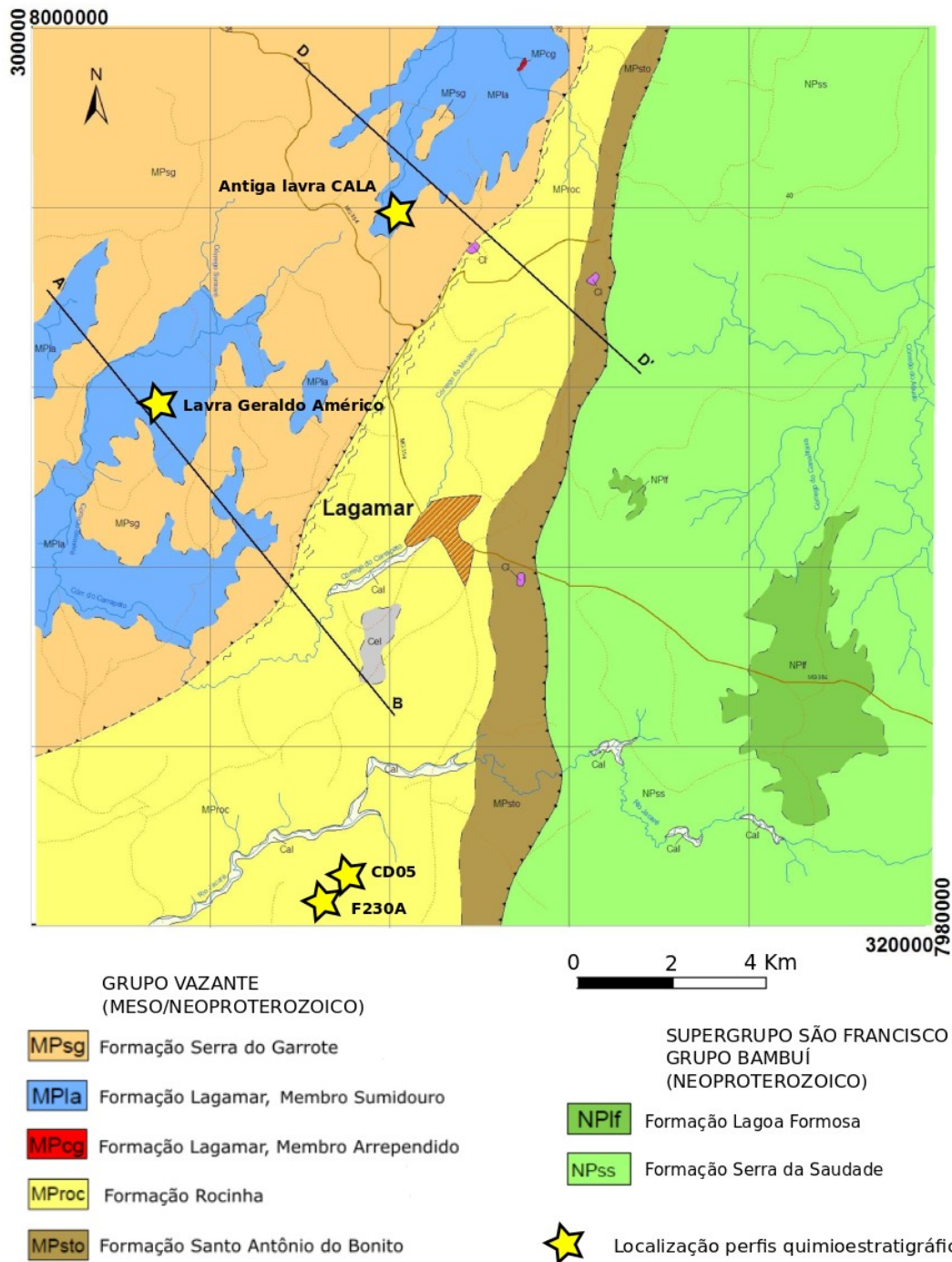


Figura 2. Mapa geológico simplificado, 1:50000 em Lagamar. Segundo Marques, C.S. (2015).

O empilhamento estratigráfico das formações dos Grupos Vazante e Bambuí estão representados na figura 3. Neste empilhamento estão discriminadas 10 associações de fácies (AF) e respectivo ambiente de sedimentação.

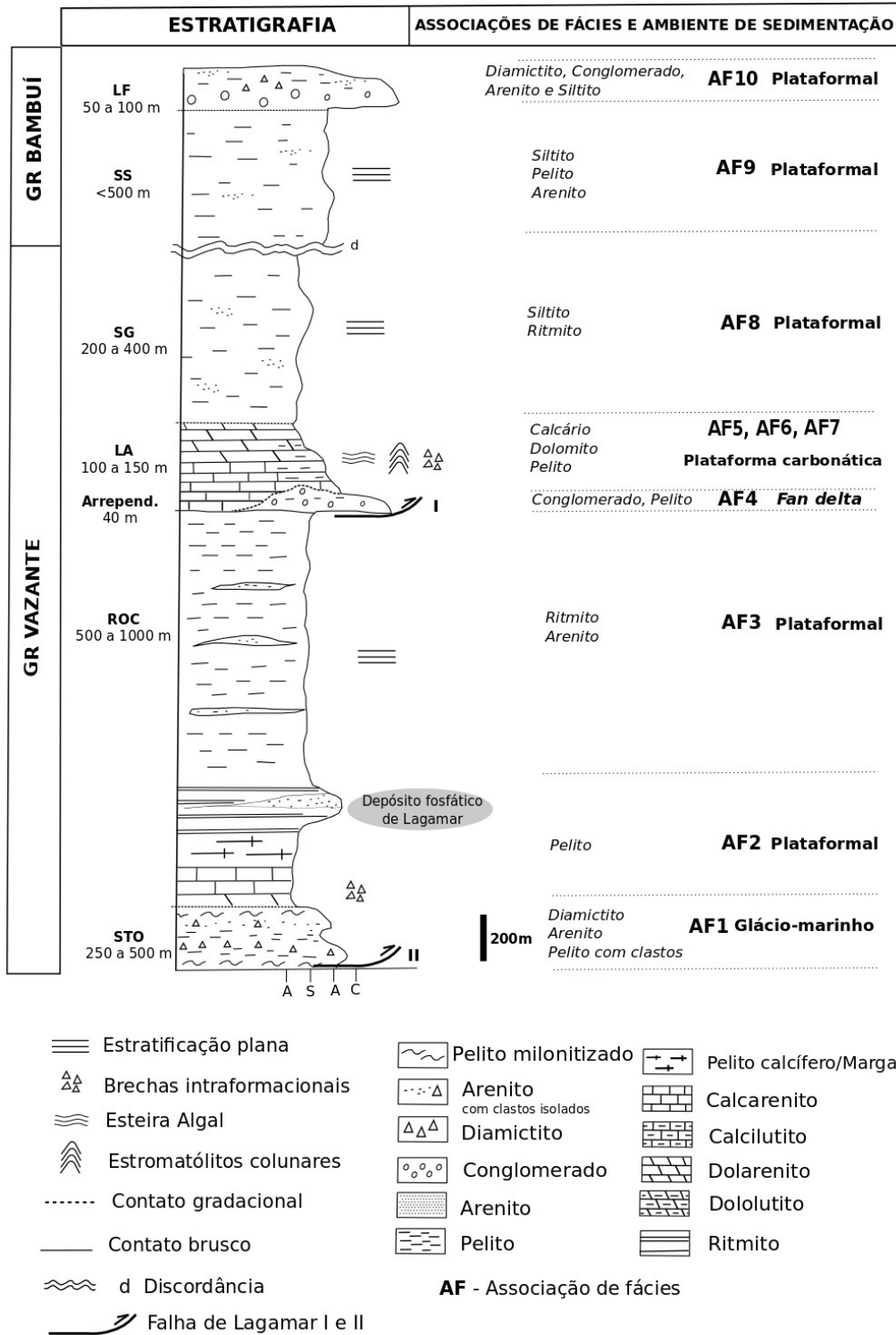


Figura 3. Coluna estratigráfica da região de Lagamar com suas associações de fácies e ambiente de sedimentação: STO – Formação Santo Antônio do Bonito; ROC – Formação Rocinha; Arrepend. – Membro Arrependido, Formação Lagamar; LA – Membro Sumidouro, Formação Lagamar; SG – Formação Serra do Garrote; SS – Formação Serra da Saudade; LF – Formação Lagoa Formosa.

A **Formação Santo Antônio do Bonito** está alinhadas aproximadamente N-S na porção central do mapa. Estas rochas representam cerca de 14% na área mapeada e estão geralmente muito intemperizadas. Esta formação está em contato gradacional com a Formação Rocinha a oeste e contato tectônico a leste (falha inversa), com o Grupo Bambuí. A sua espessura é 250 a 500 m. Faz-se representar por diamictitos arenosos ou com matriz silto-argilosa, com cor amarelada ou rosa de intemperismo e clastos de arenito branco. Quartzitos brancos impuros (micáceos) preservam morros característicos na paisagem. Ocorrem também pelitos avermelhados ou rosados, geralmente intercalados com diamictitos e arenitos.

A **Formação Rocinha** representa cerca de 10% da porção central do mapa. A espessura desta unidade na área varia entre 500m mais a norte e mais a sul com 1000 m. A noroeste a Formação Rocinha está em contato tectônico (falha inversa) com a Formação Lagamar. A oeste o contato com a Formação Santo Antônio do Bonito é gradacional. Esta formação caracteriza-se por pelitos de cor cinza escuro intercalados com fosfoarenito (onde está inserido o Fosforito Lagamar), ritmitos, siltitos com lentes arenosas de cor amarela quando intemperizado.

O **Membro Arrependido da Formação Lagamar** aflora como uma pequena lente no córrego Arrependido (40m) a norte da área mapeada. São ortoconglomerados com matriz não calcítica, cor cinza escuro com clastos de silito cinza escuro não carbonático e quartzito laminado cinza claro e cinza escuro, intercalados com pelitos laminados.

O **Membro Sumidouro da Formação Lagamar** Esta unidade litoestratigráfica ocupa aproximadamente 10% na porção noroeste da área. Esta formação está em contato gradacional com a Formação Serra do Garrote. O Membro Sumidouro é observável nas baixadas entre morros da Formação Serra do Garrote, e caracteriza-se muitas vezes por uma morfologia de intemperismo tipo *lappie*, com vegetação mais alta. A

sua espessura varia de 100 até 150 m. São calcarenitos cinza escuro, calcilutitos cinza claro com laminação fina, com alguns níveis de brechas intraclásticas de cor cinza escuro e matriz calcítica; pelitos calcíticos e não calcíticos de cor cinza escuro; Dolarenito e dololuto cinza a rosa, dolomitos estromatolíticos cor cinza claro, dolomitos oncolíticos cor rosa, microbialitos e brechas intraclásticas de dolomitos, ambos de cor cinza claro. Dardenne *et al.* (2005) escreveram no SIGEP sobre as características dos estromatólitos *Conophyton Metula* Kirichenko no Sumidouro do Córrego Carrapato. Os estromatólitos *Conophyton Metula* de Lagamar (MG) são semelhantes aos *Conophyton Metula* descritos no Grupo Paranoá na região de São Gabriel (GO) (Dardenne *et al.*,1976).

A **Formação Serra do Garrote** cobre cerca de 14% da área na porção mais a NW da região estudada. Esta formação está bem marcada em imagem de *Geocover* devido à sua morfologia peculiar, morros dissecados por drenagens profundas. Dentro do limite da área mapeada, as espessuras variam de 200 a 400 m e está em contato gradacional com a Formação Lagamar. São essencialmente ritmitos e siltitos por vezes laminados, com cor de intemperismo de rosa a roxo, e cinza esverdeados quando frescos. Dentro do limite da área mapeada, as espessuras são 200 a 400 m.

No Grupo Bambuí, foi identificado a **Formação Serra da Saudade**, que corresponde a cerca de 30%, na porção mais a leste do mapa. As espessuras desta unidade chegam até 500 m. Está em contato tectônico com a Formação Santo Antônio do Bonito a oeste, e em contato gradacional Formação Lagoa Formosa dentro da Formação Lagoa Formosa. Esta formação apresenta siltitos e pelitos de cor cinza esverdeado e rosa, quando intemperizados, assim como arenitos.

A **Formação Lagoa Formosa** depositou de forma gradacional sobre a Formação Serra da Saudade. A sua espessura é aproximadamente de 50 a 100 m, e ocupa cerca de 8% da área mapeada. Esta unidade é constituída por ortoconglomerados e diamictitos

com cores de intemperismo rosa a verde claros, arenitos e siltitos com cor de intemperismo rosa.

Localmente ocorrem ainda diversas coberturas recentes, por vezes lateritizadas.

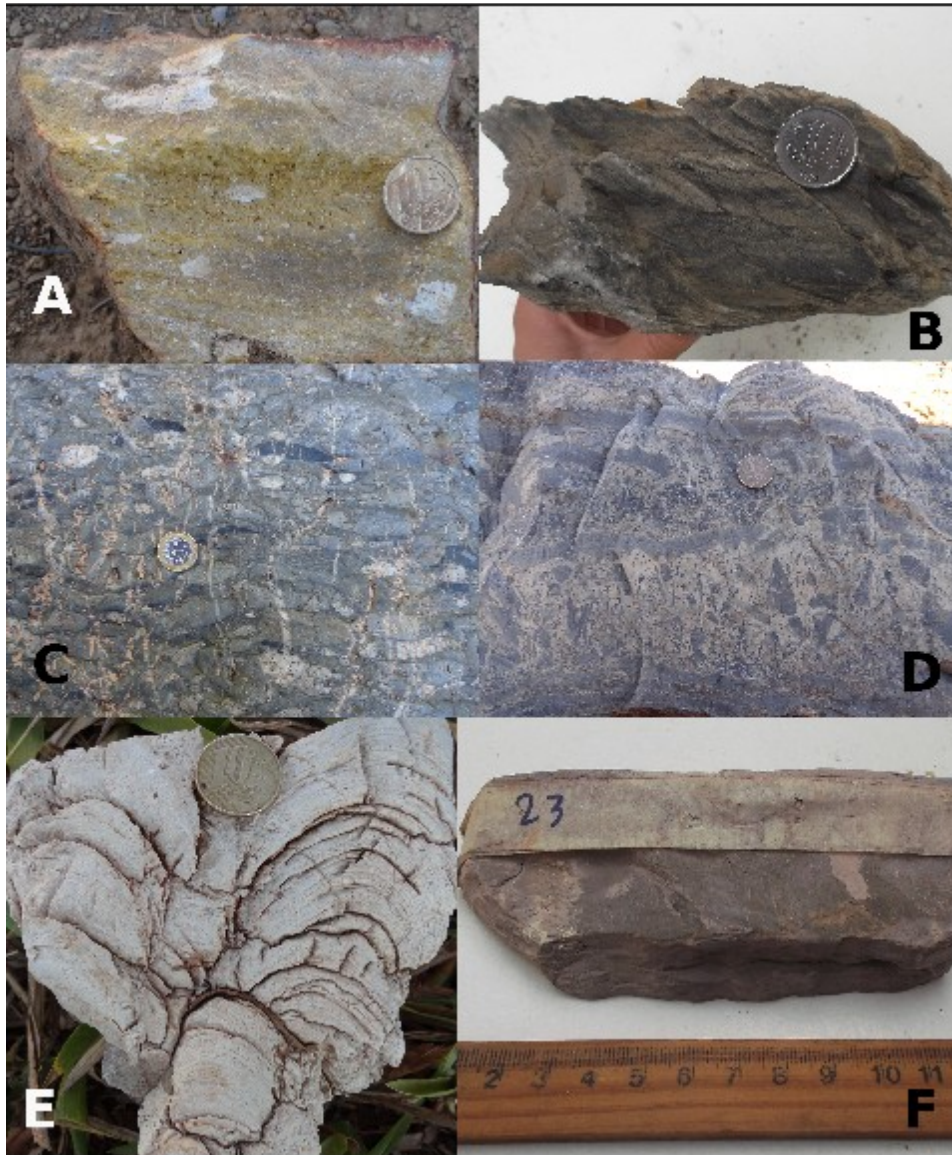


Figura 4. Algumas litofácies da área mapeada: A) Diamictito Formação Santo Antônio do Bonito; B) Fosforito, ritmito (calcarenito/calculutito) da Formação Rocinha do Depósito fosfático em Lagamar. C) Ortoconglomerado Membro Arrependido da Formação Lagamar; D) Brecha intraformacional do Membro Sumidouro da Formação Lagamar; E) Dolomito estromatolítico; F) Siltito da Formação Serra do Garrote.

3.2 Associação de Fácies e Sedimentologia

Na região de Lagamar foram individualizadas 10 associações de fácies (AF).

A AF1 corresponde à unidade litoestratigráfica da Formação Santo Antônio do Bonito. As fácies são diamictito, arenito, pelito com seixos. As ocorrências de clastos isolados, tanto em quartzitos como em pelitos laminados, sugere influência glacial. Esta associação de fácies pode ser interpretada como produto de fluxos gravitacionais em ambiente glaciomarinho (Souza, 1997).

A unidade estratigráfica que se segue é a Formação Rocinha, correspondente às associações de fácies AF2 e AF3. A AF2 é constituída por pelito calcífero e não calcífero, calcarenito e calcilutito, margas, ritmitos onde está alojado o depósito fosfático de Lagamar. A associação de fácies AF3 é constituída por siltitos com lentes arenosas centimétricas a decamétricas. Estas associações indicam sedimentação marinha plataformal abaixo da influência de ondas, possivelmente com influência de correntes de turbidez. A fácies argilosa (AF2), lateralmente interdigitada com a fácies rítmica, representa o aprofundamento da bacia em direção ao oeste/sudoeste. A fácies rítmica (AF3) da Formação Rocinha representa ambiente plataformal de baixa energia, abaixo da zona de influência de ondas, cujos sedimentos areno-silto-argilosos traduzem provável instabilidade de uma área fonte distal em relação à bacia de sedimentação (Nogueira, 1993).

Por sua vez, a Formação Lagamar inicia com uma deposição de conglomerado e pelitos laminados intercalados. Esta AF4 corresponde ao Membro Arrependido. Estas litofácies sugerem sedimentação gravitacional por fluxo de detritos (*debris-flow*) em ambiente subaquoso do tipo *fan delta*. Quanto ao Membro Sumidouro da Formação Lagamar foi subdividida em três associações de fácies marinhas: associação de fácies (AF5) constituída por calcarenitos, calcilutitos com laminação fina, doloarenitos, dololutitos e com alguns níveis de brechas intraformacionais calcíferas e dolomíticas; Associação de

fácies (AF6) constituída por dolomitos estromatolíticos; Associação de fácies (AF7) é constituída por laminitos algais, calcários escuros, doloarenitos oncolíticos e intraclásticos. Estas litofácies carbonáticas do Membro Sumidouro permitem interpretar uma sedimentação de plataforma carbonática com fácies de água rasa até lagunar (laminitos algais), estrutura recifal (fácies de estromatólitos) e fácies de *fore reef*, ou seja, fácies de retrabalhamento por ondas nas estruturas recifais. Infere-se então três tipos de ambientes de plataforma carbonática: fácies de retrabalhamento, possivelmente também de inframaré, com brechas intraformacionais, doloarenitos e calcarenitos (AF5); Fácies inframaré a intermaré - biohermas estromatolíticas (AF6); Fácies lagunar e planície de maré (intermaré) - com calcários negros, dolarenitos oncolíticos e intraclásticos e laminitos algais ou microbialitos (AF7).

Subindo na estratigrafia segue-se a Formação Serra do Garrote constituída por pelitos e ritmitos com laminação planar, que corresponde à AF8, um ambiente plataformal abaixo da influência de ondas.

Em contato tectônico, ocorrem as Formações Serra da Saudade e Lagoa Formosa do Grupo Bambuí. A AF9 correspondente à Formação Serra da Saudade, na região é constituída por siltitos e arenitos com estratificação planar, interpretada como ambiente plataformal. Segundo Uhlein *et al.* (2004) ocorrem arenitos com estratificações *hummocky*, que caracteriza a fácies de tempestitos, portanto sedimentação plataformal sob ação de ondas de tempestades. E por fim a Formação Lagoa Formosa é constituída por diamictitos, arenitos e pelitos. Infere-se uma sedimentação marinha profunda, possivelmente com fácies de turbiditos corresponde à AF10. Este é um ambiente de sedimentação marinha profunda, apontando os diamictitos como *debris flows*, depositados em meio à sequência areno-silto-argilosa em bacia *foreland* (Uhlein *et al.*, 2011).

3.3 Geologia Estrutural

A área mapeada é atravessada por duas falhas principais. Uma bem marcada - aqui designada como falha de Lagamar I, foi identificada por Sanches (2012) e Misi *et al.* (2014). Esta falha é visível em fotointerpretação, marcada por lineamentos NE, e também uma zona de milonitização em escala de afloramento. A Falha de Lagamar I está entre as Formações Lagamar e Rocinha. A outra falha, aqui denominada como Falha de Lagamar II foi inicialmente identificada por Pinho e Dardenne (1994), e separa o Grupo Vazante do Grupo Bambuí. A falha de Lagamar II está orientada N-S a leste da cidade de Lagamar, e acompanha a diferença de relevo entre os morros da Formação Santo Antônio do Bonito (Grupo Vazante), e as regiões mais baixas e aplanadas do Grupo Bambuí. Na figura 5 estão ilustrados os perfis geológicos na área mapeada em Lagamar. Nela é possível verificar a posição destas duas falhas, bem como a disposição geral das camadas.

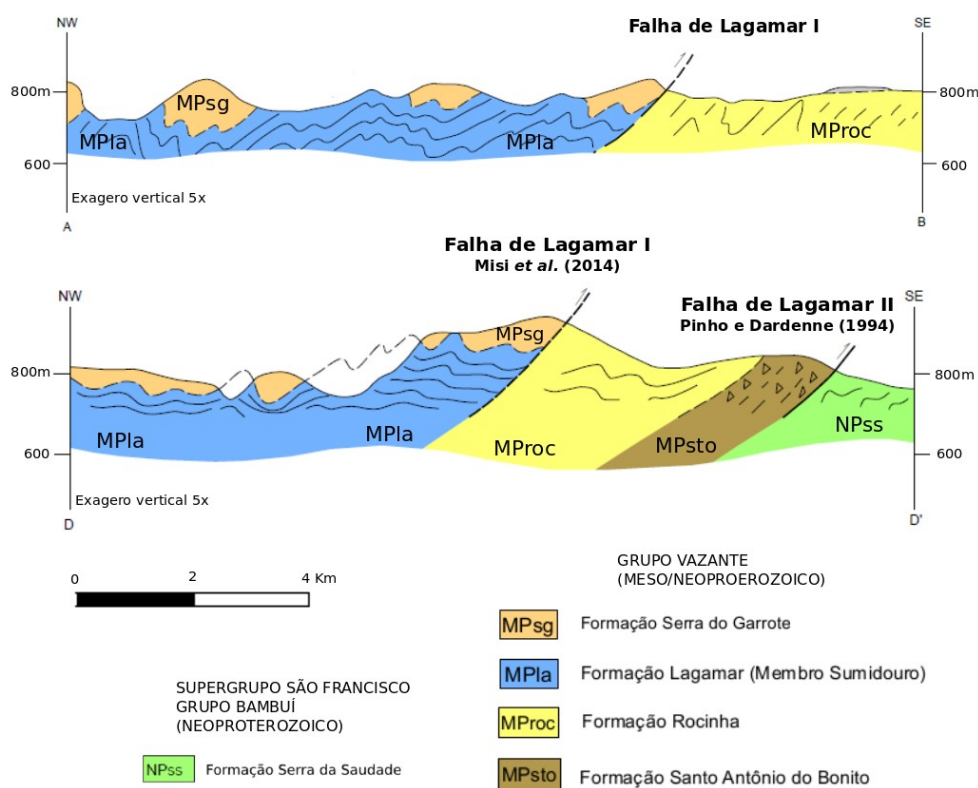


Figura 5. Perfis de campo orientados NW-SE.

A Falha de Lagamar I, situada a oeste da cidade, é uma falha inversa resultante de provável processo de inversão de uma antiga falha extensional. A falha de Lagamar II, situada a leste da cidade, que produziu inversão estratigráfica, possui semelhança com outras falhas inversas da Faixa Brasília e da transição para o Cráton.

Através de estereogramas de densidade, observa-se que no geral o acamamento (So) das camadas estão caindo para NW. A foliação Sn tem a mesma tendência mas com mergulhos maiores (figura 6).

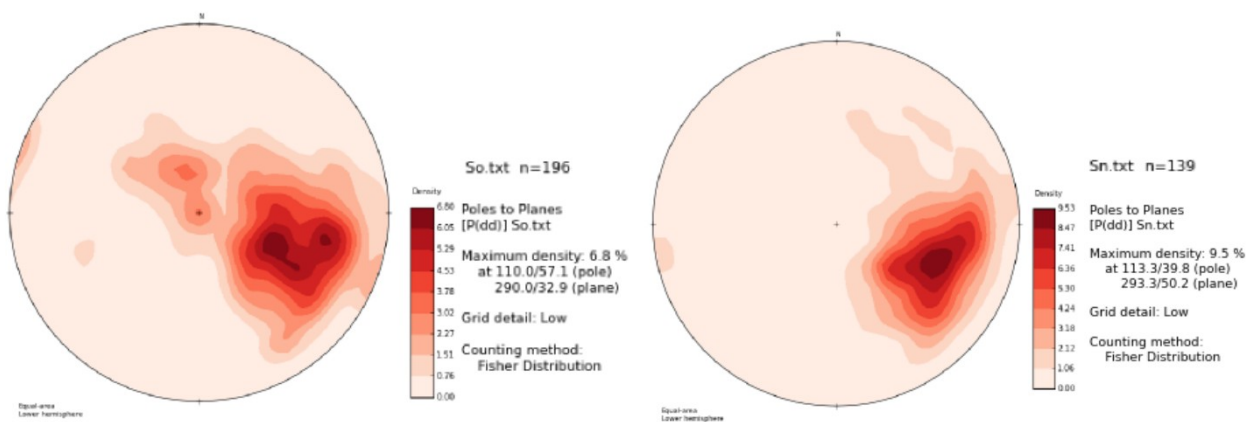


Figura 6. Estereogramas de densidade do acamamento (So) e da foliação (Sn) na região de Lagamar.

A deformação na área está relacionada com a orogenia brasileira. Inicialmente desenvolveram-se dobras assimétricas com vergência para leste, em direção ao Cráton do São Francisco. Estas dobras são mais apertadas nas rochas pelíticas, e mais abertas nos carbonatos.

4. QUIMIOESTRATIGRAFIA ISOTÓPICA

A quimioestratigrafia estuda as variações químicas ao longo de uma coluna estratigráfica e sedimentar. Os isótopos estáveis de carbono, oxigênio e estrôncio fornecem indícios para as condições ambientais da época de sedimentação. Kaufman & Knoll (1995),

Veizer *et al.* (1999), Jacobsen & Kaufman (1999), Walter *et al.* 2000, Halverson *et al.* (2005, 2007, 2010), apresentam propostas de curvas temporais que podem ser utilizadas para correlação entre as bacias carbonáticas. Quebras bruscas podem indicar importantes mudanças climáticas e/ou geotectônicas, bem como as tendências de valores permitem correlacionar a resposta isotópica com as condições paleoambientais. Com esta ferramenta e um estudo de litofácies, é possível fazer correlações intra e inter-baciais.

Halverson *et al.* (2005) resumem o comportamento isotópico do carbono no Neoproterozóico. Nas sequências carbonáticas que sucedem os eventos glaciais do Neoproterozóico, a curva isotópica de carbono mostra uma tendência constante de aumento nos valores de $\delta^{13}\text{C}$, começando em torno de -5‰ ou -3‰ passando rapidamente para valores positivos em direção ao topo das seções (Kennedy *et al.*, 1998; Hoffman e Schrag, 2002).

Em relação à curva de evolução da razão isotópica $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ durante o Neoproterozóico, esta é calibrada em relação aos dados radiométricos e correlações de diferentes sucessões mostra um aumento sistemático desta razão desde valores de 0.7055 até valores de 0.7085 (Halverson *et al.*, 2007). Nessa compilação observa-se um aumento constante, de longa duração, interrompido por declínios na base do 'Bitter Springs Stage' (Halverson *et al.*, 2005) e antes da glaciação *Sturtian*. A glaciação *Sturtian* é limitada por valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ entre 0.7067 e 0.7069 e a glaciação *Marinoan* por valores entre 0.7071 e 0.7073. O período Ediacarano é caracterizado por um expressivo aumento na razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ passando de 0.7072 há ca. 635 Ma para 0.7085 há ca. 542 Ma (Kaufman *et al.*, 1993). Os valores mais baixos de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ no Neoproterozóico coincidem com o estágio final de formação do supercontinente Rodínia (Meert e Torsvik, 2003). Por outro lado, o substancial aumento na razão de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ no Neoproterozóico Médio provavelmente coincide com a fase inicial de quebra do supercontinente Rodínia, enquanto as variações de

escala menor na razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ocorridas são atribuídas a eventos biogeoquímicos e/ou climáticos (Halverson *et al.*, 2007).

Nas sucessões de carbonatos depositados sobre o Cráton de São Francisco, as incursões negativas de $\delta^{13}\text{C}$ ocorrem em carbonatos de capa depositados como sequências pós-glaciais dos eventos Marinoano (~640Ma) e Esturtiano (~730Ma) (Martins&Lemos, 2007).

No seu trabalho de mestrado, Oliveira (2013) elaborou um estudo quimioestratigráfico na Formação Serra do Poço Verde e base da Formação Morro do Calcário no Grupo Vazante. A curva do $\delta^{13}\text{C}$ apresenta valores entre -4,12‰ e +3,35‰, sendo 80% das amostras de valores positivos com 55% concentrados entre 0,00‰ a 1,50‰. O comportamento do $\delta^{18}\text{O}$ ao longo do perfil é instável com valores entre -8,60‰ a +0,06‰ sendo o limite máximo o único valor positivo da curva. Os valores estão concentrados 82% dos valores estão concentrados entre -4,00‰ a -2,50‰, com dois picos de maior frequência em -4,50‰ e -2,50‰ (PDB). Sanches (2012) estudou as razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ obtidas para os fosfatos dos depósitos de Lagamar e Rocinha inseridos na Formação Rocinha do Grupo Vazante. Estes valores variam em torno de 0,70760 e 0,70791, ou seja, dentro da faixa esperada para o intervalo próximo a 650 Ma (Criogeniano superior) na curva de variação da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ durante o Neoproterozóico e Cambriano (Halverson *et al.*, 2007). Estes valores aproximam-se de valores Ediacarianos do Grupo Bambuí, cujos valores de razão de Sr para a Formação Sete Lagoas é 0,70739 (Misi *et al.*, 2007). Alvarenga *et al.* (2014) comparam valores da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ do Grupo Paranoá com valores do Grupo Bambuí na Serra de São Domingos (MG). Os carbonatos do Grupo Paranoá superior (Mesoproterozoico) mostram razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ variando entre 0,7056 e 0,7068, enquanto que nos carbonatos do Grupo Bambuí possuem valores ligeiramente mais elevados entre 0,7074 e 0,7080 (Ediacarano – Neoproterozoico).

4.1 Coleta de amostras e procedimentos analíticos

Foram descritos 2 furos de sondagem das empresa Galvani – Unidade de Lagamar e uma lavra e um furo de sondagem da CALA (Calcários de Lagamar). Os furos de sondagem da Galvani estão 45° com superfície e perpendicular às camadas rochosas. Foram coletadas 23 amostras: 11 do furo F230A, e 4 do CD05. Na empresa CALA, foram descritos 1 furo de sondagem de uma antiga lavra e uma bancada da atual lavra Geraldo Américo. O furo de sondagem da CALA é vertical e perpendicular às camadas da rocha. Deste furo foram coletadas 30 amostras de calcário. Na bancada da atual lavra, a descrição foi elaborado na vertical, e foram coletadas 10 amostras. Na figura 7 está um mapa de localização dos perfis quimioestratigráficos e descrição de litotipos amostrados.

Para as análises isotópicas de carbono e oxigênio, as amostras foram pulverizadas aproximadamente 1g utilizando uma furadeira com uma broca de ponta diamantada em porções de rocha pura, carbonática, homogênea, e sem veios, para evitar a contaminação das análises. As amostras foram analisadas no LABISE - Laboratório de Isótopos Estáveis da Universidade Federal de Pernambuco. Após a amostra pulverizada ter reagido 100% do ácido ortofosfórico a 25°C por um dia (3 dias quando na presença de dolomita), o gás CO₂ liberado foi analisado depois de uma limpeza criogénica no espectrometro de massa *Thermo Finnigan Delta V Advantage*. Os valores $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ são apresentados em per mil (‰) com base no padrão *Vienna Pee Dee Belemnite* (VPDB). A precisão das análises é de 0,1 ‰ para o carbono e 0,2 ‰ para o oxigênio, com base em múltiplas análises de um padrão interno do laboratório (BSC). Seis amostras de calcário com 13g cada, usadas para analisar os isótopos de estrôncio no Laboratório de Isótopos Estáveis da Universidade de Brasília. As amostras de litoquímica foram analisadas no laboratório da ALS *Chemex*, Vespasiano MG. Para esta análise química foram separadas 10g de amostras de furos e bancadas para controle quimioestratigráfico. A composição química

das amostras foi usada para avaliar os efeitos dos processos diagenéticos, considerando as razões Mn/Sr e a quantidade de Sr preservado.

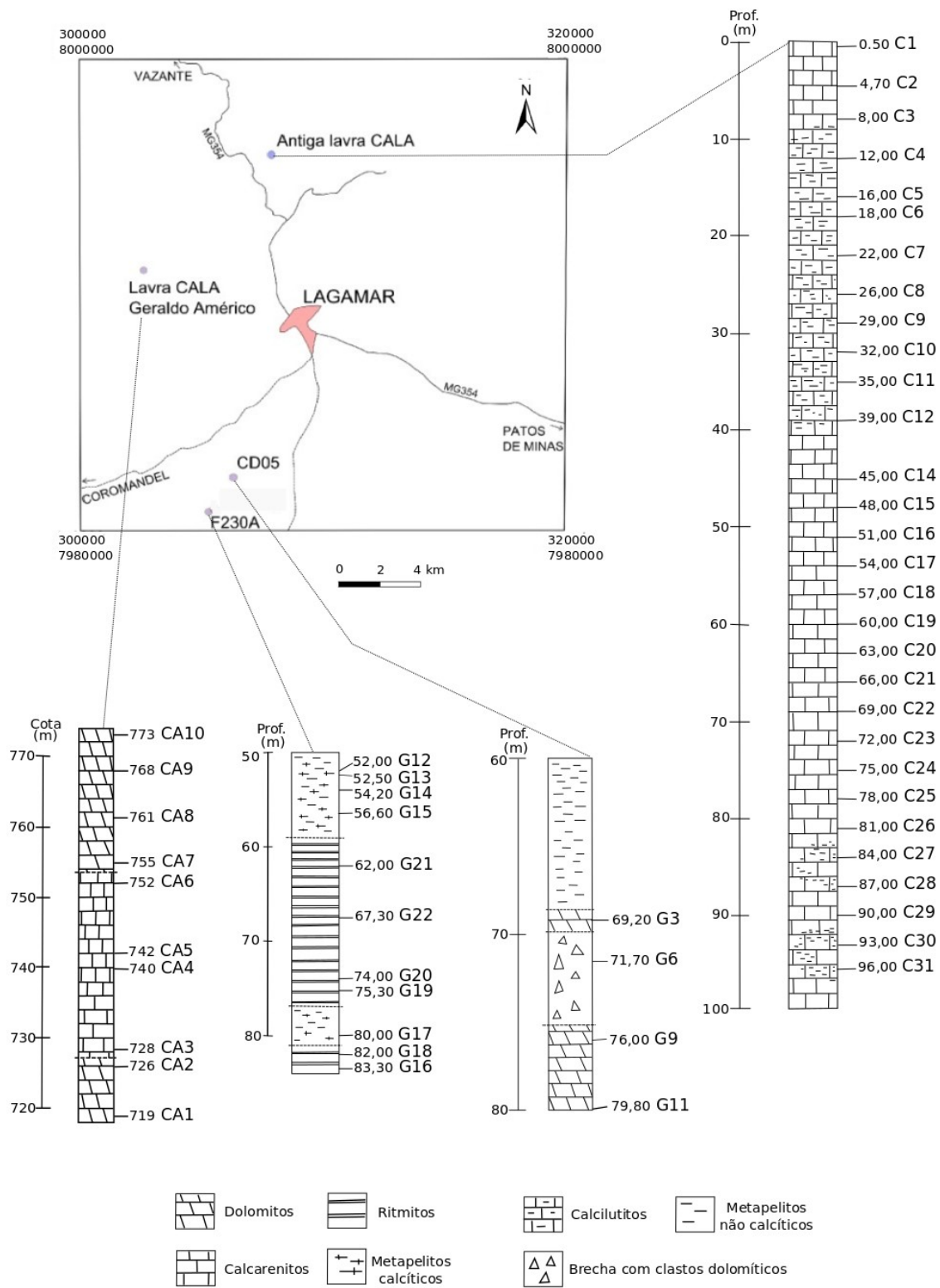


Figura 7. Mapa de localização dos furos de sondagem e bancada da lavra da amostrados para estudo isotópico e descrição de litotipos.

5.2 Resultados das análises de isótopos estáveis de carbono, oxigênio e estrôncio

Diagramas $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ são apresentados na figura 8 e os dados usados para elaboração dos perfis quimioestratigráficos estão na Tabela 1. Os 4 perfis quimioestratigráficos com as curvas de $\delta^{13}\text{C}$ ($_{\text{VPDB}}$) e $\delta^{18}\text{O}$ ($_{\text{VPDB}}$) estudados na região de Lagamar estão compilados na figura 9. Ao longo dessa perfilagem estão plotados também valores da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$.

Os diagramas da Figura 8 mostram uma certa covariação dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ através do cálculo estatístico de R^2 . Os valores de R^2 mostram uma covariância de média a alta ($R^2 = 0,77; 0,68; 0,95; 0,75$). Perfis pouco espessos e amostragem diminuta mostram maiores covariações, o que pode indicar somente uma questão estatística, como se verifica no CD05 com $R^2 = 0,95$, embora o mesmo não se verifique nas curvas do seu perfil quimioestratigráfico. No caso do Furo Antiga lavra CALA, as curvas $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ têm a mesma tendência sobretudo no nível da amostra C6 e C23, sugerindo um certo grau de modificação isotópica diagenética.

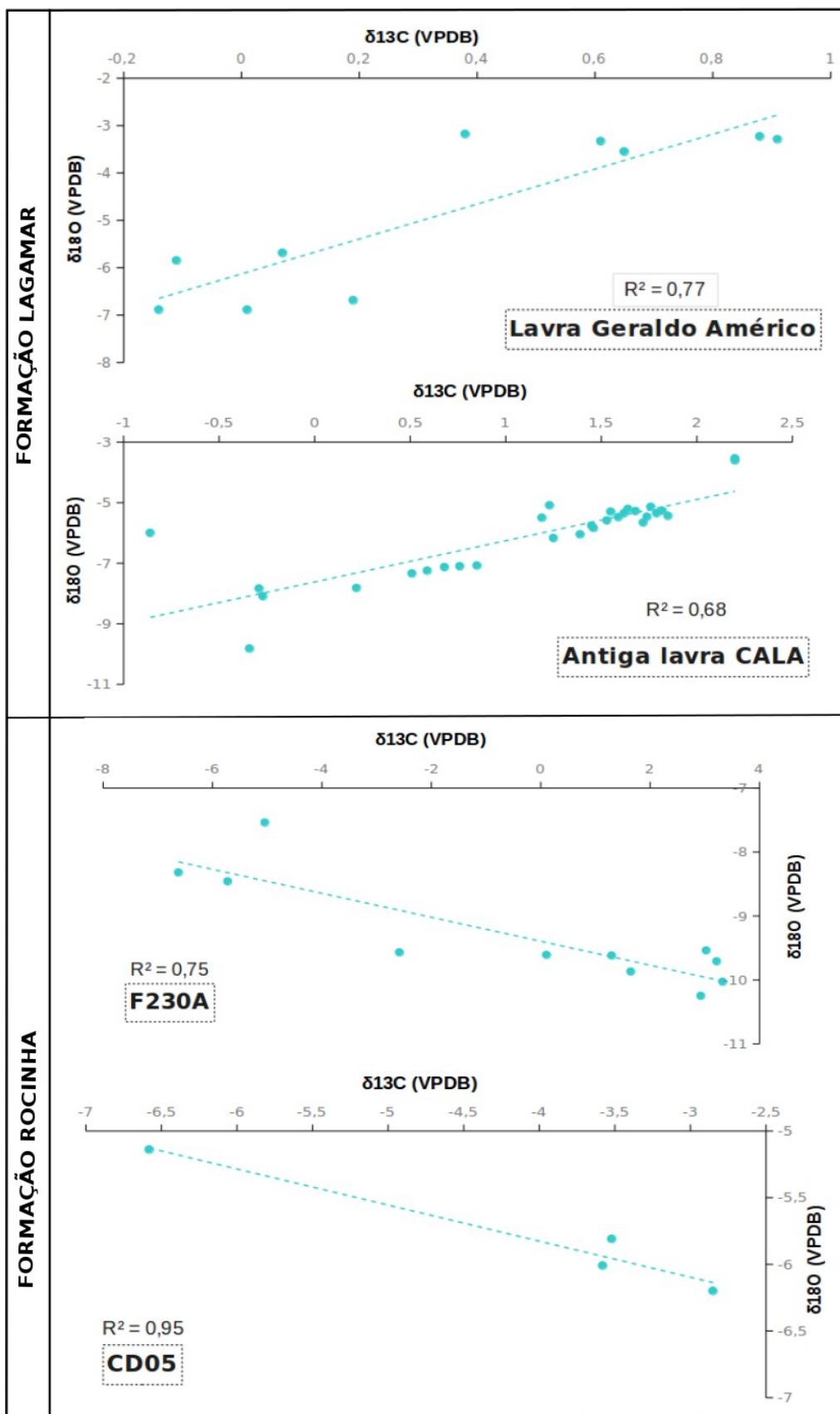


Figura 8. Diagramas $\delta^{13}\text{C}$ vs $\delta^{18}\text{O}$ de seções amostradas na Formação Rocinha e Lagamar.

Lavra Geraldo Américo - Formação Lagamar

AMOSTRA	$\delta^{13}\text{C}$ (‰ _{V-PDB})	$\delta^{18}\text{O}$ (‰ _{V-PDB})	Altura (m)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Mn (ppm)	Sr (ppm)	Mn/Sr
CA1	0.88	-3.23	719	-	-	-	-
CA2	0.38	-3.18	726	-	-	-	-
CA3	-0.14	-6.89	728	0,70788 +/-1	5,60	720,0	0,008
CA4	-0.11	-5.85	740	-	-	-	-
CA5	0.19	-6.69	742	0,70685 +/-1	8,7	980,0	0,009
CA6	0.01	-6.89	752	0,70685 +/-1	2,8	980,0	0,003
CA7	0.61	-3.33	755	-	-	-	-
CA8	0.91	-3.29	761	-	-	-	-
CA9	0.65	-3.55	768	-	-	-	-
CA10	0.07	-5.69	773	-	-	-	-

Antiga Lavra CALA - Formação Lagamar

AMOSTRA	$\delta^{13}\text{C}$ (‰ _{V-PDB})	$\delta^{18}\text{O}$ (‰ _{V-PDB})	Prof. (m)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Mn (ppm)	Sr (ppm)	Mn/Sr
C1	1.25	-6.17	0,50	-	-	-	-
C2	1.39	-6.05	4,70	-	-	-	-
C3	1.45	-5.76	8,00	-	-	-	-
C4	1.72	-5.66	12,00	-	-	-	-
C5	1.19	-5.50	16,00	-	-	-	-
C6	-0.27	-8.09	18,00	0,70718 +/-1	3,8	1490,0	0,003
C7	1.82	-5.27	22,00	-	-	-	-
C8	1.46	-5.84	26,00	-	-	-	-
C9	1.59	-5.48	29,00	-	-	-	-
C10	1.62	-5.35	32,00	-	-	-	-
C11	1.23	-5.09	35,00	-	-	-	-
C12	1.76	-5.14	39,00	-	-	-	-
C14	2.20	-3.61	45,00	-	-	-	-
C15	1.55	-5.30	48,00	-	-	-	-
C16	1.74	-5.47	51,00	-	-	-	-
C17	1.68	-5.28	54,00	-	-	-	-
C18	1.64	-5.21	57,00	0,70679 +/-1	2,5	2630,0	0,001
C19	1.79	-5.35	60,00	-	-	-	-
C20	1.53	-5.59	63,00	-	-	-	-
C21	-0.86	-6.00	66,00	-	-	-	-
C22	1.85	-5.44	69,00	-	-	-	-
C23	2.20	-3.54	72,00	-	-	-	-
C24	0.59	-7.25	75,00	-	-	-	-
C25	0.51	-7.34	78,00	-	-	-	-
C26	0.76	-7.10	81,00	-	-	-	-
C27	0.85	-7.08	84,00	-	-	-	-
C28	0.68	-7.13	87,00	-	-	-	-
C29	-0.29	-7.84	90,00	-	-	-	-
C30	0.22	-7.82	93,00	-	-	-	-
C31	-0.34	-9.82	96,00	-	-	-	-

F230A - Formação Rocinha

AMOSTRA	$\delta^{13}\text{C}$ (‰ _{V-PDB})	$\delta^{18}\text{O}$ (‰ _{V-PDB})	Prof. (m)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Mn (ppm)	Sr (ppm)	Mn/Sr
G12	-5.04	-7.54	52,00	-	-	-	-
G13	-5.72	-8.46	52,50	-	-	-	-
G14	-6.62	-8.32	54,20	-	-	-	-
G15	1.30	-9.62	56,60	-	-	-	-
G21	3.33	-10.03	62,00	0,70766 +/-1	10,0	6140,0	0,002
G22	2.93	-10.25	67,30	-	-	-	-
G20	3.03	-9.54	74,00	-	-	-	-
G19	3.22	-9.71	75,30	-	-	-	-
G17	1.65	-9.87	80,00	-	-	-	-
G18	0.11	-9.61	82,00	-	-	-	-
G16	-2.58	-9.57	83,30	-	-	-	-

CD05 - Formação Rocinha

AMOSTRA	$\delta^{13}\text{C}$ (‰ _{V-PDB})	$\delta^{18}\text{O}$ (‰ _{V-PDB})	Prof. (m)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Mn (ppm)	Sr (ppm)	Mn/Sr
G3	-6.58	-5.14	69,20	-	-	-	-
G6	-3.52	-5.81	71,70	-	-	-	-
G9	-2.85	-6.20	76,00	-	-	-	-
G11	-3.58	-6.01	79,80	-	-	-	-

Tabela 1. Valores de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, e litoquímica de Mn e Sr para amostras de bancada e furos de sondagem das formações Lagamar e Rocinha na região de Lagamar.

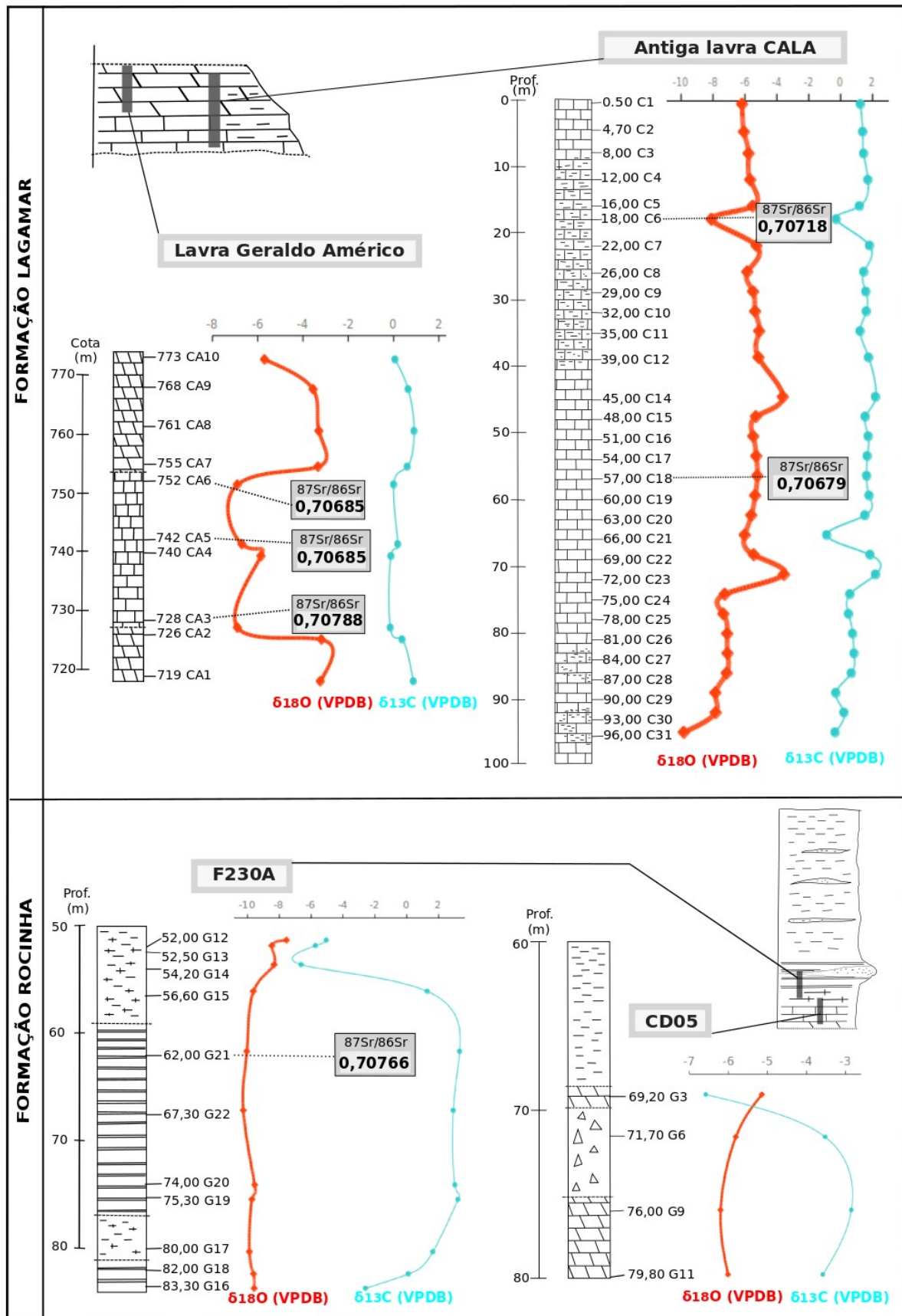


Figura 9. Perfis quimioestratigráficos nas formações Rocinha e Lagamar na região de Lagamar, e sua posição aproximada na coluna estratigráfica local.

A Formação Lagamar, a partir das amostras da lavra Geraldo Américo, mostra valores de entre -0,14 e 0,91‰ e de $\delta^{18}\text{O}$ de -6,89 a -3,18‰. No furo da antiga lavra da CALA os valores de carbono mostram-se bem constantes, variando entre -0,86 e 2,2‰, e os valores de oxigênio entre -9,82 e -3,54‰. Na lavra Geraldo Américo observa-se uma variação no padrão da curva de carbono, que acompanha a mudança de litotipo entre calcários e dolomitos, sendo os valores de $\delta^{13}\text{C}$ ligeiramente menores nos calcários. A curva de oxigênio acompanha parcialmente esta variação. Ou seja, para as amostras da lavra Geraldo Américo, aparenta existir um controle mais litológico do que paleoambiental nos valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$, provavelmente devido a uma alteração pós-deposicional.

Na Formação Rocinha, no furo CD05, temos valores de isótopos de carbono entre -6,58 e -2,85‰ e isótopos de oxigênio entre -6,20 e -5,14‰. No furo F230A os valores de carbono ficam entre -6,62 e 3,33‰ e os de oxigênio entre -10,25 e -7,54‰. Os valores negativos de carbono do furo F230A devem-se ao depósito fosfático. Esta curva negativa é particularmente visível no nível das amostras G12, G13 e G14. Os fosforitos sedimentares depositam-se em níveis de mar alto em áreas de *upwelling*. O fósforo deposita-se no fundo do mar misturado com detritos orgânicos e é enterrado com os sedimentos (Boggs, 2006). A produção de matéria orgânica é o principal mecanismo responsável pelo fracionamento isotópico do carbono estável, que ocorre fundamentalmente por meio da fotossíntese. Neste processo é utilizado preferencialmente o ^{12}C , acarretando num enriquecimento relativo do meio (água do mar) em ^{13}C e, portanto, uma elevação dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ em precipitados químicos (Schidlowski *et al.* 1983). Esta acumulação de matéria orgânica nos fosforitos causa um enriquecimento em ^{12}C (carbono orgânico) e conseqüentemente os valores da razão $\delta^{13}\text{C}$ diminuem (Vieira,

2007). No perfil do furo F230A verifica-se ainda que há uma ausência de co-variação entre carbono e oxigênio nos níveis fosfáticos.

A razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ da Formação Lagamar apresenta três amostras com valores de 0,70679 e 0,70685, e outras duas com razões um pouco mais elevadas (0,70718 e 0,70788). Esses valores podem indicar idades Neoproterozoicas, do Toniano ao Criogineano, na curva de Halverson *et al.* (2010). Porém, esses valores mais baixos e mais frequentes também são encontrados em carbonatos do Grupo Paranoá, interpretados como representativos de uma bacia de margem passiva do final do Mesoproterozoico (Alvarenga *et al.*, 2007, 2014).

Uma amostra da Formação Rocinha apresenta razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de 0,70766. Razões acima de 0,707 são geralmente interpretadas como de idade do final do Neoproterozoico, mais jovem do que 700Ma (Halverson *et al.*, 2010). Valores iguais também são encontrados em rochas carbonáticas do Grupo Bambuí por todo o Cráton do São Francisco (Babinski *et al.*, 2007; Misi *et al.*, 2007; Caxito *et al.*, 2012; Alvarenga *et al.*, 2014). Assim, provavelmente, as rochas da Formação Rocinha possuem idades do final do Neoproterozoico, na passagem do Criogeniano para o Ediacarano.

6. CONCLUSÕES

Na região da cidade de Lagamar foram mapeadas as formações Santo Antônio do Bonito, Rocinha, Lagamar e Serra do Garrote no Grupo Vazante, e no Grupo Bambuí as formações Serra da Saudade e Lagoa Formosa.

Estas formações formam sequências marinhas costeiras, e foram individualizadas em 10 associações de fácies (AF). A AF1 foi interpretada como um ambiente glacio-marinho correspondente à unidade litoestratigráfica Santo Antônio do Bonito. A Formação Rocinha divide-se em duas associações de fácies de ambiente plataformal, onde a AF2

representa uma porção mais profunda e abaixo do nível de ondas do que a AF3. A AF4 é uma deposição do tipo *fan delta* e o início da deposição da Formação Lagamar (Membro Arrependido). A AF5, AF6, e AF7 correspondem a sub-ambientes dentro de uma plataforma carbonática influenciada por ondas e marés, correspondente ao Membro Sumidouro da Formação Lagamar. Estes sub-ambientes são respectivamente inframaré, inframaré a intermaré (*patch reef*), e intermaré (laguna). A Formação Serra do Garrote está representada pela AF8, com características plataformais. A AF9 e AF10 correspondem respectivamente às Formações Serra da Saudade e Lagoa Formosa. Ambas representam ambiente plataformal, mas no caso da AF10 um ambiente plataformal com fluxo de detritos.

Duas importantes falhas inversas foram identificadas, e designadas como falha de Lagamar I e II. A falha de Lagamar I colocou as formações Serra do Garrote e Lagamar mais antigas, em cima das formações Rocinha e Santo Antônio do Bonito. A falha de Lagamar II inverteu as formações do Grupo Vazante (Rocinha e Santo Antônio do Bonito) em cima das formações do Grupo Bambuí (Serra da Saudade e Lagoa Formosa).

Os valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ podem indicar idade mesoproterozoica a neoproterozoica (Toniano/Criogeniano) para a Formação Lagamar, e idade neoproterozoica (Criogeniano/Ediacarano) para a Formação Rocinha. Estes dados de estrôncio para a Formação Rocinha, se comprovados, poderiam indicar uma correlação quimioestratigráfica com o Grupo Bambuí. Estes dados isotópicos de estrôncio corroboram a geologia estrutural local, ou seja, a falha de Lagamar I inverteu a estratigrafia, colocando a Formação Lagamar mais antiga em cima da Formação Rocinha mais jovem.

Os perfis quimioestratigráficos nas formações Rocinha e Lagamar do Grupo Vazante mostram que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ ficam negativos nos níveis fosfáticos, onde a quantidade de matéria orgânica é maior.

7. AGRADECIMENTOS

À CAPES - Coord. de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior, pela bolsa de pesquisa de Pós-graduação. À CPRM - Serviço Geológico do Brasil (Belo Horizonte), equipe de Projeto Vazante-Paracatu I, em especial ao Dr. Claiton P. Pinto e Dr. Marcos C. Baptista pelo troca de informações cartográficas e geológicas da região. À empresa Votorantim Metais – Vazante pelo financiamento dos trabalhos de campo. Às empresas Galvani – Unidade de Lagamar e CALA (Calcários de Lagamar) pelo acesso das amostras dos furos de sondagem. E ao pessoal técnico do LABISE – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e Laboratório Isótopos Estáveis – Universidade de Brasília (UnB), pela realização das análises de isótopos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alkmim F.F. 2004. O que faz de um cráton um cráton? O cráton do São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo. *In*: Mantesso-Neto, V. et al. (ed.) Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, p. 17-34, São Paulo, Beca, 647p.

Alkmim, F.F., Martins-Neto, M.A., 2012. Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco carton, eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, 33: 127-139.

Almeida F.F.M., 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 7 (4): 349-364.

- Alvarenga, C.J.S., Della Giustina, M.E.S., Silva, M.G.C., Santos, R.V., Gioia, S.M.C., Guimarães, E.M., Dardenne, M.A., Sial, A.N., Ferreira, V.P., 2007. Variações dos isótopos de C e Sr em carbonatos pré e pós-glaciação Jequitaí (Esturtiano) na região de Bezerra-Formosa, Goiás. *Revista Brasileira de Geociências* 37, 147–155.
- Alvarenga, C.J.S.; Santos, R.V.; Vieira, L.C.; Lima, B.A.F.; Mancini, L.H. 2014. Meso-Neoproterozoic isotope stratigraphy on carbonates platforms in the Brasilia Belt of Brazil. *Precambrian Research*, v. 251, p. 164-180.
- Babinski, M., Vieira, L.C., Trindade, R.I.F., 2007. Direct dating of the Sete Lagoas cap carbonate (Bambuí Group, Brazil) and implications for the Neoproterozoic glacial events. *Terra Nova* 19, 401–406.
- Bertoni, M.E.; Rooney, A.D.; Selby, D.; Alkmim, F.F.; Le Heron, D.P. 2014. Neoproterozoic Re–Os systematics of organic-rich rocks in the São Francisco Basin, Brazil and implications for hydrocarbon exploration. *Precambrian Research* 255: 355–366.
- Boggs, Jr.S. 2006. *Principles of Sedimentology and Stratigraphy* (4th ed.) Pearson Prentice Hall.
- Caxito F.A., Halverson G.P., Uhlein A., Stevenson R., Dias T.G., Uhlein G.J. 2012. Marinoan glaciation in east central Brazil. *Precambrian Research*, 200-203: 38-58.
- Cloud, P.E. & Dardenne, M.A. 1973. Proterozoic age of the Bambuí Group in Brazil. *Geological Society of America Bulletin*, 84:1673-1676.
- Costa, M.T.da & Branco, J.J.R., 1961. Série Bambuí – Roteiro para excursão Belo Horizonte – Brasília. In: *Congr. Bras. de Geologia*, 14, Belo Horizonte, Publicação 15, UFMG.

- Dardenne, M.A. & Campos Neto, M.C. 1976. Geologia da região de Lagamar, Minas Gerais. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 29, Anais, p.17.
- Dardenne M.A. 1978. Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 30 (2): 597-610.
- Dardenne, M.A., 1979. Les minéralisations de plomb,zinc, flúor du Proterozoïque Supérieur dans Le Brésil Central, University of Paris VI, Doctorate thesis 251p.
- Dardenne M. A., Freitas-Silva F. H., Souza J. C. F., Campos J. E. G. 1998. Evolução tectonosedimentar do Grupo Vazante no contexto da Faixa de Dobramentos Brasília. In: SBG, XXXX Congresso Brasileiro de Geologia, Belo Horizonte, Resumos, p. 26.
- Dardenne, M.A., 2000. The Brasília fold belt. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A. (Eds.) Tectonic Evolution of South América, 231-264.
- Dardenne M.A., 2001. Lithostratigraphic sedimentary sequences of the Vazante Group. In: A. Misi & J.B.G. Teixeira (eds.) Proterozoic Base Metal Deposits of Africa and South America, IGCP 450 1st Field Workshop, Belo Horizonte and Paracatu, Brazil, p. 48-50.
- Dardenne, M.A.; Campos, J.E.G.; Campos Neto, M.C. 2005. Estromatólitos colunares no Sumidouro do Córrego Carrapato, Lagamar (MG) - Registro de construções dolomíticas cilindro-cônicas por ciano-bactérias no Proterozóico do Brasil. In: Winge,M.; Schobbenhaus,C.; Berbert-Born,M.; Queiroz,E.T.; Campos,D.A.; Souza,C.R.G. (Edit.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil.
- Fuck R.A., Jardim de Sá E.F., Pimentel M.M., Dardenne M.A. & Pedrosa-Soares A.C. 1993. As faixas de dobramentos marginais do Cráton do São Francisco: síntese do

- conhecimento. In: Dominguez J.M.L. & Misi A. (eds). O Cráton do São Francisco. SBG/SGM/CNPq, Salvador, 121-146.
- Fuck, R.A., Pimentel, M.M., Soares J.E., Dantas, E. L. 2005. Compartimentação da Faixa Brasília. In: Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, 9, Anais, p.26-27.
- Geboy, N.J.; Kaufman, A.J.; Walker, R.J.; Misi, A.; Oliveira, T.F.; Miller, K.E.; Azmy, K.; Kendal, B.; Poulon, S.W. 2013. Re–Os age constraints and new observations of Proterozoic glacial deposits in the Vazante Group, Brazil. *Precambrian Research*, 238: 199–213.
- Halverson G.P., Hoffman P.F., Schrag D.P., Maloof A.C. 2005. Toward a Neoproterozoic composite carbon-isotope record. *Geological Society of America*, 117(9): 1181-1207.
- Halverson G.P., Dudás F.O., Maloof A.C., Bowring S.A. 2007. Evolution of the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ composition of Neoproterozoic seawater, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 256: 103–129
- Halverson G.P., Wade, B.P., Hurtgen M.T. & Barovich, K. M. 2010. Neoproterozoic chemostratigraphy. *Precambrian Research*, 182: 337–350.
- Hoffman, P.F. & Schrag, D.P., 2002. The Snowball Earth hypothesis: testing the limits of global change. *Terra Nova*, 14(3): 129-155.
- Jacobsen S. & Kaufman A. 1999. The Sr, C and O isotopic evolution of the Neoproterozoic seawater. *Chemical Geology*, 161:37-57.
- Kaufman, A., Jacobsen, S., Knoll, A., 1993. The Vendian record of Sr and C isotopic variations in seawater: implications for tectonics and paleoclimate. *Earth and Planetary Science Letters*, 120: 409–430.

- Kaufman A.J. & Knoll A.H. 1995. Neoproterozoic variations in the C-isotopic compositional of seawater: Stratigraphic and biogeochemical implications. *Precambrian Research*, 73: 27-49.
- Kennedy, M.J., Runnegar, B., Prave, A.R., Hoffmann, K.H., Arthur, M. 1998. Two or four Neoproterozoic glaciations?. *Geology* 26, 1059-1063.
- Martins-Neto, M.A., Alkmin, F.F., 2001. Estratigrafia e evolução tectônica das bacias neoproterozóicas do paleocontinente São Francisco e suas margens: registro da quebra da Rodínia e colagem de Gondwana. In: Pinto C.P., Martins-Neto M.A. (Eds.), *Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais*, SBG/MG, pp.9-30.
- Martins M. & Lemos V.B. 2007. Análise estratigráfica das sequências neoproterozoicas da Bacia do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 37(4-suplemento):156-167.
- Meert, J.G. e Torsvik, T.H. 2003. The making and unmaking of a supercontinent: Rodinia revisited. *Tectonophysics*, 375: 261-288
- Misi, A.; Kaufman, A.J.; Veizer, J.; Powis, K.; Azmy, K.; Boggiani, P.C.; Gaucher, C.; Teixeira, J.B.G; Sanches, A.L.; Lyver, S.S.S. 2007. Chemostratigraphic Correlation of Neoproterozoic Successions in South America. *Chem. Geol.* 237: 161-185.
- Misi, A.; Azmy, K.; Kaufman, A.J.; Oliveira, T.F.; Sanches, A.L.; Oliveira, G.D. 2014. Review of the geological and geochronological framework of the Vazante sequence, Minas Gerais, Brazil: Implications to metallogenic and phosphogenic models. *Ore Geology Reviews*, 63: 76-90.

- Nogueira, G.M.S., 1993. Enquadramento litoestratigráfico, sedimentologia e evolução geoquímica do Depósito Fosfático de Lagamar, MG - Formação Vazante – Proterozóico Médio. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília. 134p.
- Oliveira, G. D., 2013. Reconstrução Paleoambiental e Químioestratigrafia dos Carbonatos Hospedeiros do depósito de Zinco Silicatado de Vazante, MG. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 95p.
- Pedrosa-Soares, A.C., Alkmim, F.F., Tack, L., Noce, C.M., Babinski, M., Silva, L.C., Martins-Neto, M., 2008. Similarities and differences between the Brazilian and African counterparts of the Neoproterozoic Araçuaí-West Congo Orogen. In: Pankhurst, J.R., Trouw, R.A.J., Brito Neves, B.B., De Wit, M.J. (Eds.), West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations across the South Atlantic Region. Geological Society of London, Spec.Publ., 294, pp. 153 e172.
- Pimentel, M.M., Dardenne, M.A., Fuck, R.A., Viana, M.G., Junges, S.L., Fischel, D.P., Seer, H., Dantas, E.L. 2001. Nd Isotopes and the Provenance of Detrital Sediments of the Neoproterozoic Brasília Belt, Central Brazil. Jour. South American Earth Science, 14(6): 571-585.
- Pimentel, M. M.; Rodrigues, J. B.; Della Giustina, M. E. S; Junges, S; Matteini M. e Armstrong R. 2011. The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil, based on SHRIMP and LA-ICPMS UePb sedimentary provenance data: A review. Journal of South American Earth Sciences 31, p.345 a 357.
- Pinho, J.M.M. & Dardenne, M.A., 1994. Caracterização da falha de Lagamar, NW de Minas Gerais. 46º Congresso Brasileiro de Geologia. Camboriú, SC. Anais de resumos expandidos. p. 246-247.

- Rodrigues, J.B., Pimentel, M.M., Buhn B., Matteini M., Dardenne, M.A. Alvarenga, C.J.S. & Armstrong. R.A. 2012. Provenance of the Vazante Group: New U–Pb, Sm–Nd, Lu–Hf isotopic data and implications for the tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt. *Gondwana Research* 21: 439–450.
- Sanches, A.L. 2012. Fosforitos Neoproterozóicos dos Grupos Vazante (MG) e Una (BA): Origem, Idades e Correlações. Tese de Doutorado, Universidade Federal da Bahia, 158p.
- Schidlowski M., Hayes J.M., Kaplan I.R. 1983. Isotopic inference of ancient biochemistries: carbon, sulfur, hydrogen and nitrogen. In: Schopf, J.M. (ed.), *Earth's Earliest Biosphere, its origin and Evolution*. Princeton University Press, p.149-186.
- Uhlein, A.; Baptista, M.C.; Seer, H.J.; Caxito, F.A.; Uhlein, G.J.; Dardenne, M.A. 2011. A Formação Lagoa Formosa, Grupo Bambuí (MG): Sistema Depositional de Leque Submarino em Bacia de Ante-País. *Geonomos* 19(2): 163-172.
- Veizer, J.; Ala, D.; Azmy, K.; Bruckschen, P., Bruhn, F; Buhl, D. Carden, G.; Diener, A.; Ebner, S.; Goddard, Y., Jasper, T.; Korte, C.; Pawellek, F.; Podlaha, O; Strauss, H., 1999. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ evolution of Phanerozoic seawater. *Chemical Geology*, 161: 59-88.
- Valeriano C.M., Dardenne M.A., Fonseca M.A., Simões L.S.A., Seer, H.J. 2004. A Evolução Tectônica da Faixa Brasília. In: V. Mantesso Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B. Brito Neves (eds), *Geologia do Continente Sul-Americano – Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Beca, São Paulo, p. 575-592.

Vieira, L.C. A Formação Sete Lagoas (Grupo Bambuí) e as variações paleoambientais no final do Proterozóico. 2007. 190 pp. Tese (Doutorado) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

Walter M.R., Veevers J.J., Calver C.R., Gorgan P., Hill A.C. 2000. Dating the 840-544 Ma Neoproterozoic interval by isotopes of strontium, carbon, and sulfur in seawater, and some interpretative models. *Precambrian Research*, 100: 371-433.

10. CONCLUSÕES

Na região da cidade de Lagamar afloram rochas dos Grupos Vazante e Bambuí. Da base para o topo, no Grupo Vazante, foram identificadas as formações Santo Antônio do Bonito, Rocinha, Lagamar, e Serra do Garrote, e, no Grupo Bambuí, as formações Serra da Saudade e Lagoa Formosa. Estas unidades litoestratigráficas representam sequências sedimentares que se depositaram em diversos ambientes marinhos, variando desde costeiros até marinhos relativamente profundos. Foram individualizadas 10 associações de fácies (AF) que permitiram a identificação dos respectivos ambientes de sedimentação.

A AF1 foi interpretada como um antigo ambiente glácio-marinho correspondente à unidade litoestratigráfica Santo Antônio do Bonito. A Formação Rocinha divide-se em duas associações de fácies de ambiente plataformal, onde a AF2 representa uma porção mais profunda e abaixo do nível de ondas do que a AF3. A AF4 é uma deposição do tipo *fan delta*, marcando o início da deposição da Formação Lagamar (Membro Arrependido). A AF5, AF6, e AF7 correspondem a sub-ambientes dentro de uma plataforma carbonática influenciada por ondas e marés, correspondente ao Membro Sumidouro da Formação Lagamar. Estes sub-ambientes são respectivamente inframaré, inframaré a intermaré (*patch reef*), e intermaré (laguna). A Formação Serra do Garrote está representada pela AF8, com características plataformais. A AF9 e AF10 correspondem respectivamente às Formações Serra da Saudade e Lagoa Formosa. Ambas representam ambiente plataformal, mas no caso da AF10 um ambiente plataformal com fluxo de detritos.

Nesta região de Lagamar ficaram preservados evidências de dobramentos brasileiros através de falhas reversas e dobramentos de escala de afloramento e microscópica, sendo mais proeminente a deformação nos pelitos e menos nas rochas carbonáticas. Os eixos de dobras estão geralmente com caimento para SW, e as falhas mostram orientação SSW – NNE, com planos mergulhando para NW. Duas falhas principais destacam-se neste mapa. São duas falhas reversas principais, designadas aqui como falha de Lagamar I e II. A falha de Lagamar I colocou as formações Serra do Garrote e Lagamar mais antigas, em cima das formações Rocinha e Santo Antônio do Bonito. A falha de Lagamar II inverteu as formações do Grupo Vazante (Rocinha e Santo Antônio do Bonito), colocando-as em cima das formações do Grupo Bambuí (Serra da Saudade e Lagoa Formosa).

Os perfis quimioestratigráficos nas formações Rocinha e Lagamar do Grupo Vazante mostram que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ são geralmente próximos de zero (entre 0 e 2‰). Na Formação Lagamar, em amostras da lavra Geraldo Américo o perfil quimioestratigráfico é constituído por apenas 2 valores negativos de -0,14 e -0,11‰. No furo da Antiga lavra CALA, menos de 25% das amostras apresentam valores negativos entre -0,86 e -0,27‰, e os restantes variam de 0,22 até 2,20‰. Em relação à Formação Rocinha, o furo F230A inicia na porção basal com um valor

negativo de -2,58 ‰. Subindo a curva torna-se positiva com valores de 0,11 até 3,33‰. No topo os valores tornam-se negativos com valores de carbono entre -6,58 e - 2,85. Estes valores de carbono negativos deve-se à proximidade do depósito fosfático, onde a quantidade de matéria orgânica é maior.

Os valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ podem indicar idade mesoproterozoica a neoproterozoica (Toniano/Criogeniano) para a Formação Lagamar, e idade neoproterozoica (Criogeniano/Ediacarano) para a Formação Rocinha, que pode então ser correlacionada com o Grupo Bambuí. Estes dados isotópicos de estrôncio corroboram a geologia estrutural local, ou seja, a falha de Lagamar I inverteu a estratigrafia, colocando a Formação Lagamar mais antiga em cima da Formação Rocinha mais jovem.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahr, W.M. 1973. The carbonate ramp: an alternative to the shelf model. Transactions – Gulf Coast associations of geological societies, Vol. XXIII: 221-225.
- Alkmim F.F. & Martins-Neto M.A. 2001. A bacia intracratônica do São Francisco: arcabouço estrutural e cenários evolutivos. In: C.P. Pinto & M.A. Martins-Neto (eds.). A Bacia do São Francisco geologia e recursos naturais. SBG, Belo Horizonte, p. 9-30.
- Alkmim F.F. 2004. O que faz de um cráton um cráton? O cráton do São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo. In: Mantesso-Neto, V. et al. (ed.) Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, p. 17-34, São Paulo, Beca, 647p.
- Alkmim, F.F., Martins-Neto, M.A., 2012. Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco carton, eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, 33: 127-139.
- Allan, J.R.; Mattheus, R.K. 1982. Isotope signature with early meteoric diagenesis. *Sedimentology*, v.29, n.6, p.797-817.
- Almeida F. F. M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 7(4):349-364.
- Almeida, F. F. M., Hasui, Y., e Fuck, R, A. 1981. Brazilian structural provinces. *Earth Science*, 17: 1-29.
- Alvarenga, C.J.S.; Santos, R.V.; Vieira, L.C.; Lima, B.A.F.; Mancini, L.H. 2014. Meso-Neoproterozoic isotope stratigraphy on carbonates platforms in the Brasilia Belt of Brazil. *Precambrian Research*, v. 251, p. 164-180.
- Araújo, P.R. da R.; Flicoteaux, R.; Parron, C.; Trompette, R. 1992. Phosforites of rocinha mine – Patos de Minas (Minas Gerais, Brazil): genesis and evolution of a middle Proterozoic deposit tectonized by Brasiliano Orogeny. *Economic Geology*, Vol.87: 332-351.
- Azmy K., Veizer, J., Misi, A., Oliveira, T.F. de, Sanches, A.L., Dardenne, M.A. 2001. Dolomitizations an isotope stratigraphy of the Vazante Formation, São Francisco Basin, Brazil, *Precambrian Research*, 112: 303-329.

- Azmy K., Kaufman A. J., Misi A., Oliveira T. F. 2006. Isotope stratigraphy of the Lapa Formation, São Francisco Basin, Brazil: Implications for Late Neoproterozoic glacial events in South America. *Precambrian Research*, 149: 231-248.
- Azmy K., Kendall B., Creaser R. A., Heaman L., Oliveira T. F. 2008. Global correlation of the Vazante Group, São Francisco Basin, Brazil: Re-Os and U-Pb radiometric age constraints. *Precambrian Research*, 164: 160-172.
- Babinski M., Vieira L.C., Trindade R.I.F. 2007. Direct dating of the Sete Lagoas cap carbonate (Bambuú Group, Brazil) and implications for the Neoproterozoic glacial events. *Terra Nova*, 19: 401–406.
- Baker P.A., Gieskes J.M., Elderfield H. 1982. Diagenesis of carbonates in deep-sea sediments: evidence from Sr/Ca ratios and interstitial dissolved Sr²⁺ data. *Journal of Sedimentology and Petrology*, 52: 71–82.
- Baptista M.C. 2004. *Estratigrafia e Evolução Geológica da Região de Lagoa Formosa (MG)*. UFMG, Belo Horizonte. Dissertação de mestrado. 104 p.
- Bertoni, M.E.; Rooney, A.D.; Selbyb, D.; Alkmim, F.F; Le Heron, D.P. 2014. Neoproterozoic Re–Os systematics of organic-rich rocks in the São Francisco Basin, Brazil and implications for hydrocarbon exploration. *Precambrian Research* 255: 355–366.
- Brito Neves B.B., Neto, M C. C., & Fuck R. A. 1999. From Rodinia to Western Gondwana: An approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage. *Episodes* 22: 155-166.
- Campos Neto, M. C. 1984a. Litostratigrafia e evolução paleogeográfica dos Grupos Canastra e Paranoá (Região Vazante-Lagamar, MG). *Revista Brasileira de Geociências*, 14(2): 81-91.
- Campos Neto, M. C. 1984b. Geometria das fases de dobramento brasileiros superpostos no oeste de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geociências*, 14(1): 60-68.
- Castro P.T.A. 1997. *Os Conglomerados Associados ao Grupo Bambuí na Porção Sudoeste do Cráton do São Francisco: Sedimentologia, Estratigrafia e Implicações Tectônicas*. Universidade de Brasília, Tese de Doutorado, 255p.
- Caxito F.A., Halverson G.P., Uhlein A., Stevenson R., Dias T.G., Uhlein G.J. 2012. Marinoan glaciation in east central Brazil. *Precambrian Research*, 200-203: 38-58.

- Coelho J. C. C., Martins-Neto M. A., Marinho M. S. 2008. Estilos estruturais e evolução tectônica da porção mineira da bacia proterozóica do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 38(2): 149-165.
- Corfield, R.M. 1994 Paleocene oceans and climate: An isotopic perspective. *Earth Science Review*, 37: 225-252.
- Costa, M.T.da & Branco, J.J.R., 1961. Série Bambuí – Roteiro para excursão Belo Horizonte – Brasília. In: Congr. Bras. de Geologia, 14, Belo Horizonte, Publicação 15, UFMG.
- Cloud, P.E. & Dardenne, M.A. 1973. Proterozoic age of the Bambuí Group in Brazil. *Geological Society of America Bulletin*, 84:1673-1676.
- Dardenne, M.A. 1974. Geologia da região de Vazante, Minas Gerais, Brasil. In: SBG, XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre, Resumos, p.182-185.
- Dardenne, M.A., 1979. Les minéralisations de plomb, zinc, flúor du Proterozoïque Supérieur dans Le Brésil Central, University of Paris VI, Doctorate thesis 251p.
- Dardenne, M.A. 1981. Os Grupos Paranoá e Bambuí na Faixa Dobrada Brasília. *Anais do Simpósio Sobre o Craton do São Francisco e suas faixas marginais*. SME-COM, SBG, Salvador, 140-157.
- Dardenne, M.A.; Proterozoic and Cambrian phosphorites – regional review: Brazil. In: Cook, P.J. & Shergold, J.H.: *Proterozoic and Cambrian Phosphorites*. Cambridge, Cambridge Univ. Press, p. 116-131.
- Dardenne, M.A., Freitas-Silva, F.H., Nogueira, G.M.S., Souza, J.F.C. 1997. Depósitos de fosfato de Rocinha e Lagamar, Minas Gerais. In: *Principais Depósitos Minerais do Brasil*, Schobbenhaus, C., Queiroz, E.T., Coelho, C.E.S.(Coord.) DNPM-CPRM, vol. 4C, 113 – 122.
- Dardenne M. A., Freitas-Silva F. H., Souza J. C. F., Campos J. E. G. 1998. Evolução tectonosedimentar do Grupo Vazante no contexto da Faixa de Dobramentos Brasília. In: SBG, XXXX Congresso Brasileiro de Geologia, Belo Horizonte, Resumos, p. 26.
- Dardenne, M. A e Freitas-Silva, F.H, 1999. Pb-Zn Ore Deposits of Bambuí and Vazant Groups, In São Francisco Craton and Brazilia Fold Belt, Brazil. In: *Base Metal Deposits of Brazil – org.* Silva, M.G. and Misi, A., Belo Horizonte/MG: MME/CPRM/DNPM; p. 75.

- Dardenne, M.A., 2000. The Brasília fold belt. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A. (Eds.) *Tectonic Evolution of South América*, 231-264.
- Dardenne M.A., 2001. Lithostratigraphic sedimentary sequences of the Vazante Group. In: A. Misi & J.B.G. Teixeira (eds.) *Proterozoic Base Metal Deposits of Africa and South America*, IGCP 450 1st Field Workshop, Belo Horizonte and Paracatu, Brazil, p. 48-50.
- Dardenne, M.A. 2005. Conophyton de Cabeludo, Grupo Vazante (MG) - Construções dolomíticas por ciano-bactérias no Proterozóico. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E.T.; Campos, D.A.; Souza, C.R.G. (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*.
- Dardenne, M.A.; Campos, J.E.G.; Campos Neto, M.C. 2005. Estromatólitos colunares no Sumidouro do Córrego Carrapato, Lagamar (MG) - Registro de construções dolomíticas cilindro-cônicas por ciano-bactérias no Proterozóico do Brasil. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E.T.; Campos, D.A.; Souza, C.R.G. (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*.
- Fairchild, I.J. & Kennedy, M.J. 2007. Neoproterozoic glaciation in the Earth System. *Journal of the Geological Society, London*, 164: 895–92.
- Faure G. 1986. *Principles of Isotope Geology*. 2nd edition. John Wiley, New York, 589p.
- Favoreto, J., 2011. Sucessão estratigráfica e paleoambientes dos microbialitos proterozóicos do Membro Sumidouro, Formação Lagamar, Grupo Vazante, na fazenda Sumaré, em Lagamar-MG. Trabalho de conclusão de curso, Unesp.
- Fuck, R. A.; Jardim De Sá, E. F.; Pimentel, M. M.; Dardenne, M. A.; Pedrosa Soares, A. C. 1993. As faixas de dobramentos marginais do Cráton do São Francisco In: J. M. L. Dominguez, A. Misi (eds) *O Cráton do São Francisco*. Salvador, SBG/SGM/CNPq, p.161-185.
- Fuck R. A. 1994. A Faixa Brasília e a compartimentação tectônica na Província Tocantins. In: SBG, 4^o Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, Brasília, Anais, 4: 184-187.
- Fuck, R.A., Pimentel, M.M., Soares J.E., Dantas, E. L. 2005. Compartimentação da Faixa Brasília. In: *Simpósio de Geologia do Centro-Oeste*, 9, Anais, p.26-27.

- Geboy, N.J.; Kaufman, A.J.; Walker, R.J.; Mise, A.; Oliveira, T.F.; Miller, K.E.; Azmy, K.; Kendal, B.; Poulon, S.W. 2013. Re–Os age constraints and new observations of Proterozoic glacial deposits in the Vazante Group, Brazil. *Precambrian Research*, 238: 199–213.
- Halverson G.P., Hoffman P.F., Schrag D.P., Maloof A.C. 2005. Toward a Neoproterozoic composite carbon-isotope record. *Geological Society of America*, 117(9): 1181-1207.
- Halverson G.P., Dudás F.O., Maloof A.C., Bowring S.A. 2007. Evolution of the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ composition of Neoproterozoic seawater, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 256: 103–129
- Halverson G.P., Wade, B.P., Hurtgen M.T. & Barovich, K. M. 2010. Neoproterozoic chemostratigraphy. *Precambrian Research*, 182: 337–350.
- Higgins, J.A. e Schrag, D.P. 2003. Aftermath of a snowball Earth. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 4(3), 1028, doi:10.1029/2002GC000403.
- Hoffman, P.F. & Schrag, D.P., 2002. The Snowball Earth hypothesis: testing the limits of global change. *Terra Nova*, 14(3): 129-155.
- Jacobsen S. & Kaufman A. 1999. The Sr, C and O isotopic evolution of the Neoproterozoic seawater. *Chemical Geology*, 161:37-57.
- James, N. P., Narbone, G. M., Kyser, T. K. 2001. Late Neoproterozoic cap carbonates: Mackenzie Mountains, northwestern Canada: precipitation and global glacial meltdown. *Canadian Journal of Earth Science*, 387: 1229-1262.
- Jones C.E., Jenkyns H.C., Coe A.L., Hesselbo S.P. 1999. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092889370180011494>. Strontium isotopic variations in Jurassic and Cretaceous seawater. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 58:3061–3074.
- Kaufman, A., Jacobsen, S., Knoll, A., 1993. The Vendian record of Sr and C isotopic variations in seawater: implications for tectonics and paleoclimate. *Earth and Planetary Science Letters*, 120: 409–430.
- Kennedy, M.J. 1996. Stratigraphy, sedimentology, and isotopic geochemistry of Australian Neoproterozoic postglacial cap dolostones: Deglaciation, $\delta^{13}\text{C}$ excursions, and carbonate precipitation. *Journal of Sedimentary Research*, 66, 1050-1064.

- Kennedy, M.J., Runnegar, B., Prave, A.R., Hoffmann, K.H., Arthur, M. 1998. Two or four Neoproterozoic glaciations?. *Geology* 26, 1059-1063.
- Kuchenbecker, M. 2011 – Químioestratigrafia e Proveniência Sedimentar da Porção Basal do Grupo Bambuí em Arcos (MG). Dissertação de Mestrado. IGC – UFMG, Belo Horizonte – MG, 104p.
- Madalosso A. & Valle C. R. 1978. Considerações sobre a Estratigrafia e Sedimentologia do Grupo Bambuí na Região de Paracatu - Morro Agudo (MG). In: SBG, XXX Congresso Brasileiro de Geologia, Recife, Anais, 2:622-634.
- Madalosso, A. 1980. Considerações sobre a paleogeografia do Grupo Bambuí na região de Paracatu – MG. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, Anais, 4: 772-785.
- Martin E.E., MacDougall J.D. 1991. Seawater Sr isotopes at the Cretaceous/Tertiary Boundary. *Earth and Planetary Science Letters*, 104:166–180.
- Martins-Neto M.A., Pedrosa-Soares A.C., Lima S.A.A. 2001. Tectono-sedimentary evolution of sedimentary basins from Late Paleoproterozoic to Late Neoproterozoic in the São Francisco craton and Araçuaí fold belt, eastern Brazil. *Sedimentary Geology*, 141/142: 343-370.
- Martins-Neto M. A. 2009. Sequence stratigraphic framework of Proterozoic successions in eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, 26: 163–176.
- Meert, J.G. and Torsvik, T.H. 2003. The making and unmaking of a supercontinent Rodinia revisited. *Tectonophysics*, 375: 261-288.
- Melezhik V.A., Gorokhov I.M., Kuznetsov A.B., Fallick A.E. 2001. Chemostratigraphy of Neoproterozoic carbonates: implications for ‘blind dating’. *Terra Nova*, 13: 1-11.
- Misi A. 2001. Estratigrafia isotópica das seqüências do Supergrupo São Francisco, coberturas neoproterozóicas do Cráton do São Francisco. Idade e correlações. In: C.P. Pinto & M.A. Martins-Neto (eds.) *Bacia do São Francisco. Geologia e Recursos Naturais*. SBG, Núcleo de Minas Gerais, p. 67-92.
- Misi, A.; Kaufman, A.J.; Veizer, J.; Powis, K.; Azmy, K.; Boggianni, P.C.; Gaucher, C.; Teixeira, J.B.G; Sanches, A.L.; Iyver, S.S.S. 2007. Chemostratigraphic Correlation of Neoproterozoic Successions in South America. *Chem. Geol.* 237: 161-185.

- Misi, A.; Kaufman, A. J. ; Azmy, K.; Dardenne, M. A.; Sial, A. N.; Oliveira, T. F., 2011. Neoproterozoic successions of the Sao Francisco Craton, Brazil: the Bambui, Una, Vazante and Vaza Barris/Miaba groups and their glaciogenic deposits. Geological Society, London, Memoirs, v. 36: 509-522.
- Misi, A.; Azmy, K.; Kaufman, A.J.; Oliveira, T.F.; Sanches, A.L.; Oliveira, G.D. 2014. Review of the geological and geochronological framework of the Vazante sequence, Minas Gerais, Brazil: Implications to metallogenic and phosphogenic models. Ore Geology Reviews 63: 76–90.
- Moeri, E. 1972. On a columnar stromatolite in the Precambrian Bambui Group of Central Brazil, Ecl. Geol. Helv, v. 65, p185-195.
- Nogueira, G.M.S., 1993. Enquadramento litoestratigráfico, sedimentologia e evolução geoquímica do Depósito Fosfático de Lagamar, MG - Formação Vazante – Proterozóico Médio. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília. 134p.
- Oliveira, G. D., 2013. Reconstrução Paleoambiental e Químioestratigrafia dos Carbonatos Hospedeiros do depósito de Zinco Silicatado de Vazante, MG. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 95p.
- Panniago, L.N. 2011. Características descritivas e genéticas do depósito de Zn-Pb de Morro Agudo, Grupo Vazante. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, 120 p.
- Pedrosa-Soares, A.C., Alkmim, F.F., Tack, L., Noce, C.M., Babinski, M., Silva, L.C., Martins-Neto, M., 2008. Similarities and differences between the Brazilian and African counterparts of the Neoproterozoic Araçuaí-West Congo Orogen. In: Pankhurst, J.R., Trouw, R.A.J., Brito Neves, B.B., De Wit, M.J. (Eds.), West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations across the South Atlantic Region. Geological Society of London, Spec.Publ., 294, pp. 153e172.
- Pflug, R. & Renger, F., 1973. Estratigrafia e evolução geológica da margem sudeste do Craton Sanfranciscano. An. XXVII Congr. Bras. Geol., Aracaju, 2:5-19
- Pimentel, M.M., Dardenne, M.A., Fuck, R.A., Viana, M.G., Junges, S.L., Fischel, D.P., Seer, H., Dantas, E.L., 2001. Nd Isotopes and the Provenance of Detrital Sediments of the Neoproterozoic Brasília Belt, Central Brazil. Journal of South American Earth Sciences 14 (6), 571–585.

- Pimentel, M. M.; Rodrigues, J. B.; DellaGiustina, M. E. S; Junges, S; Matteini M. e Armstrong R. 2011. The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil, based on SHRIMP and LA-ICPMS UePb sedimentary provenance data: A review. *Journal of South American Earth Sciences* 31: 345-357.
- Pinho, J.M.M.; Dardenne, M.A.; Rigobello, A.E. 1989. Evolução tectônica da mineralização de zinco de Vazante. *In: SBG, V Simpósio da Geologia do Núcleo de Minas Gerais, Anais, Bol. 110, p. 275-276.*
- Pinho, J. M. M. 1990. Evolução Tectônica da mineralização de zinco de Vazante, Brasília. *Dissertação de Mestrado, UnB. 115p.*
- Pinho, J.M.M. & Dardenne, M.A., 1994. Caracterização da falha de Lagamar, NW de Minas Gerais. *46º Congresso Brasileiro de Geologia. Camboriú, SC. Anais de resumos expandidos. p.246-247*
- Reading, H.G. 1986. Facies. *In: Sedimentary Environments and Facies (Ed. By H.G. Reading). Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 4-19.*
- Rigobello A. E. Branquinho J. A., Dantas M. G. DA S., Oliveira T. F., Neves Filho W. 1988. Mina de zinco de Vazante. *In: Shobbenhaus C. & Coelho C. E. S. Principais depósitos minerais do Brasil, DNPM, 3:101-110.*
- Rodrigues, J.B., Pimentel, M.M., Buhn B., Matteini M., Dardenne, M.A. Alvarenga, C.J.S. & Armstrong. R.A. (2012) - Provenance of the Vazante Group: New U–Pb, Sm–Nd, Lu–Hf isotopic data and implications for the tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt. *Gondwana Research* 21: 439–450.
- Rostirolla, S.P.; Mancini, F.; Reis Neto, J.M.; Figueira, E.G., 2002, Análise estrutural da mina de Vazante e Adjacências: Geometria, Cinemática e Implicações para a hidrogeologia. *Revista Brasileira de Geociências, 32(1):59-68.*
- Sanches, A.L. 2012. Fosforitos Neoproterozóicos dos Grupos Vazante (MG) e Una (BA): Origem, Idades e Correlações. *Tese de Doutorado, Universidade Federal da Bahia, 158p.*
- Santana, A. V. A. (2011). Estratigrafia, Sedimentologia e proveniência das unidades superiores do Grupo Vazante na região da Fazenda Fagundes, Paracatu, MG. *Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 160p.*

- Santos R.V., Alvarenga C.J.S., Babinski M., Ramos M.L.S, Cukrov N., Fonseca M.A., Sial A.N., Dardenne M.A., Noce C.M. 2004. Carbon isotopes of Mesoproterozoic–Neoproterozoic sequences from Southern Sao Francisco craton and Aracuai Belt, Brazil: Paleographic implications. *Journal of South American Earth Sciences* 18: 27–39.
- Schidlowski M., Hayes J.M., Kaplan I.R. 1983. Isotopic inference of ancient biochemistries: carbon, sulfur, hydrogen and nitrogen. In: Schopf, J.M. (ed.), *Earth's Earliest Biosphere, its origin and Evolution*. Princeton University Press, p.149-186.
- Seer H.J., Moraes L.C., & Fogaça A.C.C. 1987. Faciologia e Estruturação Tectônica dos Metassedimentos com Diamictitos e Jaspilitos da região de Lagoa Formosa, MG (Grupo Bambuí?). In.: *Simp. Geol. Minas Gerais, 4, Atas, Belo Horizonte*, p. 199-213.
- Sgarbi G.N.C, Sgarbi P.B.de A., Campos J.E.G., Dardenne M.A., Penha U.C. 2001. Bacia Sanfranciscana: o registro fanerozóico da bacia do São Francisco. In: C.P. Pinto, & M.A. Martins-Neto (eds.) *Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais*. Belo Horizonte, SBG-MG, p.: 93-138
- Sharp, Z. 2007. *Principles of Stable Isotope Geochemistry*, Pearson Prentice Hall,.1 eds.United States of America. 344 pp.
- Signorelli, N.; Pinho, J.M.M.; Tuller, M.P.; Baptista, M.C.; Brito, D.C. 2013. *Carta Geológica, Folha SE.23.Y.A.III - Lagamar. Escala 1:100.000 - CPRM*.
- Souza, C. F. (1997) - Litoestratigrafia e sedimentologia da Formação Vazante na região de Coromandel – MG. *Dissertação de Mestrado*. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 76p.
- 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, 31 st IGC*, Rio de Janeiro, p.:101-137.
- Thomaz Filho, A., Kawashita, K., Cordani, U.G., 1998. A origem do grupo Bambuí no contexto da evolução geotectônica e de idades radiométricas. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 70, 527– 548.

- Tonietto, S. N. 2010. Diagênese e hidrotermalismo em rochas carbonáticas proterozóicas: Grupos Bambuí e Vazante, Bacia do São Francisco. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, 167 p.
- Tucker, M.E. & Wright, V.P. 1990. Carbonate Sedimentology. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Thunell, R.C.; Williams, D.F.; Howell, M. 1987. Atlantic-Mediterranean water Exchange during the Late Neogene. *Paleoceanography*, v.2, n.6: 661-678.
- Uhlein A., Lima O.N.B., Fantinel L.M., Baptista M.C. 2004. Estratigrafia e evolução geológica do Grupo Bambuí, Minas Gerais (Roteiro Geológico). In: Congresso Brasileiro de Geologia, 42, Anais, Araxá: CD ROM (1 vol).
- Uhlein A., Dardenne M.A., Seer H.J., Moraes L.C. de, Baptista M.C., Noce C.M., Fragoso D.G., Dias P.H.A., Moreira G.C. 2010. A Formação Lagoa Formosa e a estratigrafia do Grupo Bambuí em Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 45, Belém (PA), CD-Rom.
- Uhlein, A.; Baptista, M.C.; Seer, H.J.; Caxito, F.A.; Uhlein, G.J.; Dardenne, M.A. 2011. A Formação Lagoa Formosa, Grupo Bambuí (MG): Sistema Depositional de Leque Submarino em Bacia de Ante-País. *Geonomos* 19(2): 163-172.
- Unrug, R. 1996. The assembly of Gondwanaland. *Episodes*, Ottawa, v. 19, p.11-20.
- Valeriano C.M., Dardenne M.A., Fonseca M.A., Simões L.S.A., Seer, H.J. 2004b. A Evolução Tectônica da Faixa Brasília. In: V. Mantesso Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B. Brito Neves (eds), *Geologia do Continente Sul- Americano – Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Beca, São Paulo, p. 575-592.
- Valeriano C. M., Pimentel M. M., Heilbron M., Almeida J. C. H., Trouw R. A. J. 2008. Tectonic evolution of the Brasília Belt, Central Brazil, and early assembly of Gondwana. *Geological Society, London, Special Publications* 2008; v.284; p.197-210.
- Veizer J., Compston W., Clauer N., Schidlowski M. 1983. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ in Late Proterozoic carbonates: Evidence for a mantle event at 900 Ma ago. *Geochimica ET Cosmochimica Acta*, 47: 295-302.
- Veizer, J.; Ala, D.; Azmy, K.; Bruckschen, P.; Bruhn, F.; Buhl, D. Carden, G.; Diener, A.; Ebner, S.; Goddard, Y.; Jasper, T.; Korte, C.; Pawellek, F.; Podlaha, O.; Strauss, H., 1999. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ evolution of Phanerozoic seawater. *Chemical Geology*, 161: 59-88.

- Vieira, L.C. 2007. A Formação Sete Lagoas (Grupo Bambuí) e as variações paleoambientais no final do Proterozóico. Tese (Doutorado) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo. 190 pp.
- Vieira L.C., Trindade R.I.F., Nogueira A.C.R., Ader M. 2007. Identification of a Sturtian cap carbonate in the Neoproterozoic Sete Lagoas carbonate platform, Bambuí Group, Brazil. *Comptes Rendus Geoscience*, 339: 240–258.
- Walter M.R., Veevers J.J., Calver C.R., Gorgan P., Hill A.C. 2000. Dating the 840-544 Ma Neoproterozoic interval by isotopes of strontium, carbon, and sulfur in seawater, and some interpretative models. *Precambrian Research*, 100: 371-433.
- Walker, R.G. & James, N.P. (1992). Facies Models: Response to Sea Level Change, Geological Association of Canada Publications, Ontario, p.239-263.
- Williams, G. E. 1975. Late Precambrian glacial climate and the Earth's obliquity. *Geological Magazine*, 112: 441-465.
- Wilson, J.L., 1974. Characteristics of carbonate platform margins. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.* 58: 810-824.
- Wilson, J.L., 1975. Carbonate facies in geologic history. Springer-Verlag, Berlim. 471p.

Sites acessados:

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:

<http://www.cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em março 2014.

Prefeitura Municipal de Lagamar. www.lagamar.mg.gov.br. Acesso março de 2014.

12. ANEXOS

Anexo I: Mapa geológico na escala 1:50.000 em Lagamar.

Anexo II: Mapa de Pontos na escala 1:50.000 em Lagamar.

Anexo III: Tabela de Pontos de Mapeamento Geológico 1:50.000 em Lagamar.

Ponto	Coordenada UTM		Altitude (m)	Litotipo	Descrição	Estruturas		Unidades
	E	W				Acamamento So	Foliação Sn	
1	317782	7985582	791	Metadiamicrito e Ortoconglomerado	Ortoconglomerado com matriz siltosa e algumas porções arenosa, com clasto arredondados de matacão e seixo, de quartzito, arenito, siltito, argilito branco. Diamicrito com matriz siltosa "pastilhada" e clasto de matacão.			Fm Lagoa Formosa
2	313145	7987433	851	Siltito	Siltito verde intemperizado.			Fm Serra da Saudade
3	310082	7988594	763	Metadiamicrito	Metadiamicrito com clastos orientados numa matriz siltosa. Blocos de quartzito silicificado com "buracos" de geóide.			Fm Santo Antônio do Bonito
4	308368	7993336	886	Metadiamicrito	Metadiamicrito com textura anostomosada.		310/65	Fm Serra do Garrote
5	307578	7995805	768	Calcário	Intercalação calcilito, calcirudito com evidentes Sn e brecha intraclástica. Veios calcita branca.		320/25	Fm Lagamar
7	307171	7990170	867	Ritmito	Ritmito com clivagem de crenulação.	260/85; 270/70; 260/60; 285/55	260/85; 240/80	Fm Rocinha
9	305491	7980859	746	Ritmito	Fosforito - Ritmito (calcarenito/calcilito)	320/60		Fm Rocinha
10	303441	7990477	776	Dolomito estromatolítico	Dolomito bege com estromatólito colunar.	145/23; 140/20		Fm Lagamar
11	310200	7999405	702	Pelito	Pelito cinza.		270/20; 310/30	Fm Lagamar
12	310412	7999396	680	Calcário	Calcário bandado. Blocos de brecha com matriz carbonática, com clastos deformados alguns também carbonáticos, blocos de calcirudito com clastos de dolomito, e blocos de ortoconglomerado.	310/83-140/85; 290/35; 285/44; 290/35; 274/68		Fm Lagamar
13	310625	7999339	687	Conglomerado e Siltito	Conglomerado polimítico com clastos não carbonáticos de siltito escuro, quartzito laminado cinza claro, pelito laminado ritmico. Estiramento dos clastos segundo plano de dobra/falha. Intercalação de camadas paralelas de siltito laminado aproximadamente 30cm em contato brusco com conglomerado 1 a 2m espessura.	326/48;310/50; 164/80-315/38		Fm Lagamar (Mb Arrependido)
14	310670	7999300	682	Siltito e Calcário	Siltito cinza carbonático, calcirudito e blocos de ritmito e calcirudito clastos dolomíticos e matriz não carbonática.	160/76; 308/48	325/56	Fm Lagamar
15	310720	7999121	704	Calcário e Ritmito	Calcirudito intercalado com ritmito carbonático. Calcirudito cinza escuro com clastos dolomíticos. Calcarenito areia fina cinza claro sugerindo ciclos turbidíticos.	330/55	310/50	Fm Lagamar
16	310796	7999352	709	Ritmito e Conglomerado	Contato ritmito carbonático e conglomerado com predomínio de seixo sub-arredondados.	290/35-340/65		Fm Lagamar (Mb Arrependido)
17	309816	7998402	766	Calcário e Siltito	Siltito e calcarenito cinzas.			Fm Lagamar
18	309096	7997996	750	Calcário	Blocos de calcirudito e calcarenito.	175/16; 200/25		Fm Lagamar
19	308573	7998171	721	Calcário e Siltito	Metassiltito laminado, calcarenito com clastos, calcirudito com clastos de calcilito cinza claro de 1 a 3 cm.	305/30		Fm Lagamar
20	308013	7998180	783	Metassiltito	Metassiltito bege variando de verde a rosa.	330/70		Fm Serra do Garrote

21	307613	7997728	816	Metassiltito	Metassiltito bege a marron.	310/20	330/40	Fm Serra do Garrote
22	307442	7996943	863	Metassiltito	Metassiltito com níveis centimétricos arenosos	310/20	310/30	Fm Serra do Garrote
23	303406	7988765	851	Metassiltito	Metassiltito laminado rosa a roxo.	0/0	270/55	Fm Serra do Garrote
24	303624	7988454	845	Metassiltito	Metassiltito arroxeadado com ritmicidade.	20/20	280/55; 270/35	Fm Serra do Garrote
25	303491	7987233	760	Dolomito e Brecha dolomítica	Dolomito estromatolítico (colunar e estratiforme) conturbado e brecha dolomítica com pedaços de estromatólito.	160/20		Fm Lagamar
26	303230	7986701	701	Pelito e Dolomito	Pelito cinza escuro abaixo do dolomito oncolítico rosa.	270/22		Fm Lagamar
27	305535	7996682	872	Metassiltito	Metassiltito rosa com alguma laminação e ritmicidade com porções arenosas, com dobras.	250/45	265/60	Fm Serra do Garrote
28	306178	7999049	897	Filito	Filito rosa com brilho sedoso com dobras mais abertas.	232/30	295/45	Fm Serra do Garrote
29	309914	7988550	966	Siltito	Siltito rosa.		250/70	Fm Rocinha
30	310466	7988876	817	Siltito	Siltito rosa a amarelado.			Fm Santo Antônio do Bonito
31	310848	7989065	839	Siltito	Siltito rosa.	270/45		Fm Santo Antônio do Bonito
32	312290	7989689	846	Siltito	Siltito rosa muito intemperizado.	255/70		Fm Serra da Saudade
33	310086	7989484	855	Siltito	Siltito rosa muito intemperizado.	265/55		Fm Rocinha
34	309579	7985050	778	Siltito	Siltito amarelado muito intemperizado.	270/35		Fm Rocinha
35	310706	7984245	817	Xisto	Xisto amarelado com possível clasto de quartzo.		290/55	Fm Santo Antônio do Bonito
36	311029	7984453	819	Diamictito	Diamictito matriz quartzítica com clastos tamanho seixo 2 a 3cm.			Fm Santo Antônio do Bonito
37	310273	7984138	801	Quartzito	Blocos de quartzito.			Fm Santo Antônio do Bonito
38	309100	7982623	781	Siltito	Siltito rosa.	300/70		Fm Rocinha
39	309750	7982077	824	Xisto				Fm Santo Antônio do Bonito
40	309823	7981929	822	Arenito, siltito, xisto, diamictito	Arenito grauavaca e siltito laminado. Descendo, diamictito intemperizado e xisto milonitizado com clastos de quartzo	290/40		Fm Santo Antônio do Bonito
41	310759	7980732	822	Siltito	Siltito rosa.	290/30		Fm Serra da Saudade
42	312241	7982467	814	Solo	Solo alaranjado silto-argiloso			Cobertura eluvionar
43	309327	7982677	800	Siltito		290/60		Fm Rocinha
44	308891	7994229	915	Arenito e siltito	Arenito fino e siltito laminado amarelos. Siltito milonitizado.	280/55		Fm Serra do Garrote
45	309527	7995113	914	Xisto	Xisto rosa.		270/50	Fm Serra do Garrote
46	310052	7996481	842	Calcarenito e calcilito	Calcarenito e calcilito cinza com veios de calcita branca.	310/60		Fm Lagamar
47	310740	7993689	847	Solo alaranjado silto-argiloso				Cobertura eluvionar
48	312433	7995249	885	Xisto	Xisto milonitizado com clastos.		260/50	Fm Santo Antônio do

									Bonito
49	312779	7995629	878	Xisto	Xisto com veios silicificados.			260/70	Fm Santo Antônio do Bonito
50	313011	7996633	862	Metapelito	Metapelito rosa.	285/70			Fm Serra da Saudade
51	314361	7995994	831	Pelito	Pelito rosa laminado.	280/65			Fm Serra da Saudade
52	316354	7998442	752	Pelito	Pelito rosa a amarelo laminado com fratura concoidal.	290/90			Fm Serra da Saudade
53	316710	7999399	690	Siltito	Siltito amarelo com fraturas desfazendo as rochas em "pastilhas".	290/65			Fm Serra da Saudade
54	315191	7995654	780	Siltito	Siltito rosa laminado, e descendo encontra-se algumas porções esverdeadas.				Fm Serra da Saudade
55	308796	7994072	895	Siltito e arenito	Siltito amarelado e arenito com geóides	300/55			Fm Serra do Garrote
56	305735	7988503	855	Solo	Solo alaranjado areno silto argiloso.				Fm Serra do Garrote
57	305646	7988043	859	Siltito	Siltito amarelo pouco laminado.	290/35			Fm Rocinha
58	305755	7987075	817	Siltito	Siltito rosa a amarelado, laminado.	300/45			Fm Rocinha
59	302367	7991001	746	Calcário calcítico, calcário dolomítico e argilito	Calcário calcítico cinza escuro, calcário dolomítico cinza mais claro e argilito preto com minerais de pirita.	260/40			Fm Lagamar
60	304734	7988631	774	Doloarenito, dololulito		260/30			Fm Lagamar
61	305032	7990178	882	Siltito	Siltito roxo.	80/45	270/60		Fm Serra do Garrote
62	304850	7990771	868	Siltito	Siltito roxo.	90/12	270/65		Fm Serra do Garrote
63	304354	7991942	830	Siltito	Siltito rosa amarelado.		270/70		Fm Serra do Garrote
64	303498	7992961	744	Doloarenito e brecha dolomítica	Doloarenito cinza escuro e brecha dolomítica.				Fm Lagamar
65	303622	7993429	774	Siltito	Siltito rosa amarelado e verde	250/25			Fm Serra do Garrote
66	312784	7987572	782	Pelito	Pelito rosa muito intemperizado.				Fm Serra da Saudade
67	313997	7986271	832	Siltito		280/45			Fm Serra da Saudade
68	314282	7985280	820	Siltito	Siltito amarelado.	260/55			Fm Serra da Saudade
69	304531	7999804	904	Metapelito	Metapelito roxo.		310/35		Fm Serra do Garrote
70	305321	7999440	903	Metapelito e metargilito	Metapelito e metargilito roxos, com pequenas dobras e veios de quartzo orientados com a foliação.	113/30	330/50		Fm Serra do Garrote
71	305736	7997580	914	Metapelito e metargilito	Metapelito e metargilito roxos.		330/20		Fm Serra do Garrote
72	302729	7998563	885	Metapelito e metargilito	Metapelito e metargilito laminado, roxos. Veios de quartzo paralelos ao acamamento.	70/55	210/40		Fm Serra do Garrote
73	303079	7998298	905	Metapelito e metargilito	Metapelito e metargilito roxos.		290/42		Fm Serra do Garrote
74	302993	7997943	911	Metapelito e metargilito	Metapelito e metargilito roxos.		293/51		Fm Serra do Garrote

75	303125	7997552	901	Metargilito	Metargilito roxo.		120/35, 295/54	Fm Serra do Garrote
76	302754	7997699	852	Metargilito	Metargilito roxo laminado.	295/68	290/35	Fm Serra do Garrote
77	302992	7997725	893	Metargilito	Metargilito roxo.	225/30, 215/30	290/49	Fm Serra do Garrote
78	303287	7997937	868	Metargilito			295/49	Fm Serra do Garrote
79	303685	7997461	893	Metargilito	Metargilito roxo laminado com veios de quartzo paralelo à foliação.	155/42	290/45	Fm Serra do Garrote
80	304532	7997892	879	Metargilito	Metargilito roxo laminado.		315/39	Fm Serra do Garrote
81	303678	7996842	908	Solo	Solo argilo siltoso avermelhado			Cobertura eluvionar
82	303121	7995513	872	Metargilito	Metargilito roxo.			Fm Serra do Garrote
83	302686	7995418	858	Metargilito	Metargilito roxo. Veios de quartzo paralelos a fraturas.	145/30	305/42	Fm Serra do Garrote
84	302359	7995156	818	Metargilito	Metargilito roxo com veios quartzo paralelos à foliação.	280/40	275/70	Fm Serra do Garrote
85	301807	7995400	815	Metapelito e metargilito	Metapelito e metargilito roxos a amarelo.	235/38	289/70	Fm Serra do Garrote
86	300999	7995230	844	Metapelito	Metapelito rosa com granulometria silte a areia fina com veios de quartzo dobrados.	300/60	300/60	Fm Serra do Garrote
87	300337	7995106	833	Metassiltito e metargilito	Metassiltito e metargilito cor rosa a roxo, com veios de quartzo paralelos à foliação.	300/45	300/45; 110/50	Fm Serra do Garrote
88	302497	7994711	862	Metapelito e metargilito	Metapelito e metargilito laminado, roxos.		285/53	Fm Serra do Garrote
89	302638	7994140	863	Metapelito e metassiltito	Metapelito e metassiltito roxos.	124/38	304/56	Fm Serra do Garrote
90	302282	7993828	848	Metassiltito e metargilito	Metassiltito e metargilito cor branca a rosa, com laminação.		298/52	Fm Serra do Garrote
91	300948	7993775	709	Dolomito	Dolomito rosa com esteira algal	235/40		Fm Lagamar
92	300935	7993545	698	Dolomito	Dolomito rosa.	270/18		Fm Lagamar
93	300852	7993223	699	Dolomito e Brecha dolomítica	Dolomito com esteira algal e estromatólito colunar, e níveis de brecha dolomítica, ambos cinza claro.			Fm Lagamar
94	300596	7993054	696	Dolomito	Dolomito cinza claro.			Fm Lagamar
95	300320	7993332	668	Dolomito	Dolomito laminado cinza escuro, também com estratificação cruzada. Clasto arredondado de dolomito cinza claro.	230/20		Fm Lagamar
96	300381	7993387	674	Dolomito	Dolomito cinza escuro.	280/28		Fm Lagamar
97	300447	7993408	681	Metassiltito	Metassiltito cinza escuro ligeiramente esverdeado.	260/30		Fm Lagamar
98	300473	7993394	682	Metapelito	Metapelito verde escuro	290/30		Fm Lagamar
99	300478	7993480	684	Metassiltito	Metassiltito cinza escuro a verde escuro.	240/20		Fm Serra do Garrote
100	300890	7994088	674	Dolomito	Dolomito cinza escuro laminado.	190/15		Fm Lagamar
101	301028	7994131	702	Dolomito	Doloarenito e dololuto cinza laminados, com esteiras algais.	0/0		Fm Lagamar
102	301840	7994096	802	Metargilito	Metargilito roxo laminado.	270/35	270/35	Fm Serra do Garrote

103	301970	7993216	836	Metapelito	Metapelito rosa laminado com veios de quartzo.		310/63	Fm Serra do Garrote
104	300983	7984982	782	Metargilito	Metargilito amarelo a rosa, laminado.	335/35		Fm Serra do Garrote
105	300242	7985393	823	Metapelito	Metapelito rosa a roxo laminado, com veios de quartzo paralelos à foliação.		305/30	Fm Serra do Garrote
106	300939	7985817	808	Metapelito	Metapelito roxo milonitizado.			Fm Serra do Garrote
107	299974	7985033	772	Metapelito	Metapelito roxo milonitizado.	165/15		Fm Serra do Garrote
108	300054	7986477	713	Calcário	Bloco de calcarenito cinza escuro granulometria silte a areia fina, com veios de calcita.			Fm Serra do Garrote
109	300713	7985397	789	Metapelito	Metapelito rosa, granulometria argila a areia fina, com laminação.		345/25	Fm Serra do Garrote
110	300699	7986878	789	Metassilito	Metassilito amarelo a rosa, laminado.		350/35, 320/50	Fm Serra do Garrote
111	300599	7987305	730	Metapelito	Metapelito milonitizado roxo com brilho sedoso.		348/48	Fm Lagamar
112	300615	7987571	694	Bloco Dolomito	Blocos de dolomito rosa.			Fm Lagamar
113	301494	7985889	802	Metassilito	Metassilito um pouco milonitizado, cor branco e roxo, granulometria argila a areia fina.		290/58	Fm Serra do Garrote
114	303353	7986481	764	Metapelito	Metapelito verde escuro laminado. Não carbonático.	145/25		Fm Lagamar
115	303240	7986537	769	Metassilito	Metassilito roxo laminado.	250/25	270/45	Fm Lagamar
116	301797	7985829	821	Metapelito	Metapelito rosa muito intemperizado.			Fm Serra do Garrote
117	302059	7982519	835	Metassilito	Metassilito amarelo claro laminado.	310/65	310/65	Fm Rocinha
118	301558	7992754	819	Metapelito	Metapelito rosa e roxo laminado com veios de quartzo paralelos às fraturas.	300/21	286/46	Fm Serra do Garrote
119	309935	7996922	787	Dolomito	Dolomito maciço e alguns blocos de dolomito laminado.			Fm Lagamar
120	309664	7997481	775	Calcário	Calcarenito, calcilito e alguns níveis brechados. Laminação conturbado e wavy. Veios calcita branca perpendiculares ao acamamento.	120/21	250/70, 270/32	Fm Lagamar
121	309843	7997352	776	Calcário	Calcarenito, calcilito cor cinza e alguns níveis brechados.	40/14		Fm Lagamar
122	309864	7997327	767	Dolomito	Doloarenito verde claro, granulometria areia fina.			Fm Lagamar
123	309865	7997238	765	Calcário calcítico e dolomítico	Lentes calcíticas cor roxo dentro do calcário dolomítico homogêneo e esbranquiçado.	315/25		Fm Lagamar
124	309952	7996683	800	Metapelito	Metapelito verde claro.			Fm Rocinha
125	309835	7996188	846	Solo	Solo argilo siltoso alaranjado com formação de laterita.			Fm Serra do Garrote
126	308844	7993808	881	Metapelito e metargilito	Metapelito e metargilito milonitizados, cor rosa e roxo. Blocos de quartzito branco.		295/75, 266/64	Fm Rocinha
127	309701	7993024	837	Solo	Solo avermelhado.			Cobertura aluvionar
128	308861	7993509	880	Arenito	Blocos de arenito quartzítico imaturo cor branca, granulometria de argila a grânulo. Cobertura de laterita.			Fm Rocinha
129	309056	7993366	874	Metapelito	Metapelito branco e rosa, micáceo e laminado, granulometria argila a areia fina. Formação de laterita na cobertura.	275/55		Fm Serra do Garrote
130	309260	7993077	854	Metargilito	Metargilito roxo laminado.	260/45	260/45	Fm Rocinha

131	309448	7992788	827	Solo	Solo avermelhado.			Cobertura aluvionar
132	309624	7994269	877	Metargilito	Metargilito roxo laminado.	316/38		Fm Serra do Garrote
133	310689	7993488	822	Metargilito	Metargilito muito intemperizado.			Fm Rocinha
134	311433	7993735	858	Solo	Solo silto arenoso alaranjado.			Cobertura eluvionar
135	312200	7993493	893	Quartzito	Bloco de quartzito, e formação de laterita na cobertura.			Fm Santo Antônio do Bonito
136	312175	7993878	880	Metapelito	Metapelito roxo milonitizado e muito intemperizado.	295/35		Fm Santo Antônio do Bonito
137	312404	7993950	870	Metargilito e xisto	Metargilito roxo. Xisto milonitizado variando o seu grau de mergulho. Blocos de quartzito amarelos intemperizados e cortado por veios.	290/50		Fm Santo Antônio do Bonito
140	309345	7982690	788	Metargilito	Metargilito rosa com fratura concoidal.	300/46		Fm Rocinha
141	310603	7984150	812	Metapelito	Metapelito rosa e roxo milonitizado e intemperizado.			Fm Santo Antônio do Bonito
142	309794	7988207	839	Cobertura	Cobertura laterítica.			Fm Santo Antônio do Bonito
143	310718	7987553	875	Cobertura	Cobertura laterítica.			Coberturas laterítica
144	312031	7987278	863	Metapelito	Metapelito muito intemperizado e cobertura de laterita.	310/70		Fm Serra da Saudade
145	310205	7989482	855	Metargilito	Metargilito roxo.		225/28	Fm Rocinha
146	310226	7989248	876	Quartzito	Bloco de quartzito branco.			Fm Santo Antônio do Bonito
147	310317	7985365	861	Metapelito	Metapelito branco e roxo, laminado.	286/28	286/28	Fm Santo Antônio do Bonito
148	312082	7889751	861	Solo	Solo rosa.			Fm Serra da Saudade
149	311531	7990640	873	Quartzito, xisto e diamictito	Xisto com clastos brancos tamanho grânulo a seixo. Metadiamicctos. Blocos de quartzito branco.		220/46	Fm Santo Antônio do Bonito
150	311632	7991397	898	Metargilito	Metargilito com laminação conturbada.	290/55	240/35	Fm Santo Antônio do Bonito
151	311823	7991880	884	Metapelito	Metapelito roxo.	180/65	215/65	Fm Santo Antônio do Bonito
152	311892	7992166	873	Metapelito	Metapelito roxo, muito intemperizado, e blocos de quartzito		297/66	Fm Santo Antônio do Bonito
153	312546	7992895	874	Metapelito	Metapelito roxo.			Fm Santo Antônio do Bonito
154	313393	7992675	802	Pelito	Pelito rosa.			Fm Serra da Saudade
155	313141	7992885	770	Pelito	Pelito verde escuro, granulometria argila a areia fina.	282/56		Fm Serra da Saudade
156	313363	7992975	764	Siltito	Siltito verde escuro com níveis areia fina.			Fm Serra da Saudade
157	313293	7992909	771	Siltito	Siltito verde escuro.	295/90		Fm Serra da Saudade
158	313615	7998743	820	Xisto	Xisto roxo milonitizado e intemperizado. Clastos tamanho grânulo a matacão.			Fm Santo Antônio do Bonito
159	303330	7993789	770	Solo	Solo argilo siltoso avermelhado.			Fm Lagamar

160	301250	7992395	781	Metapelito	Metapelito rosa com veio de quartzo.	0/0	281/43	Fm Serra do Garrote
161	301086	7992156	774	Metapelito	Metapelito rosa.		300/35, 192/50	Fm Serra do Garrote
162	300945	7991874	772	Metapelito	Metapelito rosa e roxo.		314/56, 278/52	Fm Serra do Garrote
163	300866	7991979	751	Metapelito	Metapelito rosa e roxo.	320/30	304/56	Fm Serra do Garrote
164	300649	7992189	717	Metapelito	Metapelito rosa, com algumas fraturas concoidais.	0/0	280/60, 285/55	Fm Serra do Garrote
165	300291	7992156	687	Solo	Solo argilo siltoso laranja avermelhado.			Cobertura eluvionar
166	300784	7991499	792	Metapelito e metargilito	Metapelito e argilito rosa.		320/60	Fm Serra do Garrote
167	300752	7991214	796	Metapelito	Metapelito rosa com brilho sedoso, dobrado e com veios quartzo.		310/50	Fm Serra do Garrote
168	300609	7990875	795	Metapelito	Metapelito rosa laminado.	295/38	295/38	Fm Serra do Garrote
169	300712	7990521	771	Metapelito	Metapelito amarelo claro laminado.	348/14		Fm Serra do Garrote
170	300835	7990333	704	Dolomito	Dolomito cinza escuro.			Fm Lagamar
171	300636	7990301	720	Metapelito	Pelito cinza claro, não carbonático.			Fm Lagamar
172	300581	7990200	726	Dolomito	Dolomito cinza claro.			Fm Lagamar
173	301137	7989904	686	Metapelito	Metapelito verde escuro.		280/25	Fm Serra do Garrote
174	301521	7989335	745	Metapelito			308/28	Fm Serra do Garrote
175	302053	7989738	806	Metapelito	Metapelito rosa.	0/0	318/35	Fm Serra do Garrote
176	302602	7990224	781	Dolomito				Fm Lagamar
177	303158	7990304	782	Dolomito	Dolomito cinza claro com estromatólito conophyton.	180/20		Fm Lagamar
178	303174	7990574	786	Dolomito	Dolomito com esteiras algais, e cristais de dolomita.	160/15		Fm Lagamar
179	304072	7988947	769	Metassiltito	Metassiltito verde claro.	290/35, 260/20	305/30	Fm Serra do Garrote
180	304789	7986678	807	Metapelito	Metapelito rosa muito intemperizado.		270/50	Fm Serra do Garrote
181	305025	7988676	787	Solo	Solo avermelhado.			Fm Lagamar
182	306454	7988895	831	Metapelito	Metapelito rosa e roxo intemperizado e milonitizado.			Fm Serra do Garrote
183	306104	7990275	869	Metapelito	Metapelito roxo brilho sedoso.	260/30	260/30	Fm Serra do Garrote
189	306040	7990989	848	Metapelito e argilito	Metapelito e argilito de cor rosa a amarelo, deformados.	90/90	210/60, 250/70	Fm Serra do Garrote
190	305704	7991329	814	Dolomito	Dolomito cinza escuro.	300/35		Fm Lagamar
191	305626	7991403	821	Metapelito	Metapelito amarelo claro.	313/30		Fm Serra do Garrote
192	304676	7992465	774	Calcário	Calcarenito e calcilito cinza escuro.	110/62, 120/38		Fm Lagamar
193	305117	7993590	790	Metapelito	Metapelito rosa muito intemperizado.	275/45	245/65	Fm Serra do Garrote

194	305342	7993689	817	Metapelito		0/0	310/55, 270/38	Fm Serra do Garrote
195	306522	7989825	862	Metargilito	Metargilito roxa com veios de quartzo.		270/65	Fm Serra do Garrote
196	307076	7989906	867	Metapelito	Metapelito rosa e amarelo		265/60	Fm Rocinha
197	306929	7989428	854	Metapelito	Metapelito amarelo e rosa laminado, com porções de areia fina.	280/70		Fm Rocinha
198	307233	9888689	841	Metapelito	Metapelito amarelo e rosa laminado.	240/44, 250/65	240/44	Fm Rocinha
199	307175	7988138	829	Metapelito	Metapelito amarelo e rosa laminado.	280/60	280/60	Fm Rocinha
200	307924	7990903	842	Metapelito	Metapelito amarelo e rosa laminado.		260/65	Fm Rocinha
201	307218	7992393	867	Metapelito	Metapelito amarelo muito intemperizado.		335/50	Fm Serra do Garrote
202	306621	7993117	881	Metapelito	Metapelito amarelo muito intemperizado.		225/45	Fm Serra do Garrote
203	305905	7994023	852	Metargilo	Metargilito roxo.		255/50	Fm Serra do Garrote
204	305711	7994393	820	Metargilito	Metargilito amarelo e rosa.	130/40	282/55	Fm Serra do Garrote
205	308315	7997472	707	Metapelito	Metapelito verde escuro laminado, não carbonático.	305/45, 307/42	305/45, 307/42	Fm Lagamar
206	308357	7997591	709	Metapelito	Metapelito verde escuro, não carbonático.	330/75	330/75	Fm Serra do Garrote
207	308264	7997629	702	Calcário	Calcarenito com algumas porções de calcilito.	125/30	290/45	Fm Lagamar
208	308191	7997653	692	Metapelito	Metapelito verde escuro, não carbonático.		310/35	Fm Serra do Garrote
209	308191	7997704	693	Calcário	Calcário calcítico cinza escuro.	173/28		Fm Lagamar
210	308198	7997756	693	Calcário	Calcarenito verde escuro, granulometria silte a areia fina. Calcilito. Veios de calcita.	295/50		Fm Lagamar
211	308179	7997816	696	Calcário	Calcarenito e calcilito cinza com veios de calcita. Dobras.	155/30		Fm Lagamar
212	308265	7997870	696	Calcário	Calcarenito cinza escuros com veios de calcita.	310/25		Fm Lagamar
213	308311	7997949	694	Calcário	Calcarenito (silte e areia fina) e calcilito cinza escuro.	295/80		Fm Lagamar
214	308431	7998077	696	Pelito e Calcário	Pelito e calcarenito.		310/50	Fm Lagamar
215	309101	7999049	681	Pelito	Pelito cinza escuro, não carbonático.		320/60	Fm Lagamar
216	308912	7998933	693	Pelito e Calcário	Pelito e calcário escuros.	315/65	315/65	Fm Lagamar
217	308853	7998656	706	Calcário	Calcarenito e calcilito cinzas, com veios calcita perpendicular ao acamamento.	310/40	120/60	Fm Lagamar
218	308799	7998645	707	Calcário	Calcarenito e calcilito cinzas, com dobras.			Fm Lagamar
219	308647	7998353	714	Calcário	Calcarenito (silte e areia fina) e calcilito.	300/50		Fm Lagamar
220	308572	7998191	717	Calcirrudito	Calcirrudito cor cinza escuro com clastos tamanho grânulo a seixo. Blocos com brecha intraclástica.	320/35		Fm Lagamar
221	308466	7998143	722	Metaconglomerado		320/55		Fm Lagamar
232	313733	7999895	824	Metapelito	Metapelito amarelo e roxo, intemperizado e dobrado.	250/45	125/15, 230/65	Fm Santo Antônio do Bonito

233	313741	7999075	826	Metapelito	Metapelito amarelo, intemperizado e milonitizado.			Fm Santo Antônio do Bonito
234	313116	7999200	816	Metapelito	Metapelito rosa e roxo, laminado.	215/35, 255/30	295/58	Fm Rocinha
235	312290	7999678	830	Metapelito	Metapelito com algumas porções laminadas.	150/52	228/63, 200/40, 305/72	Fm Rocinha
236	314005	7998678	729	Metapelito	Metapelito rosa e roxo, intemperizado e milonitizado.		320/50	Fm Serra da Saudade
238	315931	7999500	646	Metapelito	Metapelito rosa , intemperizado e dobrado.		285/85	Fm Serra da Saudade
239	316655	7999677	668	Metapelito	Metapelito rosa e amarelo com algumas porções laminadas.	110/90		Fm Serra da Saudade
240	316079	7999856	620	Siltito	Siltito verde claro, não carbonático.	70/55		Fm Serra da Saudade
241	315919	7999292	628	Metapelito	Metapelito rosa e roxo muito intemperizado.			Fm Serra da Saudade
242	315449	7998755	645	Metapelito	Metapelito amarelo claro.	265/37		Fm Serra da Saudade
243	316030	7998682	710	Metapelito	Metapelito rosa e roxo, dobrado.	310/68; 290/65- 110/75-300/55		Fm Serra da Saudade
244	316436	7998507	729	Metapelito	Metapelito rosa, intemperizado e milonitizado.			Fm Serra da Saudade
245	316748	7998288	686	Metapelito	Metapelito amarelo.	295/90		Fm Serra da Saudade
246	315833	7997536	715	Metapelito	Metapelito amarelo.	10//65		Fm Serra da Saudade
247	315148	7996623	784	Metapelito	Metapelito amarelo e rosa, com laminação.	303/65		Fm Serra da Saudade
248	314304	7996140	778	Metapelito	Metapelito rosa milonitizado.	280/90		Fm Serra da Saudade
249	314490	7995686	818	Metapelito	Metapelito amarelo e rosa.	328/40		Fm Serra da Saudade
250	314575	7995361	802	Metapelito	Metapelito rosa.	280/73		Fm Serra da Saudade
251	315577	7995939	758	Pelito	Pelito rosa.	280/50		Fm Serra da Saudade
252	315927	7995876	723	Pelito	Pelito verde claro.	275/57		Fm Serra da Saudade
253	316382	7996089	655	Pelito	Pelito amarelo, com dobras abertas.	290/35		Fm Serra da Saudade
254	316948	7996445	626	Pelito	Pelito amarelo e verde claro.	220/40		Fm Serra da Saudade
255	317497	7996438	619	Pelito	Pelito micáceo e dobrado.	245/60		Fm Serra da Saudade
256	318021	7996413	633	Pelito	Pelito amarelo, dobrado.	265/50		Fm Serra da Saudade
257	318384	7996595	620	Pelito	Pelito rosa micáceo.	295/50		Fm Serra da Saudade
258	318990	7997141	603	Pelito	Pelito rosa.	285/90		Fm Serra da Saudade
259	319163	7997689	616	Pelito	Pelito amarelo e rosa.	280/75		Fm Serra da Saudade
260	319194	7998770	615	Pelito	Pelito rosa.	266/80		Fm Serra da Saudade
261	319837	7999822	594	Pelito	Pelito rosa muito intemperizado.			Fm Serra da Saudade
262	316147	7994412	761	Pelito	Pelito rosa muito intemperizado.			Fm Serra da Saudade

263	317691	7994016	711	Pelito	Pelito amarelo e verde claro.	280/60		Fm Serra da Saudade
264	318096	7992729	604	Pelito	Pelito rosa e esbranquiçado.	280/55		Fm Serra da Saudade
265	319148	7992896	646	Pelito	Pelito amarelo, micáceo e dobrado.	290/67		Fm Serra da Saudade
266	318613	7991655	714	Pelito	Pelito amarelo e rosa, laminado.	330/45		Fm Serra da Saudade
267	319401	7990834	613	Pelito	Pelito verde claro. Blocos de arenito verde.	323/55-140/75, 324/50-145/50		Fm Serra da Saudade
268	317724	7988935	794	Conglomerado	Conglomerado com clastos de quartzito, tamanho seixo a matacão.			Fm Lagoa Formosa
269	317735	7988622	782	Diamictito	Diamictito ligeiramente deformado, cor verde e rosa.	280/60		Fm Lagoa Formosa
270	317493	7988189	821	Arenito, conglomerado e diamictito		325/70		Fm Lagoa Formosa
271	317429	7986825	839	Pelito	Pelito rosa.	320/35		Fm Lagoa Formosa
273	316931	7984458	884	Conglomerado	Conglomerado rosa com clasto sub arredondados a arredondados, de matacão, calhau e seixo, de quartzito (90%) e quartzo. Matriz areno siltosa com xistocidade.	280/70	270/80	Fm Lagoa Formosa
274	316872	7984133	873	Conglomerado				Fm Lagoa Formosa
275	314969	7983402	830	Pelito	Pelito rosa.	262/70		Fm Serra da Saudade
276	313502	7983615	804	Solo	Solo argilo siltoso alaranjado.			Cobertura eluvionar
277	312734	7985112	811	Pelito	Pelito rosa.	325/50, 310/60		Fm Serra da Saudade
278	308301	7988392	793	Solo	Solo argilo siltoso alaranjado.			Cobertura aluvionar
279	307473	7986831	851	Solo	Solo argilo siltoso alaranjado.			Cobertura eluvionar
280	306795	7987122	821	Pelito	Pelito rosa.	175/20, 40/35	295/60	Fm Rocinha
281	307333	7985621	846	Solo	Solo argilo siltoso alaranjado.			Cobertura eluvionar
282	302836	7982708	852	Pelito	Pelito amarelo muito intemperizado.			Fm Rocinha
283	300802	7982807	847	Solo	Solo argilo siltoso rosa.			Fm Rocinha
284	302374	7982510	841	Pelito	Pelito amarelo.	210/50		Fm Rocinha
285	302083	7981929	818	Pelito	Pelito amarelo, rosa e roxo.	320/30	325/70	Fm Rocinha
286	302125	7981364	791	Pelito	Pelito amarelo e rosa.	305/65		Fm Rocinha
287	302938	7981121	826	Solo	Solo silto argiloso avermelhado.			Cobertura eluvionar
288	302768	7980656	814	Pelito	Pelito rosa intemperizado.	304/55		Fm Rocinha
289	302633	7980299	773	Pelito	Pelito rosa e roxo.	310/60	310/63	Fm Rocinha
290	307746	7996006	752	Calcário	Calcarenito cinza.	110/15	255/40	Fm Lagamar
291	307529	7995535	784	Calcário	Calcarenito cinza.			Fm Lagamar
292	304792	7988562	772	Dolomito	Dolomito cinza.			Fm Lagamar

293	309826	7995106	946	Solo	Solo laterita.			Cobertura laterítica
294	309739	7994777	898	Pelito	Pelito rosa.	280/65	280/65	Fm Rocinha
295	312438	7994630	875	Solo	Solo de laterita.			Coberturas laterítica
296	312713	7994618	867	Metapelito	Metapelito com clastos brancos tamanho seixo. Blocos de quartzito com clastos brancos. Blocos com buracos devido à intemperização dos clastos.			Fm Santo Antônio do Bonito
297	312653	7995127	869	Xisto	Xisto milonitizado com clastos. Blocos quartzito feldspático e quartzítico, com clastos.		260/90	Fm Santo Antônio do Bonito
298	311193	7991954	902	Pelito	Pelito laminado, e lentes de quartzito avermelhado homogêneo.		305/55	Fm Rocinha
299	310337	7991679	884	Solo	Siltito muito alterado.			Cobertura eluvionar
300	309508	7991762	841	Pelito	Pelito amarelo.			Fm Rocinha
301	309691	7991070	843	Siltito	Siltito rosa.	255/65		Fm Rocinha
302	309616	7990495	812	Siltito	Siltito bege e cinza, cortado por veios, e com lentes de arenito amarelado maciço.	290/65		Fm Rocinha
303	308461	7983094	806	Cobertura				Cobertura aluvionar
304	306397	7984696	839	Metarritmito	Metarritmito com alternância de quartzito fino (2 a 3cm) espessura e siltito róseo 5 a 10cm espessura.	280/42	280/42	Fm Rocinha
305	306466	7983008	793	Metarritmito	Metarritmito rosa e roxo laminado.	330/40	330/40	Fm Rocinha
306	305466	7983626	825	Siltito	Siltito rosa.		320/76	Fm Rocinha
307	304577	7985201	764	Siltito	Siltito roxo, um pouco laminado.	310/50		Fm Rocinha
308	313297	7997738	817	Pelito	Pelito roxo muito intemperizado.		260/85	Fm Serra da Saudade
309	313403	7998230	815	Quartzito e xisto	Quartzito com buracos e xisto milonitizado.		280/65	Fm Santo Antônio do Bonito
310	313146	7999297	820	Metarritmito e siltito	Metarritmito com níveis de areia fina.	280/60		Fm Rocinha
311	312228	7999830	852	Conglomerado e pelito	Ortoconglomerado com clastos grânulos a calhau (15cm), aumentando tamanho aproximando do pelito.	325/70		Fm Rocinha
312	312141	8000000	854	Siltito	Siltito rosa e roxo, laminado.		320/70	Fm Serra do Garrote
313	312753	7997234	845	Xisto	Xisto sem clasto, branco e rosa.		280/65	Fm Santo Antônio do Bonito
314	312087	7998045	840	Siltito	Siltito rosa foliado, laminado, muito intemperizado.	300/60		Fm Rocinha
315	303452	7987503	753	Lamito	Lamito algal.	305/15		Fm Lagamar
316	303630	7987603	758	Siltito	Siltito verde claro, não carbonático.		250/15	Fm Lagamar
317	303760	7988575	830	Siltito	Siltito rosa com níveis arenosos cinza.	260/40	260/70	Fm Serra do Garrote
318	304123	7989039	767	Folhelho	Folhelho dolomítico verde e cinza escuro.	265/35		Fm Lagamar
319	304486	7989292	794	Metassiltito	Metassiltito roxo.	300/50	280/45	Fm Serra do Garrote
320	306168	7990204	873	Xisto	Xisto milonitizado, com foliação sigmoidal.		280/70, 190/50	Fm Serra do Garrote

321	305562	7987789	848	Pelito	Pelito amarelo com laminação e algumas foliação sigmoidal.		280/55	Fm Rocinha
322	305623	7988131	859	Pelito	Pelito amarelo laminado.	270/50		Fm Serra do Garrote
323	304931	7988180	796	Dolomito	Dolomito cinza escuro, granulometria argila a areia fina.	290/35		Fm Lagamar
324	304156	7992104	798	Metassiltito	Metassiltito roxo laminado.	160/40		Fm Serra do Garrote
325	307518	7994213	858	Metassiltito	Metassiltito roxo milonizado.		305/40	Fm Serra do Garrote
326	307468	7994713	857	Metassiltito	Metassiltito roxo laminado.			Fm Serra do Garrote
327	307026	7995263	814	Metassiltito	Metassiltito rosa.		290/70	Fm Serra do Garrote
328	306301	7996060	849	Metassiltito	Metassiltito roxo.		295/45	Fm Serra do Garrote
329	316775	7984085	853	Pelito e Arenito	Pelito com xistocidade e arenito imaturo, ambos de cor rosa.	270/60		Fm Lagoa Formosa
330	316783	7983523	827	Pelito e quartzito	Pelito e quartzito ambos cor rosa. Conglomerados no topo dos morros, com matacões arredondados.			Fm Lagoa Formosa
331	317459	7986423	829	Diamictito		315/85		Fm Lagoa Formosa
332	317307	7987004	842	Conglomerado e arenito	Conglomerado com clastos de quartzito e arenito (orto e paraconglomerado). Adiante, diamictito com matriz siltosa esverdeada com clastos de arenito e quartzito.			Fm Lagoa Formosa
333	318476	7990662	740	Arenito	Arenito bege	290/65		Fm Serra da Saudade
334	319339	7993285	633	Siltito	Pelo relevo, possível contato entre Fm Lagoa Formosa e Fm Serra da Saudade.			Fm Lagoa Formosa
335	317383	7992127	639	Siltito	Siltito esverdeado, laminado.	300/30	270/60	Fm Serra da Saudade
336	315393	7991939	762	Siltito	Siltito micáceo, rosa nas porções mais duras (mais areia fina), e nas porções granulometria mais fina esverdeado fragmenta em forma de "pastilhas".	295/55		Fm Serra da Saudade
337	314575	7991543	794	Siltito	Siltito rosa micáceo com porções mais arenosas.	290/40		Fm Serra da Saudade
338	313530	7990495	814	Siltito e arenito	Camadas de siltito e arenito cor rosa.	290/75		Fm Serra da Saudade
339	313022	7989720	842	Diamictito	Diamictito rosa com clastos de arenito e siltito.			Fm Lagoa Formosa