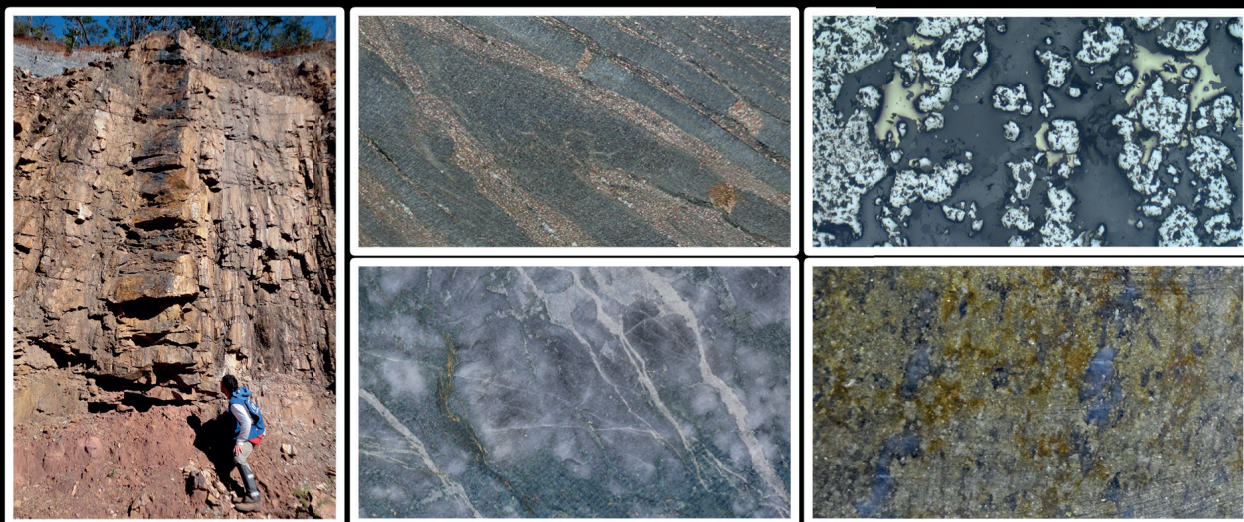


# PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

NOROESTE DO QUADRILÁTERO  
FERRÍFERO: MAPA DE PROSPECTIVIDADE  
PARA OURO OROGÊNICO DO  
*GREENSTONE BELT* PITANGUI



## INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Províncias Minerais do Brasil, nº 38

Belo Horizonte - 2022

## **MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

### **Ministro de Estado**

Adolfo Sachsida

### **Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral**

Líliá Mascarenhas Sant'agostino

## **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

### **DIRETORIA EXECUTIVA**

#### **Diretor Presidente interino**

Cassiano de Souza Alves

#### **Diretor de Geologia e Recursos Minerais interino**

Paulo Afonso Romano

#### **Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial**

Alice Silva de Castilho

#### **Diretor de Infraestrutura Geocientífica**

Paulo Afonso Romano

#### **Diretor de Administração e Finanças**

Cassiano de Souza Alves

### **COORDENAÇÃO TÉCNICA**

#### **Chefe do Departamento de Recursos Minerais**

Marcelo Esteves Almeida

#### **Chefe da Divisão de Geologia Econômica**

Guilherme Ferreira da Silva

#### **Chefe do Departamento de Projetos Especiais e Minerais Estratégicos**

Ioná de Abreu Cunha

#### **Chefe da Divisão de Minerais e Rochas Industriais**

Michel Marques Godoy

#### **Chefe da Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória**

Ruben Sardou Filho

#### **Chefe do Departamento de Geologia**

Valter Rodrigues Santos Sobrinho

#### **Chefe da Divisão de Geologia Básica**

Patrick Araujo dos Santos

#### **Chefe da Divisão de Geoquímica**

Silvana de Carvalho Melo

#### **Chefe da Divisão de Geodinâmica**

Joseneusa Brilhante Rodrigues

#### **Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica**

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

#### **Chefe do Departamento de Informações Institucionais**

Edgar Shinzato

#### **Chefe da Divisão de Geoprocessamento**

Hiran Silva Dias

#### **Chefe da Divisão de Cartografia**

Fábio Silva da Costa

#### **Chefe da Divisão de Documentação Técnica**

Roberta Pereira da Silva de Paula

#### **Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação**

Patrícia Düringer Jacques

#### **Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação**

José Wellington Alvares Ferraz

#### **Chefe do Departamento de Apoio Técnico**

Américo Caiado Pinto

#### **Chefe da Divisão de Editoração Geral**

Lucas Victor de Alcântara Estevão

## **SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE**

### **Superintendente Regional**

Marlon Marques Coutinho

### **Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

Marcelo de Souza Marinho

### **Responsável Técnico do Projeto**

Júlio Cesar Lombello



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL  
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM  
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS  
I PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL I

## AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL

---

# INFORME DE RECURSOS MINERAIS (ARIM) NOROESTE DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO: MAPA DE PROSPECTIVIDADE PARA OURO OROGÊNICO DO *GREENSTONE BELT* PITANGUI

### ORGANIZADORES

Júlio César Lombello  
Raianny Carolini Ramos Ferreira  
Marcelo de Souza Marinho  
Joanna Chaves Souto Araújo

INFORME DE RECURSOS MINERAIS  
Série Províncias Minerais do Brasil, nº 38



---

Belo Horizonte  
2022

## REALIZAÇÃO

Superintendência Regional de Belo Horizonte  
Gerência de Geologia e Recursos Minerais  
Divisão de Geologia Econômica

## ORGANIZAÇÃO

Júlio César Lombello  
Raianny Carolini Ramos Ferreira  
Marcelo de Souza Marinho  
Joanna Chaves Souto Araújo

## TEXTO EXPLICATIVO

### 1. Introdução

Lucas Dias Neves Sinclair  
Raianny Carolini Ramos Ferreira

### 2. Contexto Tectono-Estratigráfico Regional

Júlio Cesar Lombello  
Rosane Nascimento Silva  
Luiz Paulo Pedrosa Di Salvo  
Raianny Carolini Ramos Ferreira  
Marcelo de Souza Marinho  
Joanna Chaves Souto Araújo  
Joana Reis Magalhães  
Denise Canabrava Brito  
Wilson Féboli

### 3. Geologia e Metalogênese do Ouro

Marcelo de Souza Marinho  
Raianny Carolini Ramos Ferreira

### 4. Mapa de Prospectividade: Integração de Dados e Geração de Alvos

Lucas Dias Neves Sinclair  
Marcelo de Souza Marinho  
Raianny Carolini Ramos Ferreira  
Joanna Chaves Souto Araújo

## Referências

---

## Serviço Geológico do Brasil – CPRM

www.cprm.gov.br  
seus@cprm.gov.br

## SIG GEOLÓGICO

(<http://geosgb.cprm.gov.br>)

## COLABORADORES

Eduardo Duarte Marques (SUREG-BH)  
Felipe Mattos Tavares (DIGECO)  
Rafael Bittencourt Lima (DIGECO)

## APOIO TÉCNICO

## LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS

Marcelo de Souza Marinho  
Rosane Nascimento Silva  
Denise Canabrava Brito  
Luiz Paulo Pedrosa Di Salvo  
Wilson Féboli  
Júlio César Lombello

## GEOFÍCA E SENSORIAMENTO REMOTO

Antonino Juarez Borges (*in memoriam*)  
Caio Alencar Matos  
Diego Guilherme da Costa Gomes  
Marco Antônio Couto Jr.

## GEOCRONOLOGIA

Joana Reis Magalhães

## PROJETO GRÁFICO/EDITORAÇÃO

### Capa (DIEDIG)

Lucas Victor de Alcântara Estevão

### Miolo (DIEDIG)

Andréia Amado Continentino  
Agmar Alves Lopes

### Diagramação (SUREG/BH)

Patrícia Silva Araújo Dias

## NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Maria Gasparina de Lima

## REVISÃO FINAL

Guilherme Ferreira da Silva  
Lila Costa Queiroz

---

## FOTOS DA CAPA

Da esquerda para a direita:

- Intercalação de *metachert* ferruginoso em sericita-clorita xisto. Destaca-se a forte lineação de interseção nos xistos, paralela ao *plunge* dos corpos de minério. Mina de Faina (Jaguar Mining; Foto de Marcelo Marinho);
- Sulfetação em formação ferrífera bandada do depósito de São Sebastião (margem vertical 6 cm; Foto de Marcelo Marinho).
- Fotomicrografia de veio de quartzo aurífero com pirlita e calcopirita. Depósito de Pitangui (foto cedida por Victor Maurer).
- Nível de sulfeto maciço em furo de sondagem da Zona Basal (Foto de Marcelo Marinho).
- Veio de quartzo fumê com vênulas preenchidas por pirlita e calcopirita do depósito de Pitangui do trend Penha-Onça (margem vertical 3,5 cm; Foto cedida por Victor Maurer).

## Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M297 Mapa de prospectividade para ouro orogênico do *Greenstone Belt* Pitangui / Organizadores Júlio César Lombello ... [et. al.]. - Belo Horizonte : CPRM, 2022.  
1 recurso eletrônico : PDF. - (Informe de recursos minerais. Série Províncias Minerais do Brasil ; 38)

Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil.  
ISBN 978-65-5664-327-4

1. Recursos Minerais. 2. Depósitos de ouro. 3. Minas Gérias.  
4. Geologia econômica. I. Lombello, Júlio César (org.). II. Ferreira, Raianny Carolini Ramos (org.). III. Marinho, Marcelo de Souza (org.). IV. Araújo, Joanna Chaves Souto (org.). V. Série.

CDD 553

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Maria Gasparina de Lima CRB1 1243

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM  
Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

# APRESENTAÇÃO

---

O Ministério de Minas e Energia e a Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, por meio do Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), tem a satisfação de disponibilizar à comunidade geocientífica, empresários do setor mineral e à sociedade em geral, os resultados obtidos pelo projeto “Evolução Crustal e Metalogenia do setor noroeste do Quadrilátero Ferrífero” através do Informe de Recursos Minerais relativo ao Mapa de Prospectividade para ouro no *Greenstone Belt* Pitangui.

Este projeto está ligado ao empreendimento “Áreas de Relevante Interesse mineral” (ARIMs), financiado pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PACII - MME00970) do governo federal, dentro da ação Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil, que integra o Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Esta ação consiste em um conjunto de projetos que visam estimular a pesquisa e a produção mineral brasileira, com foco adicional no suprimento de matérias primas essenciais para o desenvolvimento da infraestrutura e do agronegócio no Brasil. O projeto foi executado pela Gerência de Geologia e Recursos Minerais da Superintendência Regional de Belo Horizonte, com supervisão nacional da Divisão de Geologia Básica - DIGEOB, Divisão de Geologia Econômica – DIGECO e coordenação geral do Departamento de Recursos Minerais – DEREM.

A área de estudo está localizada na porção noroeste da Província Mineral do Quadrilátero Ferrífero, no estado de Minas Gerais, e o projeto envolveu estudos temáticos de geologia básica e geologia econômica. Esse produto traz uma síntese sobre o contexto tectono-estratigráfico regional, informações geológicas e aspectos metalogenéticos dos principais depósitos de ouro da região e, adicionalmente, apresenta os critérios utilizados para a confecção do Mapa de Prospectividade para ouro no *Greenstone Belt* Pitangui.

Os produtos finais compreendem (i) texto em pdf do Informe de Recursos Minerais e (ii) Mapa de Prospectividade para ouro no *Greenstone Belt* Pitangui; que estão disponíveis no banco de dados corporativo do SGB-CPRM, o GeoSGB (<http://geosgb.cprm.gov.br>).

Com mais este lançamento, o Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) cumpre seu papel de subsidiar o desenvolvimento socioeconômico regional e setorial por meio da atualização do conhecimento geológico e dos recursos minerais do Brasil.

**Cassiano de Souza Alves**

Diretor-Presidente interino

**Paulo Afonso Romano**

Diretor de Geologia e Recursos Minerais interino

## RESUMO

---

O Sinclínório Pitangui, localizado na porção noroeste do Quadrilátero Ferrífero (MG), hospeda diversos depósitos e ocorrências de ouro orogênico. Os principais depósitos (p.ex., Turmalina e São Sebastião) são hospedados pelas rochas arqueanas do *Greenstone Belt* Pitangui, principalmente próximo ao contato entre as formações Rio Pará e Rio São João (Grupo Pitangui). Apesar dos recentes avanços no conhecimento geológico e metalogenético dessa região, pouco se sabe a respeito do potencial prospectivo da sequência *greenstone* para além das áreas já exploradas. Dessa maneira, o presente trabalho apresenta uma avaliação da prospectividade mineral do Sinclínório Pitangui, a partir de uma modelagem prospectiva baseada no conhecimento (*knowledge-driven*), utilizando o conceito de Sistemas Minerais como base teórica. Para tal, o banco de dados composto por dados geológicos, geofísicos, estruturais e metalogenéticos desse distrito foi analisado e hierarquizado de acordo com o grau de importância para a formação e concentração da mineralização de ouro. A sobreposição dos seguintes critérios marca as regiões mais favoráveis à ocorrência de ouro: presença de rochas das formações Rio Pará e Rio São João (principalmente formações ferríferas bandadas), estruturas arqueanas do evento D1, alta densidade de zonas de cisalhamento, regiões metamorfizadas em fácies xisto verde à anfíbolito e proximidade com intrusões graníticas. Os resultados da modelagem são apresentados no “Mapa de Prospectividade para Ouro, *Greenstone Belt* Pitangui”, em escala 1:75.000, no qual a área de estudo é subdividida de acordo com o índice de prospectividade mineral. Considerando a área total do *Greenstone Belt* Pitangui (cerca de 567 km<sup>2</sup>), as áreas de alta prospectividade (índices de prospectividade entre 7 e 8), equivalem a 2,5% da área total (~15 km<sup>2</sup>), reduzindo, de forma significativa, a área de busca de regiões com alto potencial. Por sua vez, as áreas de média (índices 4 a 6) e baixa prospectividade (índices 1 a 3) representam 42,5% (~240 km<sup>2</sup>) e 55% da área do *greenstone* (~310 km<sup>2</sup>), respectivamente. O modelo foi validado utilizando a localização dos depósitos e ocorrências de ouro disponíveis no banco de dados do SGB-CPRM, e os dados de concessão e requerimento de lavra da Agência Nacional de Mineração (ANM) que apresentaram boa correlação com as áreas de alta e média prospectividade. Foram identificadas três regiões com altos índices prospectivos e sem ocorrências de ouro conhecidas, localizadas nas bordas do Sinclínório Pitangui e orientadas segundo a direção NW-SE: 1) porção W-SW, próximo ao município de Conceição do Pará, ao redor das suítes intrusivas Casquilho, Jaguará e Mato Dentro; 2) porção NE, no município de Pequi e do batólito homônimo; e 3) porção SE, próximo a Pará de Minas e ao plúton Jaguará. Essas novas áreas são consideradas de interesse para futuros investimentos em pesquisa mineral.



## ABSTRACT

---

*The Pitangui synclinorium, located in the northwest portion of the Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais, Brazil), hosts several deposits and occurrences of orogenic. The main deposits (e.g., Turmalina and São Sebastião) are hosted by Archean rocks of the Pitangui greenstone belt, near the contact between Rio Pará and Rio São João formations (Pitangui Group). Despite recent advances in geological and metallogenetic knowledge of this region, little is known about the greenstone sequence's prospective potential beyond the areas currently being explored. Thus, this study presents an evaluation of the mineral favorability of the Pitangui synclinorium, using knowledge-driven prospective modeling and the concept of Mineral Systems as a theoretical basis. The geological, geophysical, structural, and metallogenetic databases of this district were analyzed and ranked according to the influence of the formation and concentration of gold mineralization. The superposition of the following criteria marks the most favorable regions for gold occurrence: the presence of rocks from the Rio Pará and Rio São João formations (primarily banded iron formations), Archean structures from the D1 event, high density of shear zones, regions metamorphosed under greenschist to amphibolite facies and proximity to granitic intrusions. The modeling results are shown in the "Gold Prospectivity Map of the Pitangui Greenstone Belt" on a 1:75,000 scale, in which the study area is subdivided according to the mineral prospectivity index. Considering the total area of the Pitangui greenstone belt (about 567 km<sup>2</sup>), the areas of high prospectivity (prospective indexes between 7 and 8) are equivalent to 2.5% of the total area (~15 km<sup>2</sup>), significantly reducing the search area for regions with high potential. The areas of medium (indexes 4 to 6) and low prospectivity (indexes 1 to 3) represent 42.5% (~240 km<sup>2</sup>) and 55% of the greenstone's area (~310 km<sup>2</sup>), respectively. The model was validated using the location of the gold deposits and occurrences available in the SGB-CPRM database, and the concession and mining requirement data from the National Mining Agency (ANM), which showed a good correlation with the areas of high and medium favorability. Three regions with high prospective indexes and without any known gold occurrences were identified, located on the edges of the Pitangui Sinclinório and oriented in the NW-SE direction: 1) the W-SW portion, close to the municipality of Conceição do Pará, around the intrusive suites Casquilho, Jaguará and Mato Dentro; 2) NE portion, in the municipality of Pequi and the homonymous batholith; and 3) the SE portion, close to Pará de Minas and the Jaguará pluton. These new areas are considered interesting for future investments in mineral research.*

# SUMÁRIO

---

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2. CONTEXTO GEOTECTÔNICO E GEOLOGIA REGIONAL.....</b>	<b>9</b>
2.1. LOCALIZAÇÃO E CONTEXTO GEOTECTÔNICO .....	9
2.2. GEOLOGIA REGIONAL .....	11
2.2.1. Complexos TTG Arqueanos e Granitoides Intrusivos .....	11
2.2.2. <i>Greenstone Belt</i> Meso a Neoarqueano – Supergrupo Rio Das Velhas .....	12
2.2.2.1. Grupo Pitangui.....	13
2.2.2.1.1. Formação Rio Pará.....	13
2.2.2.1.2. Formação Rio São João.....	14
2.2.2.1.3. Formação Onça do Pitangui .....	14
2.2.2.2. Formação Antimes .....	14
2.2.3. Unidade Serra dos Ferreiras.....	15
2.2.4. Sequências Metassedimentares Paleoproterozoicas.....	15
2.2.5. Diques Máficos e Veios de Quartzo.....	16
2.2.6. Sequência Sedimentar Neoproterozoica.....	16
2.2.7. Coberturas Sedimentares Cenozoicas .....	17
2.3. ARCABOUÇO ESTRUTURAL E METAMORFISMO .....	17
2.3.1. Eventos Deformacionais do Sinclínório Pitangui .....	17
2.3.1.1. Evento Deformacional (D1).....	17
2.3.1.2. Evento Deformacional (D2) .....	17
2.3.2. Domínios Estruturais.....	20
2.3.3. Metamorfismo .....	20
<b>3. GEOLOGIA E METALOGÊNESE DO OURO .....</b>	<b>23</b>
3.1. OURO: CONTEXTO METALOGENÉTICO REGIONAL .....	23
3.2. HISTÓRICO E PANORAMA DA ATIVIDADE MINERAL NO DISTRITO AURÍFERO PITANGUI .....	25
3.3. DISTRITO AURÍFERO DE PITANGUI .....	25
3.3.1. Complexo Turmalina.....	27
3.3.1.1. Depósito de Turmalina .....	27
3.3.1.2. Depósito de Satinoco .....	29
3.3.1.3. Corpo D – Satélite de Satinoco.....	29
3.3.1.4. Depósito de Pontal.....	30
3.3.1.5. Depósito de Faina.....	30
3.3.1.6. Alvo Fazenda Experimental .....	30
3.3.1.7. Alvo Zona Basal.....	30
3.3.2. Depósito São Sebastião .....	32
3.3.3. Lineamento Penha-Onça .....	33
3.3.4. Indícios Minerais .....	34
3.3.4.1. Indícios Geoquímicos .....	34
3.4. DISCUSSÃO: BREVES CONSIDERAÇÕES ACERCA DAS MINERALIZAÇÕES AURÍFERAS DO SINCLINÓRIO PITANGUI .....	34
<b>4. MAPA DE PROSPECTIVIDADE: INTEGRAÇÃO DE DADOS E GERAÇÃO DE ALVOS .....</b>	<b>38</b>
4.1. INTRODUÇÃO.....	38

4.2. METODOLOGIA.....	38
4.3. BASE DE DADOS, INTERPRETAÇÃO E PROCESSAMENTO .....	39
4.3.1. Geologia e Estrutural.....	40
4.3.2. Metamorfismo e Intrusões Graníticas .....	43
4.3.3. Dados Aerogeofísicos .....	44
4.4. INTEGRAÇÃO DOS VETORES E PESOS DOS MODELOS.....	45
4.5. RESULTADOS .....	45
4.6. VALIDAÇÃO DOS MODELOS .....	49
4.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	50
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>

# 1. INTRODUÇÃO

---

Os mapas de prospectividade mineral têm como objetivo a identificação de áreas com maior potencial para hospedar depósitos minerais (BONHAM-CARTER, 1994; HRONSKY *et al.*, 2012). Para tal, são analisados os bancos de dados disponíveis para a área estudada (p.ex., geológicos, geoquímicos e de sensoriamento remoto), que sejam coerentes com a escala de interesse (HRONSKY; GROVES, 2008; JOLY; PORWAL; MCCUAIG, 2012). Essas informações são integradas e avaliadas conforme sua relevância para os processos de formação e/ou acumulação do minério tendo como base os critérios previamente estabelecidos para o sistema mineral (WYBORN; HEINRICH; JAQUES., 1994; MCCUAIG *et al.*, 2010; MCCUAIG; HRONSKY, 2014). A partir disso, são gerados modelos prospectivos para orientar a pesquisa mineral que podem culminar na descoberta de corpos mineralizados ainda não mapeados.

No Brasil, diversos estudos prospectivos têm avaliado o potencial das principais províncias auríferas, incluindo Gurupi, Quadrilátero Ferrífero, Carajás, Tapajós e Borborema (KLEIN *et al.*, 2017; COSTA; SILVA; FERREIRA, 2019; TAVARES; MATOS; KLEIN, 2020 e referências neles contidas). Recentemente, Queiroz *et al.* (2022) propuseram uma reavaliação da região central do Quadrilátero Ferrífero, com foco na identificação de novas áreas potenciais para hospedar depósitos de ouro orogênico (GROVES *et al.*, 1998; ROBERT *et al.*, 2007) no *Greenstone Belt* Rio das Velhas. Contudo, a porção noroeste do

Quadrilátero Ferrífero e o *Greenstone Belt* Pitangui ainda carecem de estudos prospectivos regionais, uma vez que os estudos metalogenéticos estão restritos aos depósitos de Turmalina e São Sebastião (BRANDO-SOARES *et al.*, 2017, 2018; SILVA; ROSIÈRE; BÜHN, 2019; FABRÍCIO-SILVA *et al.*, 2021). Apesar dos avanços trazidos por esses estudos e pelo mapeamento geológico de detalhe da sequência *greenstone* (MARINHO *et al.*, 2019a), pouco se sabe a respeito do potencial mineral do *Greenstone Belt* Pitangui para além das áreas já exploradas.

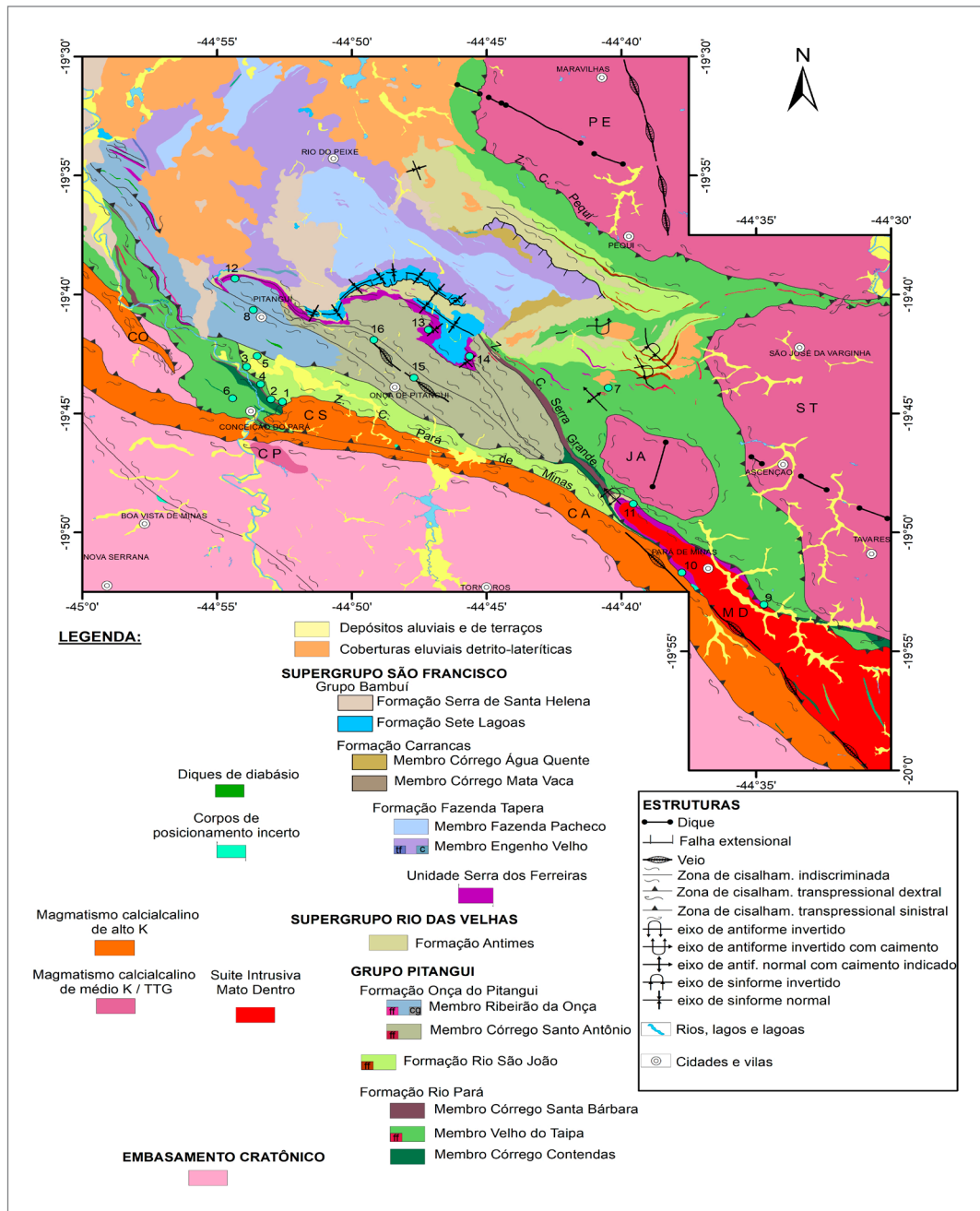
Dessa maneira, o presente trabalho apresenta uma avaliação da prospectividade do *Greenstone Belt* Pitangui e suas implicações para a descoberta de novos depósitos de ouro orogênico. Para tal, analisamos e integramos os dados geológicos, geofísicos, estruturais e metalogenéticos do Sinclínório Pitangui, obtidos durante a realização do projeto Áreas de Relevante Interesse Mineral - Noroeste do Quadrilátero Ferrífero (SGB/CPRM) e pelas empresas de mineração da região. A modelagem de potencial mineral foi guiada pelo conhecimento prévio (*knowledge-driven*; BONHAM-CARTER, 1994) e utilizou o conceito de sistemas minerais (WYBORN; HEINRICH; JAQUES, 1994; HAGEMANN; LISITSIN; HUSTON, 2016) como base teórica. Esse estudo resultou ainda na publicação do “Mapa de Prospectividade para Ouro no *Greenstone Belt* Pitangui” (SINCLAIR; MARINHO; LOMBELLO, 2021), que identifica as áreas de maior potencial para futuros investimentos em pesquisa mineral.





Romano (1993) considera as rochas do *Greenstone Belt* Pitangui como um prolongamento absolutamente idêntico daquelas do Grupo Nova Lima (inserido no Sg. Rio das Velhas). Alternativamente, Albert *et al.* (2016) e Brando-Soares, Corrêa-Neto e Fabrício-Silva (2020), através de dados geoquímicos e geocronológicos de rochas dos *greenstone belts* Pitangui e Rio das Velhas e do embasamento, sugerem que as duas regiões se desenvolveram em domínios separados.

Marinho *et al.* (2019a) caracteriza a região do GBP, também conhecida como Sinclínório Pitangui, como uma megaestrutura sinformal orientada segundo a direção NW-SE (Figura 2.2). A parte exposta deste sinforme possui aproximadamente 20 km de largura e 50 km de comprimento, sendo limitado a nordeste e sudoeste por granitoides arqueanos, ao longo das zonas de cisalhamento sinistrais de Pará de Minas e Pequi. Seu limite oriental é marcado pelo domo de Florestal e sua



**Figura 2.2** - Mapa geológico simplificado do *Greenstone Belt* Pitangui (modificado de MARINHO *et al.*, 2019a). Abreviaturas: Batólito Serra dos Tavares (ST), Batólito Pequi (PE), Pluton Jaguará (JA), Pluton Conceição do Pará (CP), Granito Casquilho (CS), Granito Córrego do Arruda (CA), Granito Coqueiro (CO), Suíte Mato Dentro (MD). Números: Depósitos Turmalina (1), Satinoco (2), Pontal (3), Faina (4) e São Sebastião (7); Alvos Fazenda Experimental (5) e Zona Basal (6); Bairro Penha (8); Minas de agalmatolito Pará de Minas (9), Córrego do Arroz (10), Capão Grosso/Praxedes (11), Córrego Seco (12), Fazenda Matão (13), Serra dos Ferreiras (14), Alvo Fazenda Santa Cruz (15) e Alvo Caxingó Sul (16).

continuidade a sudeste é representada pelos sinclínios de Mateus Leme e Souzas. Em seu limite setentrional, o sinclínio é gradativamente recoberto por rochas sedimentares neoproterozoicas do Grupo Bambuí e por coberturas detrito-lateríticas cenozoicas, enquanto sofre deflexão para a direção N-S (REIS *et al.*, 2017; MATOS, 2019). Em trabalho utilizando seções gravimétricas, Matos (2019) caracterizou a profundidade máxima do GBP variando entre 1 e 5 km, aproximadamente, apresentando as menores profundidades da calha em sua porção SE.

Nessa região, distinguem-se seis domínios tectônicos: (1) Complexos TTG (tonalito-thronjemitó-granodiorito) arqueanos do embasamento cristalino e granitoides intrusivos; (2) Sequências metavulcanossedimentares arqueanas tipo *greenstone belt* do Supergrupo Rio das Velhas (Grupo Pitangui e Formação Antimes); (3) Rochas metavulcanossedimentares paleoproterozoicas da Formação Fazenda Tapera; (4) Corpos intrusivos; (5) Rochas metassedimentares neoproterozoicas do Grupo Bambuí; (6) Coberturas sedimentares cenozoicas (Figura 2.2).

## 2.2. GEOLOGIA REGIONAL

### 2.2.1. Complexos TTG Arqueanos e Granitoides Intrusivos

Os complexos metamórficos arqueanos do QF são formalmente denominados Bação, Belo Horizonte, Bonfim, Caeté, Campo Belo, Divinópolis, Santa Bárbara e Passa Tempo (Figura 2.1B). Eles são formados por suítes TTG (tonalito-trondjemito-granodiorito), migmatitos, granulitos e metagranitoides intrusivos neoarqueanos, cujas composições variam entre suítes potássicas de médio-K (TTG-like) e de alto-K (MACHADO *et al.*, 1996; ALKMIM; MARSHAK, 1998; HARTMANN *et al.*, 2006; LANA *et al.*, 2013; BARBOSA, 2015; FARINA *et al.*, 2016; TEIXEIRA; OLIVEIRA; MARQUES, 2017). Os complexos TTG são compostos geralmente por ortognaisses biotíticos à anfíbolíticos, por vezes afetados por fusão parcial com geração de corpos migmatíticos, e apresentam estruturas *schollen*, estromática, *schlieren*, flebiticas e nebulíticas. Além disto, podem conter restitos máficos-ultramáficos e xenólitos de supracrustais, sendo comumente intrudidos por granitoides neoarqueanos (ROMANO *et al.*, 2013; LANA *et al.*, 2013; FARINA; ALBERT; LANA, 2015).

A granitogênese arqueana do QF tem sido dividida de acordo com bases geocronológicas em quatro eventos magmáticos denominados: Santa Bárbara (3220 a 3200 Ma), Rio das Velhas I (2930 a 2900 Ma), Rio das Velhas II (2800 a 2760 Ma) e Mamona (2750 a 2680 Ma, FARINA; ALBERT; LANA, 2015; FARINA *et al.*, 2016). Os corpos dos eventos Santa Bárbara e Rio das Velhas

I estão, via de regra, gnaissificados e/ou migmatizados. Os corpos graníticos dos eventos subsequentes apresentam menor grau de deformação, marcado por foliações miloníticas e migmatizações restritas (BRANDALISE; HEINECK, 2000).

Na região do Sinclínio Pitangui (Figura 2.2), afloram os complexos Divinópolis, no flanco sudoeste, e Belo Horizonte, situado a leste-nordeste dessa ESTRUTURA. O Complexo Divinópolis compreende um conjunto formado por gnaisses e migmatitos que comumente são intrudidos por corpos graníticos, individualizados ou não, ocorrendo também corpos de anfíbolitos, metaultrabasitas, metabasitas e magnetitos (ROMANO, 2007; MARINHO *et al.*, 2019a). Melo-Silva, Amaral e Oliveira (2020) apresentam idades U-Pb em zircão entre 2,85 e 2,75 Ga, obtidas em migmatitos situados nas proximidades do município de Pitangui. Entretanto, uma datação efetuada em gnaisse de composição diorítica, situado próximo ao flanco sudoeste do Sinclínio Pitangui, indica idade de cristalização mesoarqueana em 2,87 Ga (U-Pb em zircão; MELO-SILVA, 2016).

Intrusiva nas rochas do Complexo Divinópolis, a Suíte Intrusiva Mato Dentro está disposta segundo a direção NW-SE, aflorando a sul da cidade de Pará de Minas. É composta por granitoides biotíticos com idade de cristalização em 2755 (+14/-13) Ma, obtida por Romano (1989; U-Pb em zircão). Estudos geoquímicos nesta unidade indicam tendência cálcio-alcalina metaluminosa de médio K (HEINECK, 1997).

Por sua vez, o Complexo Belo Horizonte é caracterizado por rochas gnáissicas, por vezes migmatizadas, com composição química semelhante aos TTG arqueanos (NOCE; TEIXEIRA; MACHADO, 1997). Na área de estudo, este complexo é representado por granitoides intrusivos de afinidade TTG (médio-K) da Suíte Maravilhas-Florestal, englobando os batólitos Serra dos Tavares e Pequi e o Pluton Jaguará, com idades de cristalização de 2755 ± 8, 2750 ± 13, e 2747 ± 7 Ma (U-Pb em zircão), respectivamente (PERILLO, 1998; ROMANO *et al.*, 2013; FARINA; ALBERT; LANA, 2015; FEBOLI; MARINHO, 2017; BRANDO-SOARES; CORRÊA-NETO; FABRÍCIO-SILVA, 2020).

O magmatismo cálcio-alcalino de alto-K tem início em aproximadamente 2720 Ma (período do evento magmático Mamona) e se apresenta sincrônico nos complexos Belo Horizonte e Divinópolis (ROMANO *et al.*, 2013; NOCE; MACHADO; TEIXEIRA, 1998; CHEMALE JR.; BABINSKI; VAN SCHMUS, 1993; FARINA; ALBERT; LANA, 2015; BRANDO-SOARES; CORRÊA-NETO; FABRÍCIO-SILVA, 2020) e, é representado neste último complexo, pelos granitos Casquilho e Córrego do Arruda. O Granito Casquilho foi datado e apresenta uma idade de cristalização U-Pb em zircão de 2711±4 Ma (MAGALHÃES *et al.*, 2019).

Esta importante mudança composicional do magmatismo, no qual os granitoides sódicos, similares à série TTG, abrem gradativamente espaço para corpos graníticos da série de alto potássio, indicam a estabilização e o aumento da fusão da crosta continental ao fim do arqueano (ROMANO *et al.*, 2013; LANA *et al.*, 2013; FARINA; ALBERT; LANA, 2015; FARINA *et al.*, 2016).

### 2.2.2. Greenstone Belt Meso a Neoarqueano - Supergrupo Rio Das Velhas

A primeira proposta de divisão estratigráfica para o Supergrupo Rio das Velhas na região do QF foi concebida por Dorr *et al.* (1957) que o definiram como “Série Rio das Velhas”. Estes autores subdividiram essa sequência de rochas supracrustais arqueanas em Grupos Nova Lima (basal, metavulcanossedimentar) e Maquiné (superior, metassedimentar clástica). Posteriormente, outras subdivisões estratigráficas foram propostas para essa sequência *greenstone* (DORR II, 1969; SCHORSCHER, 1979; ZUCCHETTI; BALTAZAR, 2000; BALTAZAR; ZUCCHETTI, 2007; ARAÚJO *et al.*, 2020), sendo amplamente aceita sua compartimentação, da base para o topo, nos grupos Quebra Osso, Nova Lima e Maquiné. Essas rochas estão distribuídas ao longo de três blocos tectono-estratigráficos (Nova Lima-Caeté, Santa

Bárbara e São Bartolomeu), os quais foram justapostos por amalgamação tectônica e são separados por grandes falhas regionais (BALTAZAR; ZUCCHETTI, 2007; ARAÚJO *et al.*, 2020).

Para a região do Sinclínrio Pitangui, existem três propostas de empilhamento litoestratigráfico sugeridas por Romano (2007), Brando-Soares *et al.* (2017) e Brando-Soares, Corrêa-Neto e Fabrício-Silva (2020) e Marinho *et al.* (2019a, Figura 2.3). As rochas supracrustais do *Greenstone Belt* Pitangui, pertencentes ao Supergrupo Rio das Velhas, foram inicialmente subdivididas nos Grupos Nova Lima (base) e Maquiné (topo), através de mapeamento na escala 1:100.000 da Folha Pará de Minas (ROMANO, 2007). No referido trabalho, o autor divide informalmente o Grupo Nova Lima em duas sequências; uma basal, metaígneia e metassedimentar, composta por rochas metavulcânicas máficas a intermediárias com subordinados xistos, filitos, metacherts e formações ferríferas bandadas (FFB), sobreposta por uma sequência metavulcanossedimentar a metassedimentar. Por sua vez, as rochas estritamente clásticas de topo (quartzitos, micaxisto, filitos e conglomerados) são correlacionadas ao Grupo Maquiné.

Brando-Soares *et al.* (2017) e Brando-Soares, Corrêa-Neto e Fabrício-Silva (2020) dividem as rochas do GBP em três unidades: Inferior, Intermediária e Superior.

MARINHO <i>et al.</i> 2018			ROMANO 2007			BRANDO SOARES <i>et al.</i> 2017		
Supergrupo Rio das Velhas	Fm. Antimes	Quartzitos, metaconglomerados e pelitos.	Grupo Maquiné	Quartzitos, micaxisto, níveis filíticos e de conglomerados.		Unidade Superior	Quartzitos e metaconglomerados polimíticos.	
	Grupo Pitangui	Fm. Onça do Pitangui		Metagrauvascas, metapelitos, níveis metaconglomerático, tufo, formações ferríferas e metarenitos.	Seq. Metavulcanossedimentar e Metassedimentar	Unidade metassedimentar	Filitos, metaturbiditos, quartzitos, metacherts e níveis vulcanoclásticos.	Unidade Média
		Fm. Rio São João	Metarritmitos, metarenitos arcoseanos com intercalações de metabasaltos e metaultramáficas	Unidade rochas hidrotermais		Rochas peraluminosas (agalmatolitos).		
		Fm. Rio Pará	Metavulcânicas máficas com intercalações de metaultramáficas, metavulcano-clásticas, metachert, metassedimentar clásticos e formações ferríferas.	Seqüência Metaígneia e Metassedimentar	Unidade metavulcanossedimentar	Metapiroclásticas e metatufo ressedimentados, metarritmito e metagrauvasca.	Unidade Inferior	Metavulcânicas máficas e ultramáficas intercaladas com níveis de metassedimentos e intervalos de formações ferríferas, além de metarenitos e metapelitos turbidíticos.
Grupo Nova Lima	Unidade metamáfica e metaintermediária	Metavulcânicas básicas e intermediárias.						
	Unidade Metassedimentar	Metachert, filitos e magnetitito.						
	Unidade metaultramáfica e metamáfica	Serpentinito, clorita, anfibólio e talcoxistos.						

Figura 2.3 - Quadro estratigráfico comparativo para o Supergrupo Rio das Velhas na região do Sinclínrio Pitangui, com as propostas de Romano (2007), Brando-Soares *et al.* (2017) e Marinho *et al.* (2019a).



Os autores também retiram a correlação direta ao Grupo Nova Lima e Maquiné, classificando-as informalmente como *Greenstone Belt* Pitangui. A unidade Inferior é constituída, predominantemente, por rochas metavulcânicas máficas (metabasaltos e metabasaltos komatiíticos) e metaultramáficas (talco-xistos), intercaladas por camadas de metarenitos, metapelitos, FFB, *metacherts* e filitos carbonosos. A unidade Intermediária é composta por metassedimentos clásticos rítmicos (metapelitos e metarenitos) intercalados por rochas metavulcânicas intermediárias (metadacitos, meta-andesitos e, subordinadamente metabasaltos) e raras lentes de FFB e quartzito. Por fim, a unidade Superior é mais restrita, composta predominantemente por metarenitos e metaconglomerados polimícticos.

A partir do mapeamento de detalhe em escala 1:25.000 (DI SALVIO *et al.*, 2019a, b, c; BRITO; MARINHO; LOMBELLOa, b; BRITO; MARINHO, 2019; FÉBOLI; MARINHO, 2019a, b; FRIZZO; TAKAI; SCARPELLI, 2019; BRITO; MARINHO; LOMBELLO, 2019a, b), Marinho *et al.* (2019a) adotam uma divisão formal da estratigrafia do GBP, sendo este, inserido no Supergrupo Rio das Velhas e formado pelo Grupo Pitangui (base) e pela Formação Antimes (topo). O Grupo Pitangui, por sua vez, é composto pelas formações Rio Pará, Rio São João e Onça do Pitangui. Esta divisão do GBP foi utilizada para o presente estudo de prospectividade mineral (Figura 2.2).

A sequência *greenstone* é parcialmente sobreposta por metassedimentos paleoproterozoicos da Formação Fazenda Tapera, através de discordância angular e erosiva, e, a norte, é recoberto pelas rochas sedimentares carbonáticas e terrígenas neoproterozoicas do Grupo Bambuí (ROMANO, 2007; MATOS, 2019).

### 2.2.2.1. Grupo Pitangui

O Grupo Pitangui é formado por rochas metavulcanossedimentares arqueanas e representa o principal componente do arcabouço litoestratigráfico do Sinclínório Pitangui. Esta unidade sobrepõe-se ao embasamento mesoarqueano, composto pelos Complexos Divinópolis e Belo Horizonte, e recoberta pela Formação Antimes, através de uma discordância angular erosiva. Granitoides neoarqueanos (*p.ex.* Jaguara, Pequi, Serra dos Tavares, Florestal, Casquilho e Córrego do Arruda, ROMANO *et al.*, 1995; PERILLO, 1998; MAGALHÃES *et al.*, 2019), pertencentes às suítes Maravilhas-Florestal e Casquilho-Córrego do Arruda (MARINHO *et al.*, 2019b), são intrusivos e apresentam contatos tectônicos com o Grupo Pitangui. Segundo Marinho *et al.* (2019a), o grupo foi dividido em três formações, da base para o topo: Rio Pará, Rio São João e Onça do Pitangui (Figura 2.2).

#### 2.2.2.1.1. Formação Rio Pará

A Formação Rio Pará é correlacionável à Sequência Metaígnea e Metassedimentar de Romano (2007) e à Unidade Inferior de Brando-Soares *et al.* (2017). Representa a unidade de maior abrangência e importância do Grupo Pitangui, uma vez que hospeda os principais depósitos e ocorrências auríferas do Sinclínório Pitangui (*p. ex.*, Satinoco, Faina e São Sebastião; FRIZZO; TAKAI; SCARPELLI, 1991). Os contatos entre a formação e os granitoides intrusivos associados aos batólitos Pequi, Serra dos Tavares e aos plútons Casquilho, Córrego do Arruda, Coqueiro e Jaguara são caracterizados por zonas de cisalhamento transpressionais.

Segundo Marinho *et al.* (2019b), a Formação Rio Pará é constituída pelos membros **Velho do Taipa, Córrego Santa Bárbara e Córrego Contendas**, que se apresentam de forma interdigitada e com grandes variações litológicas verticais e laterais. O **Membro Velho do Taipa** possui a maior expressão cartográfica da Formação Rio Pará e forma os flancos do Sinclínório Pitangui, limitando-o a NE e SW (Figura 2.2). Nesta unidade, predominam rochas metavulcânicas máficas que correspondem a derrames basálticos com afinidade komatiítica a toleítica de alto-Mg e alto Fe (MAGALHÃES *et al.*, 2018). Localmente, os metabasaltos apresentam estruturas almofadadas (*pillow lavas*) e textura variolítica e/ou amigdaloidal, sugerindo sua origem subaquática (LADEIRA, 1981). Ocorrem de maneira subordinada, intercalações de rochas vulcânicas intermediárias, restitos ultramáficos, FFB, *metacherts/metacherts* ferruginosos, além de raras camadas de rochas metassedimentares clásticas, incluindo metarenitos muito finos e metapelitos carbonosos a ferruginosos. A paragênese dos metabasaltos composta por plagioclásio, clorita e actinolita indica condições metamórficas condizentes a fácies xisto verde.

O **Membro Córrego Contendas** é composto predominantemente por rochas metaultramáficas e, em menor extensão, por rochas metamáficas e rochas metassedimentares clasto-químicas, representadas por metapelitos, *metacherts* e *metacherts* ferruginosos. O membro ocorre disposto em forma de lentes e camadas de direção NW-SE a E-W, com aproximadamente 200 a 500 metros de largura, podendo chegar até 700 metros (Figura 2.2). As rochas metaultramáficas correspondem a talcos-xistos e serpentina–talco-anfibólio xistos, podendo apresentar foliação milonítica, além de clivagens e lineações de crenulação. A presença de restos de antofilita pode indicar que essas rochas atingiram a fácies xisto verde superior.

O **Membro Córrego Santa Bárbara** ocorre na forma de lentes e camadas de direção NW-SE e espessuras entre 200 e 400 m, podendo atingir 1000 m (Figura 2.2).

É representado por uma sequência predominantemente metassedimentar clasto-química constituída por intercalações centimétricas a métricas de metapelitos carbonosos, metagrauvas, metapelitos ferruginosos associados a *metacherts* e *metacherts* ferruginosos com subordinados termos metavulcanoclásticos félsicos e metavulcanitos máficos. Di Salvio *et al.* (2017), em estudos na sequência basal do *Greenstone Belt* Pitangui, em rochas vulcanoclásticas félsicas, interpretadas como metaignimbritos, apresentaram datação de 19 grãos de zircão pelo método U-Pb LA-ICP-MS, com uma idade concórdia de  $2877 \pm 4$  Ma (MSWD= 1.7) e uma idade de intercepto superior em  $2879 \pm 9$  Ma. As metagrauvas podem ser líticas e/ou feldspáticas e são representadas por clorita-plagioclásio-quartzo xistos e por cloritoide-quartzo-clorita xistos apresentando por vezes cloritoides oxidados. Os metapelitos são caracterizados por quartzo-clorita-sericita xistos e quando ricos em matéria orgânica são representados por filitos carbonosos. Esse membro também possui importância metalogenética, uma vez que hospeda os alvos Satinoco e Fazenda Serra do Andaime.

### 2.2.2.1.2. Formação Rio São João

A Formação Rio São João é correlacionável à porção basal da Sequência Metavulcanossedimentar e Metassedimentar de Romano (2007), e à parte basal da unidade média de Brando-Soares *et al.* (2017). Representa a unidade intermediária do Grupo Pitangui e possui distribuição na forma de faixas estreitas e alongadas, de direção preferencialmente sudeste-noroeste, aflorando nos setores nordeste e sudoeste do Sinclínio Pitangui (Figura 2.2). Seus litotipos estão sobrepostos à Formação Rio Pará através de contato transicional, sendo caracterizados por aumento gradual de litotipos siliciclásticos e relevante diminuição de termos metavulcânicos máficos. Brando-Soares *et al.* (2020) cita nesta transição, a passagem das rochas máficas para andesitos cálcio-alcálicos (2,78 Ga, U-Pb em zircão) e sugere a instalação de um ambiente de arco de ilhas oceânico. A Formação Rio São João faz contato com os granitos Casquilho e Córrego do Arruda por zonas de cisalhamento transpressional. Com a unidade sobreposta, a Formação Onça do Pitangui, esse contato é também tectônico, evidenciado por zonas de cisalhamento transpressional com direção noroeste-sudeste, que imprime marcante foliação milonítica nos litotipos dessa formação (MARINHO *et al.*, 2019a).

Esta unidade é constituída predominantemente por metapelitos rítmicos e metarenitos arcoseanos (metagrauvas) associados a metassedimentos químicos representados por *metacherts* e FFB, além de restritas lentes de rochas dacíticas/andesíticas, metamáficas, metaultramáficas e metadiamictitos (MARINHO *et al.*,

2019a). Em termos de importância metalogenética, essa formação possui expressiva relevância, já que os depósitos de Turmalina (Corpos A e B) e do Pontal estão inseridos na mesma.

### 2.2.2.1.3. Formação Onça do Pitangui

A Formação Onça do Pitangui, localizada na porção de topo do Grupo Pitangui, é correlacionável à Unidade Metassedimentar da Sequência Metavulcanossedimentar e Metassedimentar de (ROMANO (2007) e à parte superior da Unidade Média de Brando-Soares *et al.* (2017, Figura 2.3). Marinho *et al.* (2019a) subdividem esses litotipos, da base para o topo, em dois membros: Córrego Santo Antônio (metassedimentar pelito-arenoso) e Ribeirão da Onça (metassedimentar pelítico).

Essa formação compreende uma extensa faixa alongada de direção noroeste-sudeste, paralela ao Lineamento Penha-Onça (CAMPOS; DUCHINI JR.; FRIZZO, 2008). Limita-se a sul pela Formação Rio São João e a oeste pela Formação Rio Pará (Figura 2.2). A noroeste, é sobreposta por rochas proterozoicas da Formação Fazenda Tapera. Está sobreposta, através de contato tectônico, com as formações Rio Pará e Rio São João, evidenciado por zonas de cisalhamento transpressional (MARINHO *et al.*, 2019a). Estudos de proveniência de zircões detríticos em metagrauvas desta unidade forneceram idade máxima de sedimentação de aproximadamente 2,79 Ga (U-Pb LA-ICPMS em zircões detríticos, MARINHO *et al.*, 2017).

O **Membro Córrego Santo Antônio** é constituído predominantemente por metagrauvas, metarenitos líticos associados a metapelitos, *metacherts* e FFB (MARINHO *et al.*, 2019a). O **Membro Ribeirão da Onça** é caracterizado pela predominância de metapelitos com pronunciada laminação rítmica, caracterizada por intercalações de camadas silteosas e silto-argilosas. Próximos a níveis de base deste membro, são observadas lentes e/ou camadas de metaconglomerados polimíticos com clastos estirados de FFB. Podem ocorrer, localmente, camadas e/ou lentes de metagrauvas e metarenitos líticos.

### 2.2.2.2. Formação Antimes

A Formação Antimes corresponde à unidade superior de Brando-Soares *et al.* (2017), e Romano (2007) correlaciona esses litotipos ao Grupo Maquiné, pertencente ao Supergrupo Rio das Velhas (Figura 2.3). Os contatos com o Grupo Pitangui são caracterizados por discordâncias erosivas angulares, entretanto contatos tectônicos através de falhas extensionais estão presentes nas relações com os metassedimentos paleoproterozoicos e neoproterozoicos, referentes à Formação Fazenda Tapera e ao Grupo Bambuí, respectivamente (MARINHO *et al.*, 2019a).

Segundo Marinho *et al.* (2019a), essa unidade é caracterizada pela associação de quartzitos, quartzitos conglomeráticos, metaconglomerados e raros filitos sericíticos. Essa formação possui maior expressão em três faixas, que sustentam as serras do Rio do Peixe e Pequi e, na porção central do sinclínio, as serras dos Correias e do Antimes (Figura 2.2). Em estudo de proveniência em duas amostras de metaconglomerados, esses mesmos autores apresentam uma idade máxima de sedimentação de aproximadamente 2,69 Ga (U-Pb LA-ICPMS em zircões detríticos).

### 2.2.3. Unidade Serra dos Ferreiras

A Unidade Serra dos Ferreiras está disposta preferencialmente segundo a direção NW-SE, e ocorre na forma de lentes com espessuras métricas, podendo atingir até 2 km nos locais de maior exposição, como é o caso da Serra dos Ferreiras (4 km a norte-noroeste de Onça do Pitangui). A unidade é caracterizada por rochas hidrotermalmente alteradas, em zonas de alteração sericítica e peraluminosa (ROMANO, 2007). As zonas sericíticas são constituídas por xistos com proporções variadas de quartzo, muscovita e cloritoide, e intercalações de quartzitos muscovíticos, por vezes ferruginosos. Localmente, ocorrem associados níveis restritos de metaconglomerados, filitos carbonosos, magnetitos e hematitos (MARINHO *et al.*, 2019a).

Em locais onde verifica-se alteração hidrotermal peraluminosa, são gerados os agalmatolitos, caracterizados por xistos com proporções variadas de pirofilita, quartzo, diásporo, cianita, muscovita e outros (SECCO, 2009). O agalmatolito é uma rocha metamórfica, peraluminosa, resultante da alteração hidrotermal de diversos protólitos (vulcânicas ácidas e intermediárias), podendo ser originada, também, a partir da alteração de rochas sedimentares, em sistemas de dobramentos regionais (LUZ; TOMEDI; MARTINS, 2005).

Na região do Sinclínio de Pitangui, os agalmatolitos não possuem posicionamento estratigráfico definido, estando presentes em diversas unidades (MARINHO *et al.*, 2019a). Na região do município de Pitangui, essas rochas são encontradas na Formação Onça do Pitangui e nos contatos entre essa e as formações Antimes e Rio Pará. Nas imediações de Pará de Minas, a unidade aflora nos contatos entre a Formação Rio Pará e a Suíte Mato Dentro, e entre esta e o Granito Córrego do Arruda, sempre associada a zonas de cisalhamento (MARINHO *et al.*, 2019a). Na região de Mateus Leme ocorrem, em sua maioria, nas principais discontinuidades tectônicas da área (HEINECK, 1997), inclusive ao longo do contato entre os litotipos do *greenstone belt* Rio das Velhas e os granitoides da Suíte Mato Dentro.

Alguns modelos foram propostos para explicar a gênese da intensa alteração aluminosa na região. Teixeira e Kuyumjian (1991) sugeriram a aplicação de um modelo tipo *hot spring* (alteração hidrotermal pós-vulcânica), sendo que a fonte para o sistema geotérmico seria o granito de Pará de Minas (Suíte Intrusiva Mato Dentro). Carmo e Romano (1996) consideram que a evolução tectônica e a alteração hidrotermal, ligada à circulação de fluidos pós-vulcânicos, foram responsáveis pela origem dos depósitos de rochas peraluminosas da região (SECCO, 2009). Por sua vez, Romano (2007) atribui a existência dessas rochas a enorme quantidade de fluidos hidrotermais gerados pela desidratação da própria pilha sedimentar e vulcano-sedimentar durante o encurtamento crustal e deformação do Supergrupo Rio das Velhas na região. Entretanto, o autor não descarta uma possível contribuição de fluidos pós-magmáticos (*hot spring* ou fluidos derivados da granitogênese tardi-arqueana) no processo de alteração.

### 2.2.4. Sequências Metassedimentares Paleoproterozoicas

Na região do Quadrilátero Ferrífero mapeada por Dorr (1969), as sequências metassedimentares neoproterozoicas a paleoproterozoicas são representadas pelo Supergrupo Minas e pelos Grupos Sabará e Itacolomi (ALKMIM; MARSHAK, 1998; ALMEIDA *et al.*, 2005; ÁVILA *et al.*, 2014; DOPICO *et al.*, 2017; DUQUE, 2018). O Supergrupo Minas é caracterizado por unidades metassedimentares depositadas em um contexto de rifte a margem passiva e ocorrem sobrepostas discordantemente sobre o Supergrupo Rio das Velhas (ALKMIM; MARSHAK, 1998; DOPICO *et al.*, 2017). No Paleoproterozoico, um evento compressional com vergência para NW resultou na inversão do Supergrupo Minas e na deposição dos sedimentos sin- a pós-orogênicos formados pelos grupos Sabará e Itacolomi (ALKMIM; MARSHAK, 1998; TEIXEIRA *et al.*, 2015; ENDO *et al.*, 2020). Recentemente foi sugerido que esses dois grupos façam parte de uma nova unidade denominada Supergrupo Estrada Real (ENDO *et al.*, 2020).

No âmbito do GBP, foi cartografada e caracterizada pioneiramente uma unidade paleoproterozoica, denominada **Formação Fazenda Tapera** (MARINHO *et al.*, 2019a). Esta unidade é interpretada como cronocorrelata ao Grupo Sabará e jaz em discordância angular e erosiva com o Grupo Pitangui. A Formação Fazenda Tapera aflora na calha central e na parte noroeste do Sinclínio Pitangui, na forma de um sinforme, apresentando distribuição alongada de direção NW-SE com eixo sinformal paralelo (Figura 2.2). Foi subdividida, da base para o topo, nos membros Engenho Velho e Fazenda Pacheco.

O **Membro Engenho Velho** é formado por metarritmitos pelíticos a siltosos, com predomínio de lâminas centimétricas pelíticas alternadas com níveis arenosos formados por metagrauvas. Esta intercalação comumente apresenta estratificação plano-paralela e, localmente, observa-se estratificação cruzada tabular, acanalada e estrutura tipo *wave* e *linsen*. Subordinadamente, ocorrem camadas decimétricas a métricas de tufos intercalados no acamamento dos metarritmitos. Localmente as camadas métricas apresentam formas elípticas, com 0,5 a 3 mm de diâmetro, dispersas em meio a matriz argilosa e são classificados como metatufos félsicos de queda com lapilli acrescionários. Esses metatufos ocorrem comumente intercalados com lentes métricas de *metachert*, sugerindo deposição em ambiente subaquoso. A presença de *boxworks* e cristais euédricos de pirita disseminadas sugerem possível alteração hidrotermal nos *metacherts*. As camadas decimétricas de metatufos félsicos de queda geralmente não apresentam lapilli acrescionários. O contato deste membro com o Membro Fazenda Pacheco é transicional.

O **Membro Fazenda Pacheco** é constituído por metagrauvas e metalitoarenitos arcoseanos intercalados com subordinados metapelitos laminados. A estruturação interna das metagrauvas e metalitarenitos é maciça, desenvolvendo localmente foliação pouco pronunciada. Brito *et al.* (2018), em estudos de proveniência nessa unidade, definiram idade máxima de deposição estimada em 2140 Ma (U-Pb LA-ICPMS em zircão).

### 2.2.5. Diques Máficos e Veios de Quartzo

Diversas gerações de diques foram cartografadas na área, duas delas com maior expressão: uma paleoproterozoica e a outra de idade incerta. A primeira delas, atribuída ao sistema de diques Pará de Minas (SILVA *et al.*, 1995; CHAVES; NEVES, 2005), é reconhecida principalmente alojada na Formação Onça do Pitangui, Membro Ribeirão da Onça, e ocorre sob a forma de pequenas cristas alongadas ou corpos métricos arredondados, com alinhamento noroeste-sudeste (Figura 2.2). São constituídas de rochas básicas, compostas de piroxênio, anfibólio e clorita, medianamente intemperizadas; sendo localmente observados fenocristais de plagioclásio tabular a ripiforme (MARINHO *et al.*, 2019b). Cederberg *et al.* (2016) atribuíram uma idade de  $1702 \pm 13$  Ma (U-Pb em badeleíta) a um gabro porfírico, datado a sul da cidade de Pitangui.

O outro sistema de diques ocorre sob a forma de blocos arredondados, com alinhamento nordeste-sudoeste ou aproximadamente norte-sul, e foram reconhecidos alojados na Suíte Intrusiva Mato Dentro, no pluton Pará de Minas, e nos metarritmitos da Formação Fazenda Tapera, Membro Engenho Velho. São classificados como gabros e diabásios.

Outra feição que chama atenção são os expressivos veios de quartzo, retilíneos, com dezenas de quilômetros de extensão e dezenas de metros de largura (ROMANO, 2007). Concentram-se especialmente no setor nordeste, com direção noroeste-sudeste, nas rochas da Suíte Maravilhas-Florestal, no Batólito Pequi (MARINHO *et al.*, 2019a).

### 2.2.6. Sequência Sedimentar Neoproterozoica

O Grupo Bambuí corresponde à cobertura sedimentar aflorante de maior área na bacia São Francisco; e é composto por camadas de folhelhos, carbonatos, arenitos e subordinadamente rochas siliciclásticas de maior granulometria (COSTA; BRANCO, 1961; BRAUN, 1968; DARDENNE, 1978, 1981). É interpretado por alguns autores, como o registro estratigráfico de um sistema de *foreland* desenvolvido em resposta ao soerguimento da parte sul da Faixa Brasília ao longo da margem oeste do cráton São Francisco (CHANG *et al.*, 1988; ALKMIM; MARTINS-NETO, 2001, 2012; MARTINS-NETO, 2009; REIS; ALKMIM, 2015; REIS *et al.*, 2017). Da base para o topo, o grupo é representado pelas formações Carrancas, Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias. Na margem oeste da bacia, as formações Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré e Serra da Saudade gradam lateralmente para as formações Samburá e Lagoa Formosa (REIS; ALKMIM, 2015).

Nas regiões central e noroeste do Sinclinório Pitangui, afloram sequências sedimentares neoproterozoicas pertencentes ao Grupo Bambuí. Essas rochas apresentam-se sobrepostas aos metavulcanossedimentos do Grupo Pitangui e da Formação Fazenda Tapera na forma de uma discordância angular erosiva. Localmente, o contato do Grupo Bambuí com os quartzitos da Formação Antimes (Grupo Pitangui) é tectônico e caracterizado por falhas extensionais (Figura 2.2). Na área de estudo, foram identificadas a sucessão de sedimentos mistos (siliciclásticos e carbonáticos) das formações Carrancas (base), Sete Lagoas e Serra de Santa Helena (topo, MARINHO *et al.*, 2019a).

A **Formação Carrancas** foi subdividida em dois membros, sendo eles, Córrego Mata Vaca, na base, e Córrego Água Quente, no topo. O Membro Córrego Mata Vaca é formado por restritas lentes decamétricas de diamictito, enquanto o Membro Córrego Água Quente é caracterizado por intercalações milimétricas a centimétricas de argilito e ritmito. A **Formação Sete Lagoas** é formada por calcarenito associado a subordinado calcissiltito, dolarenito, marga e pelito laminado, podendo apresentar intraclastos centimétricos. Finalmente, a **Formação Serra de Santa Helena** é composta por siltito e argilito, com laminação milimétrica a centimétrica.



### 2.2.7. Coberturas Sedimentares Cenozoicas

Na porção noroeste do Sinclínrio Pitangui, as coberturas cenozoicas são bastante expressivas, predominando as eluvionares detrítico-lateríticas, compostas por seixos e matacões de quartzo e/ou com cobertura parcial de carapaça limonítica (MARINHO *et al.*, 2019a). Os depósitos associados aos cursos d'água, que ocorrem indiscriminadamente em toda região, são representados pelas coberturas aluvionares inconsolidadas e terraços aluvionares semi-consolidados, que são compostos pela intercalação de sedimentos arenosos, cascalhosos e siltico-argilosos (Figura 2.2, MARINHO *et al.*, 2019a; ROMANO, 2007).

## 2.3. ARCABOUÇO ESTRUTURAL E METAMORFISMO

A evolução tectônica e deformacional do Quadrilátero Ferrífero e suas adjacências é interpretada como resultado da atuação de três eventos tectono-deformacionais principais, denominados Jequié/Rio das Velhas, Transamazônico e Brasileiro (ENDO, 1997; ENDO; MACHADO, 1998; ALKMIM; MARSHAK, 1998; BALTAZAR; LOBATO, 2020). Estudos recentes caracterizam o arcabouço estrutural do QF como sendo resultante de um complexo sistema de *nappes*, sendo a *nappe* Curral com vergência para N-NE e a *nappe* Ouro Preto de vergência S-SW (ENDO *et al.*, 2020).

### 2.3.1. Eventos Deformacionais do Sinclínrio Pitangui

No presente estudo, a análise geométrica e cinemática das estruturas planares e lineares presentes nos litotipos do Sinclínrio Pitangui permitiram a identificação de dois eventos deformacionais de natureza compressiva, denominados de D1 e D2.

#### 2.3.1.1. Evento Deformacional (D1)

O **evento deformacional D1** está bem registrado em rochas do Grupo Pitangui (Supergrupo Rio das Velhas) e é composto por duas fases de deformação, cujos elementos apresentam caráter coaxial que sugerem uma deformação progressiva. A primeira fase de deformação é representada pela foliação S1, as dobras F1 e as zonas de cisalhamento. A foliação S1 é pervasiva em todo Grupo Pitangui, sendo representada por uma clivagem ou xistosidade contínua, comumente subparalela a paralela ao acamamento ou bandamento composicional da rocha (S0). Em termos regionais, apresenta direção NW-SE e mergulhos moderados para NE, no flanco sudoeste do sinclínrio, e para SW, em seu flanco nordeste.

Essa foliação compreende o plano axial das dobras F1. Essas possuem geometria fechadas a isoclinais (Figuras 2.4A, B, C), por vezes intrafoliais, dependendo da reologia,

denotando a transposição de S0. São classificadas entre os tipos inclinadas a reclinadas, com caimento de eixos (Lb1) de médio a alto ângulo preferencial NW-SE.

As zonas de cisalhamento associadas ao evento D1 possuem caráter dúctil/frágil-dúctil. Apresentam direções NW-SE e WNW-ESE, com mergulhos moderados a altos para NE e SW, e são representadas pela foliação milonítica Smil1 e lineações de estiramento Lx1. O estiramento mineral é oblíquo a Smil, assim como os indicadores cinemáticos, apontam o predomínio de movimentos sinistrais (Figura 2.4D).

Associa-se a essa fase o desenvolvimento de zonas de cisalhamento regionais de primeira ordem, como as de Pará de Minas e Pequi (Figura 2.5). Relações cartográficas e de campo, observadas em estruturas tipo *roof pendants* (em tradução livre, "pendente de teto"), indicam que essa trama deformacional foi afetada por intrusões de granitoides neoarqueanos (entre 2,75 Ga e 2,71 Ga).

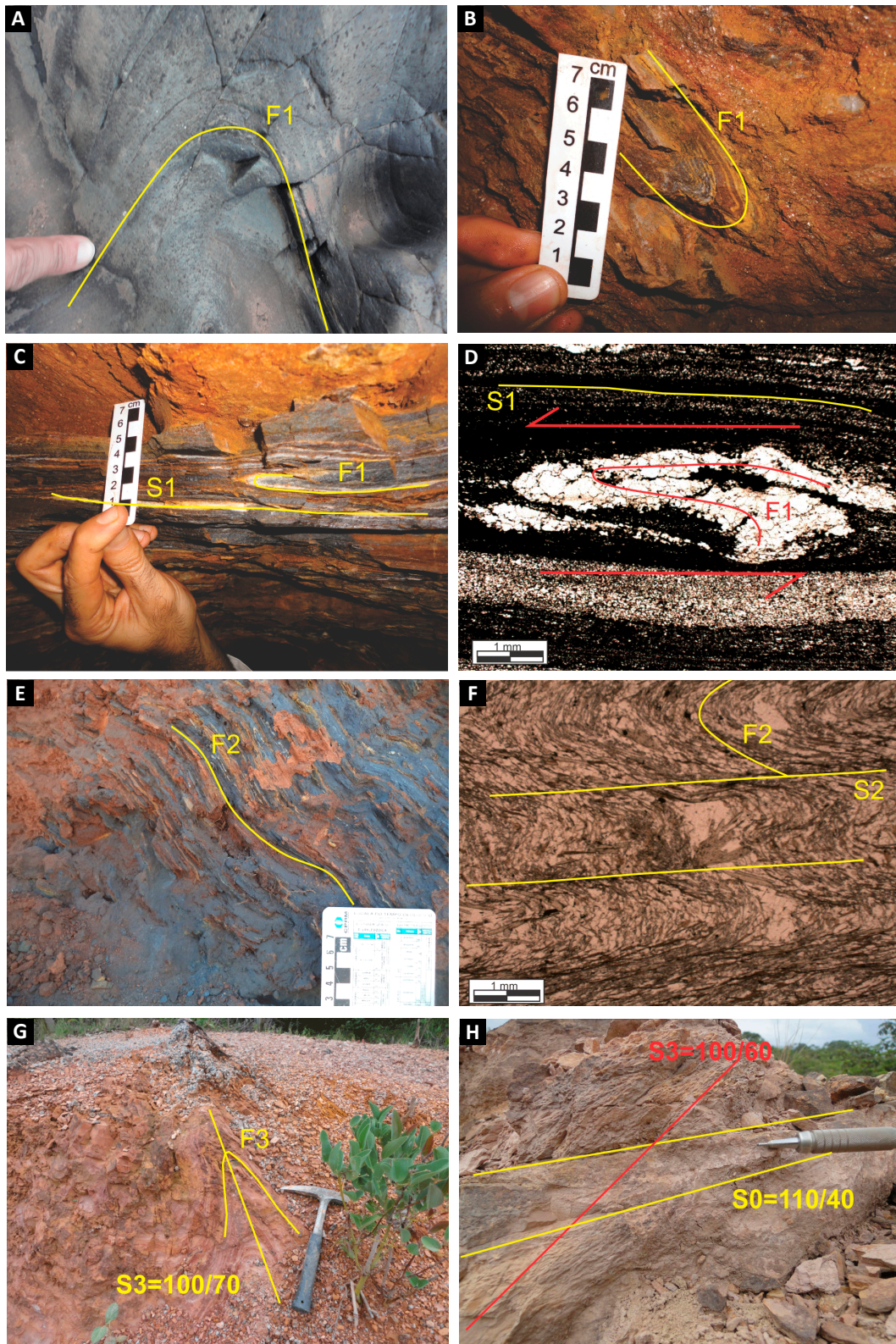
A segunda fase é representada por dobras fechadas a abertas (F2), co-axiais às dobras da primeira fase. Esta segunda fase está delimitada pelo redobramento das superfícies de acamamento S0 e pelo dobramento da foliação S1. O dobramento da foliação S1 é comumente caracterizado em conjuntos de dobras abertas, simétricas e, por vezes, em cascata (Figura 2.4E). Associa-se a essa fase a geração de clivagens de crenulação (S2, Figura 2.4F), plano axiais a dobras F2. Essa clivagem possui direção preferencial para NW-SE e mergulhos moderados a altos tanto para NE quanto para SW.

O arranjo geométrico e cinemático do evento D1, sumarizado na Tabela 2.1, sugere a existência de um paleotensor de direção geral NE-SW. As relações de corte entre a trama de D1 e a granitogênese neoarqueana balizam a idade dessa deformação (FABRÍCIO-SILVA, 2016; FABRÍCIO-SILVA; ROSIÈRE; BÜHN, 2019; FABRÍCIO-SILVA *et al.*, 2021), associada ao ciclo orogênico Jequié/Rio das Velhas (ca. 2.80-2.70 Ga; p.ex., ENDO, 1997; ENDO; MACHADO, 1998).

#### 2.3.1.2. Evento Deformacional (D2)

O **evento deformacional D2** foi observado tanto em rochas do Supergrupo Rio das Velhas quanto em litotipos paleoproterozoicos da Formação Fazenda Tapera. Os principais elementos estruturais associados a essa fase são dobras assimétricas (F3) e uma clivagem contínua S3. As dobras F3 possuem eixos com direção preferencial NE-SW/ENE-WSW e mergulhos com ângulos baixos a moderados, com vergência predominante para NW (Figura 2.4G). As foliações plano-axiais S3 são associadas às dobras F3 e são representadas por uma clivagem contínua na Formação Fazenda Tapera (Figura 2.4H) e, em alguns locais, por uma clivagem de crenulação no Grupo Pitangui. É caracterizada por uma direção N-NNE/S-SSW com mergulhos moderados a altos para SE.





**Figura 2.4** - A) Dobra fechada F1 em metabasalto da Formação Rio Pará, estação MM-008; B) dobra isoclinal F1 em formação ferrífera bandada da Formação Rio Pará, estação EJ-153; C) dobra intrafolial F1, em bengala, associada a foliação S1 plano-axial em formação ferrífera bandada, estação EJ-153; D) dobra de arrasto em lâmina delgada de filito ferruginoso, nicóis cruzados, estação WL-164 B; E) dobra suave a aberta F2, simétrica, em cascata, em formação ferrífera na Formação Rio Pará, estação JL-001; F) foliação S2 e clivagem de crenulação S2 associada em lâmina delgada de clorita-anfibólio-biotita xisto, nicóis paralelos, estação WL-202; G) dobramento assimétrico fechado F3, associado ao evento deformacional D2 em metapelitos da Formação Fazenda Tapera, estação RS-097; H) laminação rítmica, milimétrica a centimétrica (S0) e clivagem contínua (S3) em metapelito da Formação Fazenda Tapera. No local o mergulho do acamamento é menor que o da foliação ( $S_0 < S_n$ ), indicando flanco normal do dobramento assimétrico F3, relacionado ao evento deformacional D2. Os dados relacionados às estações dos afloramentos podem ser acessados no portal GeoSGB.

**Tabela 2.1** - Eventos deformacionais caracterizados neste trabalho no âmbito do Sinclínório de Pitangui e suas associações com eventos regionais descritos na literatura.

EVENTO DEFORMACIONAL	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	SIGLA	PALEOTENSOR	DOBRAMENTO ASSOCIADO	CARACTERÍSTICAS DO DOBRAMENTO	ESTRUTURAS PLANARES/ FOLIAÇÕES	PRINCIPAIS ZONAS DE CISALHAMENTO (ZC) E REATIVAÇÕES
Evento Deformacional Compressivo Arqueano	Evento Jequié/Rio das Velhas (ENDO, 1997; ENDO; MACHADO, 1998)	D1	NE-SW	F1	Dobramento do acamadamento das unidades arqueanas associadas ao GBP, caracterizado em dobras fechadas a isoclinais, intrafoliais e por vezes rompidas (dobras sem raiz), relacionadas a transposição da estratificação e bandamento composicional	Foliação S1 com direção preferencial NW-SE, plano axial ao dobramento F1 presente em todos os litotipos de idade arqueana	ZC com foliações miloníticas de médio ângulo, lineações de estiramento oblíquas e indicadores cinemáticos com predomínio de movimentos sinistrais. Principais zonas de cisalhamento: Pará de Minas e Pequi
				F2	Redobramento coaxial do dobramento F1 associado ao dobramento da foliação S1 em dobras fechadas a abertas e em cascata.	Foliação S2 com orientação NW-SE caracterizada por clivagens de crenulação plano axiais a F2	
Evento Deformacional Compressivo Paleoproterozoico Riachão	Evento Trasmazônico (ALKMIM; MARSHAK, 1998)	D2	SE-NW	F3	Dobramento aberto a fechado, assimétrico do acamadamento dos litotipos paleoproterozoicos associados a Fm Fazenda Tapera com vergência para NW	Foliação S3 com orientação preferencial NE-SW, plano axial ao dobramento F3, também associada a uma clivagem de crenulação com mergulhos predominantes para SE nos litotipos do GBP	Reativações das zonas de cisalhamento geradas no evento D1



O evento deformacional D2 também foi responsável pela nucleação de zonas de cisalhamento no contato entre os granitoides neoarqueanos e as rochas do Supergrupo Rio das Velhas, além do desenvolvimento de redobramentos suaves em escala regional. Esses aspectos são notáveis na região de contato dos plúton Jaguara e do batólito Serra do Tavares, no qual os corpos graníticos comportam-se como identantes nas rochas do *greenstone belt*. O redobrimento é especialmente evidenciado pela morfologia cartográfica das lentes de formações ferríferas bandadas nessa área.

A análise da trama estrutural do evento D2 sugere um evento compressivo com transporte de massa para NW. A presença dessa trama nas rochas da Formação Fazenda Tapera e sua ausência em rochas do Grupo Bambuí, sugerem a sua correlação com o evento Transamazônico (ALKMIM; MARSHAK, 1998). Entretanto, o contraste de deformação observado entre rochas do Grupo Sabará, no sinclínório Mateus Leme, e da Formação Fazenda Tapera, ainda permanece inconclusivo. Uma hipótese é que o batólito Serra do Tavares tenha funcionado como um anteparo, protegendo o avanço da frente deformacional vinda de SE.

### 2.3.2. Domínios Estruturais

A análise estrutural do Sinclínório de Pitangui permitiu caracterizar cinco domínios de homogeneidade estrutural: domínio Nordeste (NE), domínio Sudeste (SE), domínio Sudoeste (SW), domínio Noroeste (NW) e o domínio Bambuí. Esses domínios foram estabelecidos a partir da análise das atitudes de S0 e S1 (Figura 2.5), seguindo a proposta metodológica de Turner e Weiss (1963). A fim de facilitar a análise geométrica; os dados planares (acamamento e foliação) e lineares (eixo de dobra, lineação de estiramento e lineação de crenulação) dos respectivos domínios individualizados foram tratados em diagramas de projeção polar Schmidt-Lambert, com o uso do programa *StereoNet* (Figura 2.5).

**O domínio (NE)** foi estabelecido no flanco homônimo do sinclínório, abrangendo as Formações Rio Pará e Rio São João, nas proximidades do município de Pequi (Figura 2.5). Este domínio é caracterizado por sinformes e antiformes invertidos apresentando planos axiais com mergulhos altos a moderados para SSW, predominantemente. As foliações S1 apresentam valores máximos de 195/60 a 223/65. Os eixos de dobras Lb1 são caracterizados com orientações preferenciais NW-SE e caimentos altos a moderados; as lineações de estiramento (Lx) são oblíquas a S1 e apresentam caimentos comumente para SE.

**O domínio (SW)** foi estabelecido na região do flanco sudoeste, abrangendo as formações Rio Pará, Rio São João e Onça do Pitangui (Figura 2.5). Este domínio é caracterizado por sinformes e antiformes assimétricos com

planos axiais indicando mergulhos predominantemente para NE. As foliações S1 apresentam valores máximos de 46/72 no subsetor (SW-1) e 77/46 no subsetor (SW-3). As lineações de estiramento (Lx1) no subsetor (SW-3) são oblíquas a S1 com predomínio de caimentos moderados a altos para E/ESE. Os eixos de dobras (Lb1) apresentam orientação preferencial NW-SE e mergulhos moderados a subverticais, principalmente nos subsetores (SW-3) e (SW-4). As lineações de crenulação (Lc1) foram bem caracterizadas no subsetor (SW-2), apresentando caimentos baixos a altos/subverticais predominantemente para E e ESE.

**O domínio (SE)** foi estabelecido na região sudeste do Sinclínório de Pitangui, nas proximidades do município de Pará de Minas, abrangendo principalmente a Formação Rio Pará (Figura 2.5). Esse setor é caracterizado por sinformes simétricos associados a foliação (S1), com mergulhos moderados a altos tanto para SW quanto para NE e valores máximos de 027/80 e 214/67. Os eixos de dobras (Lb1) são caracterizados com maior dispersão quando comparados a outros setores, apresentando predomínio de orientações NW-SE a E-W, associados a caimentos suaves a subverticais para NW/W.

**O domínio (NW)** foi estabelecido na região noroeste do Sinclínório de Pitangui, abrangendo predominantemente as rochas relacionadas à Formação Fazenda Tapera (Figura 2.5). O subdomínio (NW-1) é caracterizado por dobramento assimétrico do acamamento (S0), apresentando eixos com orientação preferencial NE-SW e vergência para NW/W. A foliação plano axial (S3) é associada a essa deformação, sendo caracterizada com valores máximos de 093/53. O subdomínio (NW-2) apresenta dobramento do acamamento (S0) apresentando eixos com orientação preferencial NW-SE, associados a uma foliação (S3), na região caracterizada com valores máximos 229/72. As atitudes divergentes em relação ao subdomínio NW-1 podem ser reflexo de uma rotação das estruturas planares e lineares associadas a um evento extensional neoproterozoico em conjunto com a influência da herança tectônica arqueana ao longo da deposição dos litotipos proterozoicos relacionados a Formação Fazenda Tapera.

**O domínio Bambuí** foi estabelecido na região central do sinclínório abrangendo os litotipos do grupo homônimo (Figura 2.5). Esse setor é caracterizado por acamamentos (S0) sub-horizontais apresentando valores máximos de 157/04 associados a uma foliação (S4), provavelmente relacionados a um evento extensional neoproterozoico.

### 2.3.3. Metamorfismo

As sucessivas fases de deformação do Quadrilátero Ferrífero foram acompanhadas por diferentes eventos metamórficos.

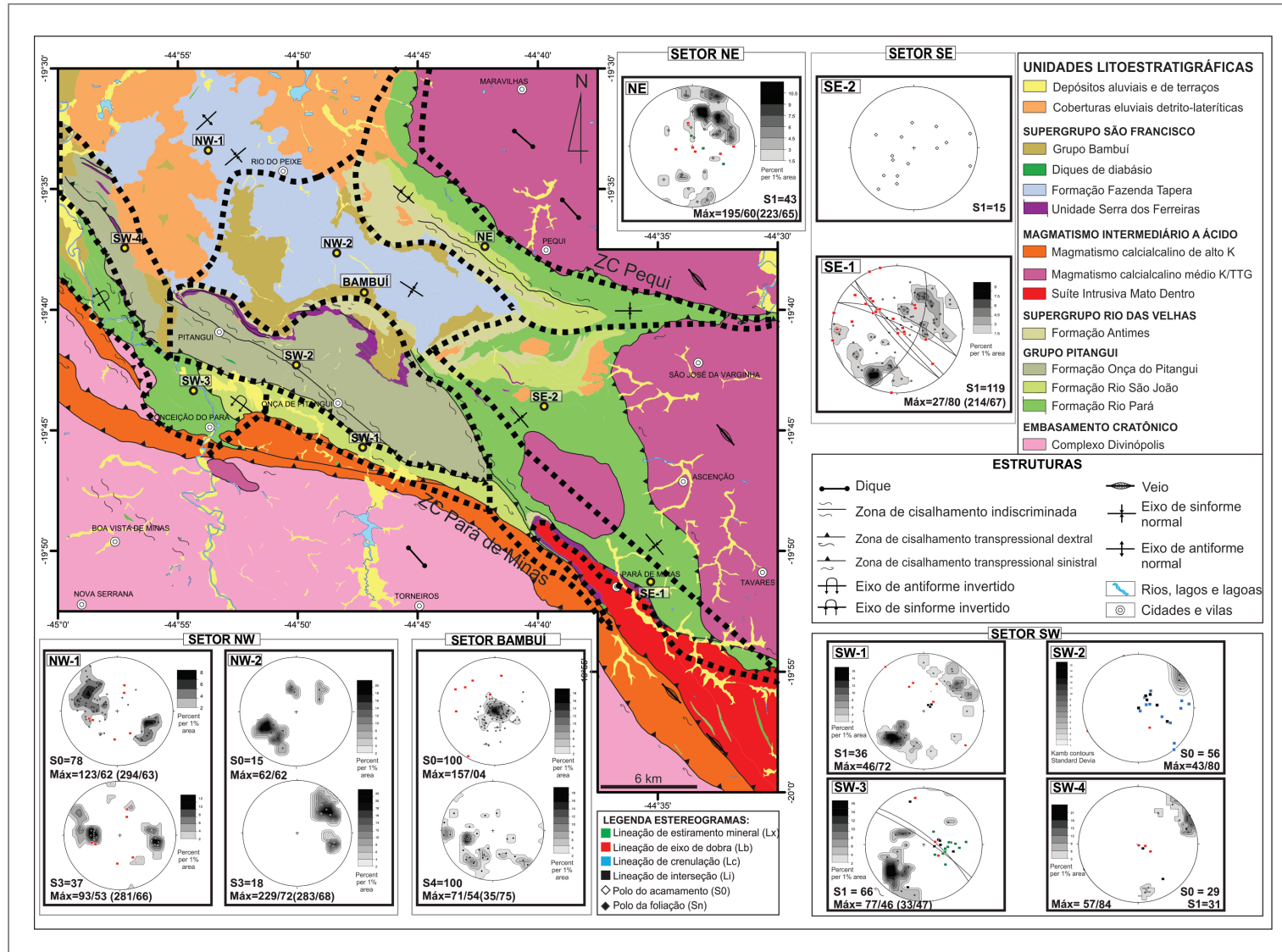


Figura 2.5 - Mapa de domínios de homogeneidade estrutural e respectivos diagramas de contorno e de pontos, para atitudes de acamamento (S0), foliações (S1, S2 e S3), eixos de dobras (Lb), lineações de crenulação (Lc), intersecção (Li), mineral e de estiramento (Lx). Diagramas de contornos para estruturas planares são pólos e diagramas de pontos são atitudes. Abreviaturas: K: potássio; TTG: tonalito-trondhjemito-granodiorito; ZC: zona de cisalhamento.

Na porção central dessa província, dados isotópicos de U-Pb, Pb-Pb, K-Ar, Rb-Sr e Sm-Nd sugerem a ocorrência de dois eventos metamórficos principais, entre 2780-2610 Ma e 2180-1940 Ma (durante a Orogenia Minas), seguido por um evento com menor expressão local entre 640-500 Ma (relativo à Orogenia Brasileira, MACHADO; CARNEIRO, 1992; TEIXEIRA, 1993; BABINSKI *et al.*, 1995; BRUECKNER *et al.*, 2000; VELÁSQUEZ-DAVID, 2011; LANA *et al.*, 2013; COELHO, 2015; FARINA; ALBERT; LANA, 2015; AGUILAR *et al.*, 2017; CUTTS *et al.*, 2019). Nesta região predominam as condições de fácies xisto verde e, localmente, são registradas temperaturas máximas equivalentes a fácies anfíbolito, especialmente em auréolas de metamorfismo de contato situadas nas adjacências dos complexos Belo Horizonte, Bonfim e Bação, geradas durante a ascensão dos domos gnáissicos (HERZ, 1978; JORDT-EVANGELISTA *et al.*, 1992; CUTTS *et al.*, 2019).

No Sinclínório Pitangui, as associações e paragêneses minerais presentes nas rochas da sequência *greenstone* indicam condições metamórficas de fácies xisto verde a anfíbolito inferior ou médio (ROMANO, 2007; FABRÍCIO-SILVA, 2016; BRANDO-SOARES *et al.*, 2017, 2018; SILVA; ROSIÈRE; BÜHN, 2019; MARINHO *et al.*, 2019a; PAULA *et al.*, 2019). Além do metamorfismo regional, as rochas dessa região foram modificadas ainda por eventos hidrotermais subsequentes, especialmente ao longo das zonas de cisalhamento Pará de Minas, Pequi e Serra Grande (Figura 2.2), que atuaram como importantes canais para circulação de fluidos e estão associados à geração dos depósitos de agalmatolito e ouro (JORDT-EVANGELISTA; DELGADO, 2007; ROMANO, 2007; MARINHO *et al.*, 2019b).

A análise petrográfica realizada pelo SGB-CPRM, no âmbito do projeto ARIM QF-NW, indica condições de fácies xisto verde, representadas principalmente no núcleo do Sinclínório Pitangui, e fácies xisto verde superior a anfíbolito em suas porções marginais. As condições de fácies xisto verde estão registradas nas rochas metaultramáficas pela paragênese contendo serpentina, talco e tremolita, além de clorita e magnetita. As metavulcânicas máficas exibem actinolita e clorita, e quantidades variáveis de plagioclásio, quartzo, epidoto, carbonato, titanita e óxidos de Fe-Ti. Por sua vez, as rochas metassedimentares clásticas apresentam essencialmente quartzo, clorita, muscovita/sericita e biotita, podendo conter feldspato, epidoto, turmalina e, subordinadamente, andaluzita.

Nos domínios de condições P-T de transição entre as fácies xisto verde superior e anfíbolito, os metaultramafitos registram a presença de antofilita, enquanto as metamáficas evidenciam a ocorrência de hornblenda (substituindo actinolita) e, subordinadamente, granada. As rochas metassedimentares marcam a entrada de assembleias com estaurolita e granada.

Os demais estudos metamórficos na região têm caráter local e possuem enfoque na caracterização das rochas hospedeiras dos depósitos auríferos de Turmalina, Satinoco e São Sebastião. A análise das paragêneses minerais presentes nesses depósitos, assim como dados de química mineral (em granada e sulfetos) indicam que estas rochas foram metamorfozadas até altas temperaturas (entre 600 e 700°C), como consequência da intrusão de corpos graníticos e interação com fluidos hidrotermais quentes (VELÁSQUEZ-DAVID, 2011; BRANDO-SOARES *et al.*, 2018; FABRÍCIO-SILVA; ROSIÈRE; BÜHN, 2019; FABRÍCIO-SILVA *et al.*, 2021).

Na mina de Turmalina, a partir de estudos termo-barométricos em rochas do Grupo Pitangui, Velásquez-David (2011) sugere que o pico metamórfico ocorreu em condições PT (pressão e temperatura) entre 3,5-4 kbar e 540-610 °C. Posteriormente, essas rochas teriam sido afetadas ainda por um estágio de retrometamorfismo, entre 300-350 °C e 1-2 kbar, e um evento hidrotermal tardio, com temperaturas entre 130-230 °C (TASSINARI *et al.*, 2015). Baseado na análise de diferentes gerações de granada e geotermômetro de granada-biotita, Fabrício-Silva, Rosière e Bühn (2019) propõem que a evolução termal desse depósito é caracterizada por temperaturas iniciais de 548-600 °C, com o pico metamórfico em 633 °C, corroborando as condições de metamorfismo em fácies anfíbolito propostas por Velásquez-David (2011) e Tassinari *et al.* (2015). Da mesma maneira, no depósito São Sebastião, a análise do geotermômetro da arsenopirita indica que os sulfetos foram cristalizados em temperaturas entre 465-560 °C (BRANDO-SOARES *et al.*, 2018).

No depósito Satinoco, o estudo detalhado das paragêneses sulfetadas apontam uma evolução poli-fásica para a região, incluindo três estágios principais: i) metamorfismo progressivo, em condições de T=475-650 °C e P=3-4 kbar, e pico metamórfico a cerca de 730 °C; ii) metamorfismo retrógrado com temperaturas entre 510° e 445°C; iii) deformação dútil tardia e condições PT entre 350-300 °C e 1-2 kbar, respectivamente (FABRÍCIO-SILVA *et al.*, 2021).

Modelagem metamórfica envolvendo diagramas “pseudoseção” de rochas metamáficas da base do Grupo Pitangui (quartzo-plagioclásio-hornblenda/actinolita xistos), forneceu as condições de PT para outras regiões do Sinclínório Pitangui, além das zonas mineralizadas (PAULA *et al.*, 2019). Segundo esses autores, as rochas da sequência *greenstone* foram afetadas por metamorfismo progressivo, em condições de fácies xisto verde (T=495°C e P=3,3 kbar) e pico metamórfico em fácies anfíbolito inferior (T=547°C e P=3,4 kbar), caracterizado por um aumento de temperatura à pressão constante.



### 3. GEOLOGIA E METALOGÊNESE DO OURO

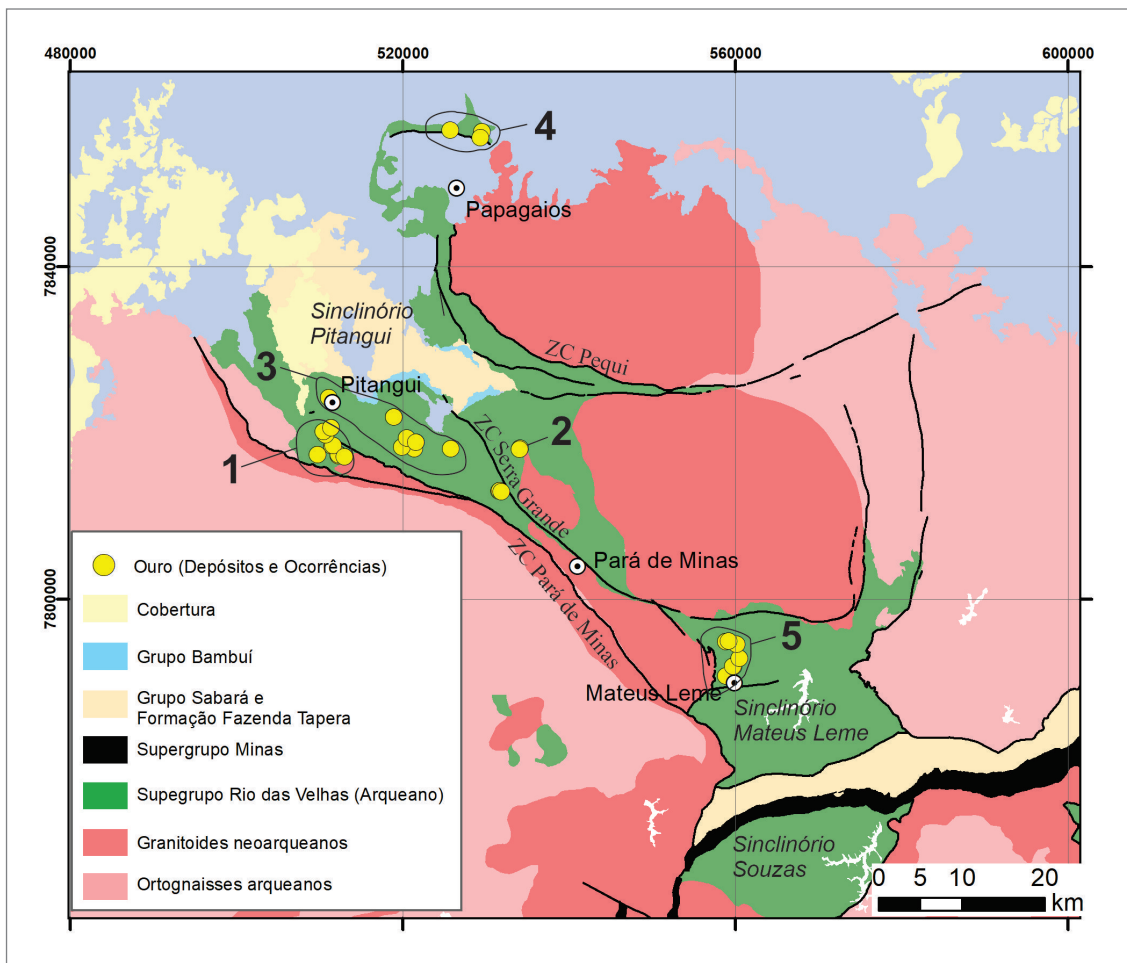
#### 3.1. OURO: CONTEXTO METALOGENÉTICO REGIONAL

Os depósitos de ouro do Sinclínório Pitangui estão inseridos no contexto metalogenético do Distrito Aurífero de Pitangui (Figura 3.1), localizado na porção noroeste da Província Mineral do Quadrilátero Ferrífero (vide Capítulo 2).

O Quadrilátero Ferrífero possui importantes depósitos de classe mundial (e.g. Cuiabá, Morro Velho), além de vários depósitos de tamanho médio (e.g. Lamego, Raposos, Turmalina) e centenas de pequenos depósitos, garimpos e ocorrências. A produção histórica de ouro dessa província corresponde a cerca de 40% do total no

Brasil, aproximadamente 1000 t (LOBATO; COSTA, 2018). Utilizando modelagem estatística dos recursos de ouro conhecidos do Quadrilátero Ferrífero, Costa, Silva e Ferreira (2019) identificaram o potencial de descoberta de, no mínimo, mais 750 t de Au, distribuídos em depósitos do tamanho pequeno (n=28) e médio (n=2).

Os depósitos auríferos do Quadrilátero Ferrífero são hospedados principalmente em rochas arqueanas em *greenstone belts* e são classificados como epigenéticos e do tipo orogênico (LOBATO *et al.*, 2001), seguindo a concepção de Groves *et al.* (1998). Idades U-Pb em monazitas (2,67 Ga: Cuiabá-Morro Velho; 2,75 Ga: Lamego) obtidas nesse tipo de mineralização indicam a formação do minério no Neoarqueano, associado ao



**Figura 3.1** – Mapa geológico simplificado com a área de ocorrência do Distrito Aurífero de Pitangui. 1 - Complexo Turmalina; 2 - Depósito São Sebastião; 3 - Campo mineral Lineamento Penha-Onça; 4 - Campo mineral Papagaios; 5 - Campo mineral de Mateus Leme (modificado de SILVA *et al.*, 2020).

evento orogênico Jequié/Rio das Velhas (LOBATO *et al.*, 2007; MARTINS *et al.*, 2016; BALTAZAR; LOBATO, 2020). Adicionalmente, rochas paleoproterozoicas hospedam mineralizações do tipo *paleoplacers* e ouro paladiado (VIAL *et al.*, 2007a).

Os depósitos arqueanos apresentam estilos de mineralização característicos, conforme sintetizado na Tabela 3.1, incluindo depósitos do tipo *stratabound*, associados a zonas de cisalhamento, em veios de quartzo-carbonato ou em sulfetos disseminados em zonas de alteração hidrotermal, além de um único exemplo de depósito de ouro associado a metais-base (VIAL *et al.*, 2007a; LOBATO *et al.*, 2001; BALTAZAR; LOBATO, 2020). A mineralização aurífera da região de Pitangui, foco deste trabalho, está associada às rochas arqueanas do Supergrupo Rio das Velhas, e a descrição detalhada dos principais depósitos é apresentada no Tópico 3.3.

**Tabela 3.1** - Classificação dos depósitos auríferos do Quadrilátero Ferrífero, sintetizado a partir dos trabalhos de Vial *et al.* (2007a), Lobato *et al.* (2001), Rossi (2010), Baltazar; Lobato (2020).

ROCHA ENCAIXANTE	ESTILOS DE MINÉRIO AURÍFERO	DEPÓSITOS
Rochas arqueanas ( <i>greenstone belts</i> )	<i>Stratabound</i> de substituição em formações ferríferas bandadas ou <i>metacherts</i> ferruginosos	Cuiabá, Raposos, São Bento, Roça Grande, Pilar, Lamego, São Sebastião*, Córrego do Ouro*
	<i>Stratabound</i> de substituição em "Lapa Seca"	Morro Velho, Bela Fama, Bicalho
	Associados a zonas de cisalhamento em veios de quartzo-carbonato e/ou sulfetos disseminados	Córrego do Sítio, Turmalina*, Juca Vieira, Fernandes, Moita
	Associado metais-base disseminados ou maciços	Bico de Pedra
Rochas paleoproterozoicas	Em veios de quartzo-turmalina-arsenopirita	Passagem de Mariana, Morro Santana, Taquaral, Chico Rei
	Tipo Jacutinga (Au-Pd)	Itabira, Gongo Soco, Taquaril, Antônio Pereira
	<i>Paleoplacer</i> modificado	Ouro Fino; Boa Vista, Tesoureiro, Fazenda Gualaxo

\*depósitos do Sinclínório Pitangui.

Os **depósitos do tipo *stratabound* de substituição** perfazem mais de 95% das reservas da província, e estão intimamente associados a níveis de formações ferríferas bandadas (FFB), *metacherts* ferruginosos ou rochas quartzo-carbonáticas do tipo "lapa seca" (LOBATO; RIBEIRO-RODRIGUES; VIEIRA, 2001; LOBATO *et al.*, 2001). Nesses depósitos (*e.g.* Cuiabá e Morro Velho), os minerais ricos em ferro, presentes nas rochas hospedeiras, são substituídos por níveis disseminados a maciços de sulfetos (*e.g.* pirrotita, pirita, arsenopirita).

Os **depósitos associados a zonas de cisalhamento** apresentam normalmente duas tipologias principais, veios de quartzo-carbonato sulfetados e zonas de alteração hidrotermal com sulfetos disseminados. Em ambos os casos os corpos de minério principal são lenticulares a tabulares, comumente hospedados por rochas metasedimentares das sequências *greenstone* (*e.g.* Córrego do Sítio, Turmalina). As zonas de alteração hidrotermal são marcadas por cloritização, e em suas porções centrais carbonatação, sericitização, silicificação e sulfetação (LOBATO *et al.*, 2001; RIBEIRO *et al.*, 2015; RONCATO *et al.*, 2015). Na porção noroeste da província, no âmbito do Sinclínório Pitangui, os halos incluem ainda a presença de turmalina, biotita, granada, anfibólios e estauroлита (VELÁSQUEZ-DAVID, 2011; BRANDO-SOARES *et al.*, 2018; FABRÍCIO-SILVA; ROSIÈRE; BÜHN, 2019; FABRÍCIO-SILVA *et al.*, 2021).

O único **depósito mineral associado a metais base** é a jazida aurífera de Bico de Pedra (Au, Ag, Zn, Pb, Cu). Está situado na porção meridional da província, próximo a cidade de Ouro Branco/MG, encaixado em metagrauvas, clorita xistos e talco xistos atribuídos ao Grupo Nova Lima. A gênese ainda permanece controversa e o depósito é ora interpretado como singenético, com níveis de sulfetos maciços vulcanogênicos, ora interpretado como epigenético, associado a *sills* paleoproterozoicos (FORLIN, 1974; MATOS, 1991; BORBA, 1998).

Por fim, as mineralizações auríferas hospedadas nas rochas paleoproterozoicas do Supergrupo Minas são subdivididas em depósitos do tipo Jacutinga, hospedadas por itabiritos da Formação Cauê, e *paleoplacer* modificado, pertencente à Formação Moeda. As informações detalhadas desses depósitos são apresentadas no item 3.1.2 do Informe de Recursos Minerais do Quadrilátero Ferrífero Central, relativo ao mapa de favorabilidade para ouro orogênico (QUEIROZ *et al.*, 2022).

Os depósitos auríferos do Quadrilátero Ferrífero possuem forte controle estrutural, tanto em âmbito regional, quanto na escala de mina (LADEIRA, 1985; LOBATO *et al.*, 2001; LOBATO; RIBEIRO-RODRIGUES; VIEIRA, 2001; BALTAZAR; ZUCHETTI, 2007; BALTAZAR; LOBATO, 2020). O controle regional dos minérios pode ser visualizado na distribuição dos mesmos ao longo de importantes zonas de cisalhamento da província.

No caso dos depósitos arqueanos um importante controle regional compreende as zonas de cisalhamento de direção NW-SE, notável nas zonas de cisalhamento Paciência (complexo Paciência e Morro Velho), Raposos (mina Raposos) e Pará de Minas (*trends* complexo Turmalina e Penha-Onça, LOBATO *et al.*, 2001; LOBATO *et al.*, 2001; BALTAZAR; LOBATO, 2020).

Os corpos de minério formam lâminas ou *mullions* achatados, que são controlados pelo caimento dos eixos de dobra que afetam as rochas hospedeiras, sendo sinuosos e estreitos nos flancos e espessos em suas charneiras e com grande continuidade ao longo do caimento (LADEIRA, 1985; LOBATO; RIBEIRO-RODRIGUES; VIEIRA, 2001a; BALTAZAR; LOBATO, 2020). No caso da Mina de Morro Velho, os corpos de minério podem variar em planta de 0.5 a 20 m de espessura; 10 a 300 m de largura e 800 a mais de 5000 m de comprimento ao longo do caimento (LADEIRA, 1985; VIAL *et al.*, 2007b, Figura 3.2).

### 3.2. HISTÓRICO E PANORAMA DA ATIVIDADE MINERAL NO DISTRITO AURÍFERO PITANGUI

A exploração aurífera no distrito de Pitangui se iniciou por volta de 1709, quando uma bandeira saída de Sabará/MG e chefiada pelo sertanista Bartolomeu Bueno da Silva (o “Anhanguera”) descobriu ouro às margens do Rio São João, próximo ao que se tornaria a cidade de Pitangui (RABELLO, 2014). Desde então, a exploração do ouro ocorreu através de garimpos e pequenas lavras em depósitos aluvionares ou supergênicos, que culminou no apogeu econômico e político de Pitangui durante o século XVIII.

Apesar da proximidade aos distritos auríferos de Ouro Preto, Sabará e Caeté, a região manteve-se alheia aos investimentos de pesquisa para o ouro até o final da década de 1970. Em 1988, após quase uma década de trabalhos, a empresa Mineração Morro Velho S.A., posteriormente adquirida pela *AngloGold Ashanti*, definiu os primeiros depósitos auríferos da região (Turmalina, Satinoco, Faina e Pontal). Entre 1993 e 1994, realizou a lavra a céu aberto dos níveis oxidados dos minérios auríferos através do método de lixiviação em pilhas. Em seguida, a *AngloGold* iniciou a exploração do minério sulfetado e o desenvolvimento de lavra subterrânea no depósito de Turmalina (MACHADO, 2004; COX; PRESSACO, 2016; HILL; TOMASELLI, 2020).

A partir de 2004, com a compra dos direitos minerários dos depósitos do Complexo de Turmalina pela *Jaguar Mining Inc.*, iniciou-se um segundo grande ciclo de investimentos de pesquisa mineral na área, com o aumento de recursos e reservas minerais no *brownfield* (MACHADO, 2004, 2008, 2011; COX; PRESSACO, 2016; HILL; TOMASELLI, 2020).

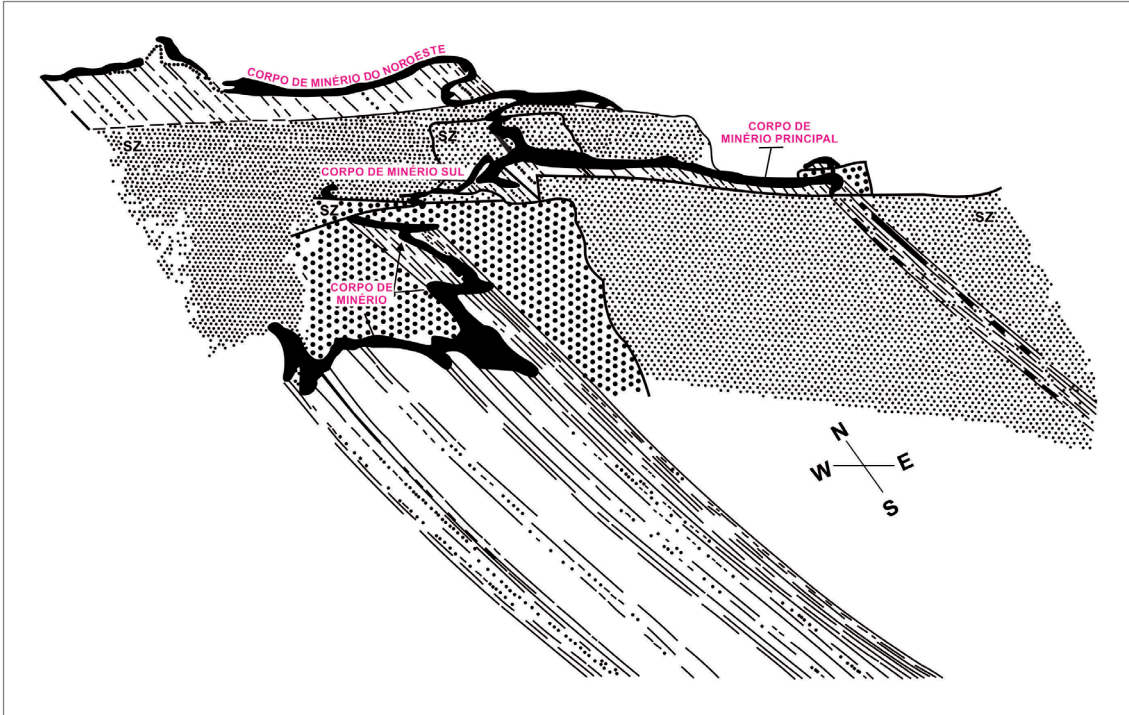
O novo ciclo também foi marcado pela descoberta de um novo depósito aurífero de tamanho médio (640.000 oz / 18.1 t; IAMGOLD Corporation), denominado de São Sebastião (IAMGOLD, 2014), e dois depósitos pequenos, a norte da área de mapeamento, Carrapicho Norte (55.000 oz / 1,6 t @ 1,25 g/t) e Córrego do Ouro (15.500 oz / 0,4 t @ 1,75 g/t), pela MICAPEL Slate (informação verbal, dados fornecidos por Samuel Pedro Viana Batista, geólogo da MICAPEL Slate em 07/07/2021).

A região do Sinclínório Pitangui se destaca ainda pela presença de importantes depósitos de agalmatolito e pirofilita. A descoberta desse bem mineral remete a década de 30 (LEINZ, 1938) *apud* Romano e Araújo (2018) e, segundo os dados fornecidos pelo Anuário Mineral (BRASIL, 2010) a área é detentora de recursos da ordem de 14.1 Mt (reserva medida), o que perfaz mais de 90% dos recursos nacionais desse bem mineral. Dentre as empresas que trabalham na área destacam-se LAMIL – Lage Minérios Ltda, IBAR e Magnesita Refratários S.A.

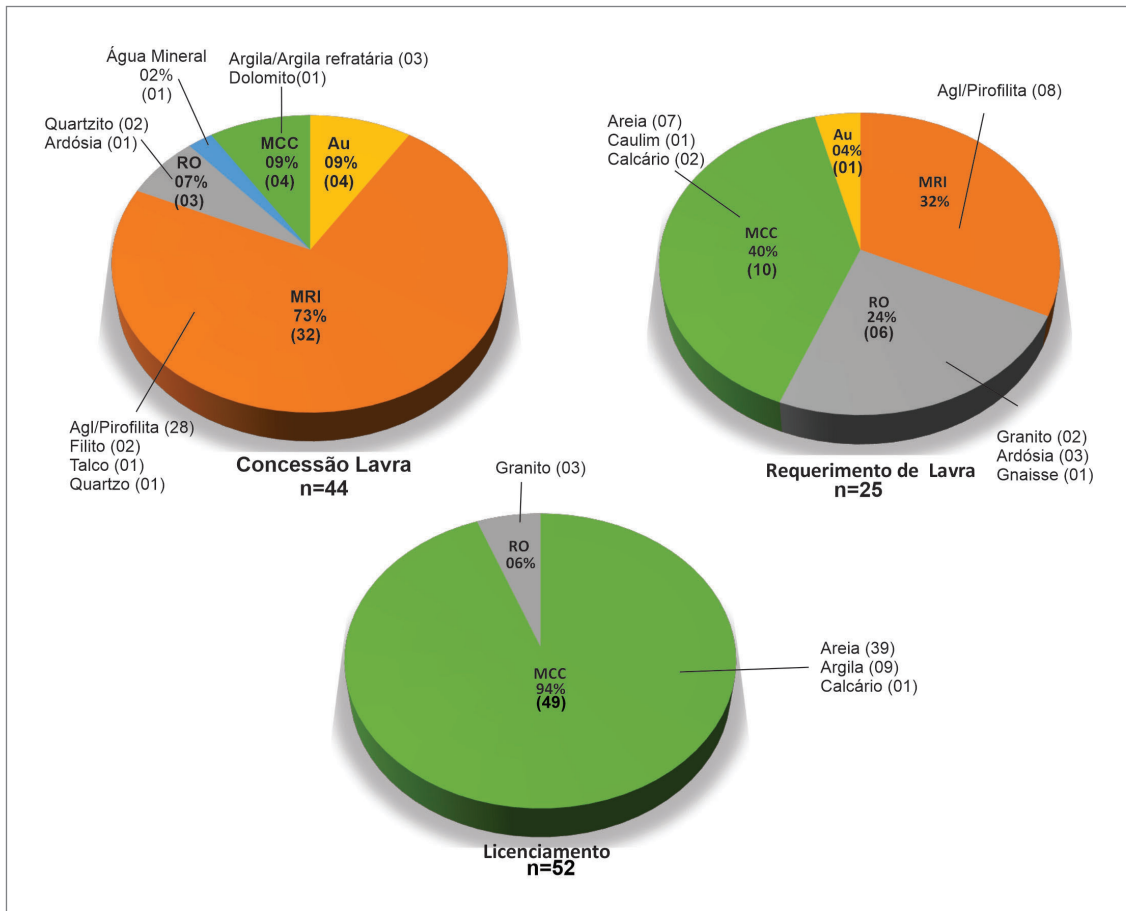
Na área em que foi realizado o mapeamento geológico na escala 1:25.000, o sistema de gestão de títulos minerários (SIGMINE – <https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=6a8f5ccc4b6a4c2bba79759aa952d908>), da Agência Nacional de Mineração – ANM – registrava, em fevereiro de 2020, 414 títulos minerários em diversas fases. Os processos em fase de licenciamento, concessão e requerimento de lavra somam 121 (Figura 3.3), distribuídos em **minerais e rochas industriais**, majoritariamente agalmatolito e a pirofilita, **materiais para construção civil**, destacando-se argila e areia, rochas ornamentais e **metais nobres**, representado pelo ouro. As substâncias mais relevantes, na concessão de lavra, são o ouro (4) e o agalmatolito/pirofilita (28).

### 3.3. DISTRITO AURÍFERO DE PITANGUI

O Distrito Aurífero de Pitangui abrange depósitos e ocorrências minerais distribuídas entre os sinclínórios Pitangui, Mateus Leme e Souza, e são hospedados pelas rochas arqueanas do Supergrupo Rio das Velhas (Figura 3.4). As principais jazidas (p.ex., Turmalina e São Sebastião) estão majoritariamente associadas à porção basal do Grupo Pitangui, próximas à zona de contato entre as formações Rio Pará e Rio São João (vide Capítulo 2). As demais ocorrências, garimpos inativos e alvos prospectivos estão hospedados nas rochas metassedimentares da Formação Onça do Pitangui (Grupo Pitangui), distribuídas ao longo do Lineamento Penha-Onça, e existem indícios de mineralização associada às rochas paleoproterozoicas da Formação Fazenda Tapera, conforme será apresentado neste trabalho.

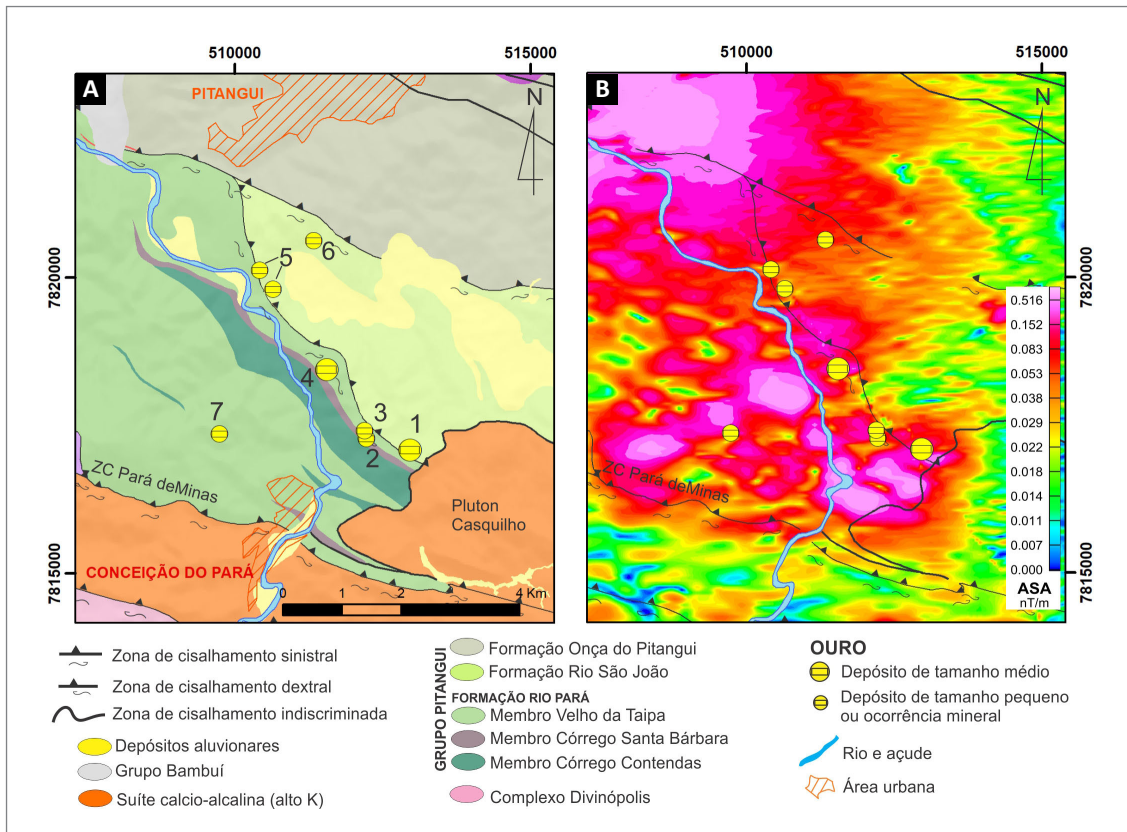


**Figura 3.2** - Diagrama esquemático e simplificado da estrutura da Mina de Morro Velho, exemplificando a continuidade dos corpos de minério ao longo do caimento. Os corpos de minério tradicionais estão destacados; SZ indica zonas de cisalhamento. O diagrama mostra somente parte da seção abaixo do Nível 21. Fora de escala (modificado de LADEIRA, 1985).



**Figura 3.3** - Correlação entre bens minerais e os títulos minerais ativos no Distrito de Pitangui. Abreviaturas: MRI - Minerais e Rochas Industriais; MCC - Materiais para Construção Civil; RO - Rochas Ornamentais; Agl - Agalmatolito; Fonte: SIGMINE - 02/2020.





**Figura 3.4** - A) Mapa geológico simplificado de Marinho *et al.* (2019a) e ocorrências auríferas do Complexo Turmalina. B) Mapa gradiente total da anomalia magnetométrica (ASA). 1 - Mina Turmalina; 2 - Mina Satinoco; 3 - Corpo D; 4 - Mina Faina; 5 - Depósito Pontal; 6 - Alvo Fazenda Experimental; 7 - Alvo Zona Basal. Abreviatura: ZC - zona de cisalhamento.

As principais jazidas são epigenéticas e, comumente, classificadas como do tipo ouro orogênico (FRIZZO; TAKAI; SCARPELLI, 1991; VELÁSQUEZ-DAVID, 2011; TASSINARI *et al.*, 2015; FABRÍCIO-SILVA, 2016). Embora compartilhem características similares aos depósitos da região central do QF, tais como rochas encaixantes e o controle estrutural, os depósitos do distrito de Pitangui exibem temperaturas de formação mais elevadas e fortes indícios da influência de granitoides intrusivos em sua gênese, sendo interpretado por um modelo híbrido entre depósitos *lode-gold* e *intrusion-related* (BRANDO-SOARES *et al.*, 2018; FABRÍCIO-SILVA; ROSIÈRE; BÜHN, 2019; FABRÍCIO-SILVA *et al.*, 2021).

A seguir serão apresentadas as características dos principais depósitos, ocorrências e indícios do distrito de Pitangui, pautadas em revisão bibliográfica e dados levantados durante as etapas de mapeamento geológico da área. Adicionalmente, será apresentado um quadro com o resumo das principais características das mineralizações auríferas da região, que fundamentaram o desenvolvimento da modelagem prospectiva apresentada no Capítulo 4.

### 3.3.1. Complexo Turmalina

O complexo de minas denominado Turmalina localiza-se no setor sudoeste do sinclínório Pitangui e é formado

pelos depósitos de Turmalina (corpos A e B), Satinoco (corpo C), Faina e Pontal, além dos alvos Zona Basal e Fazenda Experimental (Figura 3.4). A exploração no complexo Turmalina ocorreu inicialmente nos níveis oxidados, através de lavra a céu aberto, tendo produzido cerca de 35.630 oz (1,01 t) de ouro, com teor de alimentação de 3,44 g/t.

Desde 2004, os direitos minerários da área pertencem à *Jaguar Mining Inc.* e, entre 2006 e 2019, a produção, composta majoritariamente por minério sulfetado, atingiu 705.632 oz (20 t) de ouro, com um teor médio de alimentação de 3,79 g/t (HILL; TOMASELLI, 2020). Segundo *Jaguar Mining Inc.* (2020), os recursos totais (medidos e indicados) são:

- Turmalina (corpos A, B e C) - 664.000 oz (18,8 t) com teor médio de 4,89 g/t;
- Faina - 59.000 oz (1,7 t) com teor médio de 6,87 g/t;
- Pontal - 62.000 oz (1,8 t) com teor médio de 4,72 g/t;

Os corpos A e C de Turmalina tem reservas de ouro (provadas e prováveis) na ordem de 332.000 oz @ 4,31 g/t.

#### 3.3.1.1. Depósito de Turmalina

O **depósito de Turmalina** é considerado o mais importante da porção noroeste do QF. As operações são realizadas através de lavra subterrânea pelo método

de corte e preenchimento. Em dezembro de 2019, a lavra atingiu aproximadamente 900 metros abaixo da superfície, tendo produzido 33.400 oz de ouro neste ano (HILL; TOMASELLI, 2020).

O depósito está hospedado no flanco sudoeste do Sinclínorio Pitangui em unidades da base do Grupo Pitangui. Em termos estratigráficos, o depósito está inserido na Formação Rio São João, próximo ao contato com a Formação Rio Pará (Figura 3.4). Na área do depósito, a Formação Rio São João é constituída por meta-ritmitos, os quais são representados por (clorita)-biotita-quartzo-xistos, (clorita)-biotita-plagioclásio-quartzo-xistos e quartzo-(clorita)-biotita-xistos com intercalações de anfibólio-plagioclásio xistos (VELASQUEZ-DAVID, 2011; FABRÍCIO-SILVA, 2016).

Essas unidades estão orientadas segundo a direção NW-SE, com mergulhos moderados para NE (vide Capítulo 2). O minério é controlado por zonas de cisalhamento de segunda ordem, que distam pouco mais de 2 km da zona de cisalhamento Pará de Minas, considerada uma estrutura de primeira ordem (ROMANO; NOCE, 1995; PERILLO, 1998). Os corpos de minério são interrompidos em sua extremidade sudeste pela intrusão do Granito Casquilho (Figura 3.4).

O depósito é formado por dois corpos de minério principais (A e B), que constituem um conjunto de corpos menores. Os corpos de minério formam charutos tabulares a lenticulares, com dimensões até o momento estimadas em (6 x 250 x 1100 m) e (3 x 350 x 700 m), para os corpos A e B, respectivamente (HILL; TOMASELLI, 2020). O corpo A é o principal produtor do depósito e exibe ramificações cujas interseções formam importantes filões (*oreshoots*), com aumento de produtividade da ordem de 20% a 30% (FABRÍCIO-SILVA; ROSIÈRE; BÜHN, 2019).

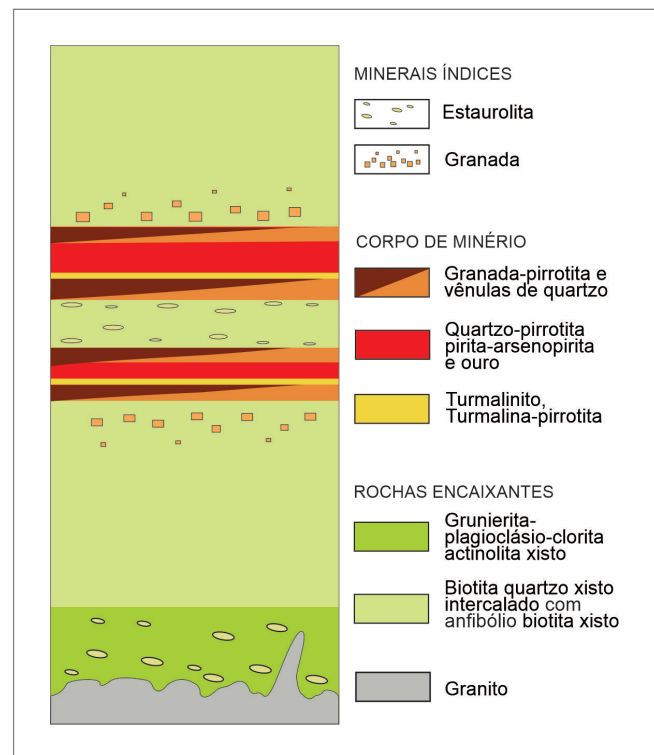
A direção dos corpos de minério é WNW-ESE, paralelo ao bandamento composicional da rocha e da foliação S1 (vide item 2.3). O caimento dos corpos de minério é, em média, de 60° para NE, seguindo o caimento dos eixos de dobras F1, melhor caracterizado nas rochas da região através da lineação de interseção entre S0 e S1.

O minério ocorre em dois estilos: i) junto a sulfetos disseminados e veios de cisalhamento, em zonas hidrotermais paralelas à foliação S1; e ii) associado a sulfetos nas bordas de veios de quartzo-carbonato discordantes de S1. O primeiro estilo é o mais comum e o minério ocorre associado à pirrotita (60-75%), arsenopirita (10-30%), e loellenguita (2-4%). Os grãos de ouro possuem formas irregulares e tamanhos entre 10-50 µm. Ocorrem livres ou associados a bordas, fraturas ou inclusões em arsenopirita, ou subordinadamente pirrotita, pirita e quartzo. Os teores variam entre 3 a 10 g/t. Calcopirita, galena, ilmenita e hematita ocorrem de forma subordinada

(CAMPOS; DUCHINI JR.; FRIZZO, 2008; VELASQUEZ-DAVID, 2011; FABRÍCIO-SILVA; ROSIÈRE; BÜHN, 2019). Uma feição notável deste depósito é a quase ausência de carbonato e minerais de antimônio no minério e nas rochas hospedeiras (CAMPOS; DUCHINI JR.; FRIZZO, 2008).

O halo hidrotermal do depósito de Turmalina apresenta um zoneamento peculiar, conforme apresentado na Figura 3.5. As zonas de alteração intermediárias possuem entre 15 e 40 m de espessura e são caracterizadas pela substituição da mineralogia do protólito (*e.g.* biotita-plagioclásio) por clorita-sericita-carbonato, além de ocorrência de hematita e muscovita acicular (FABRÍCIO-SILVA; ROSIÈRE; BÜHN, 2019). Com a proximidade dos corpos de minério, há o aumento substancial de zonas de silicificação e o aparecimento de granada e sulfetos disseminados (VELÁSQUEZ-DAVID, 2011).

Os corpos de minério são marcados por zonas de silicificação, sulfetação (pirrotita>arsenopirita>pirita, lolingita), além da ocorrência de bandas de granada e turmalina (Figura 3.5). As bandas e níveis ricos em granada formam um envelope ao redor dos corpos de minério, onde ocorre também estauroilita. Níveis contendo este mineral voltam a ocorrer próximo ao contato com a intrusão granítica, na extremidade SE do depósito (VELÁSQUEZ-DAVID, 2011; TASSINARI *et al.*, 2015; FABRÍCIO-SILVA; ROSIÈRE; BÜHN, 2019).



**Figura 3.5** - Zoneamento hidrotermal esquemático dos corpos de minério do depósito de Turmalina (modificado de VELÁSQUEZ-DAVID, 2011).



A partir de estudos de inclusões fluidas e análises isotópicas (Pb–Pb, Rb–Sr e Sm–Nd), Velásquez-David (2011) e Tassinari *et al.* (2015) sugerem que a mineralização de Turmalina foi formada a partir de dois intervalos principais (~250 Ma). O primeiro intervalo teria ocorrido entre 2,2–2,1 Ga, e registra a circulação de um fluido aquo-carbônico com salinidades elevadas (16–20 eq. wt % NaCl) em temperaturas e pressões aproximadas de 550°–610°C e 3,5–4 kbar, respectivamente. Esse evento seria síncrono à formação da foliação principal, da primeira fase de sulfetação, marcada pela pirrotita, e pela formação dos silicatos de elevada temperatura (*e.g.* granada, hornblenda).

O segundo estágio teria ocorrido entre 2–1,9 Ga e é posterior à deformação principal. Envolve a participação de fluidos aquo-carbônicos com salinidade moderada a baixa (<10 eq. wt % NaCl), submetidos a processos de efervescência e mistura de fluidos. Esses processos associam-se a deposição de uma segunda fase de sulfetos (arsenopirita, pirrotita) e ouro, e teriam ocorrido entre temperaturas de 300–350 °C e 1–2 kbar, conforme interseção entre isócoras de inclusões carbônicas e aquosas coexistentes do corpo B. Segundo esses autores, o depósito apresenta ainda evidências de hidrotermalismo tardio em 1,75 Ga, com fluidos de baixa temperatura (130–230 °C).

Alternativamente, pautados em relações de corte entre os corpos mineralizados e as apófises graníticas do Plúton Casquilho (2,7 Ga), Fabrício-Silva (2016), Fabrício-Silva, Rosière e Bühn (2019), Fabrício-Silva *et al.* (2021) sugerem que o depósito teria idade arqueana, proveniente de fluidos metamórficos advindos de rochas do Grupo Pitangui. Os autores também defendem a contribuição térmica e a participação de fluidos graníticos durante a gênese do depósito.

### 3.3.1.2. Depósito de Satinoco

O **depósito de Satinoco** (ou “Corpo C”) está localizado 6 km ao sul da cidade de Pitangui, a cerca de 350 m a noroeste da mina de Turmalina (Figura 3.4). Atualmente é considerado como corpos de minério do depósito de Turmalina (JAGUAR MINING, 2020). Os níveis oxidados do depósito foram explotados em duas lavras a céu aberto (corpos Principal/Central e SE) e os níveis sulfetados tem sido explotados em lavra subterrânea desde 2010 (MACHADO, 2008; FABRÍCIO-SILVA *et al.*, 2021). Os recursos medidos e inferidos de Au contido chegam a 6,6t @ 4,92 g/t (JAGUAR MINING INC., 2020).

As rochas encaixantes constituem níveis ricos em rochas metassedimentares representados pelo Membro Córrego Santa Bárbara (Formação Rio Pará). No local ocorrem intercalações de *metacherts* ferruginosos, filitos carbonosos em contato com rochas metamáficas xistosas

e anfibolitos (MARINHO *et al.*, 2019a; FABRÍCIO-SILVA *et al.*, 2021). Essas rochas são comumente cortadas por uma série de apófises graníticas, correlacionadas ao Plúton Casquilho (FABRÍCIO-SILVA *et al.*, 2021).

A mina de Satinoco é subdividida em três corpos principais (NW, Central e SE), os quais estão orientados na direção NW-SE e com caimento de controle de N70E/60 (CAMPOS; DUCHINI JR.; FRIZZO, 2008; FABRÍCIO-SILVA *et al.*, 2021). Os corpos de minério são controlados por zonas de cisalhamento e possuem morfologia lenticular ou em charuto, com comprimentos em planta entre 150–300 m, espessuras de 2–8 m e prolongamento por mais 350 m na *direção do mergulho* (MACHADO, 2008; FABRÍCIO-SILVA *et al.*, 2021).

A alteração hidrotermal forma halos ao redor dos corpos de minério, concordantes à foliação S1. Os principais tipos de alteração são: silicificação, sulfetação, cloritização, sericitização, carbonatação e, de maneira localizada, turmalinização. Em rochas máficas têm-se também a presença de grunerita, biotita, epidoto, magnetita, hematita e monazita como minerais de alteração (MACHADO, 2008; FABRÍCIO-SILVA *et al.*, 2021).

O minério se associa a zonas de silicificação e sulfetação, encaixadas em anfibólio-clorita-quartzo xistos e, secundariamente, em níveis de FFB (CAMPOS; DUCHINI JR.; FRIZZO, 2008). O ouro ocorre como inclusões nos sulfetos, presentes nos veios de quartzo ou na matriz de brechas hidráulicas. Majoritariamente, ele está associado à pirrotita e à piritita, mas a arsenopirita assinala a presença de minério de alto teor. Ocorrem de forma subordinada lollingita, ulmanita, galena, calcopirita e esfalerita (ROMANO, 2007; MACHADO, 2008; FABRÍCIO-SILVA *et al.*, 2021).

Segundo Campos, Duchini Jr. e Frizzo (2008), a mineralização aurífera relaciona-se à percolação de soluções hidrotermais em uma zona de cisalhamento de direção NW, oblíqua ao pacote estratigráfico, que culminou na alteração hidrotermal das rochas encaixantes e no aporte de ouro. Fabrício-Silva *et al.* (2021) sugerem que, apesar de Satinoco ser tradicionalmente interpretado como um depósito do tipo ouro orogênico (MACHADO, 2008), alguns atributos sugerem sua classificação como um modelo de depósito híbrido com forte influência das intrusões graníticas. Dentre eles, destacam-se as elevadas temperaturas de formação dos minerais-minério (>600 °C); presença de zonas de alteração ricas em Fe, semelhantes a depósitos do tipo *skarn*; além da associação de metais Au-Co-Bi-Te-S e fluidos graníticos envolvidos nos processos mineralizadores.

### 3.3.1.3. Corpo D - Satélite de Satinoco

O **Corpo D** está localizado a 150 m da cava principal do depósito de Satinoco, onde também foi realizada lavra

a céu aberto de pequeno porte. Estratigraficamente a zona mineralizada ocorre encaixada em anfibolitos com intercalações de lentes métricas de filitos pertencentes à Formação Rio Pará (Figura 3.4).

O corpo de minério possui dimensões de 45 a 500 m de comprimento em planta e espessuras de 1 a 6 m, orientados segundo a foliação principal ( $S_n=40/70$ ) e com caimento de 70/50, seguindo o *trend* regional da lineação de interseção (MACHADO, 2011). No local observa-se intensa silicificação das unidades encaixantes com presença de veios de quartzo boudinados ricos em *boxworks*.

#### 3.3.1.4. Depósito de Pontal

O **depósito de Pontal** está situado entre os municípios de Pitangui e Conceição do Pará, próximo à confluência dos rios São João e Pará, 4 km a noroeste da mina de Turmalina (Figura 3.4). É composto por dois corpos de minério (LB1 e LB2) e possui recursos medidos e indicados de 410.000 t de Au, com teor médio de 4,72 g/t, que correspondem a 62.000 oz de ouro contido (JAGUAR MINING INC., 2020). Um de seus corpos de minério (LB1) foi investigado através de uma galeria exploratória.

O minério está hospedado em rochas metassedimentares vulcanogênicas da base da Formação Rio São João, incluindo metabrechas polimíticas suportadas pela matriz e (anfíbólio)-sericita-biotita-clorita xistos, interpretadas por Frizzo, Takai e Scarpelli (1991) e Sampaio (2019) como meta-aglomerados e meta-lapilli tufos intensamente deformados. Os clastos estão fortemente estirados e são compostos por fragmentos líticos (rochas máficas, quartzo-feldspato-biotita-clorita xistos), veios de quartzo e quartzo-carbonato, com ou sem sulfetos associados (Figura 3.6A). A matriz é composta majoritariamente por feldspato, quartzo, biotita e clorita, podendo ocorrer também anfíbólio.

O minério aurífero ocorre em duas lentes subparalelas segundo o *trend* NW-SE, os corpos LB1 e LB2, que distam cerca de 400 m. Os corpos de minério possuem de 20 a 270 metros de comprimento em planta, com espessuras entre 2 e 50 m. O *plunge* de S70E/65 dos corpos difere do *trend* regional dos outros depósitos (MACHADO, 2011).

A zona proximal do depósito apresenta intensa silicificação, sulfetação, carbonatação, sericitização e cloritização (FRIZZO; TAKAI; SCARPELLI, 1991; SAMPAIO, 2019). Quando intemperizadas, são informalmente conhecidas como “amarelitos” (Figura 3.6B). Os principais sulfetos são a pirrotita, pirita, arsenopirita e berthierita. Esses sulfetos ocorrem disseminados na matriz das rochas (alongados segundo a foliação), substituindo clastos e/ou associados a veios de quartzo (SAMPAIO, 2019). São observadas ainda quantidades subordinadas de calcopirita, galena, esfalerita e antimônio nativo. O ouro ocorre

em sua forma livre, em grãos de 5 a 20 micra, ou incluso em sulfetos, principalmente pirrotita, arsenopirita, pirita e berthierita (FRIZZO; TAKAI; SCARPELLI, 1991).

A associação metálica Au-As-Sb±W foi formada a partir de um fluido mineralizante com baixa salinidade e baixa atividade de enxofre, com temperaturas estimadas entre 455 e 565° C, conforme indicado pelo geotermômetro da arsenopirita (SAMPAIO, 2019).

#### 3.3.1.5. Depósito de Faina

O **depósito de Faina** está localizado 2 km a noroeste da mina de Turmalina, seguindo o mesmo *trend* estrutural do complexo (Figura 3.4). Nesse depósito, foi explotado minério oxidado entre 1979 e 1993 em lavra a céu aberto. Atualmente os recursos medidos e inferidos totalizam 261.000 t @ 6,87 g/t, que representam 58.000 oz de ouro contido (JAGUAR MINING INC., 2020).

É hospedado em um nível de anfibolitos e clorita-anfíbólio xistos com intercalações de níveis metapelíticos (clorita-biotita xistos) atribuídos ao Membro Velho do Taipa, Formação Rio Pará (MARINHO *et al.*, 2019a), no mesmo nível estratigráfico do Corpo D. A zona mineralizada possui 20 a 140 m de comprimento em planta e 1 a 15 m de espessura, seguindo o *trend* regional NW-SE. Segundo Machado (2011), o *plunge* do corpo de minério segue a orientação da lineação de interseção, em 60/50 (Figura 3.6C).

O halo hidrotermal do minério (“amarelito”) varia de poucos centímetros a um metro, marcado por carbonatação, sericitização, além de biotitização, silicificação, sulfetação e raras turmalinas. A alteração hidrotermal segue os planos da foliação principal e concentra-se em zonas de charneira de dobra (FRIZZO; TAKAI; SCARPELLI, 1991). Os principais sulfetos presentes são majoritariamente pirrotita e arsenopirita (Figura 3.6D), além de pirita, calcopirita e rara berthierita. O ouro está associado aos sulfetos e apresenta granulação fina (5-10 µm).

#### 3.3.1.6. Alvo Fazenda Experimental

A mineralização no alvo **Fazenda Experimental** está hospedada em metassedimentos vulcanogênicos da Formação Rio São João (SANTOS, 2011; Figura 3.4). Nas porções mineralizadas, observa-se alteração hidrotermal do tipo propilítica, associada à sulfetação e silicificação. O ouro ocorre incluso nos sulfetos, principalmente arsenopirita, pirrotita e pirita, ou em sua forma livre, com dimensões que podem variar entre 5 e 10 micrômetros (SANTOS, 2011).

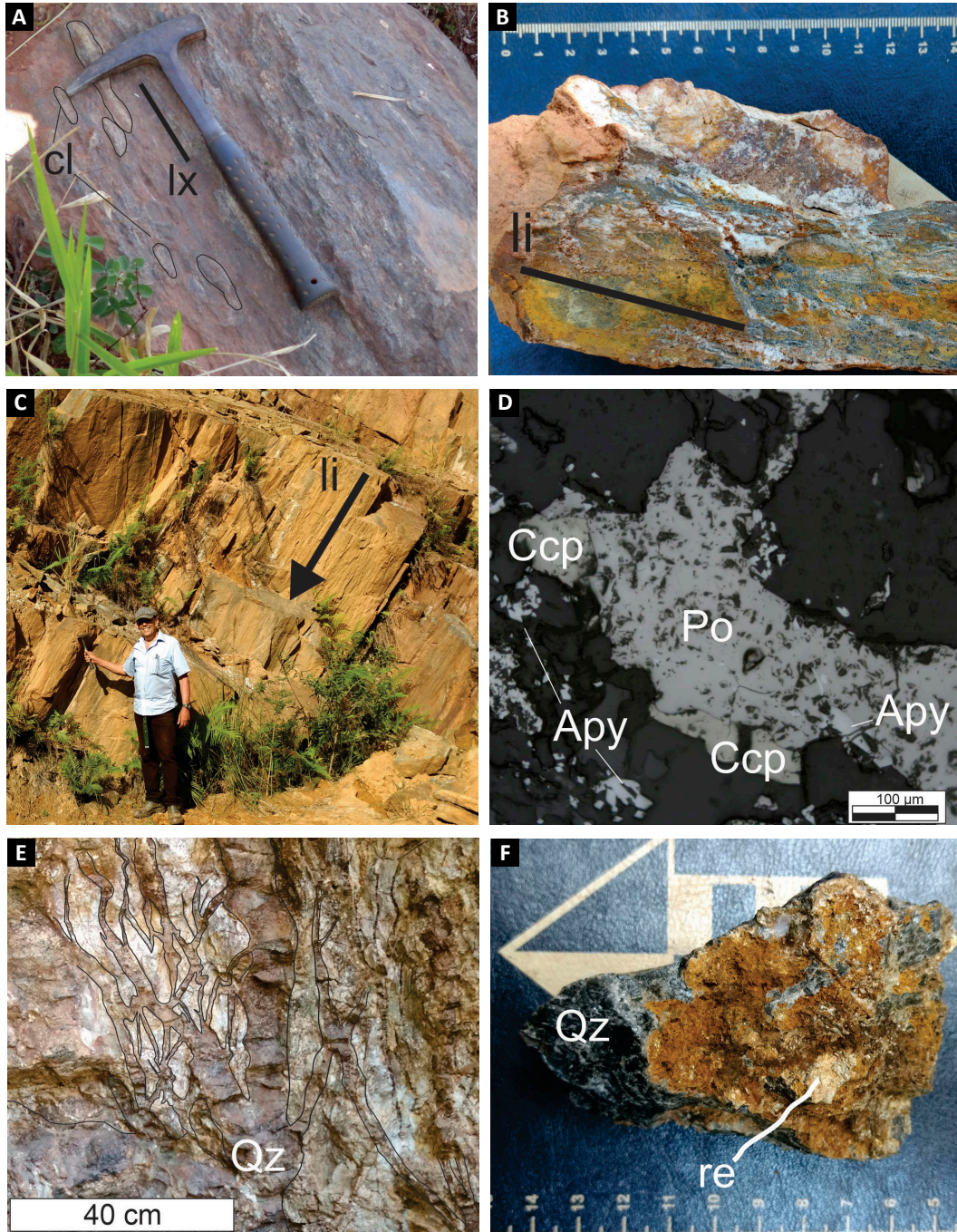
#### 3.3.1.7. Alvo Zona Basal

O **alvo Zona Basal** situa-se a cerca de 4 km a oeste de Satinoco (Figura 3.4). Foi descoberto em 2018, a partir



de anomalias geoquímicas em amostras de solo (JAGUAR MINING INC., 2020). Conforme apresentado nos relatórios da empresa, estima-se que a mineralização aurífera esteja contida em uma área de cerca de 1000-1250 m de

comprimento e 200 m de largura. Duas anomalias principais de ouro estão orientadas segundo a direção NW-SE, aproximadamente paralelas aos *trends* estratigráficos regionais, e contêm teores expressivos de arsênio e antimônio.



**Figura 3.6** - A) Bloco rolando rico em clastos líticos (cl) com lineação de estiramento (lx) em anfibólio-sericita-clorita-biotita xisto próximo ao corpo LB1 - depósito Pontal (estação LP-143). B) Bloco rolando de zona de silicificação bandada com lineação de interseção (li) e alteração intempérica de coloração amarelada, possivelmente associada a carbonato e sulfetos. O nome local dessas rochas é amarelito (estação LP-143). C) Anfibolito com lineação de interseção (li) bem marcada nas imediações do depósito de Faina (estação LP-009). D) Fotomicrografia em luz refletida de zona mineralizada (carbonato-pirrotita-biotita-quartzo hidrotermalito) no depósito de Faina. Destaca-se a presença de pirrotita (Po), calcopirita (Ccp) e arsenopirita (Apy) (Amostra LP-009A). E) Veio de quartzo fumê (Qz) com aspecto arborescente, rico em xenólitos, hospedado em filitos da Formação Onça do Pitangui, garimpo histórico do Bairro Penha (estação LP-148). F) Amostra de chip de veio de quartzo fumê intemperizada com fragmentos da rocha encaixante (re), forte alteração intempérica e boxworks (teor de 4,7 g/t Au; amostra LP-148B).

As rochas encaixantes estão posicionadas estruturalmente abaixo do pacote que hospeda os depósitos do Complexo Turmalina, sendo constituídas por intercalações de metassedimentos vulcanogênicos (pelito-grauvacas), anfibolitos, tremolita-talco xistos, filitos carbonosos e formações ferríferas bandadas/*metachert* ferruginosos da Formação Rio Pará. O minério está hospedado em FFB e rochas metassedimentares hidrotermalizadas, associado a zonas de silicificação e veios de quartzo. Em 2020, resultados iniciais da campanha de perfuração apontaram teores de 2,38 g/t Au associados a minério oxidado em um intervalo de 20,45 m de largura, e 2,00 g/t Au, em um intervalo de 15,40 m. Adicionalmente, ocorrem teores anômalos de prata na zona oxidada saprolítica. (JAGUAR MINING INC., 2021).

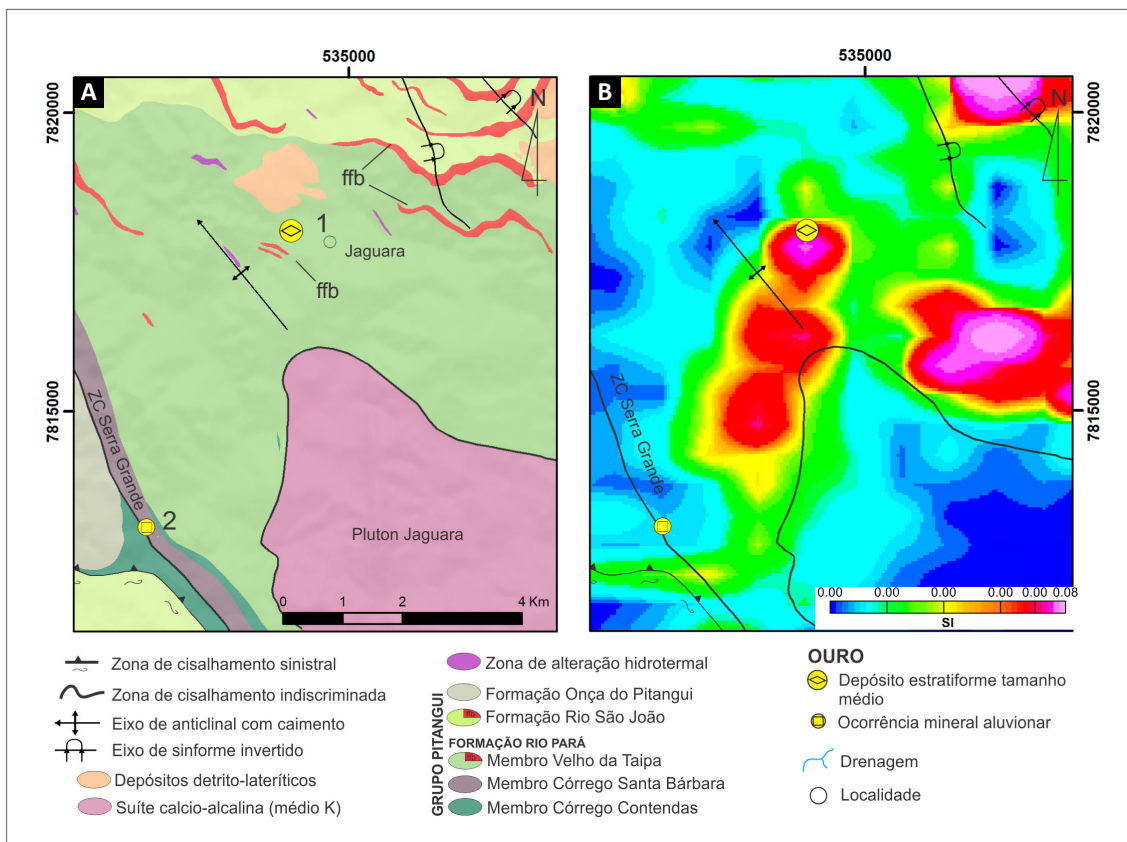
### 3.3.2. Depósito São Sebastião

O depósito São Sebastião está situado a norte do município de Pará de Minas, na localidade de Jaguará (Figura 3.7). Foi descoberto em 2014 pela IAMGOLD Inc. e possui recursos indicados de 13,3 t @ 4,4 g/t e inferidos de 12 t @ 3.8 g/t (EL-RAISSI; VOS, 2014; IAMGOLD, 2014, 2020). O depósito encontra-se no

flanco nordeste de um anticlinal aberto que circunda o Granito Jaguará (Suíte Maravilhas-Florestal), próximo a zona de charneira (Figura 3.7).

É hospedado em FFB da porção superior da Formação Rio Pará (BRANDO-SOARES *et al.*, 2017; MARINHO *et al.*, 2019a), intercaladas com rochas metavulcânicas máficas a intermediárias com metassedimentos vulcanogênicos e rochas metaultramáficas.

Os principais corpos mineralizados são denominados Biquinho e Pimentão, caracterizados pela morfologia tabular, com mergulhos de 30° para NE, boa continuidade lateral e espessuras variáveis entre 1 e 30 m (IAMGOLD, 2014; BRANDO-SOARES *et al.*, 2017, 2018). O minério é do tipo *stratabound*, associado a zonas de sulfetação nas FFB, nas quais a magnetita é substituída por pirrotita, arsenopirita, calcopirita e pirita arsenical. Ocorrem também de forma subordinada e localizada esfalerita, galena, scheelita, fluorapatita, feldspato potássico e fases minerais de Bi e Te. O ouro ocorre livre ou como inclusões em diversos minerais e possui tamanho médio de 10-20 µm. A formação deste depósito está relacionada à percolação de fluidos de alta temperatura (600 °C), com características semelhantes a depósitos hipozonais dos tipos *intrusion-related* e *skarn* (BRANDO-SOARES *et al.*, 2018).





A partir do estudo de isótopos de Re-Os, Brando-Soares *et al.* (2021) estimam uma idade de cerca de 2 Ga para a formação deste depósito.

### 3.3.3. Lineamento Penha-Onça

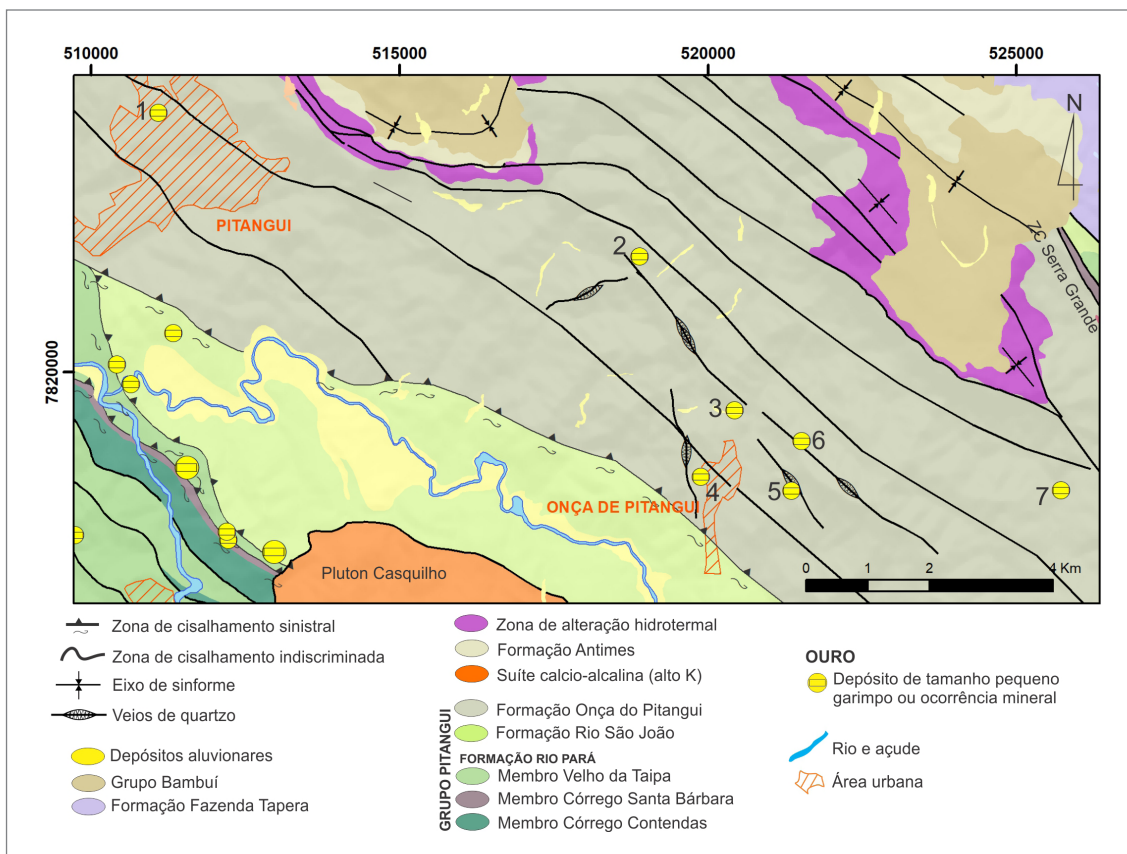
O **campo mineral do Lineamento Penha-Onça** abrange uma série de depósitos e ocorrências auríferas, distribuídas entre as cidades de Pitangui (bairro Penha) e Onça do Pitangui/MG (Figura 3.8). Tais ocorrências têm sido garimpadas desde o séc. XVIII e, atualmente, são alvos de pesquisa da MICAPEL SLATE e IAMGOLD Inc. Segundo informações fornecidas pela MICAPEL SLATE, a empresa tem recursos (medidos e indicados) em 5,3 t @1,6 g/t e recursos inferidos em 2,2 t @1,6 g/t.

As mineralizações estão distribuídas ao longo de zonas de cisalhamento de direção NW-SE e ocorrem encaixadas em metarrítmitos típicos de associações pelito-grauvaca arqueanas pertencentes ao Membro Ribeirão da Onça - Formação Onça do Pitangui (MARINHO *et al.*, 2019a, Figura 3.8). A assembleia mineralógica principal é formada por sericita, plagioclásio, quartzo, carbonato e fragmentos líticos.

Os corpos de minério ocorrem associados a veios de quartzo-carbonato, os quais possuem tonalidade fumê

e espessuras que variam entre milimétrica a métrica. São concordantes a subconcordantes com a foliação principal (S1) e apresentam atitudes entre WNW-ESE e NW-SE com mergulhos moderados a altos. É comum apresentarem morfologia arborescente, tanto em planta quanto em perfil, e xenólitos da encaixante (Figura 3.6E). Os veios apresentam textura *blocky* e estão heterogeneamente recristalizados.

Halos de alteração hidrotermal apresentam espessuras entre 0,5 a 10 m. As porções distais são representadas pela presença de clorita, ao passo que as alterações intermediárias e proximais são marcadas pelo aumento gradativo de sericita, carbonato, quartzo, pirita e titanita (MAURER *et al.*, 2021). Segundo estes autores, a mineralogia sulfetada é composta principalmente por pirita e subordinadamente pirrotita e calcopirita. Galena, esfalerita, cobaltita (CoAsS), gersdorffita (NiAsS) e ulmanita (NiSbS) ocorrem como fases secundárias. O ouro está associado a zonas sulfetadas e possui forte correlação com os elementos Sb, Ag, Pb, Bi e Te (MAURER *et al.*, 2021). Durante o mapeamento geológico da área, foram coletadas amostras de chip em veio com textura *boxwork* e no contato com a encaixante, as quais foram analisadas por *fire assay* e forneceram teores de ouro de 0,5 e 4,7 g/t, respectivamente (Figura 3.6F).



**Figura 3.8** - Mapa geológico simplificado (modificado de MARINHO *et al.* 2019a) e ocorrências auríferas cadastradas do campo mineral Lineamento Penha-Onça. 1 - Garimpo do Tonho (bairro Penha); 2 - Depósito Caxingó Sul; 3 - Mina histórica do Zé de Abreu; 4 - Garimpo de Onça do Pitangui; 5 - Garimpo; 6 - Alvo Fazenda Santa Cruz; 7 - Garimpo Fazenda Gaia.



### 3.3.4. Índícios Minerai

Um indício mineral ou de mineralização compreende a presença de um ou mais minerais ou substâncias úteis, cujos parâmetros geológicos (associação mineralógica, morfologia e extensão do corpo) ainda são desconhecidos. Nesse sentido, serão apresentados indícios minerai observados no âmbito do Sinclínrio Pitangui decorrente de trabalhos executados pelo SGB-CPRM.

#### 3.3.4.1. Índícios Geoquímicos

Os indícios geoquímicos fornecem informações indiretas acerca da mineralização. A análise de sedimentos de corrente do projeto Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero e seu entorno (LARIZZATTI; MARQUES; SILVEIRA, 2014) permitiu a identificação de várias regiões com presença de indícios geoquímicos, definidos pela presença de ouro nos sedimentos, organizados em grupos de indícios geoquímicos (Figura 3.9). Por vezes, esses agrupamentos formam verdadeiros *trends*, seguindo a estruturação do próprio sinclínrio.

Ressalta-se que os indícios possuem distribuição por todo o sinclínrio, com os valores mais elevados (*i.e.* limite superior e anomalias) concentrados no flanco sul-sudoeste. Embora a distribuição irregular da amostragem possa ter influência nesse resultado, a localização dos depósitos auríferos sugere um maior enriquecimento da porção sul-sudoeste do sinclínrio. Nesse sentido, a zona de cisalhamento Pará de Minas (Figura 2.2) seria o principal canal de migração dos fluidos hidrotermais do sistema mineralizador.

A presença de indícios em bacias hidrográficas que drenam exclusivamente a Formação Fazenda Tapera (grupo 6), de idade paleoproterozoica (2,1 Ga, Figura 3.10) fornece evidências que o sistema mineralizante atuou durante o Proterozoico. A idade dessa mineralização é possivelmente paleoproterozoica, visto que indícios litológicos (*p.ex.*, veios com *boxworks*) foram observados em rochas da Formação Fazenda Tapera e, até o momento, não foram descritos para o Grupo Bambuí. Essa última hipótese é corroborada em observações e dados apresentados por outros autores (TASSINARI *et al.*, 2015; BRANDO-SOARES *et al.*, 2021).

### 3.4. DISCUSSÃO: BREVES CONSIDERAÇÕES ACERCA DAS MINERALIZAÇÕES AURÍFERAS DO SINCLÍNIO PITANGUI

As mineralizações auríferas do Sinclínrio Pitangui foram formadas a partir de sucessivos eventos hidrotermais, nos quais o principal evento mineralizador é síncrono ou tardio ao evento deformacional D1 (Tabela 3.2). De acordo com as características dos

depósitos, rochas encaixantes, hospedeiras e associação mineral, dois estilos principais de mineralização foram diferenciados.

O primeiro estilo refere-se a depósitos cujos horizontes mineralizados e zonas de alteração proximais exibem altas temperaturas de formação (anfíbolito inferior). Os corpos de minério são constituídos por zonas hidrotermalizadas com textura disseminada em associação com veios de cisalhamento (*shear veins*). A principal assembleia de sulfetos inclui pirrotita, arsenopirita, pirita, lollingita e calcopirita (Tabela 3.2).

O segundo estilo de mineralização corresponde àquelas do campo mineral do Lineamento Penha-Onça, nos quais a principal rocha hospedeira corresponde aos veios de textura maciça (*blocky*), com espessuras milimétrica a decamétrica e composição quartzo-carbonato e mostram morfologia arborescentes. As rochas encaixantes exibem paragêneses características da fácies xisto verde e a assembleia mineral dos sulfetos caracteriza-se pela predominância de pirita, presença subordinada de pirrotita e calcopirita e ausência de arsenopirita (MAURER *et al.*, 2021).

Os depósitos de alta temperatura (Complexo de Turmalina e São Sebastião) originaram-se em condições de temperaturas de ~600°C e pressões entre 3-4 kbar, como descrito no item 2.3.3 (TASSINARI *et al.*, 2015; FABRÍCIO-SILVA; ROSIÈRE; BÜHN, 2019; FABRÍCIO-SILVA *et al.*, 2021; BRANDO-SOARES *et al.*, 2018, 2021). As temperaturas de formação desses depósitos são consideravelmente mais elevadas (cerca de 100-200°C de diferença) quando comparadas com os depósitos da região central do QF (*p. ex.*, São Bento, Raposos, Cuiabá; LOBATO *et al.*, 2001), embora as condições de pressão sejam similares.

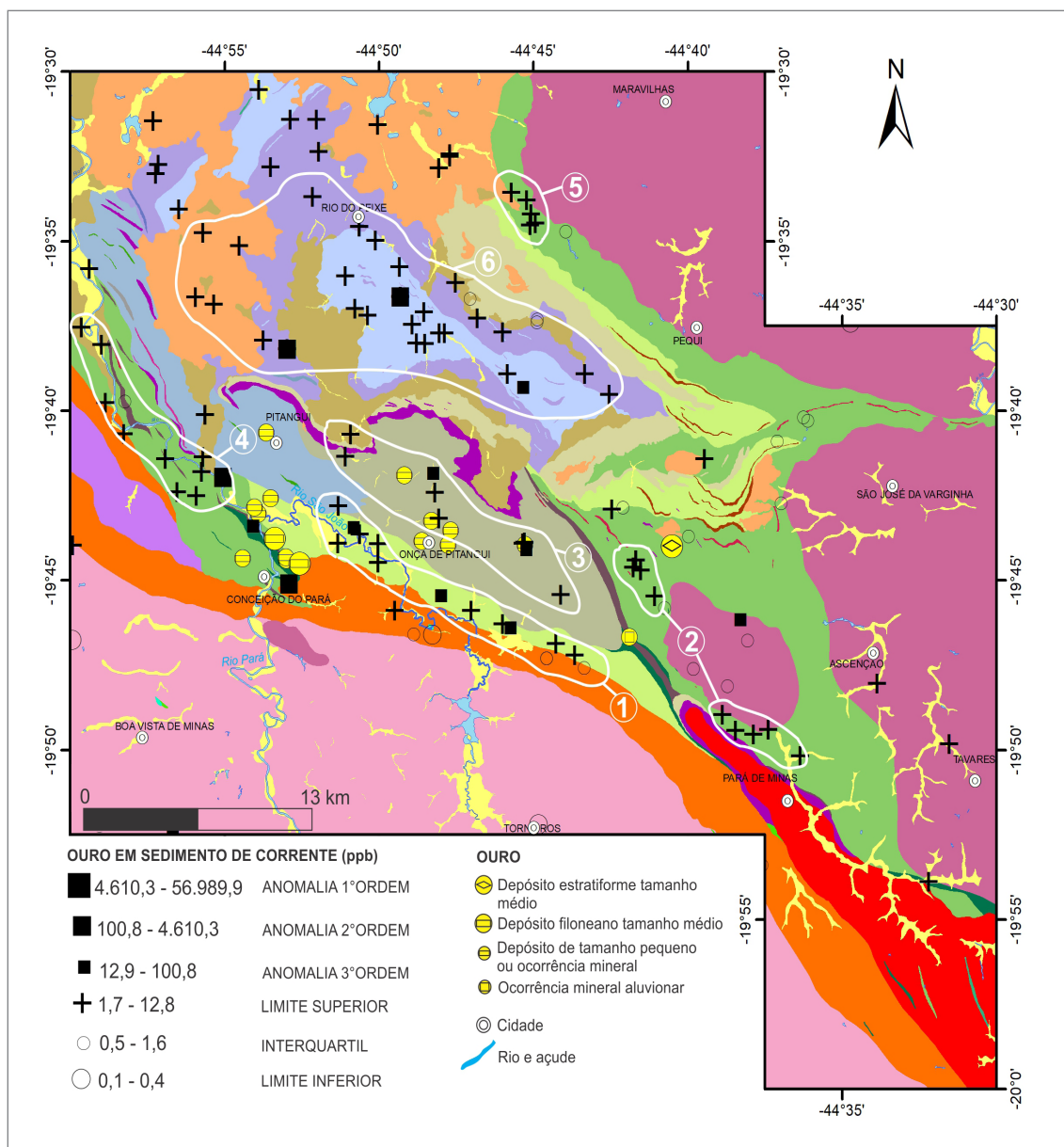
Nos depósitos Turmalina, Satinoco e São Sebastião, o principal evento mineralizador é sin a tardi-D1, mas eventos hidrotermais tardios são registrados, os quais são caracterizados por menores temperaturas e pressões (~300°C; 1-2 kbar). A cronologia desses eventos permanece controversa, principalmente no que tange a influência tectono-termal do Paleoproterozoico na estruturação do sinclínrio e na formação dos depósitos auríferos (TASSINARI *et al.*, 2015; FABRÍCIO-SILVA; ROSIÈRE; BÜHN, 2019; FABRÍCIO-SILVA *et al.*, 2021; BRANDO-SOARES *et al.*, 2018, 2021). Embora os dados isotópicos indiquem a presença inequívoca do evento no depósito de Turmalina e São Sebastião (TASSINARI *et al.*, 2015; BRANDO-SOARES *et al.*, 2021), sua relação com os eventos deformacionais descritos no sinclínrio permanecem em aberto.

Considerando que as rochas que apresentam paragêneses de alta temperatura são tidas como sin a tardi-S1 e são cortadas por apófises graníticas com 2,65-2,7 Ga (FABRÍCIO-SILVA *et al.*, 2021), estima-se uma idade mínima neoarqueana. De fato, esse intervalo é marcado por

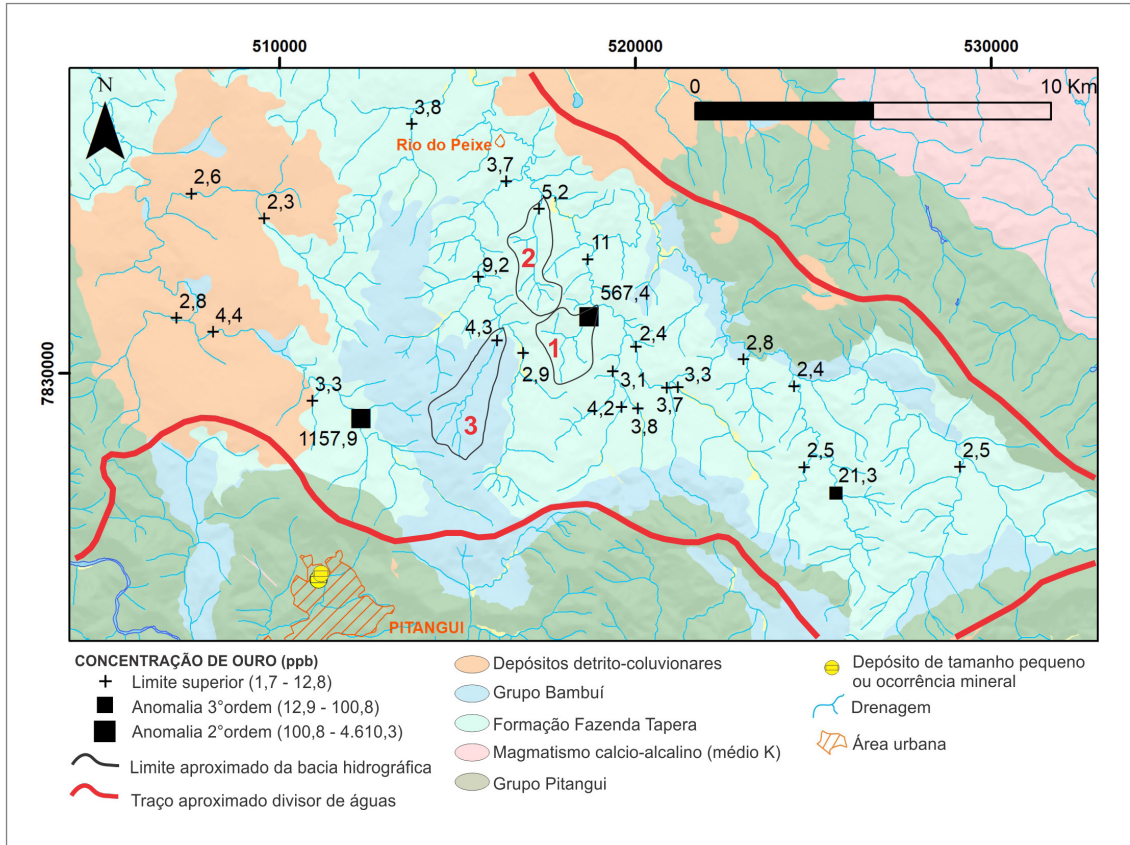
extensivos eventos de fusão crustal e magmatismo sin a tardi-deformacional (ROMANO, 2007; ROMANO *et al.*, 2013; MARINHO *et al.*, 2019a).

No QF, algumas hipóteses foram utilizadas para explicar paragêneses de alta temperaturas nas rochas supracrustais dos supergrupos Rio das Velhas e Minas, que incluem: efeito do magmatismo e/ou a formação de domos e quilhas no Neoarqueano (BRANDO-SOARES *et al.*, 2018; CUTTS *et al.*, 2019; FABRÍCIO-SILVA; ROSIÈRE; BÜHN, 2019; FABRÍCIO-SILVA *et al.*, 2021) e o colapso orogênico durante o Paleoproterozoico (MARSHAK *et al.*, 1997; MARSHAK; ALKMIM; JORDT-EVANGELISTA, 1992; CUTTS *et al.*, 2019; BRANDO-SOARES *et al.*, 2021).

No Sinclínório Pitangui, as paragêneses de alta temperatura ocorrem ao longo de zonas de cisalhamento e/ou nas proximidades de corpos graníticos (VELÁSQUEZ-DAVID, 2011; BRANDO-SOARES *et al.*, 2018; FABRÍCIO-SILVA *et al.*, 2021). No depósito de Satinoco e Turmalina, as associações minerais associadas à fácies anfíbolito são restritas às zonas de cisalhamento hidrotermalizadas/mineralizadas (VELÁSQUEZ-DAVID, 2011; FABRÍCIO-SILVA *et al.*, 2021), ao passo que em âmbito regional predominam rochas com associações metamórficas de fácies xisto verde, conforme pode ser acessado na base de dados petrográficos disponibilizados em PETROGRAFIA no portal <https://geosgb.cprm.gov.br>.



**Figura 3.9** - Mapa geológico simplificado (modificado de MARINHO *et al.* 2019a), indícios geoquímicos em amostras de sedimentos de corrente e ocorrências auríferas cadastradas do campo mineral Lineamento Penha-Onça. 1 - Garimpo do Tonho (bairro Penha); 2 - Depósito Caxingó Sul; 3 - Mina histórica do Zé de Abreu; 4 - Garimpo de Onça do Pitangui; 5 - Garimpo; 6 - Alvo Fazenda Santa Cruz; 7 - Garimpo Fazenda Gaia.



**Figura 3.10** - Índícios geoquímicos para amostras de sedimento de corrente na área de domínio da Formação Fazenda Tapera. Os números em vermelho referem-se às bacias hidrográficas.

**Tabela 3.2** - Síntese das principais fases de alteração hidrotermal mineralizantes, condições metamórficas de formação e sua relação com a deformação da região.

DEPÓSITO(S)	PRINCIPAIS FASES DE ALTERAÇÃO HIDROTHERMAL	RELAÇÃO COM A DEFORMAÇÃO	CONDIÇÕES METAMÓRFICAS
Turmalina <sup>1,2</sup>	Ser-Qtz-St-Grt-Ilm-Tit- <b>Po-Apy-Lo-Au</b>	Sin a tardi-D1 <sup>a</sup>	542° ± 30° a 598°±19 °C (Apy); 550°-610°C e 3.5-4 kbar (if)
	Qtz-Chl-Cb-(Ep)- <b>Po-Py-Apy-Au</b>	Pós-D1	442° ± 9° a 510° ± 30°C (Apy) 300°-350°C e 1-2 kbar (if)
Satinoco <sup>3</sup>	Qtz-Bio-Grt- <b>Apy-Lo-Po-Au</b>	Sin-D1	475-730°C e 3-4 kbar
	Qtz-Bio-Grt-Gru-Mag- <b>Po-Apy±Lo±Gn-Au</b>	Sin a tardi-D1 <sup>a</sup>	510-445° C e ~2 kbar
	Qtz-Ser-Chl-Cb- <b>Py-Po±Ccp±Gn-Au</b>	Pós-D1	350-300°C em 1-2 kbar
São Sebastião <sup>4,5</sup>	Bio-Chl-Mag- <b>Po-Ccp-Au/Bi</b>	Sin-D1	nd
	Tum-Gru-Hbl-Grt- <b>Apy-Py-Au/Bi</b>	Tardi-D1	nd
	Stp-Sch-Qz-Apt-Cb- <b>Apy-Py-Sph-Po-Ccp-ISS-Au/Bi</b>	Pós-D1 <sup>a</sup>	600°C (ISS); 465–560 °C (Apy)
Pitangui <sup>6,7</sup> (Lineamento Penha-Onça)	Qtz-Cb-Ser-Chl- <b>Py-Po-Ccp±Sph±Gn-Au</b>	Tardi a Pós-D1 <sup>b</sup>	nd

<sup>a</sup> Principal fase de mineralização; <sup>b</sup> Interpretado a partir de dados obtidos durante o mapeamento geológico. 1 - FABRÍCIO-SILVA; ROSIÈRE; BÜHN (2019); 2 - TASSINARI *et al.* (2015); 3 - FABRÍCIO-SILVA *et al.* (2021); 4 - BRANDO-SOARES *et al.* (2018); 5 - BRANDO-SOARES *et al.* (2021); 6 – MAURER *et al.* (2021); 7 - MARINHO *et al.* (2019a). Abreviaturas: if – inclusões fluidas; ISS - solução sólida intermediária; nd – não determinado. Abreviaturas dos nomes dos minerais segundo Whitney e Evans (2010).

Zonas de cisalhamento que exibem temperaturas anômalas em relação ao gradiente metamórfico regional (*metamorphic hot spots*) são descritas em vários exemplos na natureza (CHAMBERLAIN; RUMBLE, 1988; LELOUP *et al.*, 1999) e previstas em modelagens computacionais (CONNOLLY, 1997; ZHAO *et al.*, 2008). Os principais processos associados a esses hot spots são o aquecimento por cisalhamento (*shear heating*) e a advecção térmica a partir da canalização do fluxo de fluidos associada ou não a corpos graníticos (CHAMBERLAIN; RUMBLE, 1988; CONNOLLY, 1997; LELOUP *et al.*, 1999; ZANG *et al.*, 2019). Isso caracteriza a importância dessas estruturas não apenas na canalização de fluidos hidrotermais, mas também como fontes térmicas.

Uma hipótese plausível para o zoneamento metamórfico observado nos depósitos do sinclínório Pitangui seria a atuação concomitante de processos de aumento do gradiente geotérmico regional (intrusões), local (advecção térmica e intrusões), associado ou não ao aquecimento por cisalhamento (*shear heating*).

A advecção térmica associada a canalização de fluidos aquecidos pode ter sido ainda afetada pela atuação concomitante do evento deformacional D1 sobre os corpos graníticos sin- a tardi-deformacionais. Durante eventos compressivos, se houver contraste reológico com as encaixantes, os corpos graníticos podem participar a deformação e formar zonas alternadas de alta deformação e de alívio de pressão (CZARNOTA; BLEWETT; GOSCOMBE, 2010), por vezes similares, assumindo configurações de sombras de pressão em escala regional (CÔRREA *et al.*, 2015).

Dessa forma, pressupõe-se que quando submetidos ao paleotensor  $\sigma_1$  do evento D1 (~NE-SW), os corpos graníticos do Sinclínório Pitangui podem ter desenvolvido zonas de alta deformação em seus flancos Nordeste e Sudoeste e formado zonas de alívio de pressão em seus quadrantes Noroeste e Sudeste. O posicionamento dos campos minerais Complexo Turmalina, Papagaios e o depósito do São Sebastião em relação aos seus respectivos corpos graníticos associados (Casquilho, Pequi, Jaguará) parece corroborar com essa hipótese (Figura 3.1).



## 4. MAPA DE PROSPECTIVIDADE: INTEGRAÇÃO DE DADOS E GERAÇÃO DE ALVOS

### 4.1. INTRODUÇÃO

O alto custo e as incertezas da pesquisa mineral têm impulsionado o uso de técnicas capazes de sobrepor e integrar várias camadas de informação para geração de mapas de prospectividade mineral (BONHAM-CARTER, 1994; HRONSKY *et al.*, 2012). Essas técnicas são fundamentadas em métodos matemáticos geoespaciais que permitem interpretar e classificar um grande volume de dados, indicando as regiões com maiores probabilidades de se encontrar um determinado recurso mineral (HARRIS *et al.*, 2001; CARRANZA, 2009; BONHAM-CARTER, 1994; HRONSKY; GROVES, 2008).

O Sinclínio Pitangui, conforme detalhado no Capítulo 3, possui importantes mineralizações auríferas do tipo orogênico, como a mina Turmalina e o depósito São Sebastião, ambos com forte controle estrutural (ROMANO, 2007; FABRÍCIO-SILVA *et al.*, 2016; BRANDO-SOARES *et al.*, 2017). Grande parte dos depósitos auríferos no *Greenstone Belt* Pitangui foram descobertos utilizando métodos tradicionais de prospecção mineral. Entretanto, a utilização dessas técnicas limita a identificação de novos depósitos, principalmente os mais profundos, devido à carência de informações detalhadas sobre a metalogênese e o controle estrutural das mineralizações. A integração de métodos indiretos como aerogeofísica, sensoriamento remoto e modelagem de dados espaciais ainda é pouco explorada na área de estudo, podendo assim colaborar para a descoberta de novos depósitos.

Nesse sentido, a integração de dados e geração de alvos apresentadas neste trabalho, e no Mapa de Prospectividade para Ouro Orogênico no *Greenstone Belt* Pitangui (SINCLAIR *et al.*, 2022), seguiu o conceito de Sistemas Minerais (WYBORN WYBORN; HEINRICH; JAQUES, 1994; KNOX-ROBINSON; WYBORN, 1997; HRONSKY; GROVES, 2008; CZARNOTA; BLEWETT; GOSCOMBE, 2010; MCCUAIG; BERESFORD; HRONSKY, 2010; HRONSKY *et al.*, 2012). Este conceito é descrito como um conjunto de processos envolvidos na formação e preservação de depósitos minerais que, por sua vez, são expressões locais de processos muito maiores, que focalizaram fluxos de massa e energia em determinadas regiões da crosta. Os principais fatores e processos são relacionados às rochas geradoras e reservatórios de fluidos, evolução geodinâmica, arquitetura estrutural dos

terrenos geológicos, além dos mecanismos de formação e preservação dos depósitos. Portanto, o mapa de prospectividade dependerá da conversão dos fatores que controlam os processos mineralizantes em vetores mapeáveis, tais como arcabouço litoestrutural, geodinâmica e alteração hidrotermal.

Na última década, foram obtidos inúmeros avanços associados à abordagem de Modelagem Prospectiva, tornando-a um “kit de ferramentas de sistemas” mais poderoso e aplicável ao desafio da exploração. Os avanços incluem: conjuntos de dados grandes e contínuos (imparciais) cada vez mais disponíveis, incluindo geofísica aérea e estudos geoquímicos regionais de sedimentos de solos e drenagem; avanços nas tecnologias e métodos de informação geográfica (SIG) para estudar espacialmente esses conjuntos de dados; e avanços na compreensão da evolução dos sistemas terrestres e da geodinâmica, que fornecem contexto para padrões de mineralização (MCCUAIG; HRONSKY, 2014).

### 4.2. METODOLOGIA

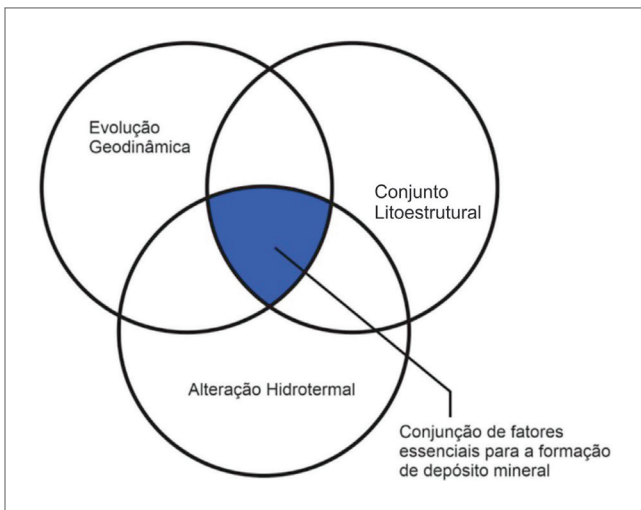
A maioria dos trabalhos relacionados à geração de mapas de prospectividade mineral utilizam dois tipos de metodologias: guiada pelos dados (*data-driven*), levando em consideração a relação e assinatura espacial dos depósitos já existentes, e guiada pelo conhecimento (*knowledge-driven*), em que é de fundamental importância o conhecimento das variáveis geológicas condicionantes do depósito (BOHAM-CARTER, 1994; HARRIS *et al.*, 2001; CARRANZA, 2009).

Seguindo a abordagem de Campos, Souza e Sordi (2017), a elaboração dos mapas de prospectividade é baseada em três principais esferas de conhecimento: 1) evolução geodinâmica - formação das rochas enriquecidas em metais e das possíveis fontes para os fluidos mineralizantes; 2) associação lito-estrutural - circulação de fluidos e conexão dos reservatórios hidrotermais; e 3) alterações hidrotermais - transformação das rochas encaixantes devido à percolação por fluidos mineralizantes (HRONSKY; GROVES, 2008; CZARNOTA; BLEWETT; GOSCOMBE, 2010 ; MCCUAIG; HRONSKY, 2014; Figura 4.1).

Conforme discutido no Capítulo 3, os principais depósitos do distrito de Pitangui apresentam evidências da influência de granitoides intrusivos em sua gênese



(BRANDO-SOARES et al., 2018; FABRÍCIO-SILVA; ROSIÈRE; BÜHN, 2019; FABRÍCIO-SILVA et al., 2021). Dessa forma, o mapa de prospectividade para ouro orogênico da região do Sinclínio Pitangui utilizou o modelo de mineralização híbrido entre depósitos orogênicos e depósitos relacionados a intrusões, por ser o que melhor se adequa às características das principais mineralizações da região. O mapa foi gerado utilizando o método baseado no conhecimento de sobreposição de múltiplas classes proposto por Halmos (1965), Monk, Bonnet e Koppberg (1989) e Monk (2018). Foram integrados os dados geológicos, geofísicos e estruturais, com o objetivo de reduzir e delimitar as áreas com maior probabilidade de descoberta de um novo depósito mineral.



**Figura 4.1** - Modelo lógico para integração de dados geológicos durante a confecção de mapas de prospectividade.

A zona central de intersecção representa a conjunção dos fatores relevantes para a formação de um depósito mineral (modificado de CAMPOS; SOUZA; SORDI 2017.) A metodologia utilizada consiste em definir que para cada vetor (V) em um mapa de evidência (e), será atribuída uma pontuação, P(ve), entre 0 e 10, de acordo com a importância do processo mapeado na formação do depósito mineral. Além disso, cada mapa de evidência está associado com um peso, W(e), em relação ao grau de incerteza e de confiabilidade da base de dados que originou o mapa de evidência. Finalmente, para gerar um mapa de prospectividade final, as classes serão combinadas, ou somadas (S) conforme a equação abaixo proposta por Carranza (2009).

No presente estudo, os vetores (V) foram pontuados de 0 a 10, onde: i) 0 significa que não há perspectiva alguma, ou nenhuma chance para encontrar depósitos minerais; ii) 1 a 3 significa que o processo é incerto ou de menor importância; iii) 4 a 6, um processo desejável; iv) 7 a 9 significa que os processos relacionados são de

grande importância; v) 10 significa que o processo mapeado é essencial para a previsão de depósitos minerais, conforme sugerido por Carranza (2009).

$$S = \frac{\sum_e^n (P_{ve})(W_e)}{\sum_e^n W_e}$$

A etapa final de integração consiste em associar um peso, W(e), em relação ao grau de incerteza e de confiabilidade da base de dados que originou o mapa de evidência (Tabela 4.1). Os valores atribuídos a pontuação (P) e peso W, foram determinados pela equipe de trabalho, considerando os conhecimentos geológicos e metalogenéticos disponíveis da região.

O mapa final de prospectividade será classificado com valores entre 1 a 10 no qual a maior pontuação equivale a maior intersecção de vetores preditivos, em relação aos seus pesos de grau de confiabilidade e importância no sistema mineral.

**Tabela 4.1** - Grau de confiabilidade dos dados de acordo com os pesos atribuídos aos mapas de evidências durante a confecção do Mapa de Prospectividade para ouro no *Greenstone Belt* Pitangui.

PESO	GRAU DE CONFIABILIDADE
5	90% a 100%
4	90% a 70%
3	50% a 70%
2	50% a 30%
1	10% a 30%

### 4.3. BASE DE DADOS, INTERPRETAÇÃO E PROCESSAMENTO

O “Mapa de Prospectividade para Ouro - *Greenstone Belt Pitangui*” (SINCLAIR; MARINHO; LOMBELLO, 2021) foi elaborado em escala 1:75.000, a partir da integração de dados geológicos, estruturais e geofísicos obtidos durante o “Projeto ARIM - Áreas de Relevante Interesse Mineral - Noroeste do Quadrilátero Ferrífero”, destacando-se o Mapa Geológico Integrado do Sinclínio Pitangui (MARINHO et al., 2019a). A base de dados inclui ainda os dados aerogeofísicos de magnetometria e gamaespectrometria (MINAS GERAIS, 2001; CODEMIG, 2006), além de imagens de SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission, NASA*), com resolução de 30 m. A localização das mineralizações, como minas/depósitos e garimpos, foi utilizada na etapa de validação do modelo de prospectividade. Os dados de geoquímica de sedimento de corrente e concentrado de bateia, obtidos durante o Projeto “Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero e seu entorno” (LARIZZATTI; MARQUES; SILVEIRA, 2014), não foram utilizados,

uma vez que muitas bacias de captação importantes para o modelo não foram amostradas devido a escala daquele trabalho.

A seguir serão apresentados os mapas de evidências utilizados para a construção do Mapa de Prospecividade e os critérios adotados na atribuição das pontuações, considerando-se o modelo de mineralização híbrido entre depósitos orogênicos e depósitos relacionados a intrusões.

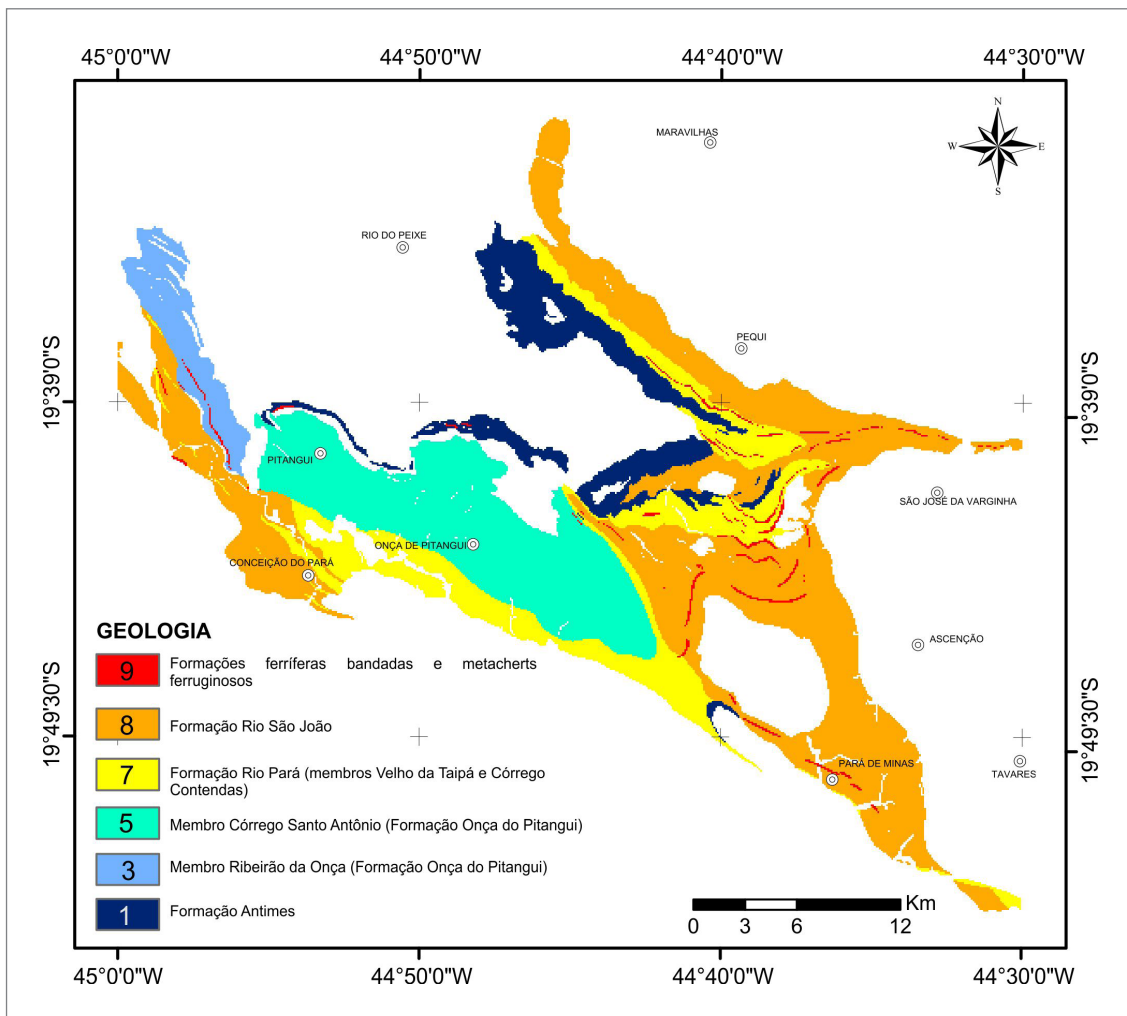
### 4.3.1. Geologia e Estrutural

Na região do Sinclínório Pitangui, o ouro orogênico está hospedado nas unidades arqueanas do *Greenstone Belt* Pitangui, principalmente nas formações Rio Pará e Rio São João. Neste contexto, as rochas inseridas nessas unidades litoestratigráficas, especialmente as formações ferríferas bandadas (FFB), tiveram maior peso que as demais rochas da sequência *greenstone*. Sendo assim,

considerando o potencial para hospedar mineralizações auríferas, as unidades litológicas foram pontuadas de 1 a 10 (em que 1 representa o menor potencial prospectivo e 10 o maior), conforme apresentado na Figura 4.2. Nesta análise, as rochas gnáissicas do embasamento, as rochas metassedimentares da Formação Fazenda Tapera e as rochas sedimentares do Grupo Bambuí foram excluídas devido ao baixo potencial para hospedar ouro, considerando o modelo exploratório adotado.

Entender a influência das estruturas geológicas no processo mineralizante é de fundamental importância para identificar regiões de alta prospectividade de precipitação e concentração mineral (COX, 2005; CARRANZA, 2009). Regiões de alívio de pressão, interseção de estruturas, lineamentos magnéticos, dentre outras, são fatores que favorecem a formação de depósitos auríferos (MCCUAIG; HRONSKY, 2014; ROBERT *et al.*, 2007).

A análise estrutural do Sinclínório Pitangui foi realizada com base em informações de campo e sensores



**Figura 4.2** - Mapa geológico simplificado do Sinclínório Pitangui (modificado de MARINHO *et al.*, 2019a), apresentando a hierarquização das unidades litoestratigráficas e as pontuações atribuídas. Valores maiores (entre 7 e 9) representam litologias mais favoráveis a mineralizações de ouro, e valores menores (entre 1 e 5) representam litologias menos favoráveis.

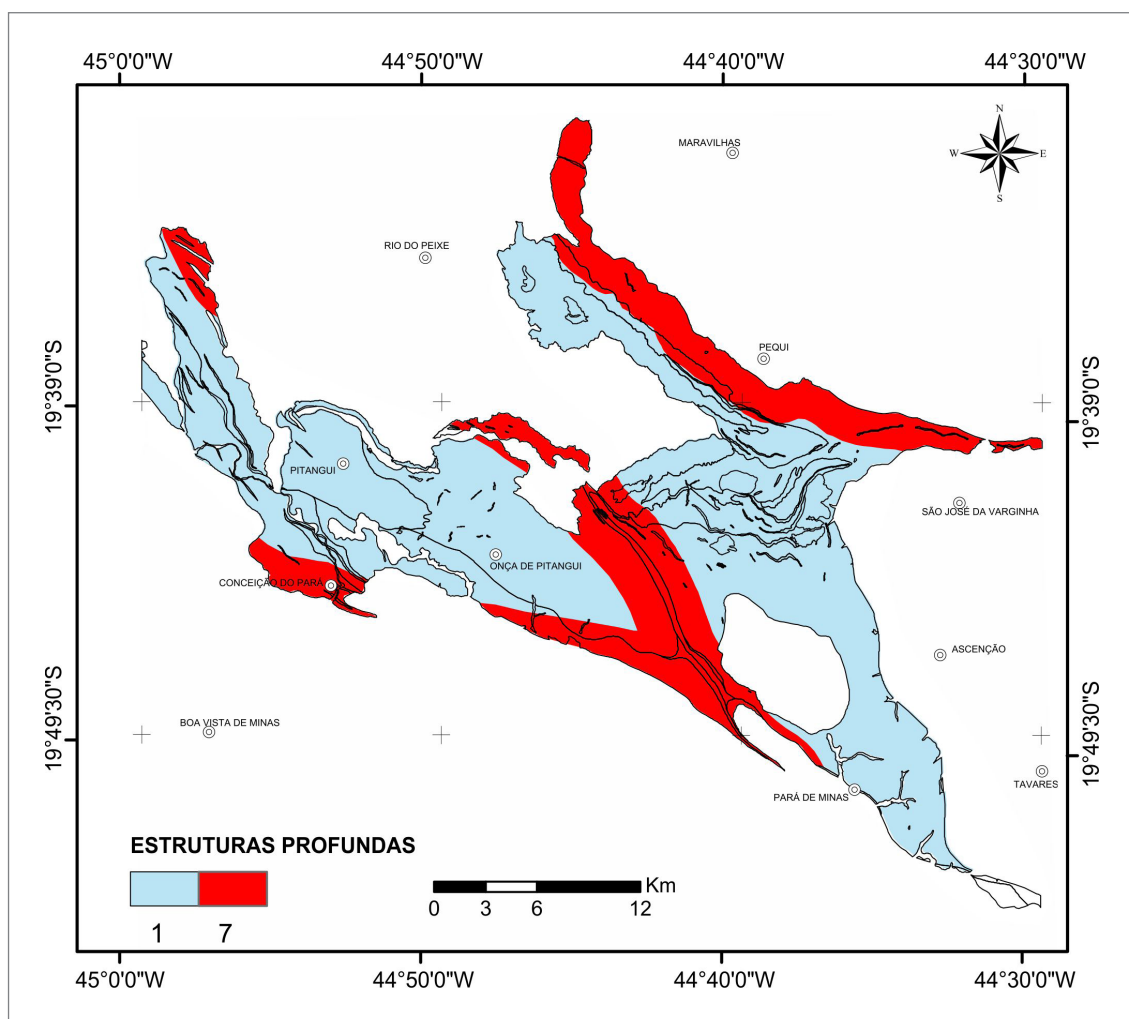
remotos (p.ex., mapas aerogeofísicos e imagens SRTM), visando a identificação das estruturas associadas às mineralizações auríferas e atribuição de pesos relacionada a geometrias das estruturas e hierarquização de acordo com as direções e critérios de superposição. Conforme descrito no Item 2.3, as estruturas presentes na área de estudos foram hierarquizadas de acordo com os eventos deformacionais compressivos (D1, D2).

Em termos de controle estrutural das mineralizações conhecidas na região, nota-se que os depósitos minerais de maior relevância estão concordantes com as estruturas relacionadas ao evento D1 (arqueano, Figura 2.4), que são caracterizadas por grandes zonas de cisalhamento de direção NW-SE. A partir dessa análise, optou-se por utilizar apenas as estruturas D1, para a geração do modelo final de prospectividade para ouro na porção noroeste do Quadrilátero Ferrífero.

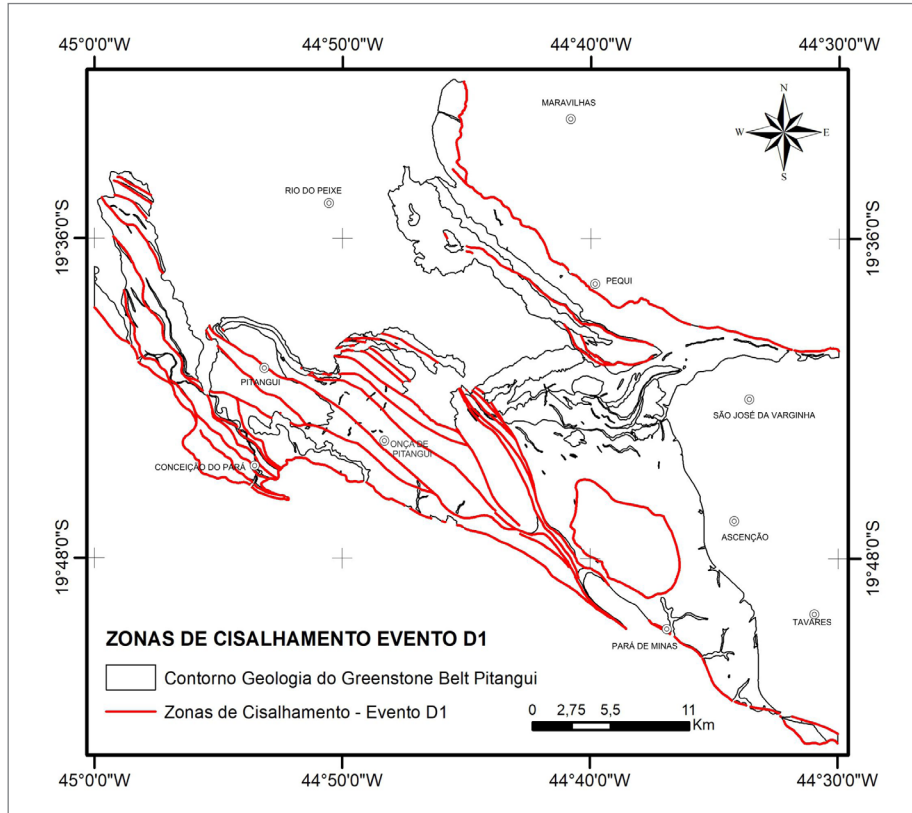
A partir da análise de alguns trabalhos relacionados a modelos de prospectividade mineral (CARRANZA, 2009;

HRONSKY *et al.*, 2012), decidiu-se aplicar um *buffer* de 2 km (área de influência, zonas de maior prospectividade) nas estruturas profundas (zonas de cisalhamento Pequi, Pará de Minas e Penha-Onça, Figura 4.3). A partir da delimitação da área de influência dessas estruturas, atribuiu-se pontuações maiores (valor 7) às regiões inseridas neste raio de influência, e pontuações menores (valor 1) nas regiões fora do *buffer* de 2 km.

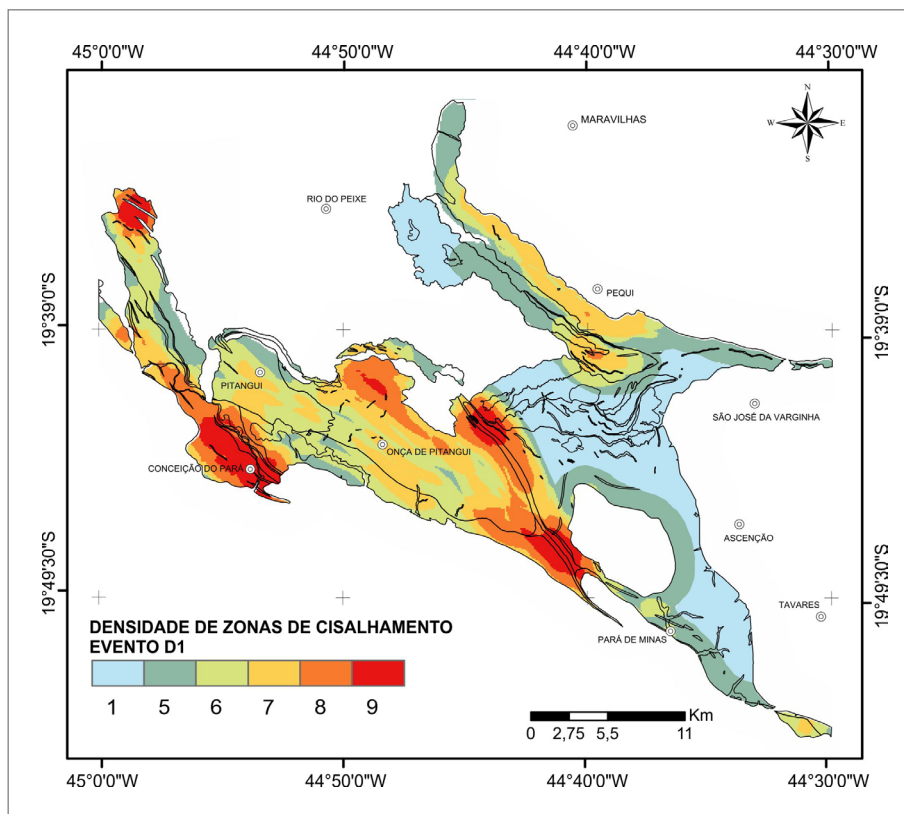
Durante a análise estrutural, a presença de grande quantidade de zonas de cisalhamento também foi considerada relevante para a formação de depósitos, visto que essas estruturas funcionam como importantes condutos para fluidos hidrotermais (COX, 2005). Conforme observado nas figuras 4.4 e 4.5, as regiões de alta densidade de zonas de cisalhamento (assinaladas em vermelho, alaranjado e amarelo), tiveram maior pontuação durante a modelagem (entre 7 e 9). Por sua vez, as regiões de menor densidade de estruturas receberam pontuação entre 1 e 6, sendo assinaladas azuis e esverdeadas.



**Figura 4.3** - Mapa com as principais estruturas do Sinclínório Pitangui (modificado de MARINHO *et al.*, 2019a), com *buffer* de 2 km a partir do traço da estrutura, assinalando as regiões mais favoráveis à percolação e concentração de fluidos metamórficos envolvidos na formação de depósitos de ouro.



**Figura 4.4** - Mapa com as principais estruturas do Sinclínrio Pitangui (modificado de MARINHO *et al.*, 2019a), com *buffer* de 2 km a partir do traço da estrutura, assinalando as regiões mais favoráveis à percolação e concentração de fluidos metamórficos envolvidos na formação de depósitos de ouro.



**Figura 4.5** - Mapa de densidade de zonas de cisalhamento do Sinclínrio Pitangui (modificado de MARINHO *et al.*, 2019a), as quais ocorrem em maior quantidade nas regiões de cores amareladas a avermelhadas.



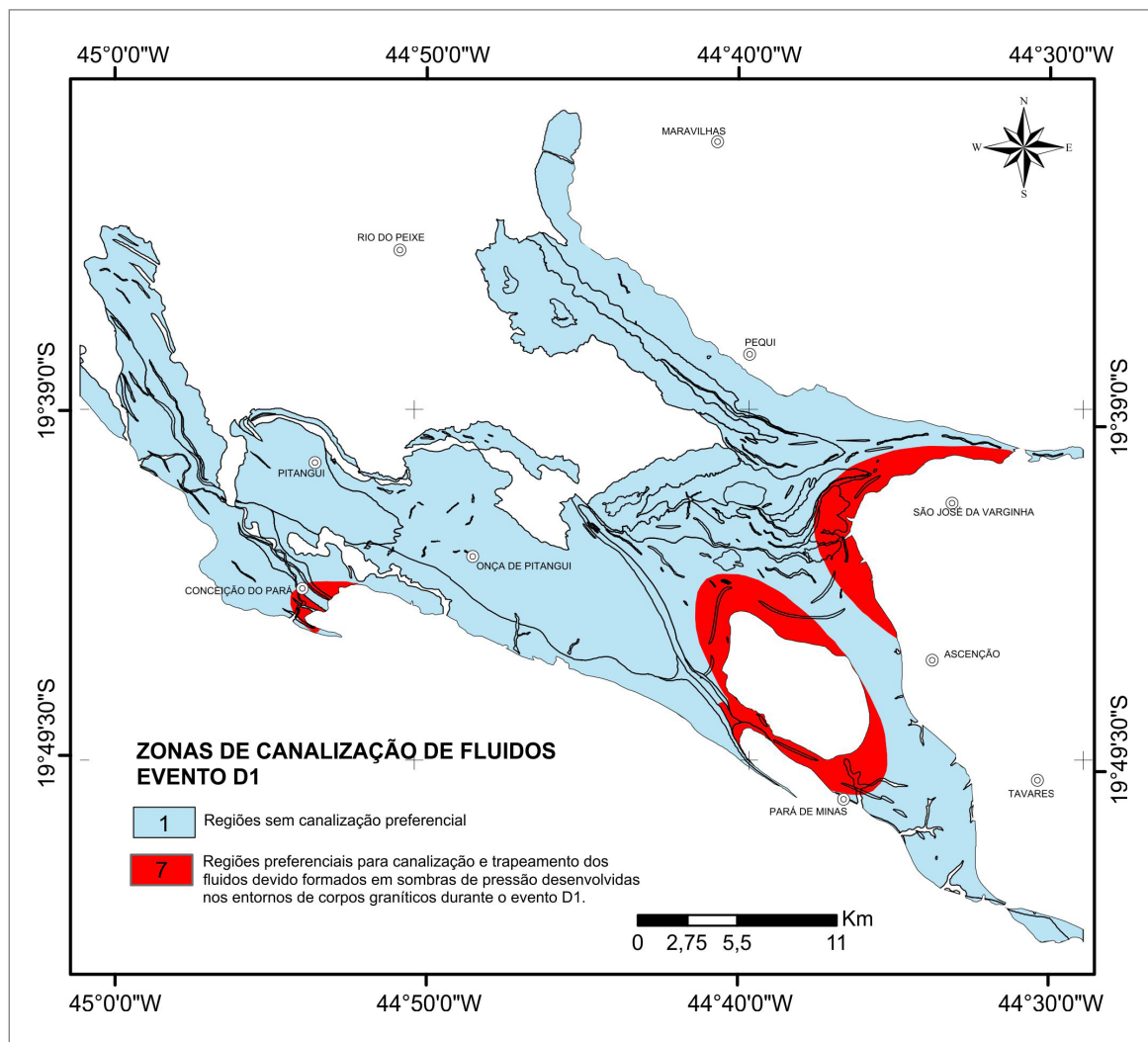
De acordo com os eventos deformacionais atuantes no *greenstone*, tornou-se necessário identificar, além das estruturas profundas e zonas de cisalhamento, regiões de alívio de pressão que contribuíram para a precipitação do ouro. A presença de corpos graníticos submetidos à deformação D1 constituiu-se uma importante região de partição da deformação e geração de zonas de alívio (CARRANZA, 2009; CZARNOTA; BLEWETT; GOSCOMBE, 2010; MCCUAIG; HRONSKY, 2014), conforme exposto no Item 3.4.

Uma possível zona de alívio de pressão relacionada ao Plúton Jaguará foi estipulada, com formato elipsoidal e apresentando extensão de 2 km nos quadrantes NW e SE do corpo (Figura 4.6). As mesmas estimativas foram extrapoladas para os demais corpos graníticos (Casquilho, Serra do Andaime e Florestal) que também sofreram a deformação D1, conforme apresentado na Figura 4.6.

### 4.3.2. Metamorfismo e Intrusões Graníticas

A percolação de fluidos metamórficos é considerada fundamental para a formação de depósitos minerais (COX, 2005; MCCUAIG; HRONSKY, 2014) e, portanto, foi considerada durante a confecção do mapa de prospectividade da área de estudo. No âmbito do Sinclínório Pitangui, as zonas metamórficas foram delimitadas de acordo com as paragêneses minerais obtidas durante as análises petrográficas realizadas pelo projeto ARIM QF - NW (vide Item 2.3.3). Assim, a área mapeada foi subdividida em dois domínios - fácies xisto verde e fácies xisto verde superior a anfibolito (Figura 4.7), sugerindo que as zonas de cisalhamento foram fundamentais no zoneamento metamórfico.

Uma vez que a taxa máxima de liberação de fluidos metamórficos ocorre na transição entre as fácies xisto verde e anfibolito (ROBB, 2005; PHILLIPS; POWELL, 2010),



**Figura 4.6** - Mapa de zonas de canalização de fluidos associadas às regiões de alívio de pressão do Sinclínório Pitangui. As regiões em vermelho, nas bordas das intrusões graníticas, foram consideradas de alta favorabilidade (pontuação 7), enquanto as regiões brancas (pontuação 1) foram interpretadas como de baixa favorabilidade para percolação desse tipo de fluidos.

as regiões que se enquadram nessa zona de transição foram consideradas regiões de alta prospectividade (pontuação 8). Já as regiões metamorizadas em fácies xisto verde teriam média prospectividade (pontuação 5, Figura 4.7).

Além das condições metamórficas, a presença de intrusões graníticas também tem forte influência nos processos de mobilização e remobilização de fluidos hidrotermais (COX, 2005). Na área de estudo, alguns depósitos ocorrem nas regiões de contato entre intrusões graníticas e as rochas da sequência *greenstone* (p.ex., Turmalina), indicando uma possível relação entre as intrusões e a gênese da mineralização aurífera (BRANDO-SOARES *et al.*, 2018; FABRÍCIO-SILVA; ROSIÈRE; BÜHN, 2019; FABRÍCIO-SILVA *et al.*, 2021).

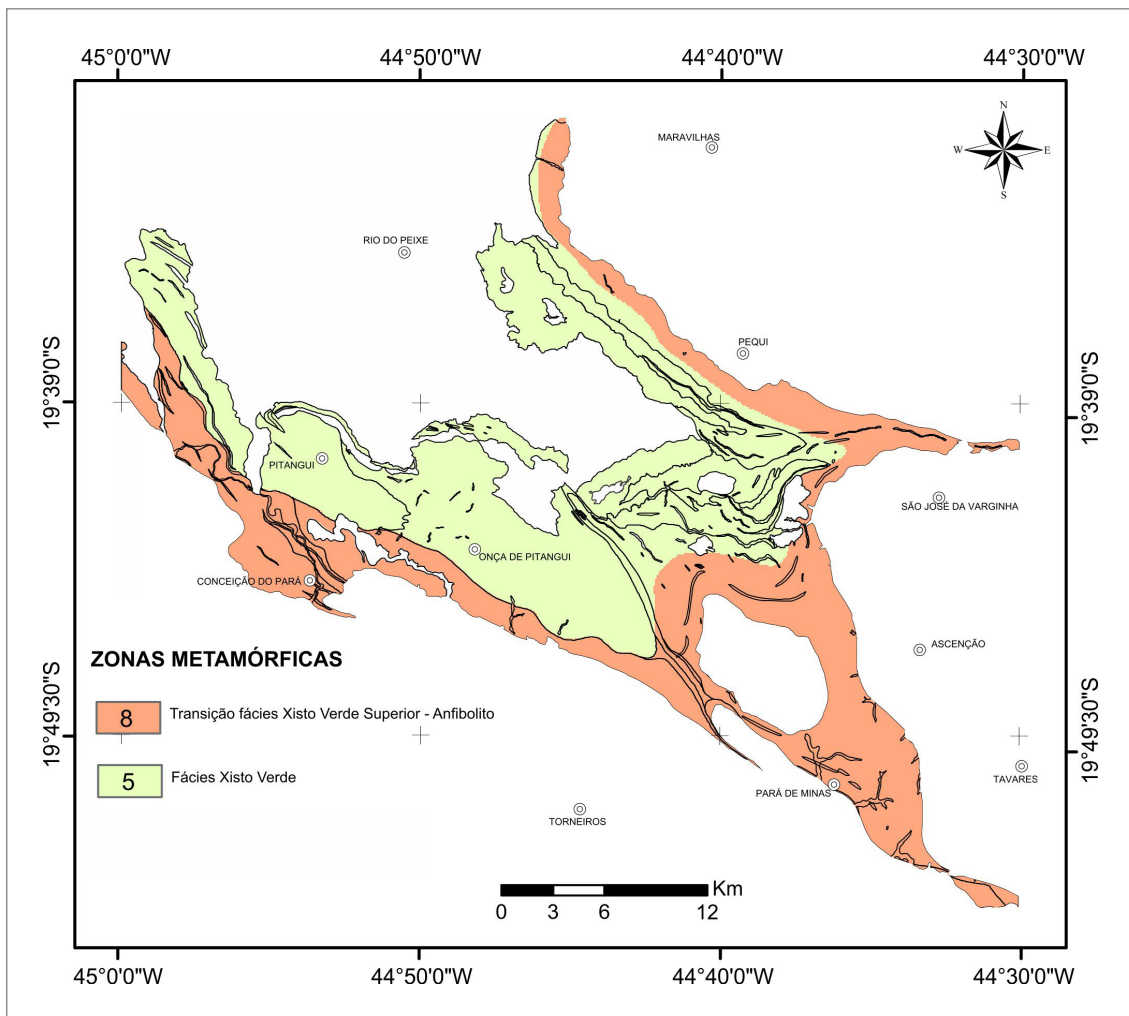
De modo a delimitar as zonas de proximidade ao contato entre as intrusões graníticas e o *greenstone*, consideradas de alta prospectividade, foram utilizados *buffers* de 200 m em 200 m, assinalando as zonas de

maior ou menor proximidade, onde as zonas em vermelho são consideradas mais favoráveis (Figura 4.8). Esse parâmetro foi estipulado de acordo com estudos similares relacionados às mineralizações auríferas (p.ex., MCCUAIG; HRONSKY, 2014; ROBERT *et al.*, 2007).

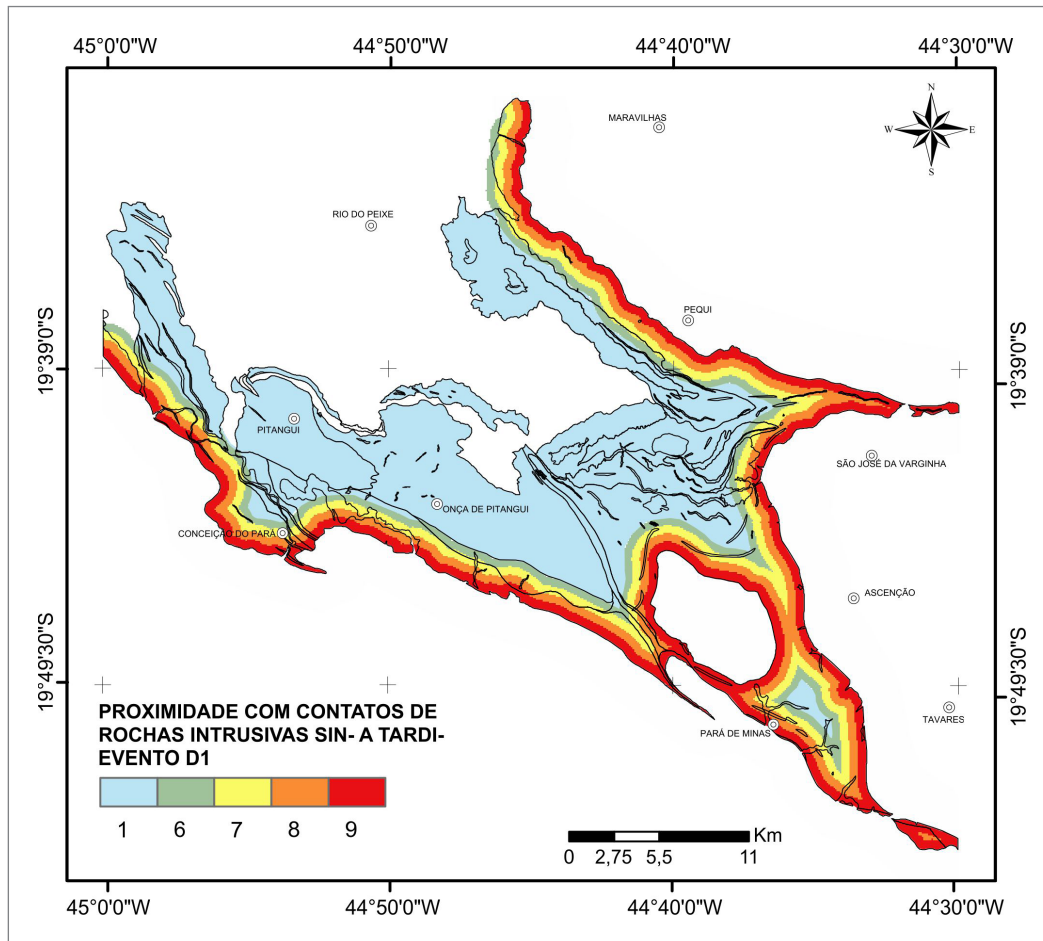
### 4.3.3. Dados Aerogeofísicos

Durante a análise de prospectividade do Sinclínório Pitangui, foram utilizados diversos produtos aerogeofísicos, especialmente mapas gamaespectométricos (U, Th e K) e seus produtos. De modo geral, as zonas de alteração hidrotermal assinaladas por esses mapas, incluindo o mapa de Fator F (GNOJEK; PRICHYSTAL, 1985) não mostraram boa correlação com a localização dos depósitos de ouro da região.

Adicionalmente, os agalmatolitos, um tipo de rocha hidrotermal de alto potássio, são comuns na região do Sinclínório Pitangui. A presença dessa litologia pode mascarar de forma significativa qualquer relação dos



**Figura 4.7** - Mapa de zonas metamórficas do Sinclínório Pitangui (modificado de MARINHO *et al.*, 2019a). As porções com maior pontuação (cor vermelha) referem-se às zonas de transição entre as fácies xisto verde e anfibolito e indicam regiões de alta prospectividade para ouro. As porções com menores pontuações (cor verde clara) são menos favoráveis à mineralização aurífera



**Figura 4.8** - Zonas de contato entre as rochas do *Greenstone Belt* Pitangui e os corpos intrusivos graníticos. Pontuações maiores (cores alaranjado e vermelho) representam zonas de maior interesse para ocorrência de depósitos de ouro orogênico.

elementos Th, U e K com as zonas de mineralização em ouro. Mediante esse contexto os mapas gamaespectrométricos foram utilizados majoritariamente para refinamento do mapa geológico.

A partir dos dados aeromagnetométricos, foi feita a Inversão do Vetor Magnético (*Magnetic Vector Inversion*, MVI; Figura 4.9), utilizando-se o *software* Oasis Montaj da Geosoft (ELLIS, 2015). No método MVI, o cálculo da inversão não assume a direção do vetor magnético, nem faz suposições a respeito da fonte magnética, se ela é remanescente ou induzida. O resultado das inversões são blocos 3D de susceptibilidade magnética aparente. Destes blocos foram retirados *slices* horizontais a uma profundidade de 35 metros com o intuito de destacar os corpos rasos (aflorantes e subaflorantes), interpretados como lentes de formação ferrífera que serviram para complementar o mapeamento geológico em subsuperfície.

Dessa forma, embora os dados aerogeofísicos tenham sido muito úteis na construção dos mapas geológicos utilizados como base para a construção do Mapa de Prospectividade, eles não foram utilizados diretamente nos Mapas de Evidências.

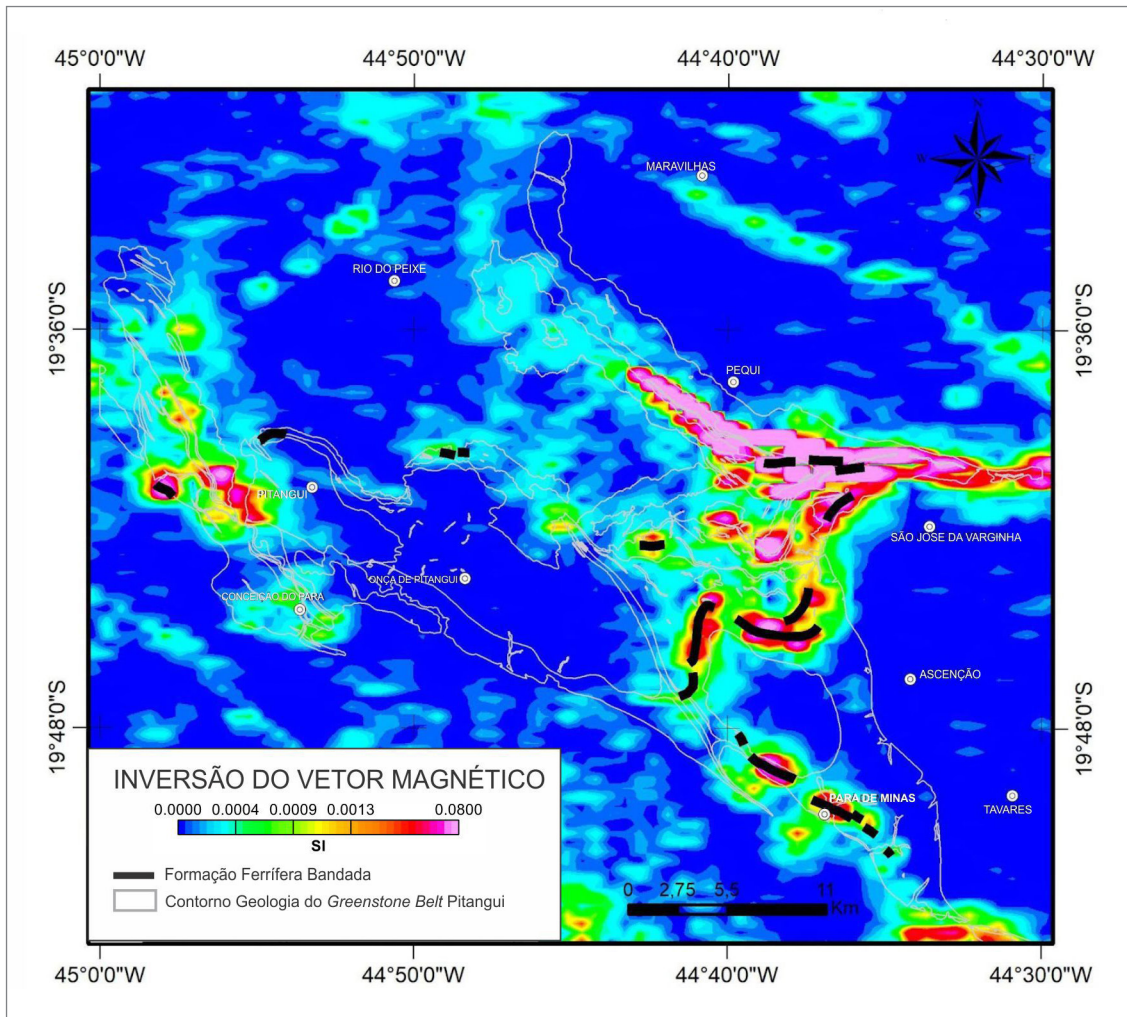
#### 4.4. INTEGRAÇÃO DOS VETORES E PESOS DOS MODELOS

A integração dos mapas de evidências gerados foi baseada no método de sobreposição de múltiplas classes (HALMOS, 1963; MONK *et al.*, 1989; MONK, 2018). A Tabela 4.2 apresenta os seis mapas de evidências utilizados para gerar o mapa de prospectividade do Sinclínório Pitangui (SINCLAIR *et al.*, 2021), bem como as pontuações atribuídas em cada categoria e os pesos de cada camada.

#### 4.5. RESULTADOS

A integração dos dados geológicos-geofísicos do Distrito Pitangui resultou na confecção do “Mapa de Prospectividade para Ouro - *Greenstone Belt* Pitangui” (Figura 4.10). Neste mapa, a área de estudo é subdividida em diferentes domínios, relativos ao potencial para hospedar mineralizações de ouro orogênico, com índices prospectivos variando entre 1 e 8. As regiões mais favoráveis à ocorrência de depósitos auríferos estão destacadas em tons de vermelho, com valores



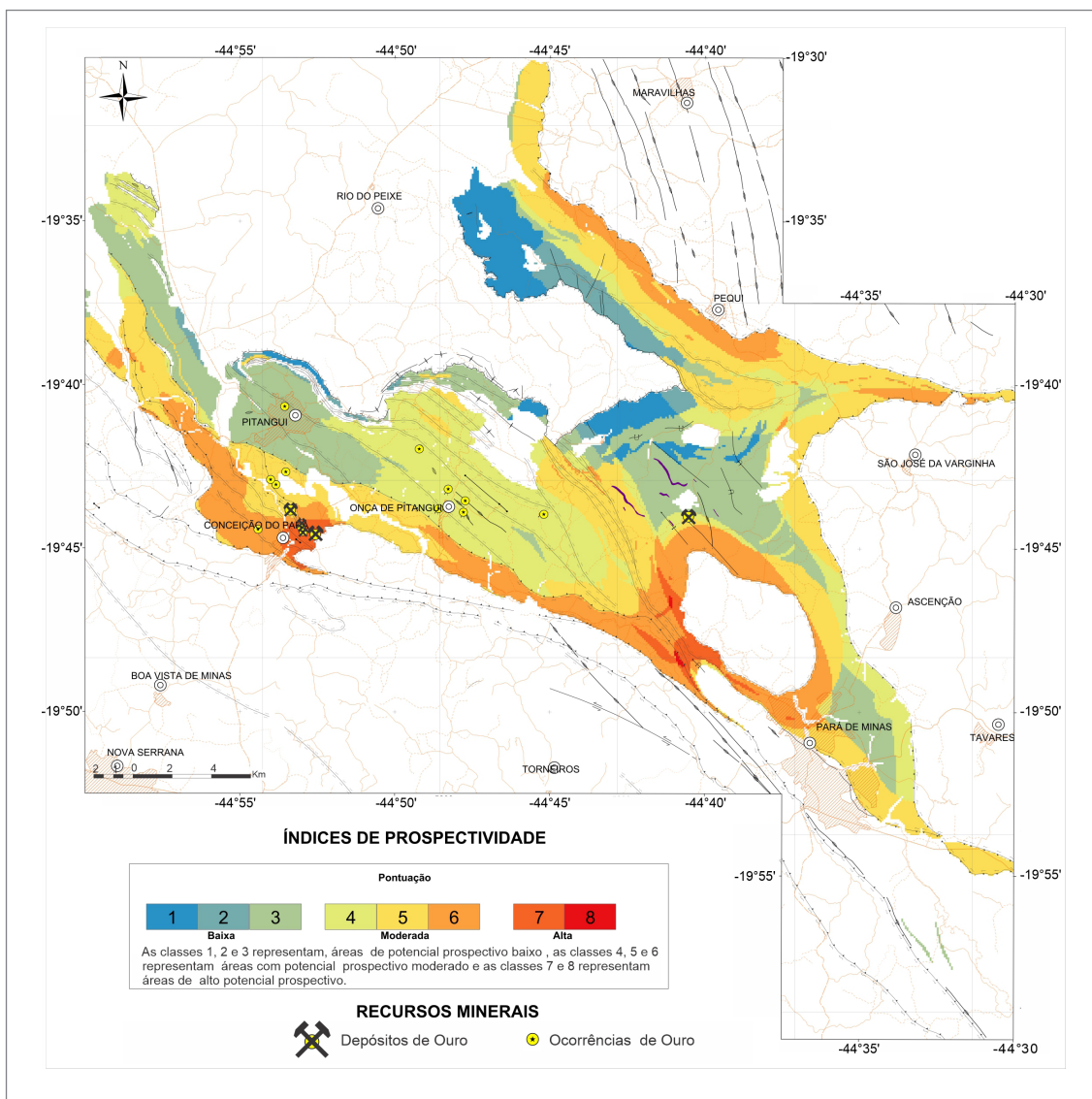


**Figura 4.9** - Mapa de inversão do vetor magnético (MVI) do Sinclínório Pitangui (*slice* horizontal de 35 metros de profundidade). As regiões destacadas em preto foram interpretadas como corpos de formações ferríferas bandadas.

**Tabela 4.2** - Fatores críticos, processos geológicos, feições mapeáveis e vetores propostos para o Distrito Aurífero de Pitangui.

		MAPA DE EVIDÊNCIA	PONTUAÇÃO	PESO	EMBASAMENTO TEÓRICO
Evento Tectono-termal D1	Fonte de Fluido	Metamorfismo	8; 5	2	Gradiente de pressão e temperatura, com destaque para fácies metamórficas na transição xisto verde superior a anfíbolito inferior, as quais apresentam o maior potencial prospectivo.
		Estruturas Profundas	7; 1	1	Áreas mais prospectivas estão próximas às estruturas profundas. Para isso foi utilizado um <i>buffer</i> de 2 km a partir do traço da estrutura.
	Energia e Transporte	Densidade de Zonas de Cisalhamento	9, 8, 7, 6, 5, 1	1	Os condutos principais de fluidos estão relacionados às zonas de cisalhamento do evento compressivo D1. Quanto maior a densidade dessas estruturas maior a favorabilidade prospectiva.
		Contatos com rochas Intrusivas	9, 8, 7, 6, 1	1	Gradiente térmico gerado por intrusões graníticas, com zonas mais favoráveis com maior proximidade aos contatos e delimitadas por <i>buffer</i> de 2 km a partir do traço da estrutura (500m em 500m).
	Trapas	Geologia	9, 8, 7, 4, 3, 1	5	Litologias mais reativas, principalmente aquelas enriquecidas em Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , são mais propícias à precipitação de sulfetos e metais carreados pelos fluidos hidrotermais.
Zonas de Canalização Preferencial de Fluidos		7; 1	3	Correspondem a zonas de alívio de pressão geradas por heterogeneidade reológica (granitos <i>versus</i> xistos/filitos) originadas devido ao vetor de compressão do Evento D1. Estão preferencialmente localizadas nos ápices dos corpos graníticos no quadrante ortogonal ao vetor $\sigma_1$ interpretado para o evento de deformação.	





**Figura 4.10** - Mapa de Prospectividade para Ouro do *Greenstone Belt* Pitangui, mostrando a correlação entre os depósitos de ouro e as regiões de alta prospectividade definidas durante o presente estudo.

entre 7 e 8, enquanto as regiões de média prospectividade apresentam cores amarelas e alaranjadas (valores entre 4 e 6). As áreas de baixa prospectividade são assinaladas por tonalidades frias (azul e verde), com valores entre 1 e 3.

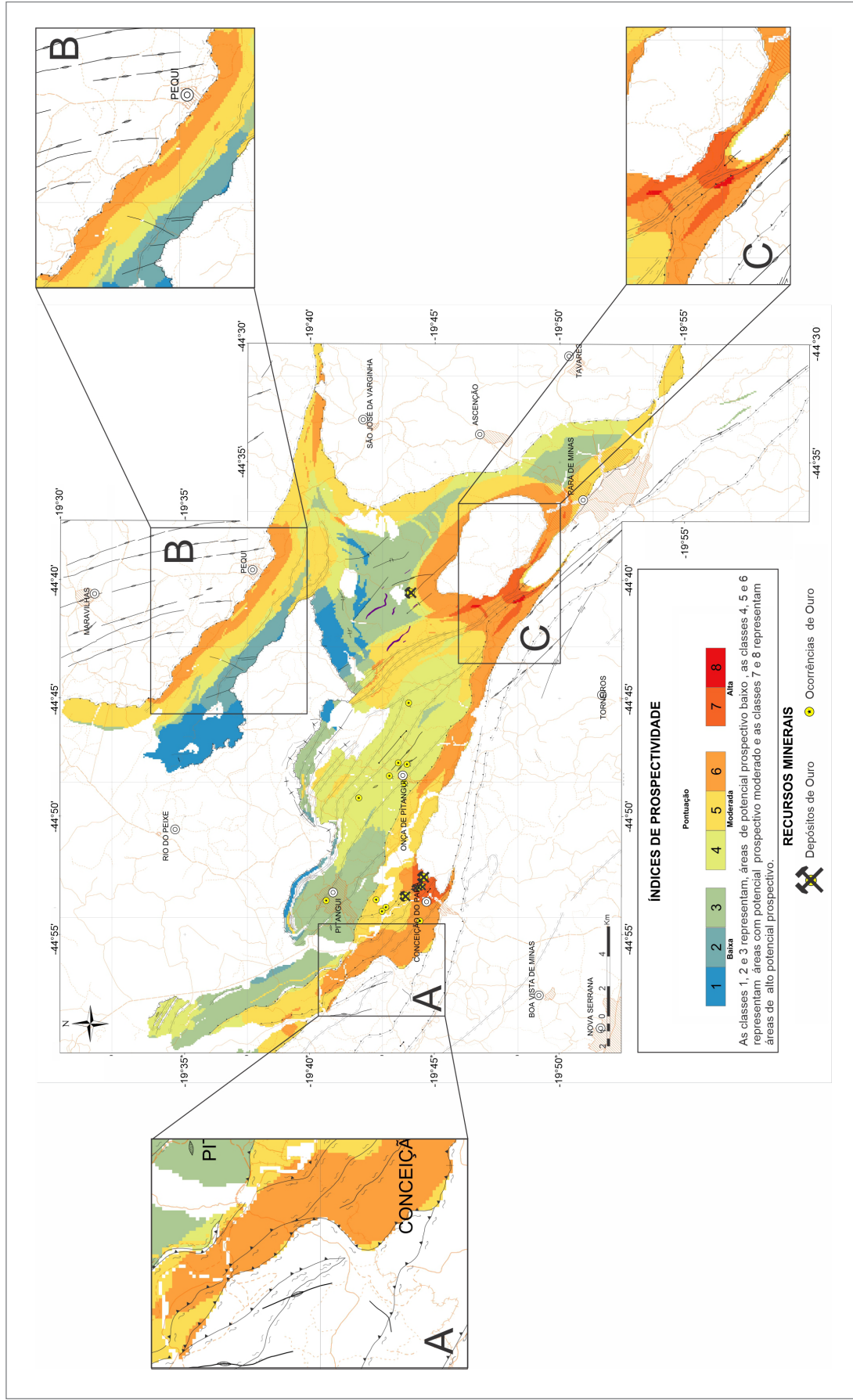
No presente estudo, as áreas de alta prospectividade constituem faixas orientadas segundo o *trend* NW-SE, nas bordas do Sinclínório Pitangui. Elas são paralelas às estruturas arqueanas D1, próximas ao contato entre a sequência *greenstone* e as intrusões graníticas. Os principais depósitos de ouro da região, incluindo os do Complexo de Turmalina e São Sebastião, apresentam boa correspondência com as regiões de alto a médio potencial prospectivo.

Os depósitos e ocorrências na região do lineamento Penha-Onça estão inseridos em áreas de médio a baixo potencial. Essas mineralizações auríferas, hospedadas por rochas metassedimentares clásticas da

Fm. Onça do Pitangui e sem relação conhecida com intrusões graníticas, apresentam características distintas às do Complexo Turmalina e do depósito São Sebastião, tanto do ponto de vista do grau metamórfico de suas rochas encaixantes, quanto da morfologia e mineralogia dos corpos de minério. Tais diferenças indicam que esses depósitos apresentam uma gênese e um modelo metalogenético distinto (MAURER *et al.*, 2021, Capítulo 3).

Três regiões com índices prospectivos alto a médio sem ocorrências de ouro conhecidas, foram identificadas na porção W-SW (área A), NE (área B) e SE (área C) do Sinclínório Pitangui (Figura 4.11).

- A área A está localizada próximo ao município de Conceição do Pará (Figura 4.11A), e estende-se ao redor do granito Casquilho até as proximidades do plúton Jaguará e da suíte intrusiva de Mato Dentro.



**Figura 4.11** - Mapa de Prospectividade Mineral para Ouro do *Greenstone Belt*/Pitangui, destacando regiões com alto a médio índice de prospectividade e que não possuem ocorrências de ouro conhecidas, localizadas nas porções W-SW (área A), NE (área B) e SE (área C) do Sinclínio Pitangui.

- A área B está localizada próximo ao município de Pequi (Figura 4.11.B), na porção NW do *greenstone belt*, próximo ao contato com o batólito Pequi (intrusão de médio K) e se estende por 12 Km na direção NW-SE.
- A área C, situada na porção SE do Sinclínio Pitangui, está localizada a NW da cidade de Pará de Minas e próxima ao Plúton Jaguará (Figura 4.11C).

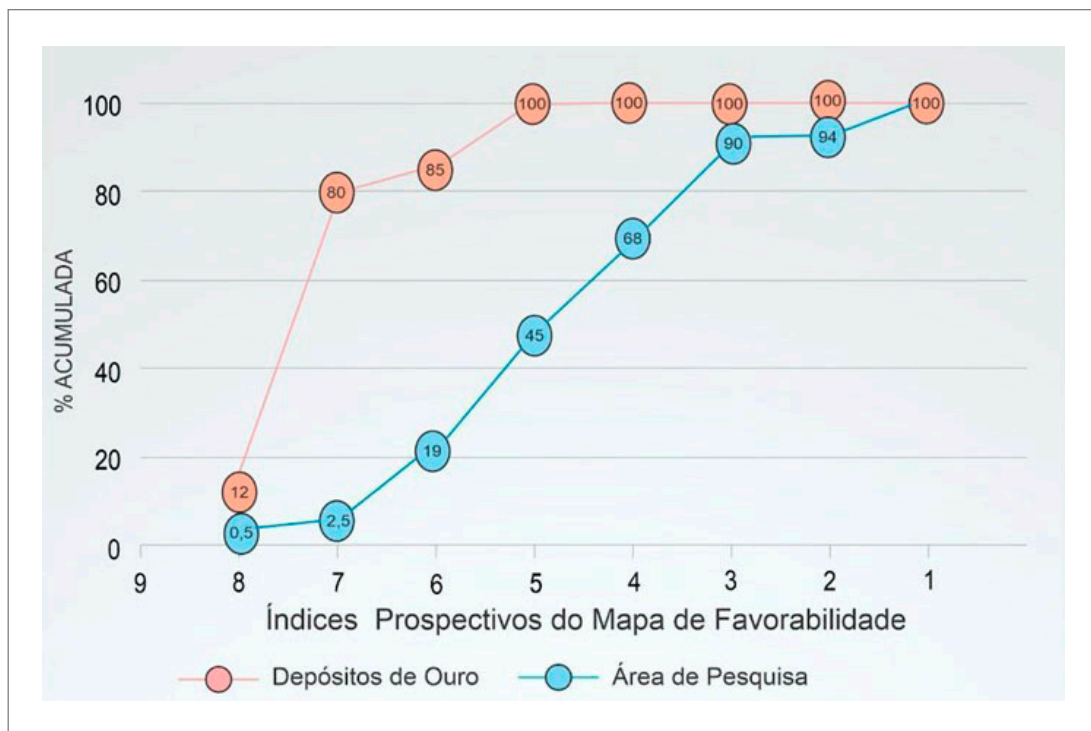
A alta/média prospectividade dessas áreas, que indica um grande potencial para hospedar mineralizações de ouro, está relacionada à junção de mais de um critério favorável à ocorrência de ouro: presença de litologias reativas, como lentes de formações ferríferas das formações Rio São João e Rio Pará, reconhecidas por hospedar outros depósitos de ouro (vide Capítulo 3), regiões cortadas por grandes zonas de cisalhamento relativas ao evento D1, e proximidade do contato com intrusões graníticas. Dessa forma, essas três regiões devem ser consideradas na realização de estudos mais detalhados em pesquisa mineral.

#### 4.6. VALIDAÇÃO DOS MODELOS

O mapa de prospectividade pode ser validado de acordo com a localização de depósitos conhecidos na região, ou seja, regiões de alta prospectividade precisam apresentar boa correlação com estes depósitos (CARRANZA, 2009).

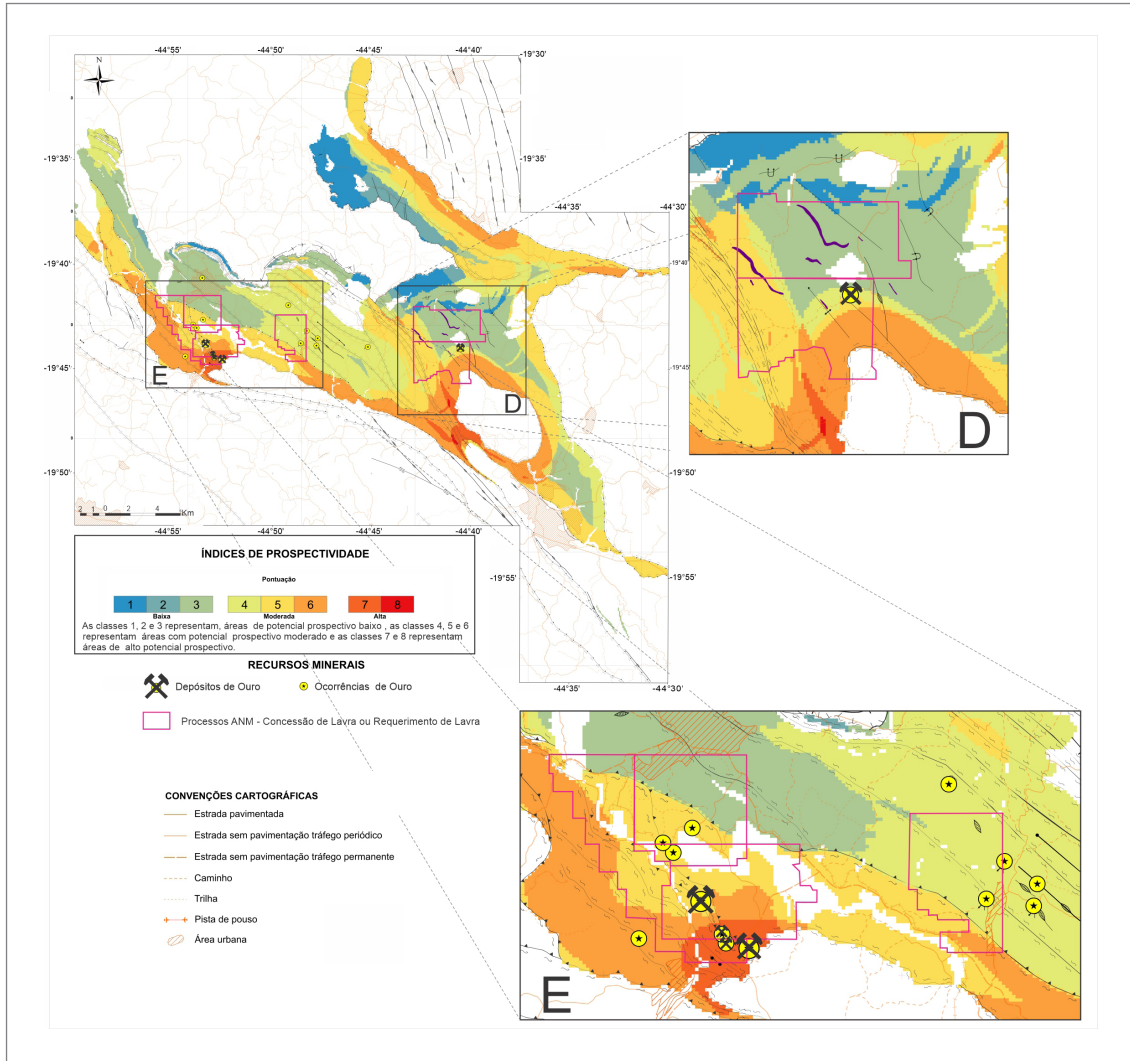
Conforme apresentado na Figura 4.10 e discutido no Item 4.5, a maioria das mineralizações na região do Complexo Turmalina e do depósito São Sebastião localizam-se em regiões que apresentaram alta/média prospectividade mineral, enquanto que os depósitos do campo mineral do Lineamento Penha-Onça localizam-se em região com prospectividade mineral moderada a baixa. No entanto, essas mineralizações possuem algumas características distintas às dos principais depósitos da região, cujos atributos foram utilizados para a construção do mapa de prospectividade.

A validação do modelo foi realizada considerando as ocorrências e depósitos das regiões do Complexo Turmalina e do depósito São Sebastião, catalogados no Projeto ARIM - Noroeste do Quadrilátero Ferrífero, uma vez que se referem ao mesmo tipo de mineralização. Além dos dados de recursos minerais, foram utilizadas informações de concessões e requerimentos de lavra conforme os processos minerários da ANM, pois comprovam a existência de um depósito. Conforme o gráfico da Figura 4.12, 100% dos depósitos e ocorrências estão inseridos entre os índices de prospectividade 8 a 5, o que representa 45% da área de estudo. Além disso, nota-se que a maior parte das concessões de lavra e requerimentos de lavra (Figuras 4.13 D e 4.13 E) também estão inseridas em regiões de alta a média prospectividade mineral (5 a 8), colaborando assim, juntamente com a análise gráfica, para uma maior confiabilidade do modelo de prospectividade.



**Figura 4.12** - Gráfico com o resultado comparativo entre a porcentagem de área mapeada no *Greenstone Belt* Pitangui (linha azul) e porcentagem acumulada de depósitos e ocorrências (linha laranja) em cada um dos índices prospectivos do mapa de prospectividade mineral.





**Figura 4.13** - Mapa de prospectividade mineral do *Greenstone Belt* Pitangui, juntamente com os processos de concessão e requerimento de lavra da Agência Nacional de Mineração (ANM). Nota-se que a maior parte dos processos minerários contemplam áreas de alta a média prospectividade mineral, incluindo os depósitos de São Sebastião (D) e Turmalina (E).

#### 4.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Mapa de Prospectividade para Ouro do *Greenstone Belt* Pitangui (escala 1:75.000) foi construído a partir de uma modelagem prospectiva do tipo guiada pelo conhecimento (*knowledge-driven*) e apresenta a compartimentação da área de estudo de acordo com o potencial para hospedar mineralizações de ouro orogênico. Esse produto foi resultado da integração dos parâmetros geológicos e geofísicos do sistema mineral Pitangui, e foi validado a partir da correlação entre as áreas de alta/média prospectividade com a localização dos depósitos já conhecidos e dos polígonos de concessão e/ou requerimento de lavra fornecidos pela ANM.

Visando a redução da área de busca e custos da pesquisa mineral, o referido mapa pode ser uma valiosa ferramenta para a priorização dos investimentos durante a pesquisa exploratória para ouro, tendo como base o

potencial prospectivo dos diferentes subdomínios do Sinclínio Pitangui. Nessa região, as rochas do *Greenstone Belt* Pitangui, principais hospedeiras da mineralização aurífera, ocupam uma área de aproximadamente 567 km<sup>2</sup>. No presente estudo, as regiões classificadas como de “Alta Prospectividade”, com índices de prospectividade entre 7 e 8, equivalem a 2,5% da área total (cerca de 14 km<sup>2</sup>), abrangendo as minas do Complexo Turmalina. A seleção dessas áreas durante a prospecção mineral representaria a redução de 97,5 % da área de pesquisa para a possível identificação de novos depósitos, minimizando os riscos envolvidos nessa etapa.

Por sua vez, as regiões de “Média Prospectividade” (índices de prospectividade entre 4 e 6) equivalem a 42,5% da área do *greenstone* (cerca de 241 km<sup>2</sup>), englobando a área das ocorrências do Complexo Turmalina e do depósito São Sebastião, considerado um dos mais importantes da região. As regiões de “Baixa Prospectividade”



(índices de prospectividade de 1 a 3) representam 55% da área do *greenstone* (cerca de 311 km<sup>2</sup>) e incluem apenas depósitos de menor expressão (p.ex., Onça do Pitangui), sendo consideradas menos prioritárias para exploração mineral, considerando-se o modelo adotado.

Em termos de novas áreas para investimento em pesquisa mineral, podemos destacar três regiões onde não foram registradas ocorrências de ouro, mas que possuem alto a médio índice de prospectividade (Figura 4.11). São elas: 1) porção W-SW, próximo ao município de Conceição do Pará, ao redor das suítes intrusivas Casquilho, Jaguará e Mato Dentro; 2) porção NE, no município de Pequi e do batólito homônimo; e 3) porção SE, próximo a Pará de Minas e ao Plúton Jaguará. Essas novas áreas são consideradas de interesse para futuros investimentos em pesquisa mineral.

Com relação aos depósitos menores localizados na região do Lineamento Penha-Onça, suas características são distintas das adotadas nesta modelagem e, portanto, essa estrutura está relacionada a uma área de baixa prospectividade. Por isso, sugere-se a construção de um

outro modelo de prospectividade em trabalhos futuros nessa área para identificação de novas áreas de interesse similares, baseado nas características específicas desses depósitos.

É importante ressaltar que o *Greenstone Belt* Pitangui apresenta continuidade a norte-noroeste do Sinclínio Pitangui, onde se encontra encoberto pelas rochas sedimentares do Grupo Bambuí (REIS *et al.*, 2017; MATOS, 2019). Por isso, dentre as recomendações para trabalhos futuros sugere-se a realização de técnicas de modelagem 3D nesta região, envolvendo dados de gravimetria e sísmica disponíveis nos trabalhos supracitados. A análise desses dados pode ampliar o conhecimento acerca da arquitetura do terreno *granito-greenstone*, refinar a área de influência no contato com os corpos graníticos sub aflorantes e auxiliar na identificação dos principais canais de percolação de fluidos que transportaram e concentraram ouro. Por fim, sugere-se que novas modelagens refinem o papel da advecção térmica induzida por zonas de cisalhamento como um fator crítico na fonte de energia.

## REFERÊNCIAS

- AGUILAR, C.; ALKMIM, F. F.; LANA, C.; FARINA, F. Palaeoproterozoic assembly of the São Francisco craton, SE Brazil: new insights from U-Pb titanite and monazite dating. **Precambrian Research**, v. 289, p. 95-115, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2016.12.001>.
- ALBERT, C.; FARINA F.; LANA C.; STEVENS G.; STOREY C.; GERDES A.; MARTÍNEZ-DOPICO, C. Archean crustal evolution in the southern São Francisco Craton, Brazil: constraints from U-Pb, Lu-Hf and O isotope analyses. **Lithos**, v. 266-267, p. 64-86, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2016.09.029>.
- ALKMIM F. F.; PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. M.; CRUZ, S. C. P. Sobre a evolução tectônica do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental. **Geonomos**, v. 15, n. 1, p. 25 – 43, 2007. DOI: <https://doi.org/10.18285/geonomos.v15i1.105>.
- ALKMIM, F. F.; MARTINS-NETO, M. A. A Bacia Intracratônica do São Francisco: Arcabouço estrutural e cenários evolutivos. In: PINTO, C. P.; MARTINS-NETO, M. A. (eds.). **Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais**. Sociedade Brasileira de Geologia (SBG) – Núcleo MG, Belo Horizonte, Brasil, p. 9–30, 2001. ISBN 85 88618 02 8.
- ALKMIM, F. F.; MARTINS-NETO, M. A. Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco craton, eastern Brazil. **Marine and Petroleum Geology**, v. 33, n. 1, p. 127–139, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2011.08.011>
- ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S. Transamazonian orogeny in the Southern São Francisco Cráton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. **Precambrian Research**, v. 90, n. 1-2, p. 29-58, 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(98\)00032-1](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(98)00032-1).
- ALMEIDA, F. F. M. O Cráton São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 7, p. 349-364, 1977. Disponível em: <https://papegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/11179/10638>. Acesso em: 01 jul. 2022.
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO-NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth-Science Reviews**, v. 17, n. 1-2, p. 1-29, 1981. DOI: [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(81\)90003-9](https://doi.org/10.1016/0012-8252(81)90003-9).
- ALMEIDA, L. G.; CASTRO, P. T. A.; ENDO, I.; FONSECA, M. A. O Grupo Sabará no Sinclinal Dom Bosco, Quadrilátero Ferrífero: uma revisão estratigráfica. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n. 2, p. 177-186, 2005. Disponível em: <https://papegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/download/9446/8822>. Acesso em: 01 jul. 2022.
- ARAÚJO, J. C. S.; FERREIRA, R. C. R.; FREITAS, F. M.; MAGALHÃES, J. R. The Archean Rio das Velhas greenstone belt revisited: new insights into the stratigraphy. **Journal of the Geological Survey of Brazil**, v. 3, n. 3, p. 113–149, 2020. DOI: <https://doi.org/10.29396/jgsb.2020.v3.n3.1>.
- ÁVILA, C. A.; TEIXEIRA, W.; BONGIOLO, E. M.; DUSSIN, I. A.; VIEIRA, T. A. T. Rhyacian evolution of subvolcanic and metasedimentary rocks of the southern segment of the Mineiro belt, São Francisco craton, Brazil. **Precambrian Research**, v. 243, p. 221–251, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2013.12.028>.
- BABINSKI, M.; CHEMALE JR., F.; VAN SCHMUS, W. R. The Pb/Pb age of the Minas Supergroup carbonate rocks, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. **Precambrian Research**, v. 72, p. 235–245, 1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/0301-9268\(94\)00091-5](https://doi.org/10.1016/0301-9268(94)00091-5).
- BALTAZAR, O. F.; LOBATO, L. M. Structural Evolution of the Rio das Velhas Greenstone Belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: Influence of Proterozoic Orogenies on Its Western Archean Gold Deposits. **Minerals**, v. 10, n. 11, p. 983, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/min10110983>.
- BALTAZAR, O. F.; ZUCCHETTI, M. Lithofacies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: a review of the setting of gold deposits. **Ore Geology Reviews**, v. 32, n. 3-4, p. 471–499, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2005.03.021>.
- BARBOSA, N. S. **Evolução paleoproterozoica do Cinturão Mineiro**: geocronologia U-Pb, isótopos de Nd-Hf-Sr e geoquímica de rochas plutônicas. 2015. 208 p. Tese (Doutorado em Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo - USP, 2015. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44141/tde-24082015-150603/publico/Natali\\_corrigida.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44141/tde-24082015-150603/publico/Natali_corrigida.pdf). Acesso em: 04 jul. 2022.
- BONHAM-CARTER, G. F. **Geographic information systems for geoscientists**: modeling with GIS: computer methods in geosciences. New York, NY: Pergamon Press, 1994. eBook ISBN 978 148314 494 8
- BORBA, R. P. **O magmatismo ácido e sua relação com a mineralização aurífera de Bico de Pedra, Greenstone belt Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil**. 1998. [164] f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, São Paulo, 1998. Disponível em: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1317459>. Acesso em: 04 jul. 2022.

- BRANDALISE, L. A.; HEINECK, C. A. (orgs.). **Belo Horizonte**: folha SE.23-Z-C-VI: estado de Minas Gerais. Brasília: CPRM, 1999. Escala 1:100.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/8472>. Acesso em: 04 jul. 2022.
- BRANDO-SOARES, M.; CORRÊA-NETO, A. V.; BERTOLINO, L. C.; ALVES, F. E. A.; ALMEIDA, A. M.; MONTENEGRO DA SILVA, P. H.; MABUB, R. O. A.; MANDUCA, L. G.; ARAÚJO, I.M.C.P. Multistage mineralization at the hypozonal São Sebastião gold deposit, Pitangui greenstone belt, Minas Gerais, Brazil. **Ore Geology Reviews**, v. 102, p. 618–638, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2018.09.028>.
- BRANDO-SOARES, M.; CORRÊA-NETO, A. V.; FABRÍCIO-SILVA, W. The development of a Meso- to Neoproterozoic rifting-convergence-collision-collapse cycle over ancient thickened protocontinent in the South São Francisco Cráton, Brazil. **Gondwana Research**, v. 77, p. 40–66, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gr.2019.06.017>.
- BRANDO-SOARES, M.; CORRÊA-NETO, A. V.; ZEH, A.; CABRAL, A. R.; PEREIRA, L. F.; DO PRADO, M. G. B.; ALMEIDA, A. M.; MANDUCA, L. G.; SILVA, P. H. M.; MABUB, R. O. A.; SCHLICHTA, T. M. Geology of the Pitangui greenstone belt, Minas Gerais, Brazil: Stratigraphy, geochronology and BIF geochemistry. **Precambrian Research**, v. 291, p. 17–41, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2017.01.008>.
- BRANDO-SOARES, M.; SELBY, D.; ROBB, L.; CORRÊA-NETO, A. V. Sulfide Recrystallization and gold remobilization during the 2.0 Ga Stage of the Minas Orogeny: implications for gold mineralization in the Quadrilátero Ferrífero Ares, Brazil. **Economic Geology**, v. 116, n. 6, p. 1455–1466, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5382/econgeo.4830>.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário Mineral Brasileiro - 2010**. Brasília: DNPM, 2010. ISSN 0100 9303. Disponível em: [www.gov.br/amb](http://www.gov.br/amb) 2010. Acesso em: 05 jul. 2022.
- BRAUN, O. P. G. Contribuição à estratigrafia do Grupo Bambuí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22., 1968, Belo Horizonte. **Proceedings** [...]. Belo Horizonte: SBG, 1968. p. 155–166.
- BRITO, D. C.; FÉBOLI, W. L.; MARINHO, M. S.; SILVA, R. N.; DI SALVIO, L. P. P.; DREHER, A. M.; SILVA, M. A.; LOMBELLO, J. C. Registro Paleoproterozoico no Sinclínio de Pitangui, noroeste do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 49., 2018, Belo Horizonte. **Anais** [...]. Belo Horizonte: SBG, 2018. p. 155–166. Disponível em: <http://cbg2018anais.siteoficial.ws/resumos/7894.pdf>. Acesso em 04 jul. 2022.
- BRITO, D. C.; MARINHO, M. S. **Mapa geológico e de recursos minerais**: folha SE.23-Z-C-IV-3-NE. Belo Horizonte: CPRM, 2019. Escala 1:25.000. 1 mapa colorido. Projeto ARIM – Áreas de Relevante Interesse Mineral – Noroeste do Quadrilátero Ferrífero. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/19167>. Acesso em: 04 jul. 2022.
- BRITO, D. C.; MARINHO, M. S.; LOMBELLO, J. C. **Mapa geológico e de recursos minerais**: folha SE.23-Z-C-IV-1-NE. Belo Horizonte: CPRM, 2019a. Escala 1:25.000. 1 mapa colorido. Projeto ARIM – Áreas de Relevante Interesse Mineral – Noroeste do Quadrilátero Ferrífero. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/19406>. Acesso em: 04 jul. 2022.
- BRITO, D. C.; MARINHO, M. S.; LOMBELLO, J. C. **Mapa geológico e de recursos minerais**: folha SE.23-Z-C-IV-1-SE. Belo Horizonte: CPRM, 2019b. Escala 1:25.000. 1 mapa colorido. Projeto ARIM – Áreas de Relevante Interesse Mineral – Noroeste do Quadrilátero Ferrífero. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/19324>. Acesso em: 04 jul. 2022.
- BRUECKNER, H. K.; CUNNINGHAM, D.; ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S. Tectonic implications of Precambrian Sm-Nd dates from the southern São Francisco craton and adjacent Araçuaí and Ribeira belts, Brazil. **Precambrian Research**, v. 99, n. 3-4, p. 255–269, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(99\)00065-0](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(99)00065-0).
- CAMPOS, L. D.; SOUZA, S. M. de; SORDI, D. A. de. Predictive Mapping of Prospectivity in the Gurupi Orogenic Gold Belt, North–Northeast Brazil: An Example of District-Scale Mineral System Approach to Exploration Targeting. **Natural Resources Research**, v. 26, p. 509–534, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11053-016-9320-5>.
- CAMPOS, W. F.; DUCHINI JR., J.; FRIZZO, C. **Projeto Ouro Turmalina, Alvo Satinoco, Quadrilátero Ferrífero/MG**. Ouro Preto: Jaguar Mining Group, 2008. Disponível em: <http://www.adimb.com.br/simexmin2008/palestras/posters/09.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2022.
- CARMO, J. C. C.; ROMANO, A. W. O agalmatolito de Minas Gerais e sua utilização como rocha industrial. **Revista da Escola de Minas**, v. 49, n. 4, p. 39–44, 1996.
- CARRANZA, E. J. M. Knowledge-driven modeling of mineral prospectivity. In: HALE, M. (ed.). **Handbook of exploration and environmental geochemistry**. Amsterdam: Elsevier, p. 189–247, 2009.
- CEDERBERG, J.; SÖDERLUND, U.; OLIVEIRA, E. P.; ERNST, R. E.; PISAREVSKY, S. A. U-Pb baddeleyite dating of the Proterozoic Pará de Minas dyke swarm in the Sao Francisco craton (Brazil)-implications for tectonic correlations with Siberia, Congo and North China cratons. **Journal of the Geological Society of Sweden (GFF)**, v. 138, p. 219–240, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/11035897.2015.1093543>.
- CHAMBERLAIN, P. C.; RUMBLE, D. Thermal anomalies in a regional metamorphic terrane: an isotopic study of the role of fluids. **Journal of Petrology**, v. 29, n. 6, p. 1215–1232, 1988. DOI: <https://doi.org/10.1093/petrology/29.6.1215>.
- CHANG, H. K.; MIRANDA, F. P.; MAGALHÃES, L.; ALKMIM, F. F. Considerações sobre a evolução tectônica da bacia do São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., 1988, Belém. **Anais** [...]. Belém: SBG, 1988. V. 5, p. 2076–2090.
- CHAVES, A. O.; NEVES, J. M. C. Magmatism, rifting and sedimentation related to Late Paleoproterozoic mantle plume events of Central and Southeastern Brazil. **Journal of Geodynamics**, v. 39, n. 3, p. 197–208, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jog.2004.10.003>.

- CHEMALE Jr., F.; BABINSKI, M.; VAN SCHMUS, W. R. **U/Pb dating of granitic-gneissic rocks from the Belo Horizonte and Bonfim complexes, Quadrilátero Ferrífero (Brazil)**. [s.l.]: CNPq, 1993. 16 p. Report for CNPq and NSFEAR Project on São Francisco Cráton Margin Transect Project.
- COELHO, V.V. **Modelagem metamórfica e geocronologia de xistos e anfibolitos do grupo Nova Lima, Supergrupo Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero**. 2015. p. 183. Dissertação (mestrado em Ciências Naturais) – Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/jspui/handle/123456789/6377>. Acesso em: 08 jul. 2022.
- COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS. Patos de Minas - Araxá – Divinópolis: área 7: relatório final do levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos. *In*: COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS. **Levantamento aerogeofísico de Minas Gerais**: texto técnico. [s.l.]: CODEMIG: Lasa, 2006. v. 1, p. 64, 44 mapas. Relatório interno.
- CONNOLLY, J. A. D. Mid-Crustal Focused Fluid Movement: Thermal Consequences and Silica Transport. *In*: JAMTVEIT, B.; YARDLEY, B. W. D. (eds) **Fluid Flow and Transport in Rocks**. Dordrecht: Springer, 1997. p. 235–250. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-1533-6\\_14](https://doi.org/10.1007/978-94-009-1533-6_14).
- CORRÊA, R. DE S.; OLIVEIRA, C. G. DE; VIDOTTI, R. M.; SOUZA, V. S. Regional-scale pressure shadow-controlled mineralization in the Príncipe Orogenic Gold Deposit, Central Brazil. **Ore Geology Reviews**, v. 71, p. 273–304, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.06.008>.
- COSTA, I. S. L.; SILVA, G. F. da; FERREIRA, M. V. Application of Zipf's law to estimate undiscovered Gold endowment in the Quadrilátero Ferrífero Province, Brazil. **Journal of the Geological Survey of Brazil**, v. 2, n. 3, p. 165-172, 2019. DOI <https://doi.org/10.29396/jgsb.2019.v2.n3.3>.
- COSTA, M. T.; BRANCO, J. J. R. Roteiro para excursão a Belo Horizonte-Brasília. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 15., 1961, Florianópolis. **Roteiro para excursão** [...]. Florianópolis: SBG, 1961. p. 1–119.
- COSTA, M. T.; ROMANO, A. W. **Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais**. [Belo Horizonte]: IGA/SECT-MG, 1976. Escala 1:1000000. 1 mapa.
- COX, J.; PRESSACO, R. **Technical Report on the Turmalina Mine, Minas Gerais State, Brazil** – NI 43-101. Toronto: Jaguar Mining Inc., 2016. p. 169. Disponível em: <2016TurmalinaTechnical.pdf> ([miningdataonline.com](http://miningdataonline.com)). Acesso em: 05 jul. 2022.
- COX, S. F. Coupling between deformations, fluid pressures, and fluid flow in ore-producing hydrothermal systems at depth in the crust. **Economic Geology**: One hundredth anniversary volume, v. 100, p. 39-75, 2005. ISBN 978 1 887483 01 8. DOI: <https://doi.org/10.5382/AV100.04>.
- CUTTS, K.; LANA, C.; ALKMIM, F.; FARINA, F.; MOREIRA, H.; COELHO, V. Metamorphism and exhumation of basement gneiss domes in the Quadrilátero Ferrífero: Two stage dome-and-keel evolution? **Geoscience Frontiers**, v. 10, n. 5, p. 1765–1787, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2019.02.009>.
- CZARNOTA, K.; BLEWETT, R. S.; GOSCOMBE, B. Predictive mineral discovery in the eastern Yilgarn Craton, Western Australia: an example of district scale targeting of an orogenic gold mineral system. **Precambrian Research**, v. 183, n. 2, p. 356-377, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2010.08.014>.
- DARDENNE, M. A. Os grupos Paranoá e Bambuí na Faixa Dobrada Brasília. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO – OESTE: geologia do pré-cambriano, 1., 1981, Salvador. **Anais** [...]. Salvador: SBG, 1981. p. 140–157. Disponível em: [http://sbg.sitepessoal.com/anais\\_digitalizados/simposiodosudeste/ANAIS\\_GEOSUDESTE\\_2017.zip](http://sbg.sitepessoal.com/anais_digitalizados/simposiodosudeste/ANAIS_GEOSUDESTE_2017.zip). Acesso em: 05 jul. 2022.
- DARDENNE, M. A. Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., 1978, Recife. **Anais** [...]. Recife: SBG, 1978. v. 2, p. 597–610. Disponível em: [http://sbg.sitepessoal.com/anais\\_digitalizados/1978-RECIFE/1978RECIFE.zip](http://sbg.sitepessoal.com/anais_digitalizados/1978-RECIFE/1978RECIFE.zip). Acesso em: 05 jul. 2022.
- DI SALVIO, L. P. P.; SILVA, R. N.; BRITO, D. C.; MARINHO, M. S.; FÉBOLI, W. L.; DREHER, A.; MAGALHÃES, J. R. Geocronologia da sequência basal do Grupo Pitangui, NW do Quadrilátero Ferrífero. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 49., 2018, Recife. **Anais** [...]. Recife: SBG, 2018. Disponível em: <8500.pdf> ([siteoficial.ws](http://siteoficial.ws)). Acesso em: 05 jul. 2022.
- DI SALVIO, L. P.; SILVA, R. N.; MARINHO, M. S.; LOMBELLO, J. C. **Mapa geológico e de recursos minerais**: folha SE.23-Z-C-IV-1-NO. Belo Horizonte: CPRM, 2019a. 1 mapa, color. Escala 1:25.000. Projeto ARIM - Áreas de Relevante Interesse Mineral. Noroeste do Quadrilátero Ferrífero. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/19409>. Acesso em: 05 jul. 2022.
- DI SALVIO, L. P.; SILVA, R. N.; MARINHO, M. S.; LOMBELLO, J. C. **Mapa geológico e de recursos minerais**: folha SE.23-Z-C-IV-1-SO. Belo Horizonte: CPRM, 2019. 1 mapa, color. Escala 1:25.000. Projeto ARIM - Áreas de Relevante Interesse Mineral. Noroeste do Quadrilátero Ferrífero. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/19387>. Acesso em: 05 jul. 2022.
- DI SALVIO, L.P.; SILVA, R.N.; MARINHO, M. de S. **Mapa geológico e de recursos minerais**: folha SE.23-Z-C-IV-3-NO. Belo Horizonte: CPRM, 2019. 1 mapa, color. Escala 1:25.000. Projeto ARIM - Áreas de Relevante Interesse Mineral. Noroeste do Quadrilátero Ferrífero. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/19405>. Acesso em: 05 jul. 2022.
- DOPICO, C. I. M.; LANA, C.; MOREIRA, H. S.; CASSINO, L. F.; ALKMIM, F. F. U–Pb ages and Hf-isotope data of detrital zircons from the late Neoproterozoic Minas Basin, SE Brazil. **Precambrian Research**, v. 291, p. 143–161, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2017.01.026>.
- DORR II, J. V. N. **Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil**. Washington: United States Geological Survey Professional Paper 641-A, 1969. DOI: <https://doi.org/10.3133/pp641A>.



- DORR II, J. V. N.; GAIR, J. E.; POMERENE, J. B.; RYNEARSON, G. A. **Revisão da estratigrafia Pré-cambriana do Quadrilátero Ferrífero, Brasil**. Rio de Janeiro, 1957. DNPM-DFPM, 1957. p. 1–31. (Avulso, 81).
- DUQUE, T. R. F. **O Grupo Itacolomi em sua área tipo: estratigrafia, estrutura e significado tectônico**. 2018. 102 f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/jspui/handle/123456789/10823>. Acesso em: 05 jul. 2022.
- ELLIS, R. Quantitative Analysis of MVI, ASEGPEA 2015. INTERNATIONAL GEOPHYSICAL CONFERENCE AND EXHIBITION, 24., Perth, Australia, 2015. **Conference and exhibition** [...]. Perth: AIG, 2015.
- EL-RAISSI, D.; VOS, I. **Independent Technical Report for the São Sebastião Gold Deposit, Pitangui Project, Brazil**. Toronto: IAMGOLD, 2014.
- ENDO, I. **Regimes tectônicos do Arqueano e Proterozóico no interior da Placa Sanfranciscana: Quadrilátero Ferrífero e áreas adjacentes, Minas Gerais**. 1997. 243 f. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo-USP, São Paulo, 1997. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44134/tde-12112015-111453/publico/Endo\\_Doutorado.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44134/tde-12112015-111453/publico/Endo_Doutorado.pdf). Acesso em: 05 jul. 2022.
- ENDO, I.; MACHADO, R. The geologia architecture of the Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais – Brazil) after multiple transpressional and transtensional tectonic events. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BASEMENT TECTONICS, 14., 1998, Ouro Preto. **Anais** [...]. Ouro Preto: IBTA/UFOP, 1998. p. 126-127.
- ENDO, I.; MACHADO, R.; GALBIATTI, H. F.; ROSSI, D. Q.; ZAPPAROLI, A. C.; DELGADO, C. E. R.; CASTRO, P. T. A.; OLIVEIRA, M. M. F. Estratigrafia e Evolução Estrutural do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *In*: CASTRO, P. T. A.; ENDO, I.; GANDINI, A. L. (eds.). **O Quadrilátero Ferrífero: Avanços do conhecimento nos últimos 50 anos**. Belo Horizonte: 3i Editora, Brasil, p. 70-113, 2020.
- FARINA, F.; ALBERT, C.; LANA, C. The Neoproterozoic transition between medium- and high-K granitoids: clues from the Southern São Francisco Cráton (Brazil). **Precambrian Research**, v. 266, p. 375-394, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2015.05.038>.
- FARINA, F.; ALBERT, C.; MARTÍNEZ-DOPICO, C.; AGUILAR-GIL, C.; MOREIRA, H.; HIPPERTT, J. P.; CUTTS, K.; ALKMIM, F. F.; LANA, C. The Archean–Paleoproterozoic evolution of the Quadrilátero Ferrífero (Brasil): Current models and open questions. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 68, p. 4–21, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2015.10.015>
- FÉBOLI, W. L.; MARINHO, M. S. Aspectos geológicos e geocronológicos do Pluton Jaguara. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIADOSUDESTE, 15., 2017, Diamantina-MG. **Anais** [...]. Diamantina: SBG, 2017. Disponível em: [http://sbg.sitepessoal.com/anais\\_digitalizados/simposiodosudeste/ANAIS\\_GEOSUDESTE\\_2017.zip](http://sbg.sitepessoal.com/anais_digitalizados/simposiodosudeste/ANAIS_GEOSUDESTE_2017.zip). Acesso em: 05 jul. 2022.
- FÉBOLI, W. L.; MARINHO, M. S. **Mapa geológico e de recursos minerais**: folha SE.23-Z-C-IV-2-NO. Belo Horizonte: CPRM, 2019a. 1 mapa colorido. Escala 1:25.000. Projeto ARIM – Áreas de Relevante Interesse Mineral – Noroeste do Quadrilátero Ferrífero. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/19403>. Acesso em: 05 jul. 2022.
- FÉBOLI, W. L.; MARINHO, M. S.; LOMBELLO, J. C. **Mapa geológico e de recursos minerais**: folha SE.23-Z-C-IV-2-SO. Belo Horizonte: CPRM, 2019. 1 mapa colorido. Escala 1:25.000. Projeto ARIM – Áreas de Relevante Interesse Mineral – Noroeste do Quadrilátero Ferrífero. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/19378>. Acesso em: 05 jul. 2022.
- FÉBOLI, W.L.; MARINHO, M.S. **Mapa geológico e de recursos minerais**: folha SE.23-Z-C-IV-4-NO. Belo Horizonte: CPRM, 2019b. 1 mapa colorido. Escala 1:25.000. Projeto ARIM – Áreas de Relevante Interesse Mineral – Noroeste do Quadrilátero Ferrífero. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/19168>. Acesso em: 05 jul. 2022.
- FORLIN, R. **Mapeamento geológico de detalhe – Bico de Pedra**. Belo Horizonte: Rio Doce Geologia e Mineração S. A., 1974. 50 p.
- FRIZZO, C.; TAKAI, V.; SCARPELLI, W. Auriferous mineralization at Pitangui, Minas Gerais. *In*: LADEIRA, E. A. (ed.). BRAZIL GOLD'91. **The economics, geology, geochemistry and genesis of gold deposits**. Belo Horizonte: Rotterdam, 1991. p. 579-583.
- GEOSGB. **Base de Dados**: Afloramentos. Rio de Janeiro: SGB / CPRM, 2021. Disponível em: <https://geoportal.cprm.gov.br/geosgb/>. Acesso em: 14 de dez. de 2021.
- GNOJEK, I.; PRICHYSTAL, A. A new zinc mineralization detected by airborne gamma-ray spectrometry in northern Moravia (Czechoslovakia). **Geoexploration**, v. 23, n. 4, p. 491-502, 1985. DOI: [https://doi.org/10.1016/0016-7142\(85\)90076-6](https://doi.org/10.1016/0016-7142(85)90076-6).
- GROSSI SAD, J. H. **Esboço Geológico do Estado de Minas Gerais**, escala 1:1.000.000. Belo Horizonte, MG: Geosol, 1968. 1 mapa (inédito).
- GROVES, D. I.; GOLDFARB, R. J.; GEBRE-MARIAM, M.; HAGEMANN, S. G.; ROBERT, F. Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. **Ore Geology Reviews**, v. 13, n. 1-5, p. 7-27, 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-1368\(97\)00012-7](https://doi.org/10.1016/S0169-1368(97)00012-7).
- HAGEMANN, S. G.; LISITSIN, V. A.; HUSTON, D. L. Mineral System Analysis: Quo Vadis. **Ore Geology Reviews**, v. 76, p. 504-522, 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.12.012>.
- HALMOS, P. R. Lectures on Boolean Algebra (Van Nostrand, Princeton, 1963). **Proceedings of the Edinburgh**

**Mathematical Society**, v. 14, n. 4, p. 344, Dez. 1965. DOI: <https://doi.org/10.1017/S001309150000910X>

HARRIS, J. R.; WILKINSON, L.; HEATHER, K.; FUMERTON, S.; BERNIER, M. A.; AYER, J.; DAHN, R. Application of GIS processing techniques for producing mineral prospectivity maps – a case study: mesothermal Au in the Swayze Greenstone Belt, Ontário, Canada. **Natural Resources Research**, v. 10, n. 2, p. 91-124, 2001.

HARTMANN, L. A.; ENDO, I.; SUITA, M. T. F.; SANTOS, J. O. S.; FRANTZ, J. C.; CARNEIRO, M. A.; MCNAUGHTON, N. J.; BARLEY, M. Provenance and age delimitation of Quadrilátero Ferrífero sandstones based on zircon U-Pb isotopes. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 20, n. 4, p. 273-285, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2005.07.015>.

HEINECK, C. A. **Geologia e mineralizações do Greenstone Belt Rio das Velhas na região de Mateus Leme, Minas Gerais**. 1997. 154 f. Dissertação (Mestrado em Geologia econômica e Aplicada) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, MG: p. 154, 1997. Disponível em: [disserta\\_o\\_final\\_wendell.pdf](disserta_o_final_wendell.pdf) (ufmg.br). Acesso em: 05 jul. 2022.

HERZ, N. **Metamorphic rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil**. U.S. Geological Survey Professional Paper 641-C, C1-C81, 1978. DOI: <https://doi.org/10.3133/pp641C>.

HILL, J. V.; TOMASELLI, B. **Technical Report on Turmalina Mine Complex, Minas Gerais, Brasil**. NI 43-101. Toronto: Jaguar Mining Inc., 2020. p. 182.

HIPPERTT J.; DAVIS B. Dome emplacement and formation of kilometre-scale synclines in a granite-greenstone terrain (Quadrilátero Ferrífero, southeastern Brazil). **Precambrian Research**, v. 102, n. 1-2, p. 99-121, 2000. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-9268\(00\)00061-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-9268(00)00061-9).

HRONSKY, J. M. A.; GROVES, D. I. Science of targeting: definition, strategies, targeting and performance measurement. **Australian Journal of Earth Sciences**, v. 55, p. 3-12, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/08120090701581356>.

HRONSKY, J. M. A.; GROVES, D. I.; LOUCKS, R. R.; BEGG, G. A unified model for gold mineralization in accretionary orogens and implications for regional-scale exploration targeting methods. **Mineralium Deposita**, v. 47, p. 339-358, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00126-012-0402-y>.

**IAMGOLD Provides exploration update on its wholly-owned Pitangui Project, Brazil**. Toronto: IAMGOLD, 2014. Disponível em: [https://s2.q4cdn.com/610165863/files/documents\\_news/NR%2016-14%20Pitangui%20update\\_FINAL.pdf](https://s2.q4cdn.com/610165863/files/documents_news/NR%2016-14%20Pitangui%20update_FINAL.pdf). Acesso em: 08 de jun. 2015.

**IAMGOLD Reports 2020 Attributable P&P Reserves of 13.9 million ounces and attributable M&I resources of 23.9 million ounces**. Toronto: IAMGOLD, 2021. Disponível em: [https://s2.q4cdn.com/610165863/files/doc\\_news/2021/02/NR-04-21\\_R-R\\_2020\\_Update\\_EN\\_FINAL.pdf](https://s2.q4cdn.com/610165863/files/doc_news/2021/02/NR-04-21_R-R_2020_Update_EN_FINAL.pdf). Acesso em: 13 de maio 2021.

JAGUAR MINING INC. **Annual Information Form**: for the year ended December 31, 2019 (published on April 20, 2020). Belo Horizonte: Jaguar Mining, 2020. Disponível em: <https://www.jaguarmining.com/site/assets/files/2366/annual-information-form-fy-2019-jag.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2021.

JAGUAR MINING INC. **Annual Information Form**: for the year ended December 31, 2020 (published on March 15, 2021). Belo Horizonte: Jaguar Mining, 2021. Disponível em: [https://www.jaguarmining.com/site/assets/files/2472/jag\\_q4\\_2020\\_aif.pdf](https://www.jaguarmining.com/site/assets/files/2472/jag_q4_2020_aif.pdf). Acesso em: 10 ago. 2021.

JOLY, A.; PORWAL, A.; MCCUAIG, T. C. Exploration targeting for orogenic gold deposits in the Granites-Tanami Orogen: mineral system analysis, targeting- model and prospectivity analysis. **Ore Geology Reviews**, v. 48, p. 349-383, out. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2012.05.004>.

JORDT-EVANGELISTA, H.; ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S. Metamorfismo progressivo e a ocorrência de três polimorfos de Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> (cianita, andaluzita e silimanita) na Formação Sabará em Ibituripe, Quadrilátero Ferrífero, MG. **Revista da Escola de Minas**, v. 45, p. 158-160, 1992. Disponível em: <http://sbg-mg.org.br/novosite/wp-content/uploads/2017/11/VI-SGMG.pdf>.

JORDT-EVANGELISTA, H.; DELGADO, C. E. R. Agalmatolito do Quadrilátero Ferrífero, MG. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 4 (suplemento), p.195-203, 2007. DOI: [10.25249/0375-7536.200737S4195203](https://doi.org/10.25249/0375-7536.200737S4195203).

KLEIN, E. L.; LOPES, E. C. S.; TAVARES, F. M.; CAMPOS, L. D.; SOUZA-GAIA, S. M.; NEVES, M. P.; PERROTTA, M. M. Áreas de Relevante Interesse Mineral Cinturão Gurupi: estados do Pará e Maranhão. Brasília: CPRM, 2017. 206 p. Programa Geologia do Brasil. Informe de Recursos Minerais. Série Províncias minerais do Brasil, 11. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/18041>. Acesso em: 06 jul. 2022.

KNOX-ROBINSON, C. M.; WYBORN, L. A. I. Towards a holistic exploration strategy: using Geographic Information System as a tool to enhance exploration. **Australian Journal of Earth Sciences**, v. 44, n. 4, p. 453-464, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1080/08120099708728326>.

LADEIRA, E. A. Metalogênese do Ouro na Mina Morro Velho e no Distrito de Nova Lima, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. In: COMPANHIA BRASILEIRA DE METALURGIA E MINERAÇÃO-CBMM. **Contribuições à geologia e à petrologia**: dedicado a memória de Djalma Guimarães. Belo Horizonte: SBG/Núcleo de Minas Gerais, 1985. p. 95-151. (Boletim Especial do Núcleo de Minas Gerais – SGB). Disponível em: <http://sbg-mg.org.br/novosite/wp-content/uploads/2018/08/Boletim-especial.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2022.

LADEIRA, E. A. Primeiras lavas com almofadas “pillow” encontradas no supergrupo Rio das Velhas, de idade arqueana, no Quadrilátero Ferrífero e no Distrito de Pitangui, Minas Gerais. **Ciências da Terra**, v. 1, n.1, p. 12-14, 1981.

LANA, C.; ALKIMIM, F. F.; ARMSTRONG, R.; SCHOLZ, R.; ROMANO, R.; NALINI, H. A. The ancestry and magmatic

evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, southeast Brazil. **Precambrian Research**, v. 231, 157-173, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2013.03.008>.

LARIZZATTI, J.H.; MARQUES, E.D.; SILVEIRA, F.V. **Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero e seu entorno – MG**. Informe de Recursos Minerais. Série metais - Informes Gerais, nº. 2, Rio Janeiro, CPRM, p. 208, 2014.

LELOUP, P. H.; RICARD, Y.; BATTAGLIA, J.; LACASSIN, R. Shear heating in continental strike-slip shear zones: model and field examples. **Geophysical Journal International**, v. 136, n. 1, p. 19-40, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-246X.1999.00683.x>.

LOBATO, L. M.; COSTA, M. A. **Recursos Minerais no Estado de Minas Gerais – Ouro**. [Belo Horizonte]: [CODEMGE], [2018]. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Ouro.pdf>.

LOBATO, L. M.; RINGER, F. E.; SILVA, R. C. F.; ROSIERE, C. A.; BAARS, F. J.; ROLIN, V. K. Metalogênese do setor meridional do Cráton São Francisco. In: SILVA, M. G.; ROCHA NETO, M. B.; JOST, H.; KUYUMJIAN, R. M. (eds.). **Metalogênese Das Províncias Tectônicas Brasileiras**. Belo Horizonte, CPRM, 2014. p. 119-140.

LOBATO, L. M.; RIBEIRO-RODRIGUES, L. C.; VIEIRA, F. W. R. Brazil's premier gold province. Part II: Geology and genesis of gold deposits in the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero. **Mineralium Deposita**, v. 36, n. 3, p. 249–277, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1007/s001260100180>.

LOBATO, L. M.; RODRIGUES, L. C. R.; COSTA, M. N. S.; MARTINS, R.; LEHNE, E.; ALVES, J. V.; TASSINARI, C. G.; VIEIRA, F. W. R.; BIASI, E. E.; FIGUEIREDO E SILVA, R. C.; PEREIRA, V. C. A.; NOCE, C. M. Geologia do depósito de ouro Cuiabá, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: JOST, H.; BROD, J. A.; QUEIROZ, E. T. de. (coord.). **Caracterização de depósitos auríferos em distritos mineiros brasileiros**: Mina de Cuiabá - Quadrilátero Ferrífero/MG, Depósito de Gameleira - Serra dos Carajás/PA, Mina Fazenda Brasileiro - Greenstone Belt Rio Itapicuru/BA, Depósito Igarapé Bahia/Alemão - Serra dos Carajás/PA, Mina III e Mina Nova - Greenstone Belt Crixás/GO. Brasília: DNP, 2001. p. 3-77.

LOBATO, L. M.; SANTOS, J. O. S.; MCNAUGHTON, N. J.; FLETCHER, I. R.; NOCE, C. M. U-Pb SHRIMP monazite ages of the giant Morro Velho and Cuiabá gold deposits, Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Ore Geology Reviews**, v. 32, n. 3-4, p. 674-680, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.oregeorev.2006.11.007>.

LOMBELLO, J. C.; MARINHO, M. S. **Mapa geológico e de recursos minerais**: folha SE.23-Z-C-IV-2-SE. Belo Horizonte: CPRM, 2019a. 1 mapa, color. Escala 1:25.000. Projeto ARIM – Áreas de Relevante Interesse Mineral – Noroeste do Quadrilátero Ferrífero. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21254>. Acesso em: 06 jul. 2022.

LOMBELLO, J. C.; MARINHO, M. S. **Mapa geológico e de recursos minerais**: folha SE.23-Z-C-IV-4-SE. Belo Horizonte:

CPRM, 2019c. 1 mapa, color. Escala 1:25.000. **Projeto ARIM – Áreas de Relevante Interesse Mineral – Noroeste do Quadrilátero Ferrífero**. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21252>. Acesso em: 06 jul. 2022.

LOMBELLO, J.C.; MARINHO, M.S. **Mapa geológico e de recursos minerais**: folha SE.23-Z-C-IV-4-NE. Belo Horizonte: CPRM, 2019b. 1 mapa, color. Escala 1:25.000. Projeto ARIM – Áreas de Relevante Interesse Mineral – Noroeste do Quadrilátero Ferrífero. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21253>. Acesso em: 06 jul. 2022.

LUZ, A. B.; TOMEDI, P.; MARTINS, R. Agalmatolito. In: LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. **Rochas & minerais industriais**: usos e especificações. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. p. 73-84. ISBN 85 7227 217 8. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/674>. Acesso em: 06 jul. 2022.

MACHADO, I. C. **Technical report on the Turmalina Mine Complex, Minas Gerais State, Brazil**. Concord: Jaguar Mining Inc, 2008. p. 36. (Technical Report TechnoMine Services, LLC).

MACHADO, I. C. **Turmalina Gold Mining Complex**: Faina, Pontal, and Body C Targets Statement of Resources. Concord: Jaguar Mining Inc., 2011. v. 1. p. 160. (Technical Report TechnoMine Services, LLC).

MACHADO, I. C. **Turmalina Gold Project**: State of Minas Gerais, Brazil. Ontario: Jaguar Mining Inc, 2004. p. 29. (Technical Report NI 43-101 Form F1 - TechnoMine Services, LLC)

MACHADO, N.; CARNEIRO, M. A. U-Pb evidence of late Archean tectono-thermal activity in the Southern São Francisco shield, Brazil. **Canadian Journal of Earth Sciences**, v. 29, n. 11, p. 2341-2346, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1139/e92-182>.

MACHADO, N.; SCHRANK, A.; NOCE, C. M.; GAUTHIER, G. Ages of detrital zircon from Archean-Paleoproterozoic sequences: Implications for Greenstone Belt setting and evolution of a Transamazonian basin in Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 141, n. 1-2, p. 259-276, jun. 1996. DOI: [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(96\)00054-4](https://doi.org/10.1016/0012-821X(96)00054-4).

MAGALHÃES, J. R.; MARINHO, M. S.; FÉBOLI, W. L.; SILVA, R. N.; BRITO, D. C.; SALVIO, L. P. P.; RODRIGUES, J. B. Magmatismo granítico meso- a neoarqueano associado ao Greenstone Belt Rio das Velhas no Sinclínório de Pitangui, Quadrilátero Ferrífero – MG. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 16., 2019, Campinas-SP. **Anais [...]**. Campinas: SBG, 2019. p. 35.

MAGALHÃES, J. R.; MARINHO, M. S.; SALVIO, L. P. P.; FÉBOLI, W. L.; SILVA, R. N.; BRITO, D. C. Caracterização das Rochas Metamórficas da Sequência Basal do Greenstone Belt Pitangui – Nw do Quadrilátero Ferrífero. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 49., 2018, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: SBG, 2018. Disponível em: <http://cbg2018anais.siteoficial.ws/resumos/9196.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2022.



- MARINHO, M. S.; DI SALVIO, L. P. P.; BRITO, D. C.; SILVA, R. N.; FÉBOLI, W. L.; DREHER, A. M.; SILVA, M. A. O Mapeamento Geológico 1:25.000 no Sinclínório de Pitangui, noroeste do Quadrilátero Ferrífero – Resultados Preliminares. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 15., 2017, Diamantina-MG. **Anais** [...]. Diamantina: SBG, 2017. Disponível em: [http://sbg.sitepessoal.com/anais\\_digitalizados/simposiodosudeste/ANAIS\\_GEOSUDESTE\\_2017.zip](http://sbg.sitepessoal.com/anais_digitalizados/simposiodosudeste/ANAIS_GEOSUDESTE_2017.zip). Acesso em: 06 jul. 2022.
- MARINHO, M. S.; LOMBELLO, J. C.; BRITO, D. C.; DI SALVIO, L. P.; SILVA, R. N.; FÉBOLI, W. L. Arcabouço litoestrutural do Sinclínório de Pitangui, noroeste do Quadrilátero Ferrífero. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 17., 2019, Bento Gonçalves. **Anais** [...]. Bento Gonçalves – RS: SBG, 2019b. Disponível em: [http://sbg.sitepessoal.com/anais\\_digitalizados/snet/2017/anais\\_resumos\\_expandidos\\_xvisnet.pdf](http://sbg.sitepessoal.com/anais_digitalizados/snet/2017/anais_resumos_expandidos_xvisnet.pdf). Acesso em: 06 jul. 2022.
- MARINHO, M. S.; SILVA, M.A.; LOMBELLO, J.C.; DI SALVIO, L.P.; SILVA, R.N.; FÉBOLI, W.L.; BRITO, D.C. **Mapa geológico e de recursos minerais integrado**: área de relevante interesse mineral, ARIM, Quadrilátero Ferrífero, faixa Pará de Minas-Pitangui. Belo Horizonte: CPRM, 2019a. 1 mapa colorido. Escala 1:75.000. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/19393>. Acesso em: 06 jul. 2022.
- MARSHAK, S.; ALKMIM, F. F.; JORDT-EVANGELISTA, H. Proterozoic crustal extension and the generation of dome-and-keel structure in a Archean granite-greenstone terrane. **Nature**, v. 357, p. 491–493, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1038/357491a0>.
- MARSHAK, S.; TINKHAM, D.; ALKMIM, F.; BRUECKNER H.; BORNHORSTED, T. Dome-and-keel provinces formed during Paleoproterozoic orogenic collapse - Core complexes, diapirs, or neither?: Examples from the Quadrilátero Ferrífero and the Penokean orogen. **Geology**, v. 25, n. 5, p. 415–418, 1997. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1997\)025<0415:DAKPFD>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1997)025<0415:DAKPFD>2.3.CO;2).
- MARTINS, B.S.; LOBATO, L.M.; ROSIÈRE, C.A.; HAGEMANN, S.G.; SANTOS, J.O.S.; VILLANOVA, F.L. FIGUEIREDO E SILVA, R.C.; LEMOS, L.H. The Archean BIF-hosted Lamego gold deposit, Rio das velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero: evidence for Cambrian structural modification of an Archean orogenic gold deposit. **Ore Geology Reviews**, v. 72, part 1, p. 963-988, jan. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.08.025>.
- MARTINS-NETO, M. A. Sequence stratigraphic framework of Proterozoic successions in eastern Brazil. **Marine and Petroleum Geology**, v. 26, n. 2, p. 163–176, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2007.10.001>.
- MATOS, C. A. **Modelagem e inversão de métodos potenciais do terreno granito-greenstone Rio das Velhas no Noroeste do Quadrilátero Ferrífero**. 2019. 69 f. Dissertação (Mestrado em Geosílica) – Departamento de Geofísica, Universidade de São Paulo - USP, 2019. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.14.2019.tde-11112019-113546>.
- MATOS, G. M. M de. **Evolução petrogenética da jazida de sulfetos auríferos, do tipo “stratabound”, de Bico de Pedra, Minas Gerais – Brasil**. 1991. Tese (Doutorado em Geociências sobre regiões brasileiras) - Mineralogisch-Petrographisches Institut der Ruprecht-Karls-Universitaet Heidelberg, Heidelberg, Alemanha, 1991.
- MAURER, V. C.; MELO, G. H. C.; LANA, C. C.; MARINHO, M. S.; BATISTA, S. P. V.; SILVEIRA, L. M.; QUEIROGA, G.; CASTRO, M. P.; SILVA, M. Trace elements in pyrite and pyrrotite in the Pitangui Orogenic Au deposit, Pitangui greenstone belt, São Francisco Craton: Implications for the ore-forming fluids and metal sources. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 111, p. 1-22, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103459>.
- MCCUAIG, T. C.; BERESFORD, S.; HRONSKY, J. Translating the mineral systems approach into an effective exploration targeting system. **Ore Geology Reviews**, v. 38, p. 128–138. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2010.05.008>.
- MCCUAIG, T. C.; HRONSKY, J. M. A. The mineral system concept: The key to exploration targeting. In: KAREN, D. K., GOLDEN, H. C. **Building Exploration Capability: for the 21st Century**. Keystone, Colorado: Society of Economic Geologists, 2014. p. 153- 175. (Special Publication number, 18) DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/03717453.2017.1306274>.
- MELO-SILVA, P. **Evolução meso e neoarqueana do Greenstone belt de Pitangui e seu embasamento, sul do Cráton do São Francisco (MG)**: petrografia, geoquímica e geocronologia. 2016. 98 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e recursos naturais) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, 2016.
- MELO-SILVA, P.; AMARAL, W.S.; OLIVEIRA, E. P. Geochronological evolution of the Pitangui greenstone belt, southern São Francisco Craton, Brazil: Constraints from U-Pb zircon age, geochemistry and field relationships. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 99, p. 102380, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.102380>.
- MINAS GERAIS (Estado). Secretaria de Estado de Minas e Energia. Pitangui – São João Del Rei - Ipatinga - Área 2: relatório final do Levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos. In: MINAS GERAIS (Estado). Secretaria de Estado de Minas e Energia. **Levantamento aerogeofísico de Minas Gerais**: texto técnico. [S.l.]: SEME; Lasa Engenharia e Prospecções, v. 1, p. 44, 2021, 22 mapas. Relatório interno.
- MONK, J.D. A large list of small cardinal characteristics of Boolean algebras. **Mathematical Logic Quarterly**, v. 64, n. 4-5, p. 336-348, 2018. DOI : <https://doi.org/10.1002/malq.201600014>.
- MONK, J.D.; BONNET, M.; KOPPELBERG, S. (eds). **Handbook of Boolean Algebras**. Amsterdam: Elsevier, 1989. v. 1, 344 p. ISBN 0 444 70261-X. Disponível em: <http://euclid.colorado.edu/~monkd/monk47.pdf>. Acesso em: 08 jul.2022.
- NOCE, C. M.; MACHADO, N.; TEIXEIRA, W. U–Pb geochronology of gneisses and granitoids in the Quadrilátero Ferrífero (Southern São Francisco craton): age constraints for Archean and Paleoproterozoic magmatism and



metamorphism. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 28, n. 1, p. 95–102, 1998. DOI: <https://doi.org/10.25249/0375-7536.199895102>.

NOCE, C.M.; TEIXEIRA, W.; MACHADO, N. Geoquímica dos gnaisses TTG e granitoides neoarqueanos do Complexo Belo Horizonte, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 27, n. 1, p. 25-32, 1997. DOI: <https://doi.org/10.25249/0375-7536.19972532>.

PAULA, D.; MEDEIROS JUNIOR, E. B.; MARINHO, M. S.; MAGALHÃES, J. Caracterização metamórfica do Grupo Pitangui, *Greenstone Belt* Rio das Velhas, NW do Quadrilátero Ferrífero, Brasil. In: CONGRESSO IBÉRICO DE GEOQUÍMICA, 12.; SEMANA DA GEOQUÍMICA, 22., 2019, Évora. (Portugal). **Extended Abstracts** [...]. Évora: Sociedade Geológica de Portugal, 2019. p. 91. ISBN 978 972 778 121 8. Disponível em: [https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/27115/1/2\\_XII%20CIG\\_XX%20SG\\_2019\\_Extended%20Abstracts.pdf](https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/27115/1/2_XII%20CIG_XX%20SG_2019_Extended%20Abstracts.pdf). Acesso em: 07 jul. 2022.

PERILLO, M. **Geologia, petrografia e geoquímica do maciço granitóide de Florestal**. 1998. 129 f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Evolução Crustal) – Instituto de Geociência, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 1998. p. 13.

PHILLIPS, G. N.; POWELL, R. Formation of gold deposits: a metamorphic devolatilization model. **Journal of Metamorphic Petrology**, v. 28, n. 6, p. 689-718, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1525-1314.2010.00887.x>.

QUEIROZ, L. C.; TAVARES, F. M.; MARINHO, M. S.; MARQUES, E. D.; BASTO, C. F.; SOUZA, A. S.; FREITAS, F. M. **Mapa de favorabilidade para ouro orogênico: Quadrilátero Ferrífero Central**. Belo Horizonte: CPRM, 2020. 1 mapa, color, 1,5m x 90cm. Escala 1:100.000. -Estratigrafia, arquitetura crustal e recursos minerais do Quadrilátero Ferrífero. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21912>. Acesso em: 07 jul. 2022.

RABELLO, R. S. **O Payz do Pitangui: Séculos XVIII-XIX**. Itauna: Universidade de Itaúna, 2014. 330 p.

REIS, H. L. S.; ALKMIN, F. F. Anatomy of a basin-controlled foreland fold-thrust belt curve: the Três Marias salient, São Francisco basin, Brazil. **Marine and Petroleum Geology**, v. 66, n. 4, p. 711–731, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2015.07.013>.

REIS, H. L. S.; SUSS, J. F.; FONSECA, R. C. S.; ALKMIN, F. F. Ediacaran forebulge grabens of the southern São Francisco basin, SE Brazil: Cráton interior dynamics during West Gondwana assembly. **Precambrian Research**, v. 302, p. 150-170, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2017.09.023>.

RIBEIRO, Y.; SILVA, R. C. F. e; LOBATO, L. M.; LIMA, L. C.; RIOS, F. J.; HAGEMANN, S. G.; CLIFF, J. Fluid inclusion and sulfur and oxygen isotope studies on quartz-carbonate-sulfide veins of the Carvoaria Velha deposit, Córrego do Sítio gold lineament, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Ore Geology Reviews**, v. 67, p. 11–33, 2015.

ROBB, L. J. **Introduction to ore-forming processes**. Malden, MA: Blackwell Publishing Company, 2005. 386 p. ISBN 0 632 06378 5. Disponível em: [Introduction to Ore-Forming Processes \(kursatozcan.com\)](http://www.kursatozcan.com). Acesso em: 07 jul. 2022.

ROBERT, F.; BROMMECKER, R.; BOURNE, B. T.; DOBAK, P. J.; MCEWAN, C. J.; ROWE, R. R.; ZHOU, X. Models and exploration methods for major gold deposit types. In: PROCEEDINGS OF EXPLORATION, 07.; INTERNATIONAL CONFERENCE ON MINERAL EXPLORATION, Fifth Decennial., Toronto, 2007. **Anais** [...]. Toronto: edited by B. Milkereit, p. 691-711, 2007. 1 DVD. Disponível em: [untitled \(dmec.ca\)](http://www.dmec.ca). Acesso em: 07 jul. 2022.

ROMANO, A. W. **Évolution Tectonique de la région Nord-Ouest du Quadrilatère Ferrifère - Minas Gerais-Brésil**. 1989. p. 259. Tese (Doutorado) - Université de Nancy I, Vandoeuvre-lès-Nancy, France, 1989.

ROMANO, A. W. O Supergrupo Rio Das Velhas da faixa Mateus Leme-Pitangui- parte meridional do Cráton de São Francisco, MG- e seu sistema de alteração hidrotermal. **GEONOMOS**, v. 1, n. 1-2, p. 16-32, 1993. DOI: <https://doi.org/10.18285/geonomos.v1i1e2.234>.

ROMANO, A. W. **Programa Geologia do Brasil**. Folha Pará de Minas, SE- 23-Z-CI. Escala 1:100.000, relatório final. UFMG - CPRM, Belo Horizonte., p. 72, 2007.

ROMANO, A. W.; ARAÚJO, C. Agalmatolito e talco. In: PEDROSA-SOARES, A. C.; VOLL, E.; CUNHA, E. C. (coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais Online: Síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, e meio ambiente e mineração de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CODEMGE, 2018. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Agalmatolito.pdf>

ROMANO, A. W.; BILAL, E.; CORRÊA NEVES, J. M.; GIRET, A.; MOUTTE, J. O Complexo Granítico de Florestal - parte meridional do Cráton São Francisco – primeiros dados petrográficos e geoquímicos. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 8., 1995, Diamantina. **Anais** [...]. Diamantina: SBG/MG, 1995. p. 86-88, (Boletim,13).

ROMANO, A. W.; NOCE, C. M. Feições estruturais do Lineamento Pitangui – Congonhas, parte meridional do Cráton do São Francisco – MG. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 5., 1995, Gramado. **Resumos** [...]. Gramado: SBG, 1995. p. 76-77.

ROMANO, R.; LANA, C.; ALKMIN, F.F.; STEVENS, G.; ARMSTRONG, R. Stabilization of the Southern portion of the São Francisco Cráton, SE Brazil, through a long-lived period of potassic magmatism. **Precambrian Research**, v. 224, p.143-159, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2012.09.002>.

RONCATO, J. G.; LOBATO, L. M.; LIMA, L. C.; PORTO, C. G.; FIGUEIREDO E SILVA, R. C. Metaturbidite-hosted gold deposits, Córrego do Sítio Lineament, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 45, n. 1, p. 5-22, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/23174889201500010001>.

- ROSIÈRE, C. A.; SPIER, C. A.; RIOS, F. J.; SUCKAU, V. E. The itabirites of the Quadrilátero Ferrífero and related high-grade iron ore deposits: an overview. **Reviews in Economic Geology**, v. 15, p. 223-254, 2008. DOI: <https://doi.org/10.5382/Rev.15.09>.
- ROSSI, G. **Quartzitos e metaconglomerados auríferos da Sequência da Serra da Boa Vista, borda leste do Quadrilátero Ferrífero, MG, Brasil**. 2010. 283 f. Dissertação (Mestrado em Petrologia Ígnea e Metamórfica) - Instituto de Geociência, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2010. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44143/tde-31012011-081759/pt-br.php>. Acesso em: 07 jul. 2022.
- SAMPAIO, P. A. B. **Litogeoquímica e petrografia das rochas encaixantes e da mineralização do depósito Aurífero Pontal, Greenstone Belt Pitangui, Conceição do Pará (MG)**. 2019. 104 f. Trabalho Final de curso (Bacharelado em geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11422/12545>. Acesso em: 07 jul. 2022.
- SANTOS, L. P. D. **Estudo da Alteração Hidrotermal dos Depósitos Auríferos de Pitangui, MG – Utilizando Espectroscopia de Reflectância, Sensoriamento Remoto Multiespectral e Aerogeofísica**. 2011. [98 f.]. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em geologia) – Universidade de Campinas - UNICAMP, Campinas, 2011.
- SCHORSCHER, H. D. Evolução geotectônica e petrogenética do embasamento arqueano do Quadrilátero Ferrífero. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 51, .4, p. 766-768, 1979. Disponível em: [Annaes da Academia Brasileira de Ciencias \(RJ\) - DocReader Web \(bn.br\)](https://www.docreader.com.br/DocReaderWeb/bn.br). Acesso em: 08 jul. 2022.
- SECCO, P. R. **Caracterização dos tipos de agalmatolito da Serra dos Ferreiras, Onça do Pitangui-MG**. 2009. 100 f. Tese (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/MPBB-7VHQLP>. Acesso em: 08 jul. 2022.
- SILVA, A. M.; CHEMALE, F. JR.; KUYUMIJIAN, R. M.; HEAMANN, L. Mafic dyke swarms of Quadrilátero Ferrífero and southern Espinhaço, Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 25, n. 2, p. 124–137, 1995. Disponível em: [Microsoft Word - 2502124.rtf \(siteoficial.ws\)](https://www.microsoft.com/word/2502124.rtf). Acesso em: 08 jul. 2022.
- SILVA, M. A.; PINTO, C. P.; PINHEIRO, M. A. P.; MARINHO, M. S.; LOMBELLO, J. C.; PINHO, J. M. M. P.; GOULART, L. E. A.; MAGALHÃES, J. R. **Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CPRM, 2020. 1 mapa color. Escala 1:1.000.000. Projeto Geologia do Estado de Minas Gerais. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21828>. Acesso em: 08 jul. 2022.
- SILVA, W. F. **Evolução tectono-metamórfica aplicada aos processos responsáveis pela mineralização no depósito de ouro Turmalina, Quadrilátero Ferrífero, Brasil: geologia, análise estrutural e isótopos de enxofre**. 2016. 113 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Econômica) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, MG, 2016.
- SILVA, W. F.; FRIMMEL, H. E.; SHUTESKY, M. E.; ROSIÈRE, C. A.; MASSUCATTO, A. Temperature-Controlled Ore Evolution in Orogenic Gold Systems Related to Synchronous Granitic Magmatism: An Example from The Iron Quadrangle Province, Brazil. **Economic Geology**, v. 116, n. 4, p. 937–962, 2021. DOI: <http://doi.org/10.5382/econgeo.4814>.
- SILVA, W. F.; ROSIÈRE, C.A.; BÜHN, B. The shear zone-related gold mineralization at the Turmalina deposit, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: Structural evolution and the two stages of mineralization. **Mineralium Deposita**, v. 54, p. 347–368, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00126-018-0811-7>.
- SINCLAIR, L. N.; MARINHO, M. S.; LOMBELLO, J. C. **Mapa de prospectividade para ouro, Greenstone belt Pitangui**: escala 1:75.000. Belo Horizonte: CPRM, 2021. 1 mapa, color. Projeto ARIM - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Noroeste do Quadrilátero Ferrífero. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22632>. Acesso em: 08 jul. 2022.
- TASSINARI, C. C. G.; MATEUS, A. M.; VALÁSQUEZ, M. E.; MUNHÁ, J. M. U.; LOBATO, L. M.; BELLO, R. M.; CHIQUINI, A. P.; CAMPOS, W. F. Geochronology and thermochronology of gold mineralization in the Turmalina deposit, NE of the Quadrilátero Ferrífero Region. Brazil. **Ore Geology Reviews**, v. 67, p. 368–381, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2014.12.013>.
- TAVARES, F. M.; MATOS, D. R.; KLEIN, E. L. **Catalog of prospectivity maps of selected areas from Brazil**. Brasília: CPRM, 2020. 72. p Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21620>. Acesso em: 08 jul. 2022.
- TEIXEIRA, N. A.; KUYUMIJIAN, R. M. The Mateus Leme-Pitangui hidrotermal zone: Do they represent a fossil hot spring system in the Rio das Velhas greenstone belt, Central Brazil? *In*: LADEIRA, E. A. (ed.). **Brazil Gold'91: the economics, geology, geochemistry and genesis of gold deposits**. Balkema: Brazil Gold, 1991. p. 171-177. ISBN 90 6191 195 8.
- TEIXEIRA, W. Avaliação do acervo de dados geocronológicos e isotópicos do Cráton do São Francisco - Implicações tectônicas. *In*: DOMINGUEZ, J. M. L.; MISI, A. **O Cráton do São Francisco**. Salvador: SBG, 1993. p. 11-33.
- TEIXEIRA, W.; AVILA, C. A.; DUSSIN, I. A.; CORRÊA NETO, A. V.; BONGIOLO, E. M.; SANTOS, J. O.; BARBOSA, N. S. A juvenile accretion episode (2.35-2.32 Ga) in the Mineiro belt and its role to the Minas accretionary orogeny: Zircon U-Pb-Hf and geochemical evidences. **Precambrian Research**, v. 256, p. 148-169, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2014.11.009>.
- TEIXEIRA, W.; OLIVEIRA, E. P.; MARQUES, L. S. Nature and Evolution of the Archean crust of the São Francisco Craton. *In*: HEILBRON, M.; CORDANI, U. G.; ALKMIM, F. F. **São Francisco Craton, eastern Brazil: tectonic genealogy of a miniature continent**. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg, 2017. 331 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-01715-0>.
- TURNER, F. J.; WEISS, L. E. **Structural Analysis of Metamorphic Tectonites**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1963. 545 p. ISBN 978 0070 655 74 4.
- VELÁSQUEZ-DAVID, M. E. **Evolução termocronológica e metalogenética da mineralização aurífera do depósito**

**turmalina, Quadrilátero Ferrífero- MG.** 2011. 240 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: [David\\_Doutorado.pdf \(usp.br\)](#). Acesso em: 08 jul. 2022.

VIAL, D. S.; ABREU, G. C.; SCHUBERT, G.; RIBEIRO-RODRIGUES, L. C. **Smaller gold deposits in the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil.** *Ore Geology Reviews*, v. 32, n. 3-4, p. 651-673, 2007a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2005.01.004>.

VIAL, D. S.; DEWITT, E.; LOBATO, L. M.; THORMAN, C. H. The geology of the Morro Velho gold deposit in the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. **Ore Geology Reviews**, v. 32, p. 511-542, 2007b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2004.12.008>.

WHITNEY, D. L.; EVANS, B. W. Abbreviations for names of rock-forming minerals. **American Mineralogist**, v. 95, n. 1, p. 185-187, 2010. DOI: <https://doi.org/10.2138/am.2010.3371>.

WYBORN, L. A. I.; HEINRICH, C. A.; JAQUES, A. L. Australian Proterozoic mineral systems: Essential ingredients and

mappable criteria. *In*: ANNUAL CONFERENCE, 1994, Darwin, 5–9 Aug.. **Proceedings** [...]. Darwin: Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 1994. p.109–115. Disponível em: [70755.pdf \(d28rz98at9flks.cloudfront.net\)](#). Acesso em: 08 jul. 2008.

ZANG, Z.; DONG, L.; LIU, W.; ZHAO, H.; WANG, X.; CAI, K.; WAN, B.. Garnet U-Pb and O isotopic determinations reveal a shear-zone induced hydrothermal system. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, 2019. art. n. 10382. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46868-4>.

ZHAO, C.; HOBBS, B. E.; ORD, A.; HORNBY, P.; MÜHLHAUS, H.; PENG, S.. Theoretical and numerical analyses of pore-fluid flow focused heat transfer around geological faults and large cracks. **Computers and Geotechnics**, v. 35, n. 3, p. 357–371, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2007.06.011>.

ZUCCHETTI, M.; BALTAZAR, O. F. **Projeto Rio das Velhas:** Texto explicativo do mapa geológico integrado. Escala 1:100.000. Belo Horizonte: DNPM / CPRM, 2000. 116 p. 1 mapa color. (Série Estudos de Distritos Mineiros)

## LISTAGEM INFORMES DE RECURSOS MINERAIS

---



## **SÉRIE METAIS DO GRUPO DA PLATINA E ASSOCIADOS**

- Nº 01 - Mapa de Caracterização das Áreas de Trabalho (Escala 1:7.000.000), 1996.
- Nº 02 - Mapa Geológico Preliminar da Serra do Colorado - Rondônia e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.
- Nº 03 - Mapa Geológico Preliminar da Serra Céu Azul - Rondônia, Prospecção Geoquímica e Síntese Geológico-Metalogenética, 1997.
- Nº 04 - Síntese Geológica e Prospecção por Concentrados de Bateia nos Complexos Canabrava e Barro Alto - Goiás, 1997.
- Nº 05 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Migrantinópolis - Rondônia, 2000.
- Nº 06 - Geologia e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Corumbiara/Chupinguaia - Rondônia, 2000.
- Nº 07 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar da Área Serra Azul - Rondônia, 2000.
- Nº 08 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Branco/Alta Floresta - Rondônia, 2000.
- Nº 09 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Luzia - Rondônia, 2000.
- Nº 10 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Nova Brasilândia - Rondônia, 2000.
- Nº 11 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Rio Madeirinha - Mato Grosso, 2000.
- Nº 12 - Síntese Geológica e Prospectiva das Áreas Pedra Preta e Cotingo - Roraima, 2000.
- Nº 13 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Santa Bárbara - Goiás, 2000.
- Nº 14 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Barra da Gameleira - Tocantins, 2000.
- Nº 15 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Córrego Seco - Goiás, 2000.
- Nº 16 - Síntese Geológica e Resultados Prospectivos da Área São Miguel do Guaporé - Rondônia, 2000.
- Nº 17 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cana Brava - Goiás, 2000.
- Nº 18 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Cacoal - Rondônia, 2000.
- Nº 19 - Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Morro do Leme e Morro Sem Boné - Mato Grosso, 2000.
- Nº 20 - Geologia e Resultados Prospectivos das Áreas Serra dos Pacaás Novos e Rio Cautário - Rondônia, 2000.
- Nº 21 - Aspectos Geológicos, Geoquímicos e Potencialidade em Depósitos de Ni-Cu-EGP do Magmatismo da Baciado Paraná - 2000.
- Nº 22 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Tabuleta - Mato Grosso, 2000.
- Nº 23 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Rio Alegre - Mato Grosso, 2000.
- Nº 24 - Geologia e Resultados Prospectivos da Área Figueira Branca/Indiavaí - Mato Grosso, 2000.
- Nº 25 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica/Aluvionar das Áreas Jaburu, Caracará, Alto Tacutu e Amajari - Roraima, 2000.
- Nº 26 - Prospecção Geológica e Geoquímica no Corpo Máfico-Ultramáfico da Serra da Onça - Pará, 2001.
- Nº 27 - Prospecção Geológica e Geoquímica nos Corpos Máfico-Ultramáficos da Suíte Intrusiva Cateté - Pará, 2001.
- Nº 28 - Aspectos geológicos, Geoquímicos e Metalogenéticos do Magmatismo Básico/Ultrabásico do Estado de Rondônia e Área Adjacente, 2001.
- Nº 29 - Geological, Geochemical and Potentiality Aspects of Ni-Cu-PGE Deposits of the Paraná Basin Magmatism, 2001.
- Nº 30 - Síntese Geológica e Prospecção Geoquímica da Área Barro Alto – Goiás, 2010.

## **SÉRIE MAPAS TEMÁTICOS DE OURO - ESCALA 1:250.000**

- Nº 01 - Área GO-09 Aurilândia/Anicuns - Goiás, 1995.
- Nº 02 - Área RS-01 Lavras do Sul/Çaçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 1995.
- Nº 03 - Área RO-01 Presidente Médici - Rondônia, 1996.
- Nº 04 - Área SP-01 Vale do Ribeira - São Paulo, 1996.
- Nº 05 - Área PA-15 Inajá - Pará, 1996.
- Nº 06 - Área GO-05 Luziânia - Goiás, 1997.
- Nº 07 - Área PA-01 Paru - Pará, 1997.
- Nº 08 - Área AP-05 Serra do Navio/Cupixi - Amapá, 1997.
- Nº 09 - Área BA-15 Caripará - Bahia, 1997.
- Nº 10 - Área GO-01 Crixás/Pilar - Goiás, 1997.
- Nº 11 - Área GO-02 Porangatu/Mara Rosa - Goiás, 1997.
- Nº 12 - Área GO-03 Niquelândia - Goiás, 1997.
- Nº 13 - Área MT-01 Peixoto de Azevedo/Vila Guarita - Mato Grosso, 1997.
- Nº 14 - Área MT-06 Ilha 24 de Maio - Mato Grosso, 1997.
- Nº 15 - Área MT-08 São João da Barra - Mato Grosso/Pará, 1997.

Nº 16 - Área RO-02 Jenipapo/Serra Sem Calça - Rondônia, 1997.  
Nº 17 - Área RO-06 Guaporé/Madeira - Rondônia, 1997.  
Nº 18 - Área RO-07 Rio Madeira - Rondônia, 1997.  
Nº 19 - Área RR-01 Uraricaá - Roraima, 1997.  
Nº 20 - Área AP-03 Alto Jari - Amapá/Pará, 1997.  
Nº 21 - Área CE-02 Várzea Alegre/Lavras da Mangabeira/Encanto - Ceará, 1997.  
Nº 22 - Área GO-08 Arenópolis/Amorinópolis - Goiás, 1997.  
Nº 23 - Área PA-07 Serra Pelada - Pará, 1997.  
Nº 24 - Área SC-01 Botuverá/Brusque/Gaspar - Santa Catarina, 1997.  
Nº 25 - Área AP-01 Cassiporé - Amapá, 1997.  
Nº 26 - Área BA-04 Jacobina Sul - Bahia, 1997.  
Nº 27 - Área PA-03 Cuiapucu/Carará - Pará/Amapá, 1997.  
Nº 28 - Área PA-10 Serra dos Carajás - Pará, 1997.  
Nº 29 - Área AP-04 Tumucumaque - Pará, 1997.  
Nº 30 - Área PA-11 Xinguara - Pará, 1997.  
Nº 31 - Área PB-01 Cachoeira de Minas/Itajubatiba/Itapetim - Paraíba/Pernambuco, 1997.  
Nº 32 - Área AP-02 Tartarugalzinho - Amapá, 1997.  
Nº 33 - Área AP-06 Vila Nova/Iratapuru - Amapá, 1997.  
Nº 34 - Área PA-02 Ipitinga - Pará/Amapá, 1997.  
Nº 35 - Área PA-17 Caracol - Pará, 1997.  
Nº 36 - Área PA-18 Vila Riozinho - Pará, 1997.  
Nº 37 - Área PA-19 Rio Novo - Pará, 1997.  
Nº 38 - Área PA-08 São Félix - Pará, 1997.  
Nº 39 - Área PA-21 Marupá - Pará, 1998.  
Nº 40 - Área PA-04 Três Palmeiras/Volta Grande - Pará, 1998.  
Nº 41 - Área TO-01 Almas/Natividade - Tocantins, 1998.  
Nº 42 - Área RN-01 São Fernando/Ponta da Serra/São Francisco - Rio Grande do Norte/Paraíba, 1998.  
Nº 43 - Área GO-06 Cavalcante - Goiás/Tocantins, 1998.  
Nº 44 - Área MT-02 Alta Floresta - Mato Grosso/Pará, 1998.  
Nº 45 - Área MT-03 Serra de São Vicente - Mato Grosso, 1998.  
Nº 46 - Área AM-04 Rio Traíra - Amazonas, 1998.  
Nº 47 - Área GO-10 Pirenópolis/Jaraguá - Goiás, 1998.  
Nº 48 - Área CE-01 Reriutaba/Ipu - Ceará, 1998.  
Nº 49 - Área PA-06 Manelão - Pará, 1998.  
Nº 50 - Área PA-20 Jacareacanga - Pará/Amazonas, 1998.  
Nº 51 - Área MG-07 Paracatu - Minas Gerais, 1998.  
Nº 52 - Área RO-05 Colorado - Rondônia/Mato Grosso, 1998.  
Nº 53 - Área TO-02 Brejinho de Nazaré - Tocantins, 1998.  
Nº 54 - Área RO-04 Porto Esperança - Rondônia, 1998.  
Nº 55 - Área RO-03 Parecis - Rondônia, 1998.  
Nº 56 - Área RR-03 Uraricoera - Roraima, 1998.  
Nº 57 - Área GO-04 Goiás - Goiás, 1998.  
Nº 58 - Área MA-01 Belt do Gurupi - Maranhão/Pará, 1998.  
Nº 59 - Área MA-02 Aurizona/Carutapera - Maranhão/Pará, 1998.  
Nº 60 - Área PE-01 Serrita - Pernambuco, 1998.  
Nº 61 - Área PR-01 Curitiba/Morretes - Paraná, 1998.  
Nº 62 - Área MG-01 Pitangui - Minas Gerais, 1998.  
Nº 63 - Área PA-12 Rio Fresco - Pará, 1998.  
Nº 64 - Área PA-13 Madalena - Pará, 1998.  
Nº 65 - Área AM-01 Parauari - Amazonas/Pará, 1999.  
Nº 66 - Área BA-01 Itapicuru Norte - Bahia, 1999.  
Nº 67 - Área RR-04 Quino Maú - Roraima, 1999.  
Nº 68 - Área RR-05 Apiaú - Roraima, 1999.  
Nº 69 - Área AM 05 Gavião/Dez Dias - Amazonas, 1999.

- Nº 70 - Área MT-07 Araés/Nova Xavantina - Mato Grosso, 2000.  
Nº 71 - Área AM-02 Cauaburi - Amazonas, 2000.  
Nº 72 - Área RR-02 Mucajaí - Roraima, 2000.  
Nº 73 - Área RR-06 Rio Amajari - Roraima, 2000.  
Nº 74 - Área BA-03 Jacobina Norte - Bahia, 2000.  
Nº 75 - Área MG-04 Serro - Minas Gerais, 2000.  
Nº 76 - Área BA-02 Itapicuru Sul - Bahia, 2000.  
Nº 77 - Área MG-03 Conselheiro Lafaiete - Minas Gerais, 2000.  
Nº 78 - Área MG-05 Itabira - Minas Gerais, 2000.  
Nº 79 - Área MG-09 Riacho dos Machados - Minas Gerais, 2000.  
Nº 80 - Área BA-14 Correntina - Bahia, 2000.  
Nº 81 - Área BA-12 Boquira Sul - Bahia, 2000  
Nº 82 - Área BA-13 Gentio do Ouro - Bahia, 2000.  
Nº 83 - Área BA-08 Rio de Contas/Ibitiara Sul - Bahia, 2000.  
Nº 84 - Área MT-05 Cuiabá/Poconé - Mato Grosso, 2000.  
Nº 85 - Área MT-04 Jauru/Barra dos Bugres - Mato Grosso, 2000.

### **SÉRIE OURO - INFORMES GERAIS**

- Nº 01 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1996.  
Nº 02 - Programa Nacional de Prospecção de Ouro - Natureza e Métodos, 1998.  
Nº 03 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1998.  
Nº 04 - Gold Prospecting National Program - Subject and Methodology, 1998.  
Nº 05 - Mineralizações Auríferas da Região de Cachoeira de Minas – Municípios de Manaira e Princesa Isabel - Paraíba, 1998.  
Nº 06 - Mapa de Reservas e Produção de Ouro no Brasil (Escala 1:7.000.000), 2000.  
Nº 07 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Minas do Camaquã - Rio Grande do Sul, 2000.  
Nº 08 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Ibaré – Rio Grande do Sul, 2000.  
Nº 09 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Caçapava do Sul - Rio Grande do Sul, 2000.  
Nº 10 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Passo do Salsinho - Rio Grande do Sul, 2000.  
Nº 11 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Marmeleiro - Rio Grande do Sul, 2000.  
Nº 12 - Map of Gold Production and Reserves of Brazil (1:7.000.000 Scale), 2000  
Nº 13 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Cambaizinho - Rio Grande do Sul, 2001.  
Nº 14 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Passo do Ivo - Rio Grande do Sul, 2001.  
Nº 15 - Resultados da Prospecção para Ouro na Área RS-01 - Lavras do Sul/Çaçapava do Sul, Subárea Batovi – Rio Grande do Sul, 2001.  
Nº 16 - Projeto Metalogenia da Província Aurífera Juruena-Teles Pires, Mato Grosso – Goiânia, 2008.  
Nº 17 - Metalogenia do Distrito Aurífero do Rio Juma, Nova Aripuanã, Manaus, 2010.  
Nº 18 – Províncias e Distritos Auríferos do Brasil, Goiânia, 2022.

### **SÉRIE INSUMOS MINERAIS PARA AGRICULTURA**

- Nº 01 - Mapa Síntese do Setor de Fertilizantes Minerais (NPK) no Brasil (Escala 1:7.000.000), 1997.  
Nº 02 - Fosfato da Serra da Bodoquena - Mato Grosso do Sul, 2000.  
Nº 03 - Estudo do Mercado de Calcário para Fins Agrícolas no Estado de Pernambuco, 2000.  
Nº 04 - Mapa de Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.  
Nº 05 - Estudo dos Níveis de Necessidade de Calcário nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.

- Nº 06 - Síntese das Necessidades de Calcário para os Solos dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.  
Nº 07 - Mapa de Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais de Rondônia, 2001.  
Nº 08 - Mapas de Insumos Minerais para Agricultura nos Estados de Amazonas e Roraima, 2001.  
Nº 09 - Mapa-Síntese de Jazimentos Minerais Carbonatados dos Estados da Bahia e Sergipe, 2001.  
Nº 10 - Insumos Minerais para Agricultura e Áreas Potenciais nos Estados do Pará e Amapá, 2001.  
Nº 11 - Síntese dos Jazimentos, Áreas Potenciais e Mercado de Insumos Minerais para Agricultura no Estado da Bahia, 2001.  
Nº 12 - Avaliação de Rochas Calcárias e Fosfatadas para Insumos Agrícolas do Estado de Mato Grosso, 2008.  
Nº 13 - Projeto Fosfato Brasil – Parte I, Salvador, 2011.  
Nº 14 - Projeto Fosfato Brasil – Estado de Mato Grosso – Áreas Araras/Serra do Caeté e Planalto da Serra, 2011.  
Nº 15 - Projeto Mineralizações Associadas à Plataforma Bambuí no Sudeste do Estado do Tocantins (TO) – Goiânia, 2016.  
Nº 16 – Rochas Carbonáticas do Estado de Rondônia, Porto Velho, 2015.  
Nº 17 – Projeto Fosfato Brasil – Parte II, Salvador, 2016.  
Nº 18 – Geoquímica Orientativa para Pesquisa de Fosfato no Brasil, Salvador, 2016.  
Nº 19 – Projeto Agrominerais da Região de Irecê -Jaguarari, Salvador, 2016.  
Nº 20 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III - Bacia dos Parecis, Porto Velho, 2017.  
Nº 21 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III: Bacia Sergipe-Alagoas, Sub-bacia Sergipe, Recife, 2017.  
Nº 22 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil – Fase III: Centro-leste de Santa Catarina, Salvador, 2018.  
Nº 23 – Avaliação do Potencial do Potássio no Brasil: Bacia do Amazonas, setor centro-oeste, Estados do Amazonas e Pará, Manaus, 2020.  
Nº 24 – Investigação de Anomalias Geofísicas no Escudo Sul-Rio-Grandense com Enfoque em Insumos Agrícolas, Porto Alegre, 2020.  
Nº 25 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil: Borda Norte da Bacia do Amazonas, região de Monte Alegre e Monte Dourado, Estado do Pará, Belém, 2020.  
Nº 26 – Avaliação do Potencial Agromineral do Brasil: Grupo Serra Geral da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021  
Nº 27 – Avaliação do Potencial do Fosfato no Brasil: Bacia Potiguar – Um estudo a partir de testemunhos de sondagem, Estado do Rio Grande do Norte, Salvador, 2021

### **SÉRIE PEDRAS PRECIOSAS**

- Nº 01 - Mapa Gemológico da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, 1997.  
Nº 02 - Mapa Gemológico da Região Lajeado/Soledade/Salto do Jacuí - Rio Grande do Sul, 1998  
Nº 03 - Mapa Gemológico da Região de Ametista do Sul - Rio Grande do Sul, 1998.  
Nº 04 - Recursos Gemológicos dos Estados do Piauí e Maranhão, 1998.  
Nº 05 - Mapa Gemológico do Estado do Rio Grande do Sul, 2000.  
Nº 06 - Mapa Gemológico do Estado de Santa Catarina, 2000.  
Nº 07 - Aspectos da Geologia dos Pólos Diamantíferos de Rondônia e Mato Grosso – O Fórum de Juína – Projeto Diamante, Goiânia, 2010.  
Nº 08 - Projeto Avaliação dos Depósitos de Opalas de Pedro II – Estado do Piauí, Teresina, 2015.  
Nº 09 - Aluviões Diamantíferos da Foz dos Rios Jequitinhonha e Pardo - Fase I – Estado da Bahia, Salvador, 2016.  
Nº 10 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado de Minas Gerais, Brasília, 2017  
Nº 11 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado de Rondônia, Brasília, 2017  
Nº 12 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado do Mato Grosso, Brasília, 2017  
Nº 13 - Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado da Bahia, Brasília, 2017

### **SÉRIE OPORTUNIDADES MINERAIS – EXAME ATUALIZADO DE PROJETO**

- Nº 01 - Níquel de Santa Fé - Estado de Goiás, 2000.  
Nº 02 - Níquel do Morro do Engenho - Estado de Goiás, 2000.  
Nº 03 - Cobre de Bom Jardim - Estado de Goiás, 2000.  
Nº 04 - Ouro no Vale do Ribeira - Estado de São Paulo, 1996.  
Nº 05 - Chumbo de Nova Redenção - Estado da Bahia, 2001.



- Nº 06 - Turfa de Caçapava - Estado de São Paulo, 1996.  
Nº 08 - Ouro de Natividade - Estado do Tocantins, 2000.  
Nº 09 - Gipsita do Rio Cupari - Estado do Pará, 2001.  
Nº 10 - Zinco, Chumbo e Cobre de Palmeirópolis - Estado de Tocantins, 2000.  
Nº 11 - Fosfato de Miriri - Estados de Pernambuco e Paraíba, 2001.  
Nº 12 - Turfa da Região de Itapuã - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.  
Nº 13 - Turfa de Águas Claras - Estado do Rio Grande do Sul, 1998.  
Nº 14 - Turfa nos Estados de Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, 2001.  
Nº 15 - Nióbio de Uaupés - Estado do Amazonas, 1997.  
Nº 16 - Diamante do Rio Maú - Estado da Roraima, 1997.  
Nº 18 - Turfa de Santo Amaro das Brotas - Estado de Sergipe, 1997.  
Nº 19 - Diamante de Santo Inácio - Estado da Bahia, 2001.  
Nº 21 - Carvão nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, 1997.  
Nº 22 - Coal in the States of Rio Grande do Sul and Santa Catarina, 1999.  
Nº 23 - Kaolin Exploration in the Capim River Region - State of Pará - Executive Summary, 2000.  
Nº 24 - Turfa de São José dos Campos - Estado de São Paulo, 2002.  
Nº 25 - Lead in Nova Redenção - Bahia State, Brazil, 2001.  
Nº 26 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Polimetálicos de Palmeirópolis, Estado do Tocantins, Brasília, 2020.  
Nº 27 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Carvão Sul Catarinense, Estado de Santa Catarina, Brasília, 2021.  
Nº 28 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Fosfato de Miriri, Estado de Pernambuco e Paraíba, Brasília, 2021.  
Nº 29 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Carvão Iruí-Butiá, Estado do Rio Grande do Sul, Brasília, 2021.  
Nº 30 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Caulim do Rio Capim, Estado do Pará, Brasília, 2021.  
Nº 31 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Gipsita do Rio Cupari, Estado do Pará, Brasília, 2022.  
Nº 34 – Projeto Reavaliação do Patrimônio Mineral, Área Calcário de Aveiro, Estado do Pará, Brasília, 2022.

### **SÉRIE DIVERSOS**

- Nº 01 - Informe de Recursos Minerais - Diretrizes e Especificações - Rio de Janeiro, 1997.  
Nº 02 - Argilas Nobres e Zeolitas na Bacia do Parnaíba - Belém, 1997.  
Nº 03 - Rochas Ornamentais de Pernambuco - Folha Belém do São Francisco - Escala 1:250.000 - Recife, 2000.  
Nº 04 - Substâncias Minerais para Construção Civil na Região Metropolitana de Salvador e Adjacências - Salvador, 2001.  
Nº 05 – Terras Indígenas do Noroeste do Amazonas: Geologia, Geoquímica e Cadastramento Mineral na região do Tunuí-Caparro, Estado do Amazonas, Manaus, 2020

### **SÉRIE RECURSOS MINERAIS MARINHOS**

- Nº 01 – Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental Leste do Ceará – Recife, 2007.  
Nº 02 – Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental Oeste do Ceará, Recife, 2020.  
Nº 03 – Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental Rasa de Pernambuco, Recife, 2021.  
Nº 04 – Potencialidade dos Granulados Marinhos da Plataforma Continental Oriental do Rio Grande do Norte, Recife, 2021.  
Nº 05 – Prospecção e Exploração de Depósitos de Fosforitas Marinhas na Plataforma Continental Jurídica Brasileira (REMPLOC), Rio de Janeiro, 2021.  
Nº 06 – Prospecção e Exploração de Sulfetos Polimetálicos Maciços na Cordilheira Mesoatlântica Equatorial, Rio de Janeiro, 2022.

### **SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS**

- Nº 01 – Projeto Materiais de Construção na Área Manacapuru-Iranduba-Manaus-Careiro (Domínio Baixo Solimões) – Manaus, 2007.  
Nº 02 – Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Salvador – Salvador, 2008.

- Nº 03 – Projeto Materiais de Construção no Domínio Médio Amazonas – Manaus, 2008.  
Nº 04 – Projeto Rochas Ornamentais de Roraima – Manaus, 2009.  
Nº 05 – Projeto Argilas da Bacia Pimenta Bueno – Porto Velho, 2010.  
Nº 06 – Projeto Quartzo Industrial Dueré-Cristalândia – Goiânia, 2010.  
Nº 07 – Materiais de Construção Civil na região Metropolitana de Aracaju – Salvador, 2011.  
Nº 08 – Rochas Ornamentais no Noroeste do Estado do Espírito Santo – Rio de Janeiro, 2012.  
Nº 09 – Projeto Insumos Minerais para a Construção Civil na Região Metropolitana do Recife – Recife, 2012.  
Nº 10 – Materiais de Construção Civil da Folha Porto Velho – Porto Velho, 2013.  
Nº 11 – Polo Cerâmico de Santa Gertrudes – São Paulo, 2014.  
Nº 12 – Projeto Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Natal – Natal, 2015.  
Nº 13 – Materiais de Construção Civil para Vitória da Conquista, Itabuna-Ilhéus e Feira de Santana – Salvador, 2015.  
Nº 14 – Projeto Materiais de Construção da Região de Marabá e Eldorado dos Carajás – Belém, 2015.  
Nº 15 – Panorama do Setor de Rochas Ornamentais do Estado de Rondônia – Porto Velho, 2015  
Nº 16 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Goiânia – Goiânia, 2015  
Nº 17 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Porto Alegre – Porto Alegre, 2016  
Nº 18 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Fortaleza – Fortaleza, 2016  
Nº 19 – Projeto Materiais de Construção Civil da Região da Grande Florianópolis – Porto Alegre, 2016  
Nº 20 – Projeto materiais de construção da região de Macapá - Estado do Amapá – Belém, 2016.  
Nº 21 – Projeto Materiais De Construção da Região Metropolitana de Curitiba - Estado do Paraná, 2016.  
Nº 22 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Luís e Entorno - Estado do Maranhão, 2017.  
Nº 23 – Panorama do Segmento de Rochas Ornamentais do Estado da Bahia, Salvador, 2019  
Nº 24 – Materiais de Construção da Região Metropolitana de São Paulo - Estado de São Paulo, São Paulo, 2019.  
Nº 25 – Gipsita no sudoeste da Bacia sedimentar do Araripe - Estado de Pernambuco, Recife, 2019.  
Nº 26 – Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Belo Horizonte - Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.  
Nº 27 – Rochas Ornamentais do Estado do Rio Grande do Norte: Mapa de Potencialidades, Natal, 2020.  
Nº 28 – Materiais de Construção da Região Metropolitana de Palmas - Estado do Tocantins, Goiânia, 2020.  
Nº 29 – Estudos dos granitoides da região Nordeste do Pará para produção de brita, Belém, 2020.  
Nº 30 – Materiais de Construção da Região de Capitão Poço-Ourém - Estado do Pará, Belém, 2020.  
Nº 31 - Calcários da Bahia: Faixas Rio Pardo e Orolândia-Campo Formoso, Salvador, 2021  
Nº 32 – Rochas Ornamentais do Espírito Santo: Mapa de Potencialidade, Belo Horizonte, 2021  
Nº 33 - Argilas dos vales dos rios Doce e Jequitinhonha (MG), Belo Horizonte, 2021  
Nº 34 - Materiais de Construção Civil da Região Rio Grande-Pelotas (RS), Porto Alegre, 2021  
Nº 35 - Materiais de Construção Civil da Região Metropolitana de João Pessoa (PB), Recife, 2021

### **SÉRIE ATLAS DE ROCHAS ORNAMENTAIS**

- Atlas de Rochas Ornamentais de Roraima, Manaus, 2009  
Atlas de Rochas Ornamentais da Amazônia Brasileira, São Paulo, 2011  
Atlas de Rochas Ornamentais do Espírito Santo, Brasília, 2013  
Atlas of Dimension Stones of the Espírito Santo State, Brasília, 2015  
Atlas de Rochas Ornamentais dos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas, Recife, 2017  
Atlas de Rochas Ornamentais da Bahia, Salvador, 2022  
Atlas of Dimension Stones of the Bahia State, Salvador, 2022

### **SÉRIE METAIS - INFORMES GERAIS**

- Nº 01 – Projeto BANEÓ – Bacia do Camaquã – Metalogenia das Bacias Neoproterozóico-eopaleozóicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2008  
Nº 02 – Mapeamento Geoquímico do Quadrilátero Ferrífero e seu Entorno - MG – Rio de Janeiro, 2014.  
Nº 03 – Projeto BANEÓ – Bacias do Itajaí, de Campo Alegre e Corupá – Metalogenia das Bacias Neoproterozoico-eopaleozoicas do Sul do Brasil, Porto Alegre, 2015

### **SÉRIE PROVÍNCIAS MINERAIS DO BRASIL**

- Nº 01 – Áreas de Relevante Interesse Mineral - ARIM, Brasília, 2015

- Nº 02 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Tróia-Pedra Branca, Estado do Ceará, Fortaleza, 2015
- Nº 03 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Sudeste do Tapajós, Estado do Pará, Brasília, 2015.
- Nº 04 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Província Aurífera Juruena-Teles Pires-Aripuanã – Geologia e Recursos Minerais da Folha Ilha Porto Escondido – SC.21-V-C-III, Brasília, 2015.
- Nº 05 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Distrito Zincífero de Vazante – MG, Brasília, 2015.
- Nº 06 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Rochas Alcalinas da Porção Meridional do Cinturão Ribeira. Estados de São Paulo e Paraná, Brasília, 2015.
- Nº 07 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Sudeste de Rondônia, Brasília, 2016.
- Nº 08 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Seridó-Leste, extremo nordeste da Província Borborema (RN-PB), Brasília, 2016.
- Nº 09 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Porção sul da Bacia do Paraná, RS, 2017
- Nº 10 – Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: Área Eldorado do Juma, Estado do Amazonas, AM, 2019
- Nº 11 – Áreas de Relevante Interesse Mineral: Cinturão Gurupi, Estados do Pará e Maranhão, Brasília, 2017.
- Nº 12 – Áreas de relevante interesse mineral: Reserva Nacional do Cobre e Associados, Estados do Pará e Amapá, Belém, 2017.
- Nº 13 – Áreas de Relevante Interesse Mineral – Vale do Ribeira: Mineralizações Polimetálicas (Pb, Ag, Zn, Cu e Au – “Tipo Panelas”) em zonas de cisalhamento Rúptil, Cinturão Ribeira Meridional, SP-PR, São Paulo, 2017.
- Nº 14 – Área de Relevante Interesse Mineral - ARIM: Distrito Mineral de Paracatu-Unai (Zn-Pb-Cu), MG, 2018
- Nº 15 – Área de Relevante Interesse Mineral Integração Geológica-Geofísica e Recursos Minerais do Cráton Luis Alves, RS, 2018.
- Nº 16 – Áreas de Relevante Interesse Mineral - Província Mineral de Carajás, PA: Estratigrafia e análise do Minério de Mn de Carajás - áreas Azul, Sereno, Buritirama e Antônio Vicente, PA, 2018.
- Nº 17 – Áreas de Relevante Interesse Mineral Troia-Pedra Branca - Geologia e mineralização aurífera da sequência metavulcanossedimentar da Serra das Pipocas, Maciço de Troia, Ceará, Estado do Ceará, CE, 2018
- Nº 18 – Áreas de Relevante Interesse Mineral – Reavaliação da Província Estanífera de Rondônia, RO, 2019.
- Nº 19 – Áreas de relevante interesse mineral – Evolução Crustal e Metalogenia da Faixa Nova Brasilândia, RO, 2019.
- Nº 20 – Áreas de Relevante Interesse Mineral - Batólito Pelotas–Terreno Tijucas, Estado do Rio Grande do Sul, RS, 2019.
- Nº 21 – Áreas de Relevante Interesse Mineral – Vale do Ribeira: mineralizações polimetálicas (Pb-Zn-Ag-Cu-Ba) associadas a Formação Perau, Cinturão Ribeira Meridional, Estado do Paraná, São Paulo, 2019.
- Nº 22 – Áreas de relevante interesse mineral – Evolução crustal e metalogenia da Província Mineral Juruena–Teles-Pires, MT, Goiânia, 2019.
- Nº 23 – Áreas de relevante interesse mineral – Projeto evolução crustal e metalogenia da Faixa Brasília setor centro-norte, GO-TO, Goiânia, 2019
- Nº 24 – Avaliação do Potencial Mineral do NW do Ceará, CE, Fortaleza, 2019.
- Nº 25 – Avaliação do Potencial Mineral das faixas Marginais da borda NW do Craton do São Francisco (Área Riacho do Pontal), PI, Teresina, 2019.
- Nº 26 – Avaliação do Potencial Mineral das faixas Marginais da borda NW do Craton do São Francisco (Área Rio Preto), PI, Teresina, 2019.
- Nº 27 – Áreas de Relevante Interesse Mineral - Avaliação do Potencial Mineral do Vale do Ribeira (Área Castro), SP, São Paulo, 2019.
- Nº 28 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - Evolução crustal e Metalogenia da região de Aripuanã, MT, Goiânia, 2020.
- Nº 29 – Modelo Prospectivo para Ametista e Água na Fronteira Sudoeste do Rio Grande do Sul, RS, Porto Alegre, 2020.
- Nº 30 - Áreas de Relevante Interesse Mineral - Reavaliação das sequências metavulcanossedimentares a Sudoeste do Quadrilátero Ferrífero – Área de Nazareno, Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.
- Nº 31 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Integração Geológica e Avaliação do Potencial Metalogenético da Serra de Jacobina e dos Greenstone Belt Mundo Novo, Estado da Bahia, Salvador, 2021
- Nº 32 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Integração Geológica e Avaliação do Potencial Metalogenético das Sequências Metavulcanossedimentares tipo Greenstone Belts e/ou similares da região de Remanso-Sobradinho, Estado da Bahia, Salvador, 2021

Nº 33 - Áreas de Relevante Interesse Mineral –Província Mineral de Carajás, Controles Críticos das Mineralizações de Cobre e Ouro do Lineamento Cinzento, Estado do Pará, Belém, 2021

Nº 34 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Evolução Crustal e Metalogenia do Sudeste do Amazonas, Estado do Amazonas, Manaus, 2021

Nº 36- Áreas de Relevante Interesse Mineral – Avaliação do Potencial Mineral da região de São Raimundo Nonato, Estado de Pernambuco, Recife, 2022

Nº 37 - Áreas de Relevante Interesse Mineral – Quadrilátero Ferrífero, Setor Central: Mapa de Favorabilidade para Ouro Orogênico, Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022

### **SÉRIE MINERAIS ESTRATÉGICOS**

Nº 01 – Diretrizes para Avaliação do Potencial do Potássio, Fosfato, Terras Raras e Lítio no Brasil, Brasília, 2015.

Nº 02 – Avaliação do Potencial de Terras Raras no Brasil, Brasília, 2015.

Nº 03 – Projeto Avaliação do Potencial do Lítio no Brasil – Área do Médio Rio Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais, Brasília, 2016.

Nº 04 – Projeto Avaliação do Potencial de Terras Raras No Brasil - Área Morro dos Seis Lagos, Noroeste do Amazonas, Brasília, 2019.

Nº 05 – Projeto Avaliação do Potencial da Grafita no Brasil – Fase I, São Paulo, 2020.

### **SÉRIE GEOQUÍMICA PROSPECTIVA**

Nº 01 – Informe Geoquímico Bacia do Araripe, Estados de Pernambuco, Piauí e Ceará, Recife, 2018.

Nº 02 – Informe Geoquímico das Folhas Quixadá-Itapiúna, Estado do Ceará, Fortaleza, 2020.

Nº 03 – Informe Geoquímico São José do Campestre, Província Borborema, Estado do Rio Grande do Norte, Recife, 2021.

### **SÉRIE MAPEAMENTO GEOQUÍMICO**

Nº 01 – Levantamento geoquímico do Escudo do Rio Grande do Sul, Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.



## O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de *17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil – CPRM atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de atuação:

- Geologia
- Recursos Minerais;
- Hidrologia; e
- Gestão Territorial.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

# Áreas de atuação do Serviço Geológico do Brasil – CPRM e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS

## ÁREA DE ATUAÇÃO GEOCIÊNCIAS

### LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



### LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



### AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



### LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



### LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



### LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



### SISTEMAS DE ALERTA HIDROLÓGICO



### AGROGEOLOGIA



### LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



### RISCO GEOLÓGICO



### GEODIVERSIDADE



### PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



### ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



### GEOLOGIA MÉDICA



### RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



## ÁREA DE ATUAÇÃO SERVIÇOS COMPARTILHADOS

### GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



### TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



### LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



### MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



### PALEONTOLOGIA



### PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



### REDE DE BIBLIOTECAS



### REDE DE LITOTECAS



### GOVERNANÇA



## ÁREA DE ATUAÇÃO PROGRAMAS INTERNOS

### SUSTENTABILIDADE



### PRÓ-EQUIDADE



### COMITÊ DE ÉTICA



# PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

## INFORME DE RECURSOS MINERAIS

SÉRIE PROVÍNCIAS MINERAIS DO BRASIL N.º 38

### NOROESTE DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO: MAPA DE PROSPECTIVIDADE PARA OURO OROGÊNICO DO *GREENSTONE BELT* PITANGUI

Ministério de Minas e Energia e a Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, por meio do Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), tem a satisfação de disponibilizar à comunidade geocientífica, empresários do setor mineral e à sociedade em geral, os resultados obtidos pelo projeto “Evolução Crustal e Metalogenia do setor noroeste do Quadrilátero Ferrífero” através do Informe de Recursos Minerais relativo ao Mapa de Prospectividade para ouro no *Greenstone Belt* Pitangui.

Este projeto está ligado ao empreendimento “Áreas de Relevante Interesse mineral” (ARIMs), financiado pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PACII - MME00970) do governo federal, dentro da ação Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil, que integra o Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Esta ação consiste em um conjunto de projetos que visam estimular a pesquisa e a produção mineral brasileira, com foco adicional no suprimento de matérias primas essenciais para o desenvolvimento da infraestrutura e do agronegócio no Brasil. O projeto foi executado pela Gerência de Geologia e Recursos Minerais da Superintendência Regional de Belo Horizonte, com supervisão nacional da Divisão de Geologia Básica - DIGEOB, Divisão de Geologia Econômica - DIGECO e coordenação geral do Departamento de Recursos Minerais - DEREM.

A área de estudo está localizada na porção noroeste da Província Mineral do Quadrilátero Ferrífero, no estado de Minas Gerais, e o projeto envolveu estudos temáticos de geologia básica e geologia econômica. Esse produto traz uma síntese sobre o contexto tectono-estratigráfico regional, informações geológicas e aspectos metalogenéticos dos principais depósitos de ouro da região e, adicionalmente, apresenta os critérios utilizados para a confecção do Mapa de Prospectividade para ouro no *Greenstone Belt* Pitangui.

Os produtos finais compreendem (i) texto em pdf do Informe de Recursos Minerais e (ii) Mapa de Prospectividade para ouro no *Greenstone Belt* Pitangui; que estão disponíveis no banco de dados corporativo do SGB-CPRM, o GeoSGB (<http://geosgb.cprm.gov.br>). Com mais este lançamento, o Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) cumpre seu papel de subsidiar o desenvolvimento socioeconômico regional e setorial por meio da atualização do conhecimento geológico e dos recursos minerais do Brasil.

#### Sede

Setor Bancário Norte - SBN - Quadra O2, Asa Norte  
Bloco H - 5º andar - Edifício Central Brasília  
Brasília - DF - CEP: 70040 - 904  
Tel: 61 2108-8400

#### Escritório Rio de Janeiro

Av. Pasteur, 404 - Urca  
Rio de Janeiro - RJ - CEP: 22290-255  
Tel: 21 2295-5337 - 21 2295-5382

#### Diretoria de Geologia e Recursos Minerais

Tel: 21 2546-0212 - 61 3223-1166

#### Departamento de Geologia

Tel: 91 3182-1326

#### Departamento de Recursos Minerais

Tel: 21 2295-4992

#### Diretoria de Infraestrutura Geocientífica

Tel: 21 2295-5837 - 61 2108-8457

#### Núcleo de Comunicação

Tel: 61 2108-8468  
E-mail: [comunicacao@sgb.gov.br](mailto:comunicacao@sgb.gov.br)

#### Ouvidoria

Tel: 21 2541-6344  
E-mail: [ouvidoria@sgb.gov.br](mailto:ouvidoria@sgb.gov.br)

#### Serviço de Atendimento ao Asuário - SEUS

Tel: 21 2295-5997  
E-mail: [seus@sgb.gov.br](mailto:seus@sgb.gov.br)

[WWW.SGB.GOV.BR](http://WWW.SGB.GOV.BR)