



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
UNIDADE ARAXÁ**

**LUCAS DINIZ**

**CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E ESTRUTURAL DA  
OCORRÊNCIA DE HEMATITA DE PRATINHA, MINAS GERAIS**

**ARAXÁ/MG**

**2018**

**LUCAS DINIZ**

**CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E ESTRUTURAL DA  
OCORRÊNCIA DE HEMATITA DE PRATINHA, MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Minas, do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET/MG, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Minas.

Orientador: Prof. Dr. Hildor José Seer.

Coorientador: Profa. MsC. Silvânia Alves Braga

**ARAXÁ/MG**

**2018**

## FOLHA DE APROVAÇÃO

LUCAS DINIZ

### CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E ESTRUTURAL DA OCORRÊNCIA DE HEMATITA DE PRATINHA, MINAS GERAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Minas do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET/MG, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Minas.

Araxá, 4 de dezembro de 2018.



---

**Presidente e Orientador: Prof. Dr. Hildor José Seer**  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG –  
Unidade Araxá



---

**Membro Titular: Prof. Esp. Francisco de Castro Valente Neto**  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG –  
Unidade Araxá



---

**Membro Titular: Prof. Dr. Alexander Martin Silveira Gimenez**  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG –  
Unidade Araxá

## DEDICATÓRIA

**DEDICO ESTE TRABALHO**

*Aos meus pais, meu irmão e minha família por acreditarem em mim e pelo apoio incondicional.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para superar todos os meus obstáculos. Aos meus pais, Sandra e Taly e meu irmão Diego, por sempre se preocuparem comigo, por todo o incentivo e orações durante todos esses anos. Obrigado sempre por serem minha base e me motivarem cada vez mais a ser uma pessoa melhor.

Ao meu orientador Professor Doutor Hildor José Seer por toda a paciência, ajuda e colaboração, por confiar no meu potencial e acreditar neste trabalho. Obrigado por me mostrar o mundo da geologia e me motivar ainda mais a continuar neste caminho.

Aos professores Francisco Valente, Silvânia Braga, Felipe Valença e meu amigo Pedro Tavares, por toda ajuda durante os trabalhos de campo, onde o conhecimento compartilhado foi fundamental para a concretização do mesmo.

Aos meus irmãos de república Iury, Fernando, Bigode, Panda e Pablo por toda ajuda e força diária. Obrigado por fazerem com que esta etapa fosse ainda mais especial.

Por fim, meu agradecimento a todos os meus amigos que sempre me apoiaram em todos os momentos.

## EPÍGRAFE

*“Demore o tempo que for para decidir o que você quer da vida, e depois que decidir não recue ante nenhum pretexto, porque o mundo tentará te dissuadir.”*

Friedrich Nietzsche

## RESUMO

Durante o Mapeamento geológico da Folha Campos Altos, na escala de 1:100.000, foi identificado diversos corpos ricos em hematita dentro de uma unidade quartzítica pertencente ao Grupo Canastra. Estes corpos ocorrem em uma faixa aproximadamente EW e acham-se bem destacados nos mapas aeromagnéticos, onde geram anomalias lineares. Este trabalho teve como objetivo principal a caracterização detalhada de um destes corpos ricos em hematita que ocorre a oeste da cidade de Pratinha. Com base em interpretações feitas em campo, foi produzido um mapa geológico e estrutural de detalhe em uma escala de 1:10.000 que possibilitou interpretar o histórico deformacional, além de descrever a geometria espacial das formações ferríferas bandadas de Pratinha como um conjunto de interações relacionadas às diferentes fases deformacionais, deixando-a com o aspecto de dobras que caem SW, cortada por uma expressiva falha, também caracterizada neste trabalho.

**Palavras-chave:** Hematita. Grupo Canastra. Faixa Brasília. Pratinha. Formações ferríferas bandadas.

## ABSTRACT

During the Geological Mapping of Campos Campos Altos, in the 1: 100.000 scale, several hematite rich bodies were identified within a quartzite unit belonging to the Canastra Group. These bodies occur in a range approximately EW and are well highlighted in aeromagnetic maps, where they generate linear anomalies. This work had as main objective the detailed characterization of one of these hematite rich bodies that occurs to the west of the city of Pratinha. Based on interpretations made in the field, a geological and structural detail map was produced on a scale of 1: 10,000 that made it possible to interpret the deformation history, as well as to describe the spatial geometry of the Pratinha flock formations as a set of interactions related to different deformational phases, leaving it with the appearance of folds that fall SW, cut by an expressive fault, also characterized in this work.

**Keywords:** Hematite. Canastra Group. Track Brasília. Pratinha. Bundled iron formations.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1 - Gráficos de distribuição de frequência e volume de BIFs precambrianas conforme a idade (Huston &amp; Logan 2004; Rolim, 2016 adaptado).</b>	18
<b>Figura 2 - Localização e articulação da Folha Campos Altos (SEER e MORAES, 2011).</b>	20
<b>Figura 3 - Posicionamento geográfico do estado de Minas Gerais e da cidade de Pratinha. (GOOGLE MAPS,2018).</b>	21
<b>Figura 4 - Localização da área de estudo (retângulo vermelho) em relação a cidade de Pratinha (GOOGLE EARTH,2018)</b>	21
<b>Figura 5 – Imagem esquemática em relação ao mapa geológico de escala 1:100.000 dos diversos grupos de rochas presentes na Folha Campos Altos. (SEER e MORAES,2011)</b>	25
<b>Figura 6 - – Imagem esquemática em relação ao mapa geológico de escala 1:100.000 da distribuição das Unidades do Grupo Canastra na Folha Campos Altos. Em tom laranja quartzito; em creme a sequência detrítico-química; em verde a sequência detrítica (SEER e MORAES, 2011)</b>	25
<b>Figura 7 - Sessão geológica esquemática da unidade C2 (SEER e MORAES,2011)</b>	26
<b>Figura 8 - – Imagem esquemática em relação ao mapa geológico de escala 1:100.000 dos domínios estruturais da Folha Campos Altos (SEER e MORAES, 2011).</b>	28
<b>Figura 9 - Dobras isoclinais D2 que dobram S0//S1 com atitude 220/20 (SEER e MORAES, 2011)</b>	29
<b>Figura 10 - estereogramas de pólos da foliação S3 no domínio II (SEER e MORAES, 2011)</b>	30
<b>Figura 11 - Imagem esquemática em relação ao mapa geológico de escala 1:100.000 com a distribuição da foliação S3 em mapa (SEER e MORAES, 2011)</b>	30
<b>Figura 12 - - Imagem esquemática em relação ao mapa geológico de escala 1:100.000 com a distribuição dos eixos das dobras D4 (SEER e MORAES, 2011)</b>	31
<b>Figura 13 - Imagem esquemática em relação ao mapa geológico de escala 1:100.000 com os eixos de dobras e crenulações da fase deformacional D5 (SEER e MORAES, 2011)</b>	32
<b>Figura 14 - A) Padrão de distribuição dos pólos de fraturas. B) Principais direções de fraturas (SEER e MORAES, 2011)</b>	33
<b>Figura 15 - Mapa preliminar de escala 1:10.000 confeccionado através de imagens de satélite.</b>	34
<b>Figura 16 - Trabalho de campo.</b>	35
<b>Figura 17 - Medição de estruturas durante o trabalho de campo.</b>	36
<b>Figura 18 - Análise de afloramentos durante o trabalho de Campo.</b>	36
<b>Figura 19 - Mapa Geológico das formações ferríferas de Pratinha</b>	39
<b>Figura 20 - Mapa geológico das formações ferríferas em destaque.</b>	40
<b>Figura 21 - Fragmento de hematita compacta.</b>	41
<b>Figura 22 - Fragmento de hematita friável.</b>	42

<b>Figura 23 - Aspecto das hematitas friáveis em afloramento.</b>	42
<b>Figura 24 - Amostra coletada de quartzito micáceo.</b>	43
<b>Figura 25 - Afloramento de quartzito micáceo com olhos de quartzo (Augen).</b>	44
<b>Figura 26 - Amostra coletada de magnetita quartzito.</b>	44
<b>Figura 27 - Amostra de sulfeto, coletada em campo.</b>	45
<b>Figura 28 - Amostra de sulfeto em campo.</b>	45
<b>Figura 29 - a) Figura. A) Deposição das camadas de argila, areia e ferro mais sílica formando-se superfícies S0. B) Primeira fase de deformação D1 com dobramento de S0 e metamorfismo das rochas sedimentares.</b>	47
<b>Figura 30 - a) Continuação da fase deformacional D1 gerando dobramentos isoclinais. b) Início da exumação e cavalgamento de nappes.</b>	47
<b>Figura 31 - a) Detalhe do flanco do empurrão. b) Dobras fechadas a isoclinais D2 dobrando S1 e S0. A foliação S2 é gerada paralelamente às superfícies axiais das dobras. Os eixos das dobras D2 caem para WNW.</b>	48
<b>Figura 32 - Corte horizontal no flanco, destacando geometria final e o aspecto em mapa das unidades geológicas.</b>	48
<b>Figura 33 - Estereograma da foliação S1.</b>	49
<b>Figura 34 - Mapeamento geológico com os dados de foliação S1.</b>	50
<b>Figura 35 - Estereograma dos dados coletados em campo relacionados à lineação mineral.</b>	51
<b>Figura 36 - Mapeamento geológico com os dados das lineações minerais.</b>	52
<b>Figura 38 - Roseta gerada para as fraturas medidas em campo.</b>	53
<b>Figura 39 - Seção geológica com dobramento das formações ferríferas em destaque.</b>	53

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	14
2.1. O MINÉRIO DE FERRO.....	14
2.2. AS FORMAÇÕES FERRIFERAS BANDADAS.....	16
2.3. CLASSIFICAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DAS FORMAÇÕES FERRIFERAS BANDADAS.....	17
2.4. A RELAÇÃO ENTRE AS FORMAÇÕES FERRIFERAS E A EVOLUÇÃO DA TERRA .....	18
2.5. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: FOLHA CAMPOS ALTOS.....	20
2.6. GEOLOGIA REGIONAL: A FAIXA BRASÍLIA.....	22
2.7. GEOLOGIA LOCAL.....	23
2.7.1. ESTRATIGRAFIA DO GRUPO CANASTRA .....	23
2.7.2. GEOLOGIA ESTRUTURAL E METAMORFISMO .....	26
3. METODOLOGIA.....	33
3.1. ETAPA PRÉ-CAMPO .....	33
3.1.1. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO .....	33
3.1.2. ELABORAÇÃO DE MAPAS .....	33
3.2. ETAPA DE CAMPO.....	34
3.3. ETAPA PÓS-CAMPO .....	36
3.3.1. MAPEAMENTO GEOLÓGICO.....	36
3.3.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS ESTRUTURAS.....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	38
4.1. MAPEAMENTO GEOLÓGICO E ESTRUTURAL.....	38
4.1.1. LITOLOGIA .....	41
4.2. GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	46
4.2.1. HISTÓRICO DEFORMACIONAL DAS FORMAÇÕES FERRIFERAS DE PRATINHA .....	46
4.2.2. MODELO GEOMÉTRICO FÍSICO.....	47
4.2.3. ANÁLISE DAS ESTRUTURAS .....	49

<b>4.2.4. SEÇÃO GEOLÓGICA ORTOGONAL ÀS ESTRUTURAS PRINCIPAIS .....</b>	<b>53</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>55</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>56</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O mapeamento geológico sistemático de um território coloca-se como uma ferramenta essencial para a produção de informações cartográficas que subsidiam a prospecção e a descoberta de novas jazidas minerais, bem como o monitoramento, planejamento e um melhor entendimento da evolução geológica da região, atividades fundamentais que compõem pilares de um desenvolvimento socioeconômico adequado.

O Mapa Geológico de Minas Gerais concentra as mais relevantes informações geológicas e cartográficas do estado, facilitando não apenas a pesquisa mineral, mas também a melhor visualização mineraria da região. Tendo sua mais recente versão em 2013, o mapa foi aprimorado a partir de resultados de seis projetos financiados pela CODEMIG e coordenados pela UFMG: Norte de Minas, São Francisco, Quadrilátero Ferrífero, Leste, Espinhaço e Alto Paranaíba.

Dentre os seis projetos mencionados, o Projeto Alto Paranaíba, reuniu informações de diferentes Folhas em que a região em questão foi subdividida, entre elas a Folha Campos Altos.

Durante a realização do mapeamento geológico na escala 1:100.000 da Folha Campos Altos – SE-23-Y-D-IV, Seer e Moraes (2011) identificaram dentro de uma unidade quartzítica pertencente ao Grupo Canastra, Faixa Brasília Meridional, diversos corpos ricos em hematita e magnetita aparentemente dispostas como formações ferríferas bandadas. Estas ocorrências se apresentam em uma faixa aproximadamente E-W e se destacam em mapas aeromagnéticos, onde geram anomalias lineares.

O presente trabalho tem como objetivo principal a caracterização geológica e estrutural detalhada de um destes corpos ricos em hematita que ocorre a oeste da cidade de Pratinha-MG. Com base em pesquisa bibliográfica sobre as formações ferríferas bandadas e trabalho de campo na região em questão, foi elaborado um mapa geológico de detalhe na escala 1:10.000, visando-se compreender a origem, estratigrafia e deformação de um destes corpos caracterizados como itabirito.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. O MINÉRIO DE FERRO

Com cerca de 4,5% em massa, o Ferro (Fe) aparece como o quarto elemento mais abundante da crosta terrestre, superado apenas pelo oxigênio, o silício e o alumínio. Embora faça parte da composição de uma ampla gama mineralógica, nem todos os minerais são considerados viáveis economicamente para a devida exploração, tanto pela porcentagem de ferro, como pela concentração ou distribuição dos mesmos em rochas que constituem os corpos minerais. (CARVALHO *et al.*, 2014; ROBERTO, 2010)

Com diferentes cenários geológicos evolutivos, as formações ferríferas sofreram modificações texturais e alteração na mineralogia. Sua abundância e capacidade de oxidar ou reduzir conforme o ambiente, proporcionou a formação de uma ampla gama de minerais portadores de ferro. (HENRIQUES, 2012)

O ferro pode ser encontrado comumente em compostos químicos, resultantes de processos inorgânicos. Dessa forma, diversos minerais apresentam o ferro como componente essencial em sua composição química, dentre eles, os óxidos, hidróxidos e oxihidróxicos (ROBERTO, 2010).

Segundo Takehara (2004), os minérios de ferro podem ser classificados de acordo com a composição química do mineral fornecedor do elemento metálico. Assim, podem ser classificados em óxidos, carbonatos, sulfetos e silicatos. Sendo que, dentre as classificações apresentadas, apenas os óxidos são expressivos economicamente quando se refere a obtenção do ferro.

A tabela 1 apresenta os principais minerais de ferro e seus respectivos teores médio de ferro.

Tabela 1 - Formula química e conteúdo teórico de ferro. (CARVALHO, et al. 2014)

MINERAL	FÓRMULA QUÍMICA	CONTEÚDO TEÓRICO DE FERRO
Magnetita	Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	72,4
Hematita	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	69,9
Goethita	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	62,9
Limonita	2Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .3H <sub>2</sub> O	59,8
Ilmenita	FeTiO <sub>3</sub>	36,8
Siderita	FeCO <sub>3</sub>	48,2
Pirita	FeS <sub>2</sub>	46,5
Pirrotita	Fe <sub>(1-x)</sub> S	61

Dentre os minerais citados anteriormente, segundo Dana e Hurlbut (1974), os principais minerais com ferro em sua composição e de maior potencial econômico são a magnetita e hematita. A tabela 2 a seguir apresenta um comparativo entre as principais características físicas e químicas desses minerais.

Tabela 2 - Características físicas e químicas dos minerais de ferro (DANA e HURLBUT, 1974)

CARACTERÍSTICAS	HEMATITA	MAGNETITA
Formula química	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
Susceptibilidade magnética	Paramagnético	Ferromagnético
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	4,9 – 5,3	5,17 – 5,18
Escala de dureza (mohs)	5,5 – 6,5	5,5 – 6,5
Traço	Avermelhado	Preto
% Fe (máx.)	70	72,4

Ao se tratar das reservas mundiais de minério de ferro, o Brasil garante o quinto lugar entre os países detentores de maiores reservas deste minério, com cerca de 7,2% de todas as reservas mundiais (BARCELOS, 2010).

Em 2014, o Brasil foi o terceiro maior produtor de ferro, alcançando uma produção média de 411,8 milhões de toneladas, representando 12,8% de toda a produção mundial deste setor em específico (JESUS, 2016).

Segundo Maia (2011), as principais regiões produtoras de minério de ferro no Brasil são o Quadrilátero Ferrífero (MG), a Província Mineral de Carajás (PA) e a região de Corumbá (MS). Ainda assim, existem outros depósitos com uma menor expressão no cenário nacional como no distrito da Bahia, Morro do Pilar, Porteirinha, Amapá, Ceará, Piauí e Maranhão (MAIA, 2011).

Minas Gerais possui 72,5% das reservas brasileiras, com teor médio de 46,3% Fe, acompanhado do Mato Grosso do Sul com 13,1% das reservas, com teor médio de 55,3%. Já o estado do Pará, contém cerca de 10,7% das reservas com o expressivo teor médio de 64,8% (JESUS, 2016).

Segundo Carvalho, et al. (2014) os principais depósitos de minério de ferro podem ser classificados de acordo com a sua geologia, se subdividindo em cinco principais categorias: sedimentares acamadados; formados por soluções hidrotermais; relacionados a atividades vulcânicas; relacionados a processos de metamorfismo e/ou deformação; resultantes de alterações e acúmulo na superfície terrestre.

Dentre as categorias apresentadas, os classificados como depósitos sedimentares acamadados são os mais importantes economicamente, principalmente por constituírem os expressivos depósitos de formações ferríferas bandadas (banded iron formation – BIF), chamadas no Brasil de itabiritos ou jaspelitos. (CARVALHO, et al.,2014)

## **2.2. AS FORMAÇÕES FERRIFERAS BANDADAS**

Segundo Biondi (1999) processo de formação de depósitos minerais específicos, variam associados a história evolutiva da Terra, condicionados pelas mudanças ocorridas na crosta terrestre e na superfície da litosfera. Os vários episódios evolutivos específicos resultaram em várias mudanças nos tipos de depósitos gerados ao longo do tempo.

Alguns tipos de depósitos, cujas gêneses são influenciadas por fenômenos globais, é observado uma concentração em todo o globo, em períodos geológicos restritos, como as formações ferríferas bandadas. Em todos os casos, o conhecimento da distribuição dos depósitos minerais no tempo geológico é importante como guia de prospecção, uma vez que se faz possível relacionar a presença de um depósito mineral em uma unidade geológica



específica, favorecendo assim a interpretação e devida exploração do depósito (BIONDI, 1999)

As formações ferríferas bandadas estão entre os maiores depósitos de minério de ferro. Dada a sua importância econômica, as formações ferríferas têm sido extensivamente estudadas durante os últimos cem anos, mas muitos aspectos de sua origem sedimentar permanecem enigmáticos porque os análogos modernos são desconhecidos (BEKKER et al., 2010).

Segundo Klein (2005), as formações ferríferas são definidas como um sedimento químico, tipicamente delgado ou laminado, cuja principal característica química é um teor significativo de ferro intercalado com bandas de sílica. O bandamento e laminação alternadas são estruturas típicas de BIFs, ocorrendo em muitas escalas, desde micro bandas com milímetros de comprimento, até macrobandas de metros de extensão (KLEIN, 2005; BEKKER et al., 2010).

### **2.3. CLASSIFICAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DAS FORMAÇÕES FERRIFERAS BANDADAS.**

As formações ferríferas bandadas são caracterizadas como um dos tipos mais comuns de produtos químicos marinhos precipitados e encontrados em sequências pré-cambrianas. Essas formações são classificadas em duas grandes classes, de acordo com o seu ambiente deposicional: Tipo Lago Superior e Tipo Algoma (GROSS, 1980; JACOBSEN e PIMENTEL-KLOSE, 1988).

Gross (1980) classificou as formações ferríferas do Tipo Lago Superior, como as formações relacionadas a deposições sedimentares, principalmente em plataformas continentais, uma vez que são formações tipicamente associadas a carbonatos, quartzo e arenito.

Essas formações são caracterizadas por sua natureza geralmente não deformada, com significativa continuidade lateral e associada a margem cratônica, sendo as mais abundantes, porém não são exclusivas do Paleoproterozoico (BEUKES e GUTZMER 2008).

As BIF's classificadas como Tipo Algoma, são geralmente hospedadas em rochas vulcânicas e aparentemente formadas por processos hidrotermais

exalativos, próximos a centros vulcânicos. Essas formações estão presentes em sequências vulcano-sedimentar e associadas a greenstone belts (BEKKER et al., 2010).

Diferente das formações do Tipo Lago Superior, estas não apresentam uma continuidade lateral significativa, porém também são dobradas e deformadas, predominante encontradas no Arqueano, mas também são observadas durante o Paleoproterozoico. A figura 1 a seguir, relaciona a distribuição dos dois tipos em que as formações são classificadas de acordo com a distribuição temporal. (HUSTON e LOGAN 2004; BEUKES e GUTZMER 2008; ROLIM, 2016).

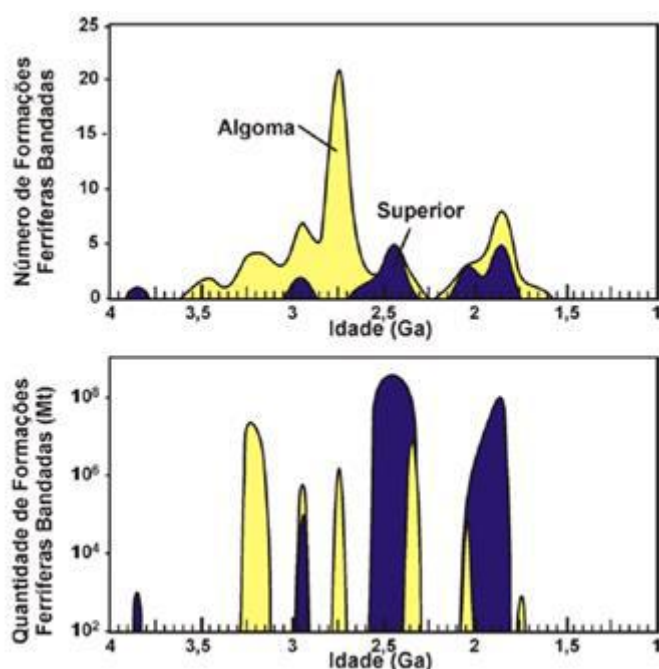


Figura 1 - Gráficos de distribuição de frequência e volume de BIFs precambrianas conforme a idade (Huston & Logan 2004; Rolim, 2016 adaptado).

## 2.4. A RELAÇÃO ENTRE AS FORMAÇÕES FERRIFERAS E A EVOLUÇÃO DA TERRA

Existem diversas literaturas sobre a evolução da atmosfera e hidrosfera durante a parte inicial da história da Terra. Com o avanço das pesquisas nesse campo, foi possível analisar diversas anomalias geológicas e geoquímicas que não são explicadas pelos modelos atuais para a evolução da atmosfera e hidrosfera da Terra, como a distribuição temporal das BIF's (HUSTON e LOGAN, 2004).

Segundo Bekker (2010), os mecanismos específicos envolvidos na deposição das formações ferríferas, permanecem mal resolvidos apesar de várias décadas de investigação. Dado que a deposição das BIF's abrange grandes mudanças evolutivas na composição da superfície da Terra, de uma atmosfera inicial anóxica dominada por CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> para uma atmosfera que se tornou parcialmente oxigenada. É provável que a formação das BIF's se de a partir de diferentes mecanismos associados a diferentes episódios evolutivos da Terra. (BEKKER, 2010)

Para Simonson (2003), a formação das formações ferríferas bandadas, estão associadas a três grandes fatores:

- Fonte hidrotermal de solutos;
- Coluna de água estratificada;
- Ambiente deposicional favorável.

Cada um desses fatores participa de maneira conjunta na formação do ambiente necessário para a deposição e formação das formações ferríferas bandadas.

O aumento no tamanho médio das formações de ferro através tempo evidenciado principalmente pelo aparecimento de BIF's do tipo Superior podem ser atribuídas em grande parte a uma expansão significativa dos ambientes de plataforma continental. Um aumento na área total das plataformas continentais é diretamente relacionado com um surto arqueano tardio no crescimento da crosta, gerando ambientes deposicionais favoráveis. (SIMONSON, 2003)

O modelo tradicional para deposição de BIF invoca a oxidação inorgânica de Fe (II) dissolvido com oxigênio fotossinteticamente produzido por cianobactérias. Esses microrganismos procariotas provavelmente floresceram na zona fótica das águas costeiras, onde Fe (II) e nutrientes foram disponibilizados por uma combinação de intemperismo continental e ressurgência de correntes profundas contendo um componente hidrotérmico (Cloud, 1973).

Sob uma atmosfera anóxica, o oxigênio necessário estaria confinado nos chamados *oxygen oases* em oceanos estratificados, com uma fina zona oxigenada sobreposta a uma coluna de água anóxica e ferruginosa. (BEKKER, 2010)

Um outro fator fundamental estaria relacionado com a contribuição relativa dos fluidos hidrotermais, uma vez que as concentrações de vestígios de metais, suas proporções e correlações entre concentrações de elementos, mostram uma fonte principalmente hidrotérmica modificada por mistura com água do mar, como as plumas mantélicas, sendo estas as responsáveis por injeção de ferro e sílica no ambiente inicial de formação (GROSS,1980)

## 2.5. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: FOLHA CAMPOS ALTOS

A Folha Campos Altos, delimitada pelas coordenadas 46°00'00" W / 20°00'00"S e 46°30'00" W / 19° 30' 00" S, se localiza a aproximadamente 50km a E da cidade de Araxá, e a 260km a W de Belo Horizonte (Figura 3).

A Folha reúne os municípios de Ibiá, Campos Altos, São Gotardo, Santa Rosa da Serra, Córrego Danta, Tapiraí, Pratinha, Medeiros e Bambuí e as sedes dos municípios de Campos Altos, Pratinha, Medeiros e Tapiraí e os vilarejos de Tobati, São Jerônimo dos Poções, São José da Bela Vista, Cachoeirinha, Altolândia e Vila Nova.

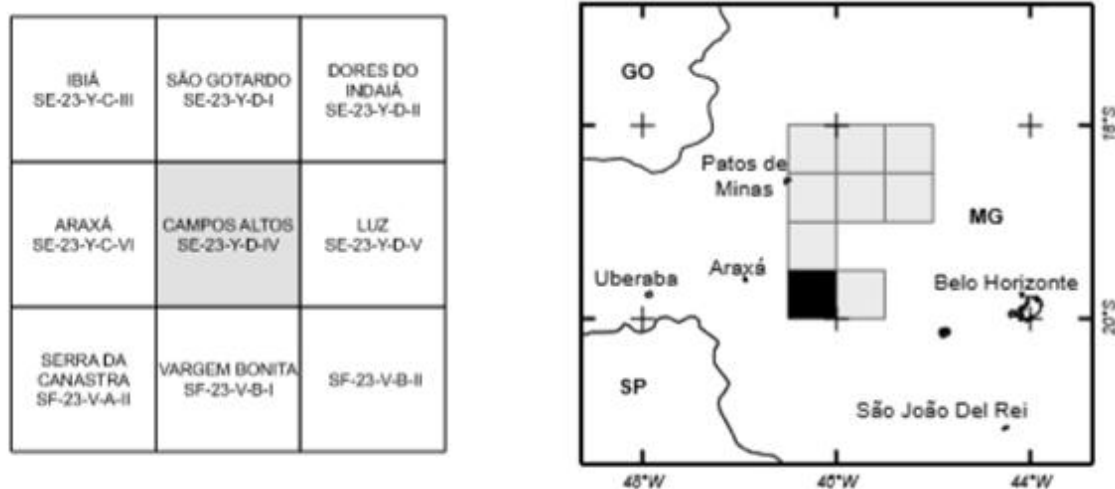


Figura 2 - Localização e articulação da Folha Campos Altos (SEER e MORAES, 2011)

A Folha Campos Altos é cortada de E-W pela BR-262 e de N-S pela BR-354. Possui boa rede de estradas vicinais, cuja manutenção fica a cargo das prefeituras locais. O sistema de drenagens da Folha, se divide em 5 bacias

hidrográficas: Bacia do Rio Misericórdia e Ribeirão Santa Tereza, no setor NNW, bacia do setor NE, bacia do Rio Perdição no Centro-Leste, bacia do Ribeirão da Pimenteira no setor SW e bacia do Rio Bambuí no setor SE da Folha.

A área de estudo deste trabalho se encontra na porção centro-oeste da Folha Campos Altos, mais precisamente a cerca de 8 km a W da cidade de Pratinha e 53 km à E da cidade de Araxá. O acesso a área, tendo como referência a cidade de Araxá, se dá por meio da BR-262 e a rodovia LMG-827 (figuras 4 e 5).



**Figura 3 - Posicionamento geográfico do estado de Minas Gerais e da cidade de Pratinha. (GOOGLE MAPS,2018)**



**Figura 4 - Localização da área de estudo (retângulo vermelho) em relação a cidade de Pratinha (GOOGLE EARTH,2018)**

## 2.6. GEOLOGIA REGIONAL: A FAIXA BRASÍLIA

A estrutura geológica do Brasil Central é, em grande parte, herdada da orogênese Brasileira, acarretando em complexas faixas de dobramentos separadas por Crátons. As faixas correspondem a bacias sedimentares mesoproterozóicas e neoproterozóicas, afetadas por processos tectônicos de inversão, enquanto que os Crátons são áreas estáveis, não afetadas pelos processos orogenéticos brasileiros. (UHLEIN et al., 2012)

A Faixa Brasília se desenvolveu no flanco oeste e sul do Cráton São Francisco durante o ciclo Orogênico Brasileiro (ALMEIDA, 1977) Na sua porção norte possui direção aproximadamente N-S e extensão acima de 1100 km e, ao sul, as estruturas mudam significativamente e passam a ter direção E-W.

Segundo Pimentel et al. (2001), o embasamento da Faixa Brasília é constituído por rochas retrabalhadas no Paleoproterozoico. Exposto principalmente nas regiões de Almas-Cavalcante e Anápolis, o embasamento é interpretado como a porção denominada meridional do continente São Francisco - que foi envolvido na Orogenia Brasileira.

A marcante polaridade estrutural e metamórfica exibida pela faixa é reconhecida de longa data. Propuseram diferentes compartimentos, desde a zona cratônica, a leste, até o que denominaram de embasamento antigo, o qual corresponde ao núcleo metamórfico interno da faixa, em parte representado pelo Maciço de Goiás (FONSECA et al. 1995).

A idade e a importância das diferentes unidades de rochas sedimentares do Cinturão de Brasília têm sido uma questão de debate contínuo. Eles formam uma pilha espessa de unidades sedimentares que se estendem por mais de 1.000 km aproximadamente na direção NS, ao longo da margem oeste do Cráton do São Francisco. Falhas reversas e nappes marcam os limites entre as principais unidades estratigráficas e indicam claramente o transporte tectônico em direção ao leste (PIMENTEL, 2006)

Segundo Pimentel et al. (2001) Mais recentemente, alguns esforços foram realizados para investigar a proveniência dos sedimentos originais usando análises em zircões. Esses estudos forneceram informações úteis sobre a idade máxima de deposição e sobre o cenário tectônico original das diferentes associações supracrustais, em especial dos grupos Araxá, Ibiá, Canastra e Paranoá.

A Faixa Brasília apresenta uma evolução complexa e possivelmente diacrônica, o que possibilitou subdividir a Faixa em duas grandes porções. A porção setentrional, está relacionada com a interação entre os Crátons do São Francisco e Amazônico, enquanto que, na porção meridional, região de interesse deste trabalho, é resultado da interação do Cráton do São Francisco com o Cráton Paranapanema (UHLEIN et al. 2012).

O contexto geotectônico da Faixa Brasília mais aceito na atualidade, atribui um conjunto de estruturas de um único ciclo termo-tectônico, relacionado ao Ciclo Brasileiro. Durante este ciclo foram geradas seis fases de deformação reconhecidas, com base em critérios de superposição. (SILVA, 2003)

Silva (2003) caracteriza como a fase principal de deformação a fase intitulada D2, que apresenta como principal estrutura a foliação S2, plano axial das dobras D2. A foliação em questão apresenta uma orientação preferencial de minerais como micas, grafita, Ilmenita e quartzo. S2 aparece em afloramentos como uma clivagem de crenulação que sobrepõem as foliações mais antigas (S0 e S1), resultando em um efeito de foliação comporta S0//S1//S2.

Para Uhlein et al. (2012) a fase deformacional principal é chamada de Fase Dp, tem como resultado uma série de dobramentos assimétricos, com xistosidade plano-axial (Sp), caracterizada como a mais importante e penetrativa, com expressão regional, metamorfismo progressivo, lineações de estiramento transversais à faixa, além de falhas de empurrão, com direção aproximadamente N-S e com transporte para leste.

## **2.7. GEOLOGIA LOCAL**

### **2.7.1. ESTRATIGRAFIA DO GRUPO CANASTRA**

A Folha Campos Altos como um todo, apresenta uma grande variedade de litotipos, subdivididos em unidades geológicas, como apresentado na figura 6. Entre os domínios da Folha, destaca-se o Grupo Canastra, região estudada neste trabalho, onde se localizam as rochas mais antigas e com a maior distribuição areal, ocupando toda a região sudoeste, centro, centro sul e centro norte da Folha, como observado por Seer e Moraes (2012).

O mapeamento geológico realizado por Seer e Moraes, 2011, colocou em evidência a existência de duas diferentes sequências sedimentares envolvendo o Grupo Canastra: uma sequência detrítica, e outra detrítico-química. A primeira sequência, correlacionada ao SubGrupo Paracatú, foi individualizada nas Unidades C3, C4, C5, C6, C7 e C8, enquanto que a sequência detrítico-química, correlacionada ao SubGrupo Chapada dos Pilões, foi separada nas Unidade C1 e C2. (figuras 5 e 6).

A sequência detrítico-química apresentou como parâmetro de subdivisão, a associação e abundância de suas rochas. De acordo com Seer e Moraes (2011), a Unidade C1 foi caracterizada como uma sequência de sericita filito, clorita-quartzo xisto e mármore, quartzito e quartzito micáceo e, muito subordinadamente, a presença de formação ferrífera bandada. Já a Unidade C2 apresenta uma sequência de sericita filito, moscovita-quartzo xisto, quartzito micáceo e quartzito com intercalações de xisto carbonoso e uma presença mais significativa de formações ferríferas bandadas de maior abundância e espessura, sendo esta a unidade onde se encontra as formações ferríferas bandadas estudadas pelo presente trabalho.



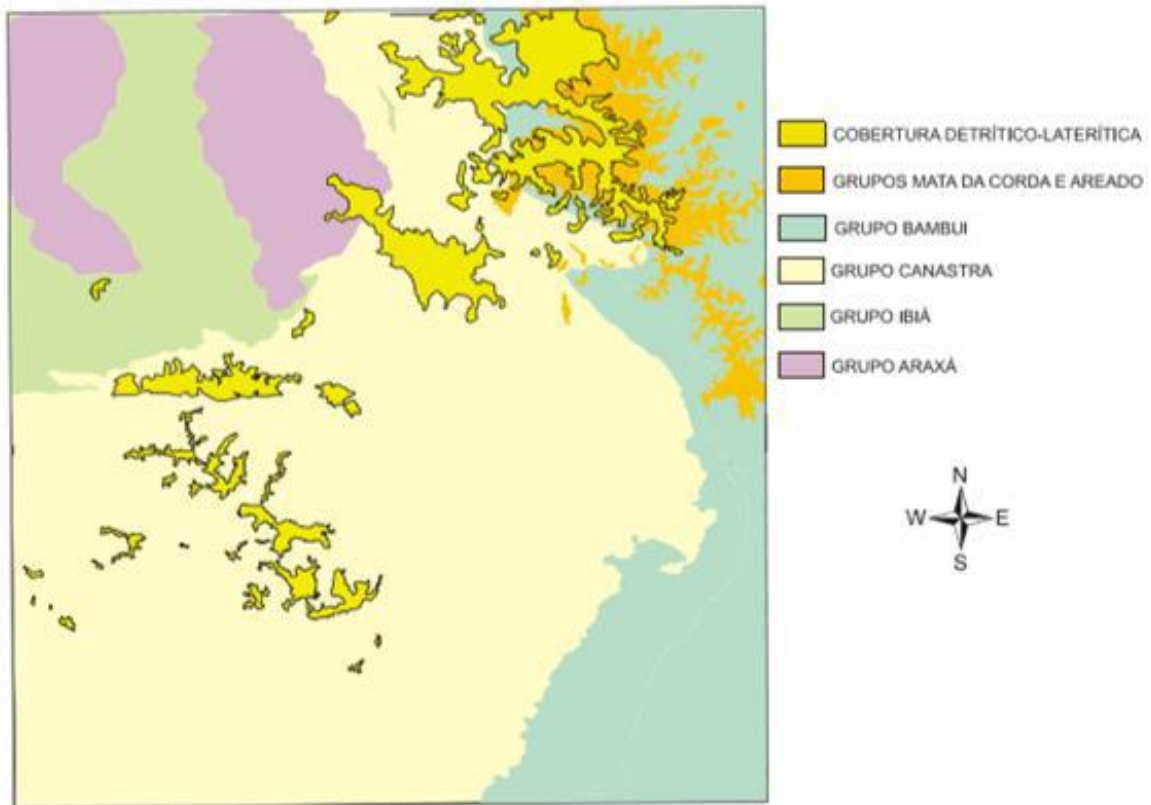


Figura 5 – Imagem esquemática em relação ao mapa geológico de escala 1:100.000 dos diversos grupos de rochas presentes na Folha Campos Altos. (SEER e MORAES,2011)

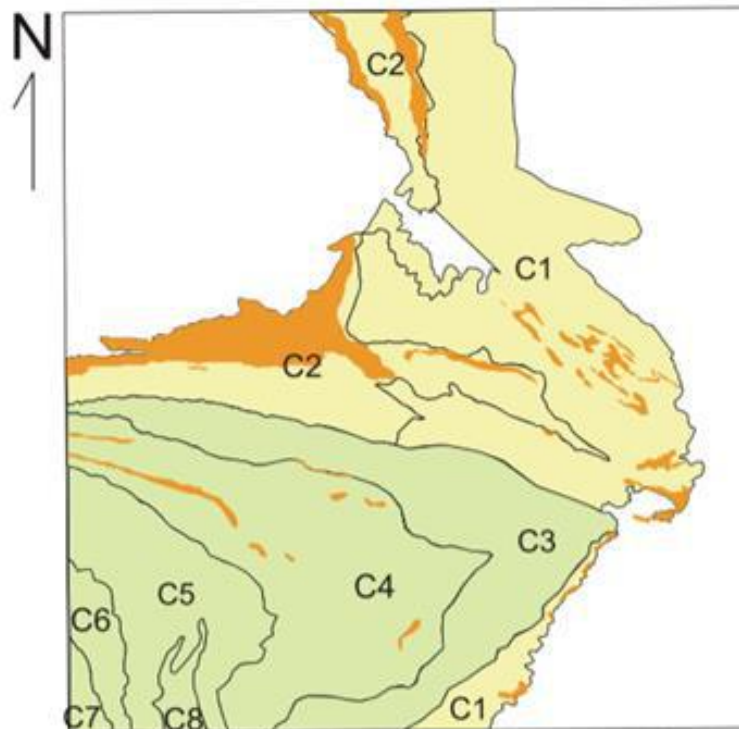


Figura 6 - - Imagem esquemática em relação ao mapa geológico de escala 1:100.000 da distribuição das Unidades do Grupo Canastra na Folha Campos Altos. Em tom laranja quartzito; em creme a sequência detritico-química; em verde a sequência detritica (SEER e MORAES, 2011)

A Unidade C2 (figura 8) apresenta como rocha predominante, um moscovita-quartzo xisto, fino, branco a cinza claro, que se encontra intercalado a quartzo-moscovita xisto, quartzito micáceo muito fino a fino, quartzito micáceo hematítico cinza, moscovita-grafita-quartzo xisto, quartzito hematítico cinza e quartzito branco muito fino a fino (Seer e Moraes, 2011).

Como observado por Seer e Moraes (2011), nas proximidades do contato com as rochas do Grupo Ibiá, os quartzitos hematíticos se apresentam de forma mais abundante, e isso é notável na chapada a norte da cidade de Pratinha. Neste ponto, ocorrem camadas de hematita xisto e concentrações de manganês em pequena escala. Estas rochas cedem lugar mais para o topo a sericita filito, quartzo-sericita filito e sericita-quartzo filito carbonoso. Em toda sequencia variações localizadas dos litotipos são hematita filito, moscovita-quartzo-hematita-clorita xisto, moscovita-quartzo xisto carbonoso, moscovita-magnetita-quartzo-hematita xisto e cianita-moscovita-quartzo xisto. A sequência é caracteriza por ser muito arenosa, com forte contribuição de precipitados de ferro. (Seer e Moraes, 2011)

De acordo com o mapeamento feito por Seer e Moraes (2011), a unidade C2, dentre as unidades destacadas, apresenta o maior potencial para hematita, em especial, na região da chapada de Pratinha, que é recoberta e sustentada por crosta laterítica e em cujas bordas ocorrem quartzitos hematíticos, e para oeste da cidade de Pratinha.

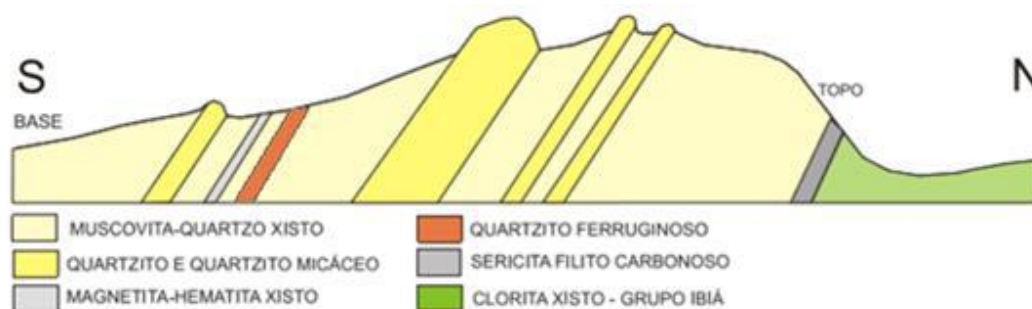


Figura 7 - Sessão geológica esquemática da unidade C2 (SEER e MORAES,2011)

### 2.7.2. GEOLOGIA ESTRUTURAL E METAMORFISMO

Seer e Moraes (2011) destacaram os principais elementos tectônicos presentes na Folha Campo Altos, representados por zonas de cisalhamento sub-horizontais e subverticais e grandes dobramentos sinformais e antiformais.

As zonas caracterizadas como de cisalhamento sub-horizontais, são falhamentos de empurrão com transporte tectônico para ESE, que conseqüentemente, promoveram o empilhamento das unidades litoestratigráficas representadas na base pelas rochas do Grupo Bambuí, na porção intermediária pelas rochas do Grupo Canastra e Ibiá e as rochas do Grupo Araxá no topo. (Seer e Moraes, 2011)

As falhas de empurrão que colocam as rochas do Grupo Canastra sobre as rochas do Grupo Bambuí, colocam em contato dois grandes domínios cuja história deformacional é similar em suas fases deformacionais mais novas, mas diferentes nas mais antigas. A área de estudo deste trabalho, se encontra no chamado Domínio II. (figura 9) (Seer e Mores, 2011)

Uma outra zona de falha de empurrão, observada por Seer e Moraes (2011) se faz presente e tem conseqüências significativas no Grupo Canastra, separando os dois domínios apresentados anteriormente e colocando a unidade detrítica sobre a unidade detrítica-química, associada a uma grande dobra sinformal com eixo WSW paralelo a uma série de lineamentos magnéticos fracos e descontínuos. (Seer e Mores, 2011)

As rochas do Domínio II possuem registros de seis diferentes fases deformacionais, baseadas em aspectos descritivos de estruturas, caracterizadas por Seer e Moraes (2011), que se superpõem e se sucedem no tempo de tal forma que as cinco fases iniciais evoluíram durante um único ciclo tectônico/metamórfico.

A maioria dos afloramentos registrados por Seer e Moraes (2011), registra uma foliação sub-horizontal, denominada pelos autores como S3, associada a uma lineação mineral, dobras isoclinais (D2 e D3) e uma crenulação mais recente (fase D4), todo conjunto suavemente ondulado (D5) e fraturado (D6) (Seer e Moraes, 2011).



Figura 8 - – Imagem esquemática em relação ao mapa geológico de escala 1:100.000 dos domínios estruturais da Folha Campos Altos (SEER e MORAES, 2011)

#### 2.7.2.1. FASES DEFORMACIONAIS D1 E D2

Estas duas fases deformacionais são descritas em conjunto, uma vez que não foi observado por Seer e Moraes (2011), dobras e/ou lineações minerais exclusivas da fase D1, foi observado apenas uma foliação metamórfica com granulação fina que sofreu dobramento por dobras isoclinais da fase deformacional D2. Deste modo, o que foi observado é uma foliação S0//S1//S2. (Seer e Moraes, 2011)

A fase denominada como D2 foi identificada por dobras isoclinais, transpostas pela clivagem S3, que dobram S1//S0, e seus eixos e lineação mineral associada possuem caimento para SW (figura 19).

O principal metamorfismo observado pelos autores, desenvolveu-se nas fases D1 e D2.

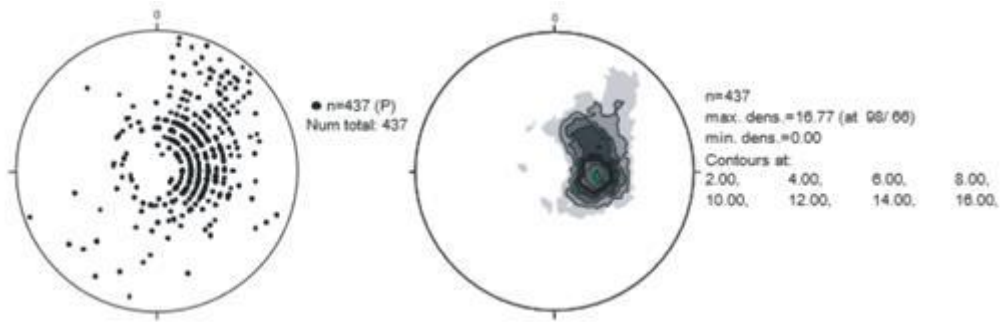


Figura 9 - Dobras isoclinais D2 que dobram S0//S1 com atitude 220/20 adaptado (SEER e MORAES, 2011)

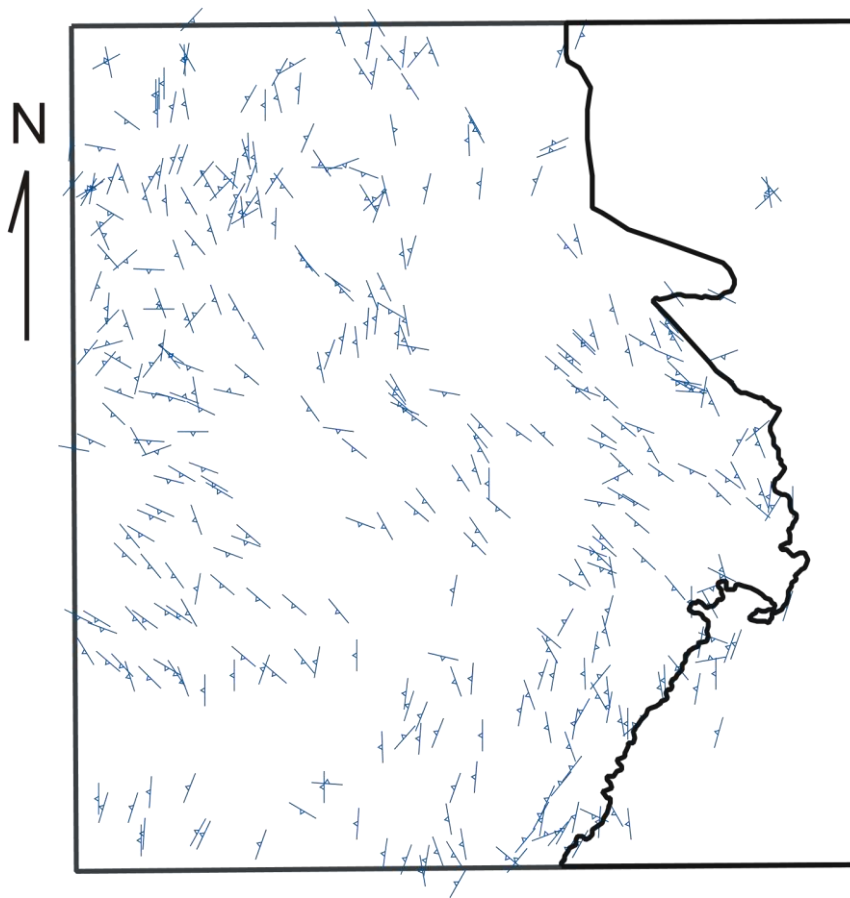
### 2.7.2.2. FASE DEFORMACIONAL D3

A principal característica estrutural desta fase de deformação é uma foliação sub-horizontal S3 com mergulho geral para W e crenulação, que se paraleliza às superfícies S0, S1 e S2 (figura 10). Essa foliação foi observada por Seer e Moraes (2011) em praticamente todos os afloramentos e foi descrita como a foliação principal da região. Sua distribuição em planta é mostrada na figura 11 (Seer e Moraes, 2011).





**Figura 10 - estereogramas de pólos da foliação S3 no domínio II (SEER e MORAES, 2011)**



**Figura 11 - Imagem esquemática em relação ao mapa geológico de escala 1:100.000 com a distribuição da foliação S3 em mapa (SEER e MORAES, 2011)**

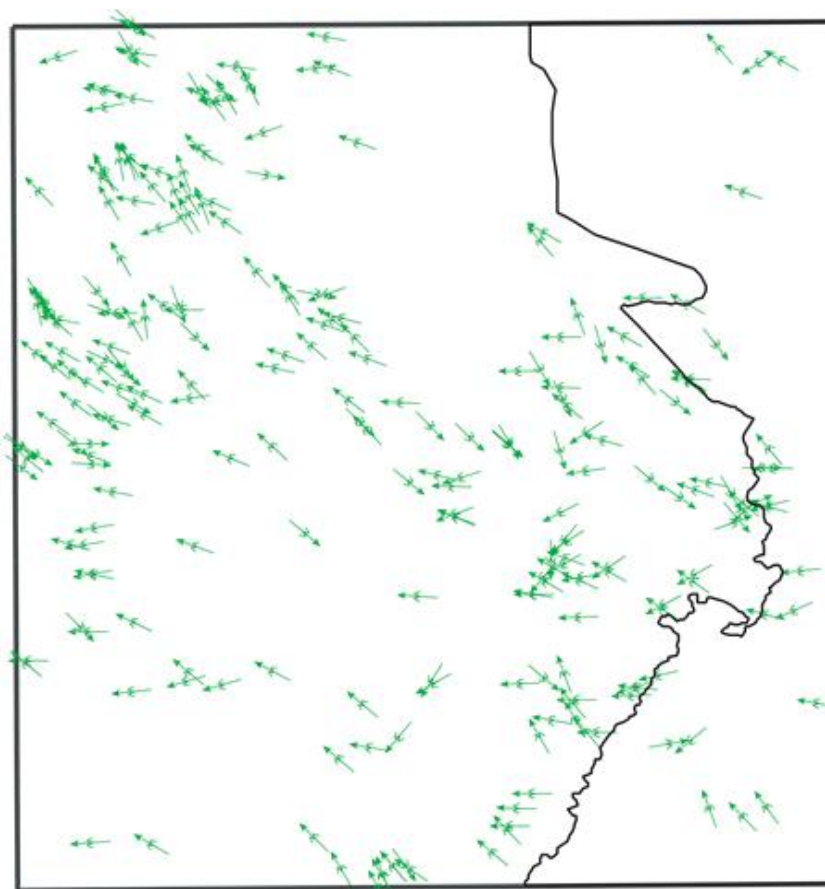
### **2.7.2.3. FASE DEFORMACIONAL D4**

A fase deformacional D4 é caracterizada como zonas de cisalhamento subverticais, ligadas ao desenvolvimento de falhas direcionais sinistras com direção geral N60W. Estas estruturas truncam as deformações anteriores e, nas zonas mais intensas, chegam a transpô-las. (Seer e Moraes, 2011)

Nas regiões mais intensas desta fase, ocorre uma foliação S4, com zonas alongadas de menor deformação, e que é plano axial de dobras com eixos sub-

horizontais. De acordo com o mapeamento realizado por Seer e Moraes (2011), os eixos de dobras associadas à fase D4 são sub-horizontais e possuem caimentos para NW, encontrando-se rotacionados, fato demonstrado pela dispersão dos valores em mapa e no estereograma realizados pelos autores. (figura 12)

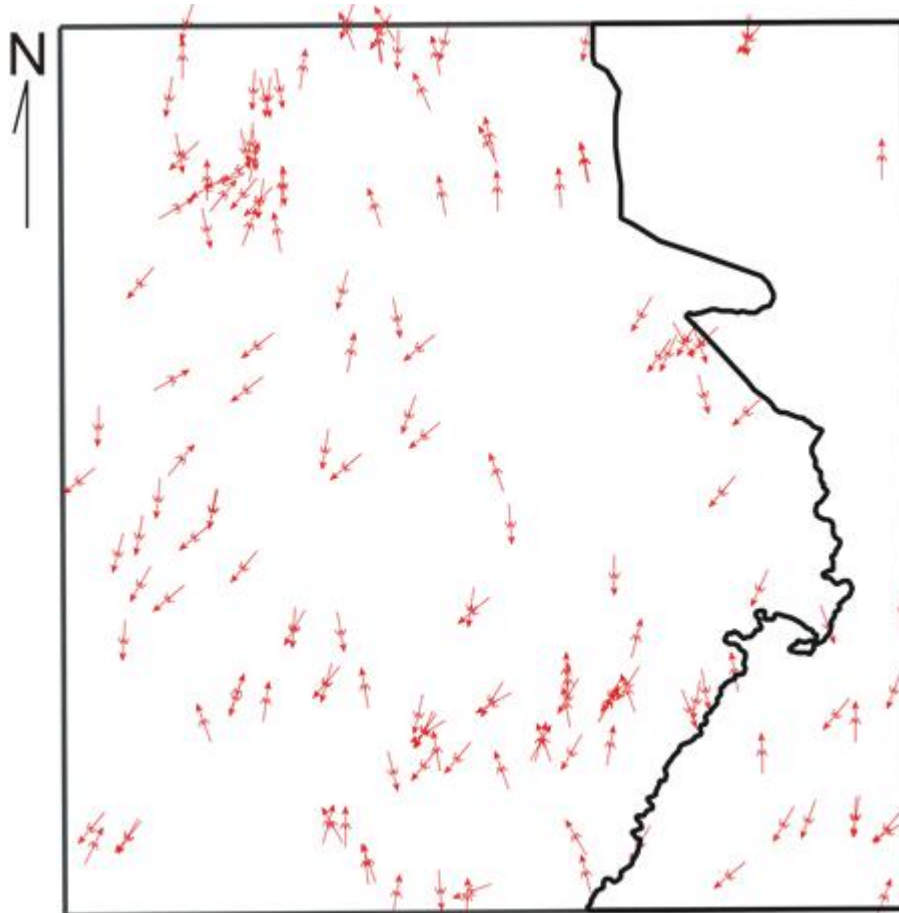
De acordo com o mapeamento estrutural realizado por aqueles autores, a fase D4 provocou a rotação das estruturas anteriores



**Figura 12 - - Imagem esquemática em relação ao mapa geológico de escala 1:100.000 com a distribuição dos eixos das dobras D4 (SEER e MORAES, 2011)**

#### **2.7.2.4. FASE DEFORMACIONAL D5**

Essa fase deformacional observada por Seer e Moraes (2011), é representada por dobramentos suaves e crenulações cujos eixos possuem orientações submeridiana, ora caindo para S ora para N, como observado no mapa produzido pelos autores. (figura 13)



**Figura 13 - Imagem esquemática em relação ao mapa geológico de escala 1:100.000 com os eixos de dobras e crenulações da fase deformacional D5 (SEER e MORAES, 2011)**

#### **2.7.2.5. FASE DEFORMACIONAL D6**

A fase deformacional D6 refere a todas as fraturas/falhas coletadas na Folha Campos Altos pelos autores Seer e Moraes (2011). A estatística destas estruturas pode ser observada na figura 14, onde se destaca quatro direções principais: 1) N50-60W; 2) N30-40E; 3) N80E; 4) N10W.



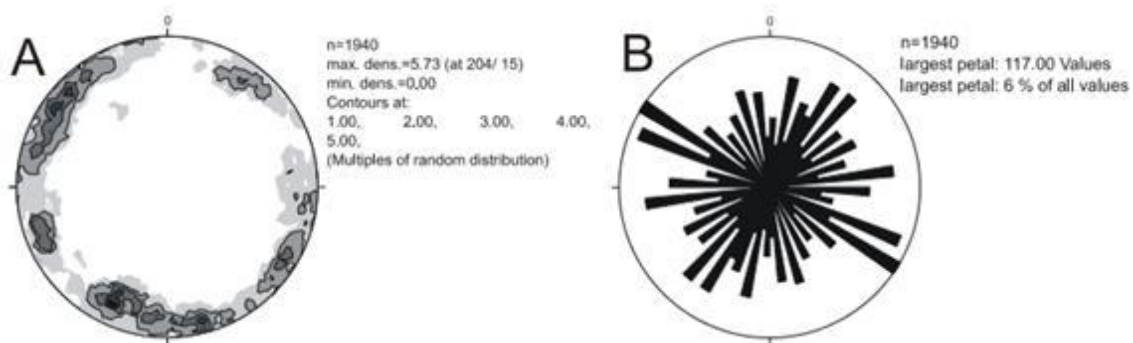


Figura 14 - A) Padrão de distribuição dos pólos de fraturas. B) Principais direções de fraturas (SEER e MORAES, 2011)

### 3. METODOLOGIA

As etapas deste trabalho, podem ser divididas em: Etapa Pré-Campo, Campo e Pós-Campo, descritas separadamente nos tópicos a seguir.

#### 3.1. ETAPA PRÉ-CAMPO

Esta etapa inicial do projeto, teve como finalidade, subsidiar o conhecimento base, tanto teórico quanto prático, para as fases subsequentes do projeto como um todo.

##### 3.1.1. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Realizou-se inicialmente uma pesquisa bibliográfica sobre a geologia, regional e local, permitindo assim, reunir informações fundamentais para o entendimento inicial da relação das formações ferríferas de Pratinha com o contexto geológico e estratigráfico em que elas se encontram.

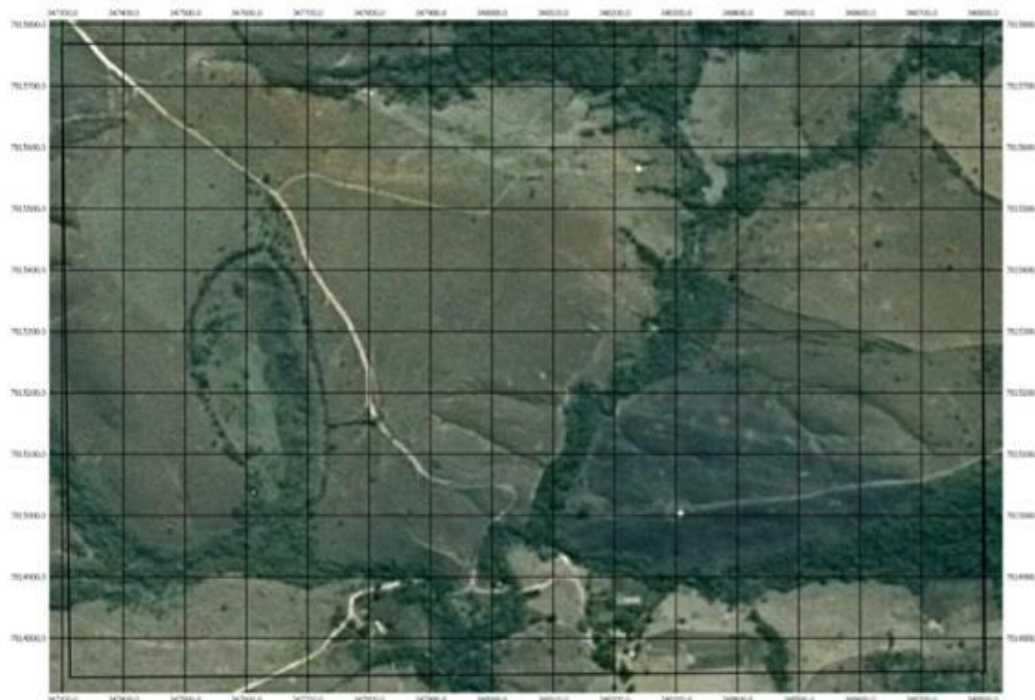
Além do levantamento bibliográfico relacionado à geologia da área estudada, foi realizado uma compilação de materiais já existentes sobre as formações ferríferas bandadas em geral, com o objetivo de relacionar a ocorrência estudada em um cenário geológico evolutivo já existente.

##### 3.1.2. ELABORAÇÃO DE MAPAS

Nesta fase foram reunidos os conhecimentos adquiridos na etapa anterior sobre a geologia regional e local, a fim de estabelecer um plano de pesquisa e,

através de imagens de satélite e fotografias aéreas da área estudada, confeccionar mapas preliminares da região. Para tanto, utilizou-se *softwares* como o Google Earth® e o ArcGis® 10.5.

Os mapas preliminares da região estudada, tiveram como objetivo principal orientar o trabalho de campo, possibilitando a comparação das imagens observadas com os elementos coletados em campo, garantindo assim as devidas concordâncias dos dados (figura 15).



**Figura 15 - Mapa preliminar de escala 1:10.000 confeccionado através de imagens de satélite.**

### **3.2. ETAPA DE CAMPO**

Foi realizado um trabalho de campo na região estudada, num total de quatro dias, que teve como objetivo o levantamento de dados geológicos e estruturais, analisando diversos afloramentos, contatos e ocorrências, para entender em detalhe a geologia local e a disposição espacial das formações ferríferas de Pratinha.

Foram descritos mais de 110 pontos no decorrer do trabalho, cada um com as suas características litológicas e estruturais e dados de georreferenciamento, garantindo assim, uma devida interpretação do contexto geológico e a

consequente elaboração do mapeamento em detalhe final, objetivo principal deste trabalho.



**Figura 16 - Trabalho de campo.**





**Figura 17 - Medição de estruturas durante o trabalho de campo.**



**Figura 18 - Análise de afloramentos durante o trabalho de Campo.**

### **3.3. ETAPA PÓS-CAMPO**

#### **3.3.1. MAPEAMENTO GEOLÓGICO**

Com o auxílio do *software* QGIS® e ArcGis® 10.5, todos os pontos descritos durante o trabalho de campo, foram integrados destacando as especificações de cada um e, com a sobreposição de imagens de satélite, foi

realizada a interpretação da geologia local e a geometria da ocorrência de hematita.

Os pontos integrados ao *software* foram destacados de acordo com suas características estruturais e litológicas e alguns pontos foram destacados por se tratar de contatos entre camadas ambos com o objetivo de entender de maneira detalhada a disposição dos corpos geológicos da região mapeada, possibilitando assim, a confecção de um mapa geológico em detalhe das formações ferríferas bandadas da região proposta.

Além da interpretação dos dados coletados, a observação em campo foi de suma importância para entender a disposição real das litologias. Fatos como a cor do solo e/ou fragmentos de rochas encontrados, foram fundamenta para orientar o mapeamento sempre destacando a presença ou não das formações ferríferas bandadas.

### **3.3.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS ESTRUTURAS**

De modo a complementar ao mapeamento geológico em detalhe realizado na etapa anterior, com o auxílio do *software* Dips da Rocscience®, foram processados todos os dados estruturais coletados em campo, gerando estereogramas que, através de uma análise estatística auxiliam na interpretação geométrica das formações ferríferas de Pratinha.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

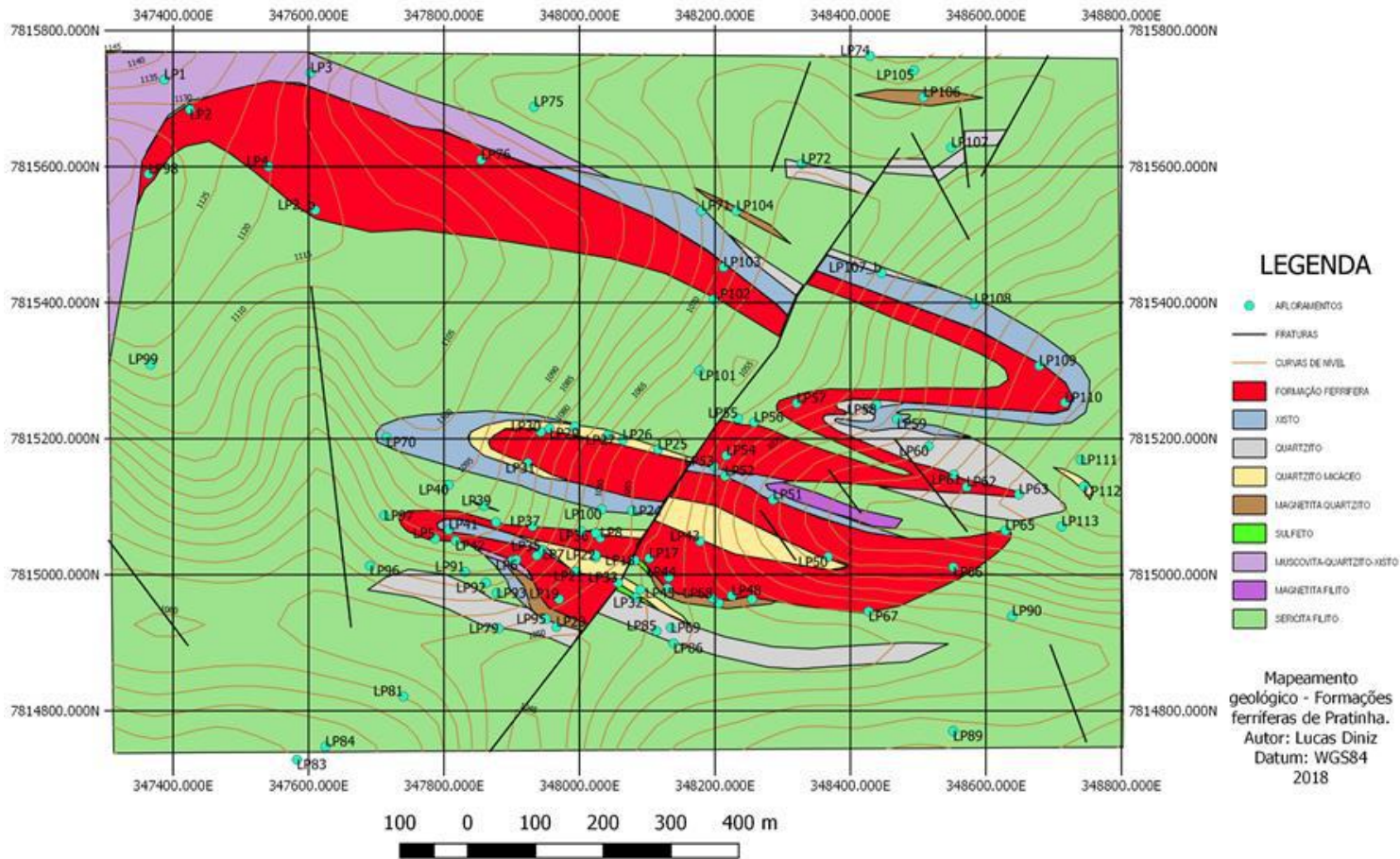
### **4.1. MAPEAMENTO GEOLÓGICO E ESTRUTURAL**

Após todas as análises e interpretações relacionando os dados coletados com o histórico geológico e estrutural, tanto regional quanto local, foi possível elaborar os mapas geológico/estruturais da formação ferrífera (Figuras 19 e 20).

De forma análoga às fases deformacionais encontradas na geologia regional, a formação ferrífera estudada apresenta um aspecto deformacional semelhante. Além disso, pode-se mapear uma falha de rejeito sinistral, em torno de 80 m, que desloca dois blocos do itabirito.

Durante o mapeamento geológico foram descritas diferentes litologias descritas a seguir.

## MAPEAMENTO GEOLÓGICO FORMAÇÕES FERRÍFERAS DE PRATINHA



**Figura 19 - Mapa Geológico das formações ferríferas de Pratinha**



# MAPEAMENTO GEOLÓGICO FORMAÇÕES FERRÍFERAS DE PRATINHA/MG

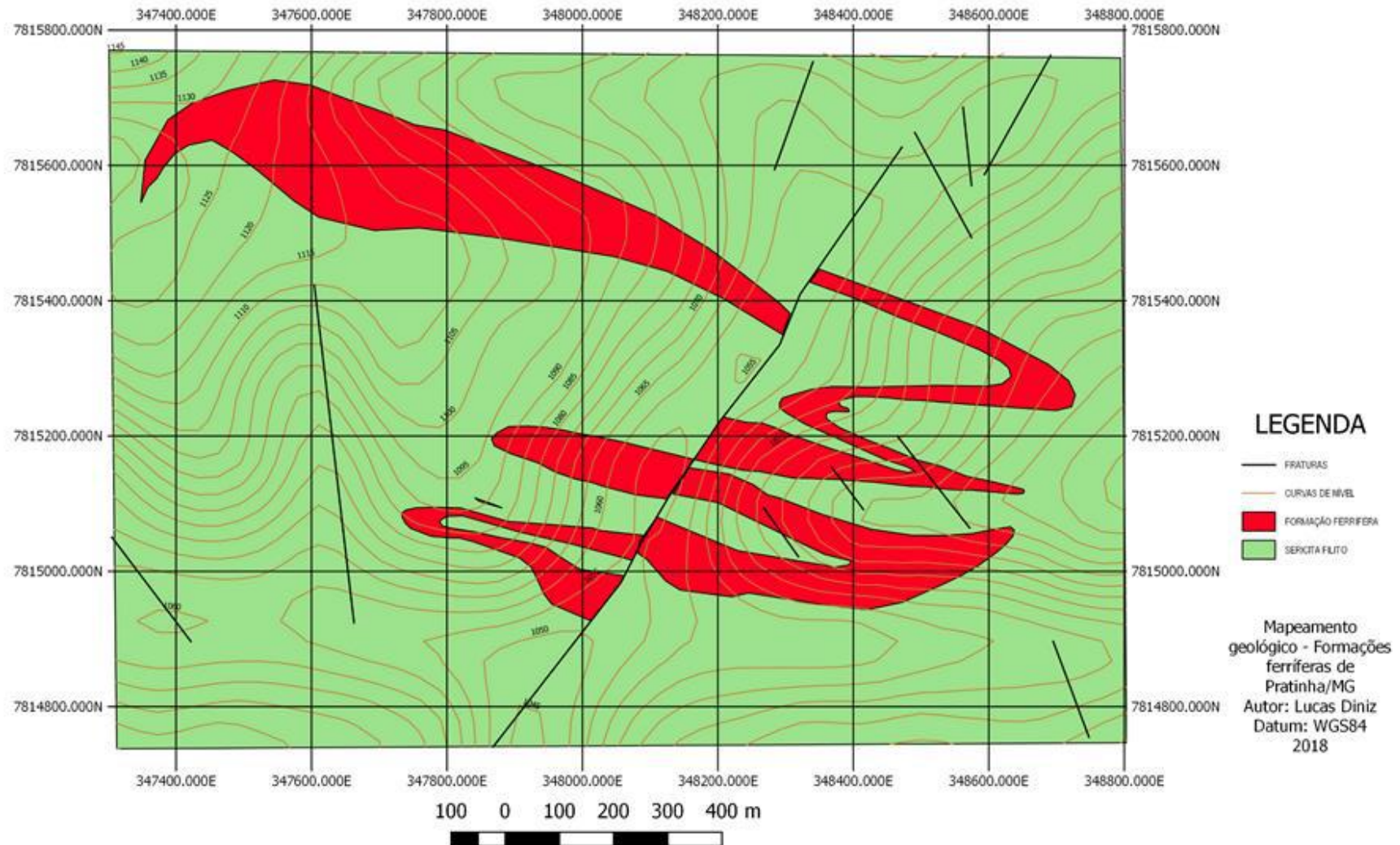


Figura 20 - Mapa geológico das formações ferríferas em destaque.



#### **4.1.1. LITOLOGIA**

As formações ferríferas encontradas na área de estudo, se apresentam de duas maneiras bem distintas: compacta e friável.

As classificadas como compactas, são fragmentos de hematita compacta, de 3 a 8 cm, encontradas em meio a um solo avermelhado, com presença elevada de magnetita em sua composição, ocorrendo também como pequenas lentes maciças no meio de itabirito friável. Os fragmentos mostram elevada densidade em comparação com as demais rochas encontradas. (figura 21)



**Figura 21 - Fragmento de hematita compacta.**

Já as formações ferríferas bandadas classificadas como friáveis, são mais expressivas dentro da área estudada. São compostas por bandas milimétricas alternadas de quartzo e hematita (figuras 22 e 23) sendo deste modo, classificadas como itabirito, deixando o material bem quebradiço e um aspecto cinza no solo em que elas se encontram.



**Figura 22 - Fragmento de hematita frável.**



**Figura 23 - Aspecto das hematitas fráveis em afloramento.**

Foi observado em alguns pontos do mapeamento, a presença de quartzitos brancos a creme. O quartzito é caracterizado como uma rocha metamórfica, contendo o quartzo como o principal componente.

O quartzito micáceo encontrado na área de trabalho, se apresenta fino e foliado, com o mesmo aspecto de cores encontrada nos quartzitos, uma tonalidade branca amarelada a creme. (Figuras 24 e 25)

Em alguns pontos foi possível observar uma variação para um quartzito micáceo ferruginoso, propiciando uma coloração mais acinzentada.



**Figura 24 - Amostra coletada de quartzito micáceo.**



**Figura 25 - Afloramento de quartzito micáceo com olhos de quartzo (Augen).**

Uma outra variação litológica encontrada do quartzito, foi magnetita quartzito, porem em uma menor expressão areal, como pode ser observada no mapeamento geológico proposto. (Figura 27)



**Figura 26 - Amostra coletada de magnetita quartzito.**



Em alguns pontos, observou-se afloramentos de fácies sulfeto, composta por bandas de chert (quartzito muito fino e branco acinzentado) e bolsões de sulfeto maciço rico em pirita e arsenopirita. (Figuras 27 e 28)



**Figura 27 - Amostra de sulfeto, coletada em campo.**



**Figura 28 - Amostra de sulfeto em campo.**

## **4.2. GEOLOGIA ESTRUTURAL**

### **4.2.1. HISTÓRICO DEFORMACIONAL DAS FORMAÇÕES FERRIFERAS DE PRATINHA**

As formações ferríferas de Pratinha, caracterizadas como do tipo Lago Superior, se formaram inicialmente em uma plataforma continental nas margens passivas do Cráton São Francisco, mais precisamente na porção meridional do Cráton. A idade deposicional destas formações, corresponde à idade de deposição do Grupo Canastra, de aproximadamente 1,3 a 1 Ga (Valeriano et al., 2004).

A deformação que afeta as formações ferríferas em questão, foram geradas pela interação direta do Cráton São Francisco com o Cráton Paranapanema, podendo-se destacar, no histórico deformacional, quatro diferentes fases deformacionais.

A fase deformacional inicial, denomina-se D1, consequência da convergência do Cráton São Francisco em relação ao Paranapanema, gerando uma foliação S1 em uma zona de subducção (Simões, 1995). Esta foliação está sempre paralela ao acamamento sedimentar original.

A segunda fase, considerada a fase principal de deformação, é denominada D2, e está relacionada com a expulsão das rochas da zona de subducção após a aproximação mais significativa entre os Crátons, apresentando uma foliação com mergulho para SW e paralela à foliação inicial de deposição e a S1, uma vez que as formações ferríferas a serem analisadas, se encontram num flanco de uma grande dobra sinforma, provocando este aspecto de foliação composta entre S1 e S2.

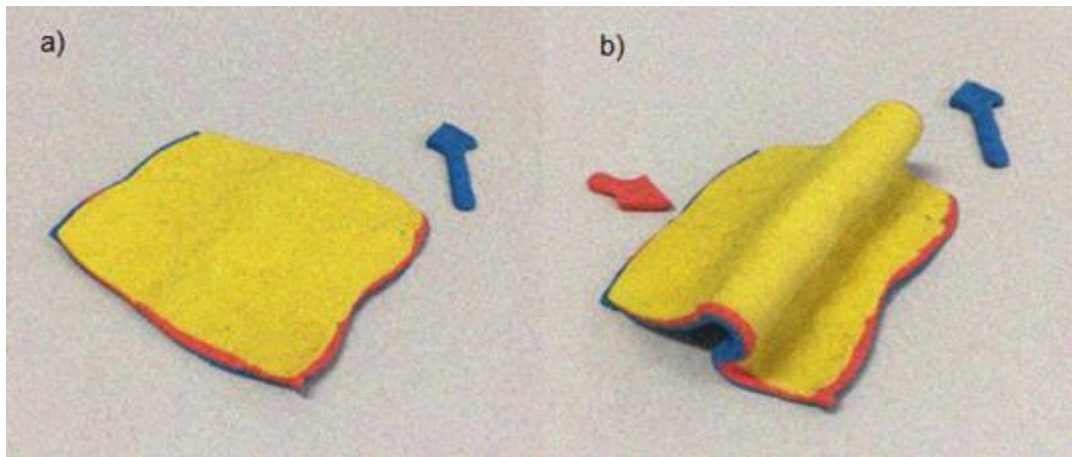
As duas fases deformacionais seguintes (D3 e D4), são caracterizadas em conjunto e englobam dobras suaves e em kinks, que se sobrepõem às fases anteriores de deformação, além do conjunto de falhas observadas em campo com direção NNW e NNE.

A geometria da camada principal de itabirito foi estabelecida com base nas dobras da fase D2 e seu redobramento posterior.

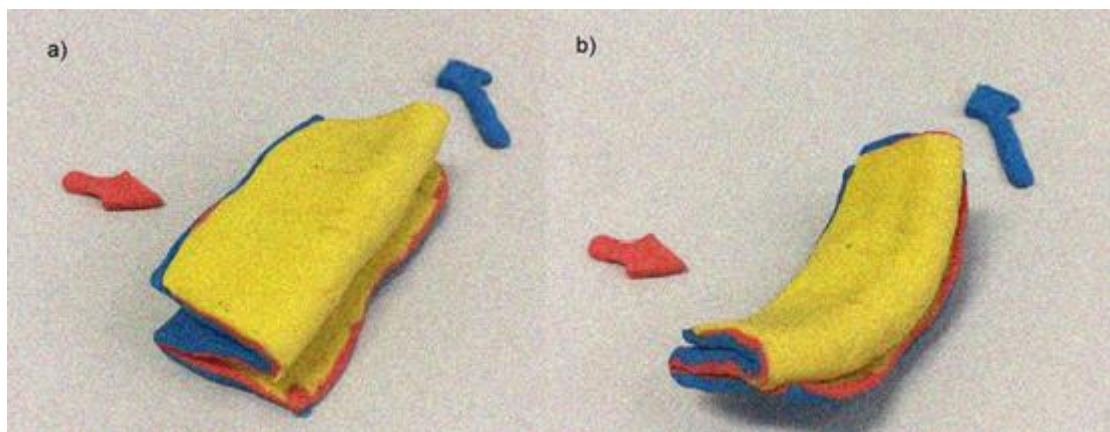
#### 4.2.2. MODELO GEOMÉTRICO FÍSICO

De modo a auxiliar na visualização das fases deformacionais presentes na geometria final, foi elaborado um modelo geométrico físico com a sobreposição e o histórico das fases deformacionais utilizando-se massa de modelar.

As três cores representadas no modelo caracterizam as três principais litologias, ou seja, filito (azul), quartzito (amarelo) e itabirito (vermelho). A seta em azul representa o Norte Geográfico, enquanto que a seta em vermelho esta associada aos esforços principais que atuam na região.



**Figura 29 - a) Figura. A) Deposição das camadas de argila, areia e ferro mais sílica formando-se superfícies S0. B) Primeira fase de deformação D1 com dobramento de S0 e metamorfismo das rochas sedimentares.**



**Figura 30 - a) Continuação da fase deformacional D1 gerando dobramentos isoclinais. b) Início da exumação e cavalgamento de nappes.**

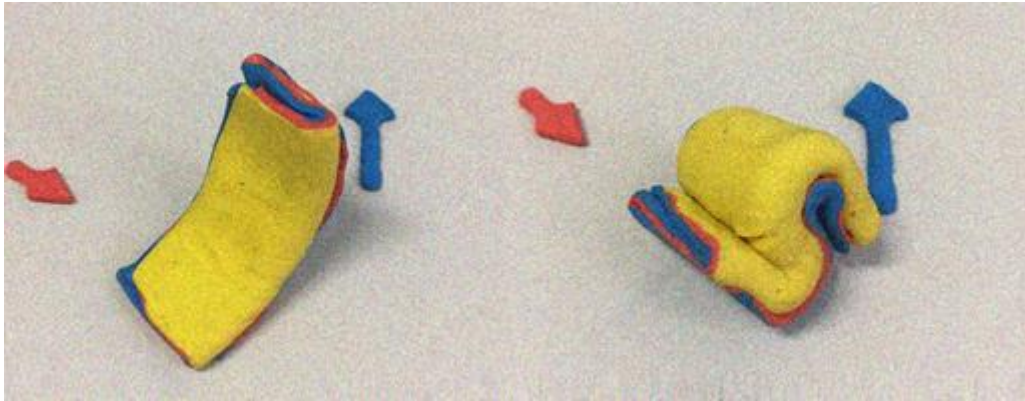


Figura 31 - a) Detalhe do flanco do empurrão. b) Dobras fechadas a isoclinais D2 dobrando S1 e S0. A foliação S2 é gerada paralelamente às superfícies axiais das dobras. Os eixos das dobras D2 caem para WNW.



Figura 32 - Corte horizontal no flanco, destacando geometria final e o aspecto em mapa das unidades geológicas.



### 4.2.3. ANALISE DAS ESTRUTURAS

A análise estatística das principais estruturas realizada no software Dips, permite uma melhor visualização de sua geometria.

O estereograma da foliação S1 (figuras 33) mostra que sua direção preferencial é de 290°, com mergulho médio de 49° no sentido 200°, portanto para o quadrante SW. Esta atitude também é notável no mapa geológico da figura 34. Esta atitude marca o flanco de uma grande dobra sinformal que se estende para SW até a Serra da Canastra.

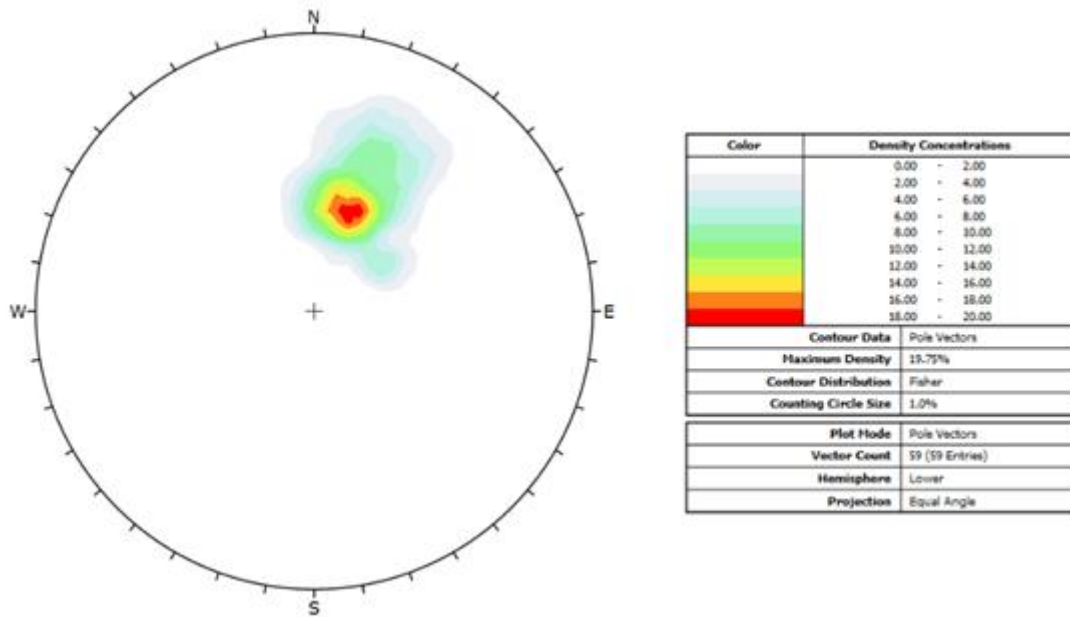


Figura 33 - Estereograma da foliação S1.

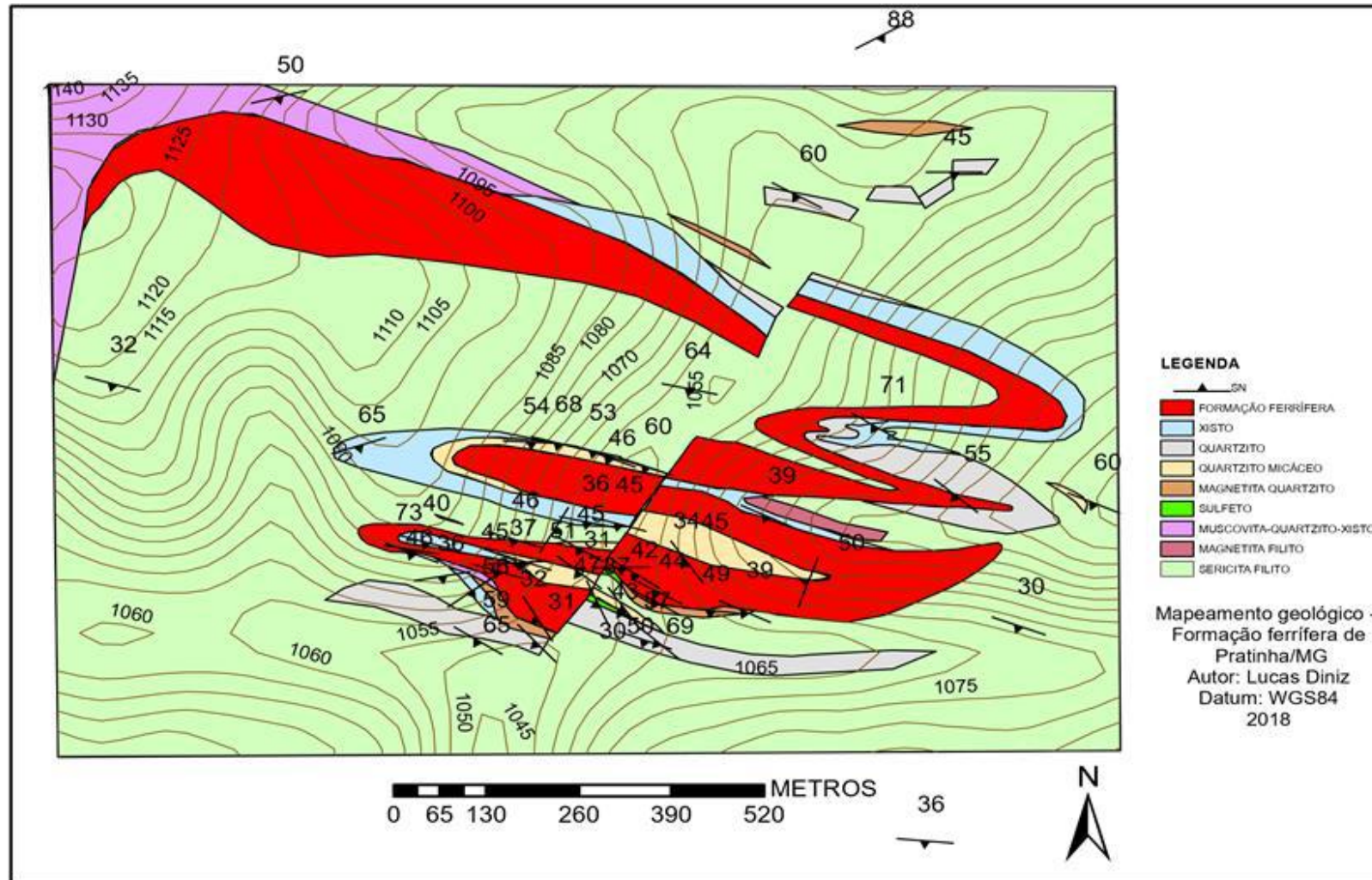
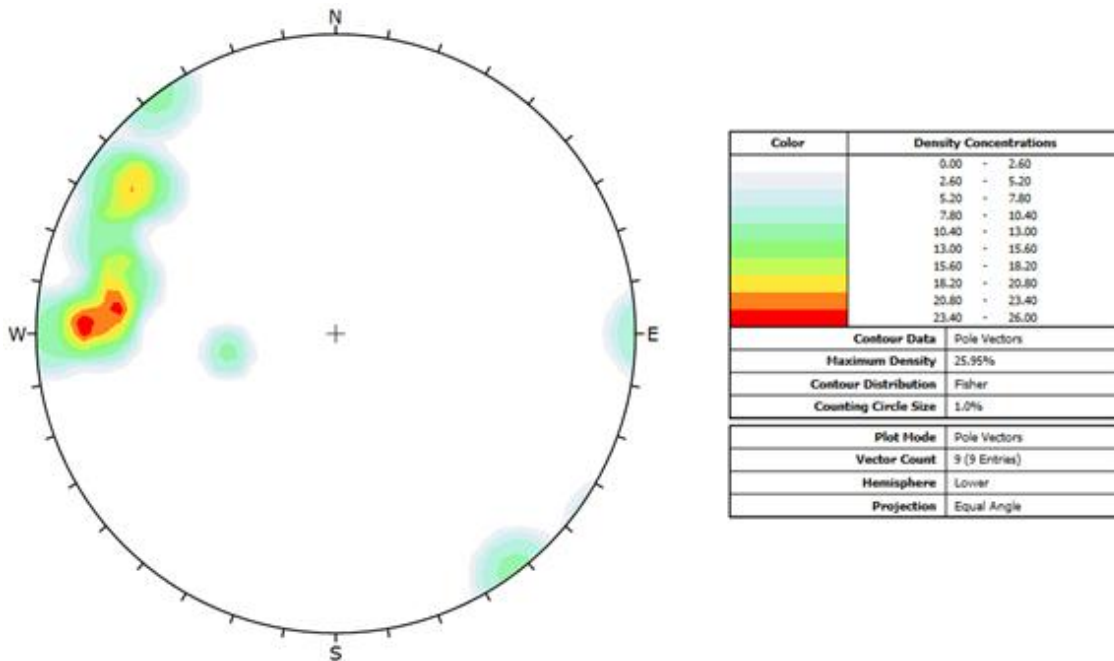


Figura 34 - Mapeamento geológico com os dados de foliação S1.

Similar às foliações SN, a mesma análise estatística foi realizada com base na lineação mineral, elaborando-se o mapa geológico com as lineações minerais em destaque e o estereograma das mesmas, nele se observa que a lineação mineral tem direção média de  $270^{\circ}$  e um mergulho médio bastante suave de  $15^{\circ}$ . (Figuras 35 e 36)



**Figura 35 - Estereograma dos dados coletados em campo relacionados à lineação mineral.**

A análise estatística através dos estereogramas, também foi realizada para caracterizar os eixos de dobras. Com base na interpretação do estereograma e da disposição espacial das estruturas em questão dentro do mapeamento, é possível concluir que as dobras da fase D2 possuem um caimento suave, tendendo ao paralelismo com as lineações minerais apresentadas anteriormente enquanto que as dobras mais novas da fase D3 são oblíquas a ortogonais às mais antigas.

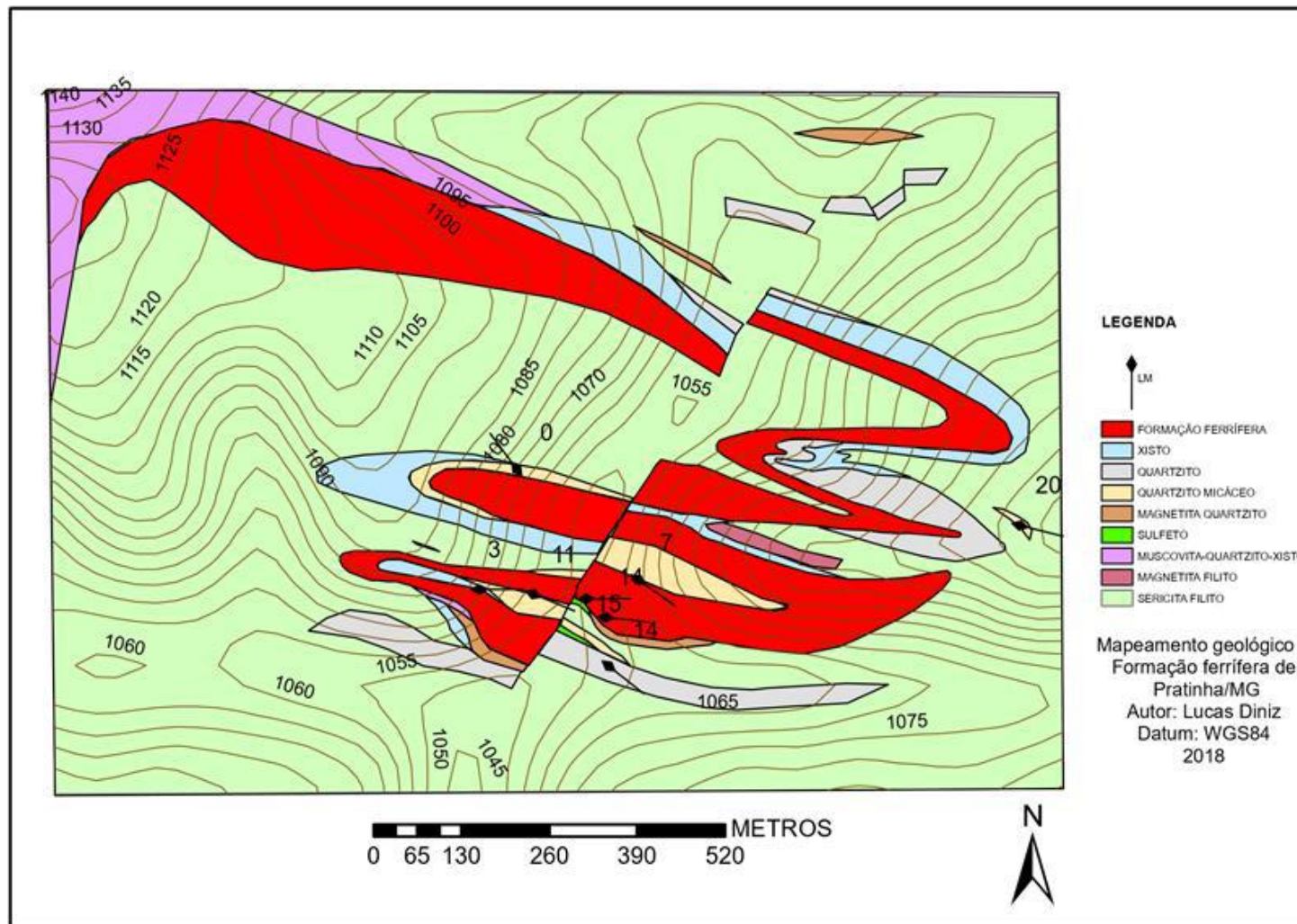


Figura 36 - Mapeamento geológico com os dados das lineações minerais.



A análise estatística também foi realizada para o conjunto de fraturas coletadas em campo. De acordo com o diagrama de roseta gerado (figura 38), foi possível observar uma tendência preferencial da direção das fraturas em NNE. Parte destas fraturas pode corresponder a fraturas geradas paralelamente à zona de dano da falha que corta a formação ferrífera.

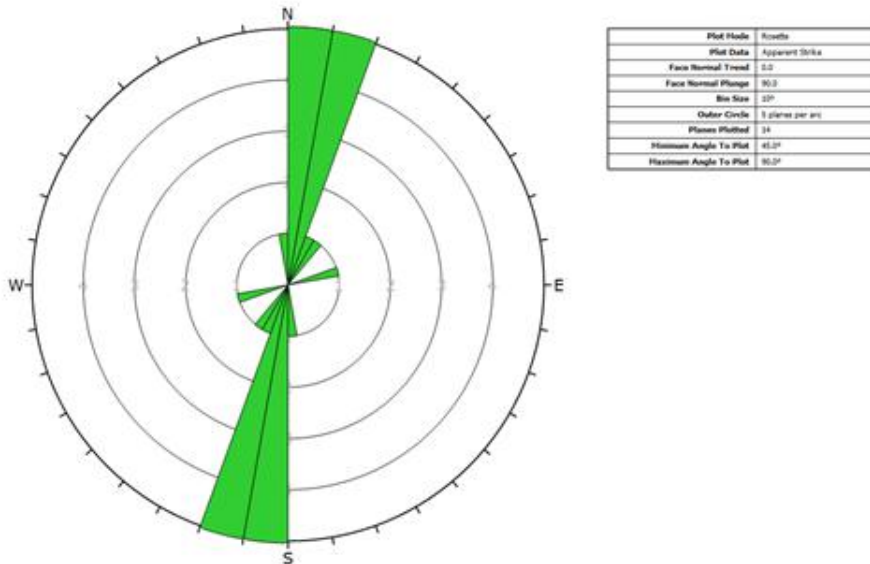


Figura 37 - Roseta gerada para as fraturas medidas em campo.

#### 4.2.4. SEÇÃO GEOLÓGICA ORTOGONAL ÀS ESTRUTURAS PRINCIPAIS

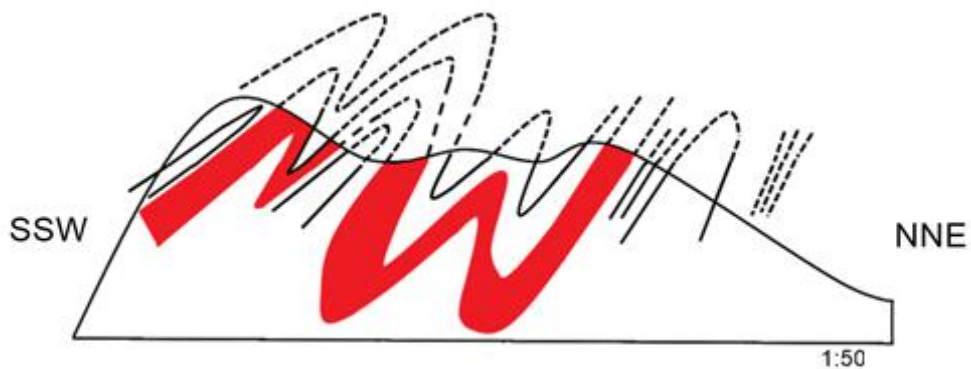


Figura 38 - Seção geológica com dobramento das formações ferríferas em destaque.

A seção geológica NNE (figura 39) representa um corte perpendicular às dobras principais da área e ilustra como suas superfícies axiais e flancos mergulham fortemente para SW. Dobras parasitas em escala de afloramento no itabirito, a atitude da foliação e os contatos geológicos permitiram a reconstrução das dobras maiores e uma estimativa de sua amplitude (mais ou menos 200m) e comprimento de onda (mais ou menos 150 m). Em mapa, repara-se que a camada de itabirito se fecha em si mesma o que indica que os eixos das dobras D2 estão arqueados ora para WNW, ora para ESE, perdendo-se a continuidade das camadas em superfície.

## 5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, conclui-se que, as formações ferríferas de Pratinha apresentam uma geometria semelhante à geometria dos dobramentos encontrados na geologia regional, principalmente causado pela interação entre as fases mais antigas de deformação (D1 e D2), contendo um mergulho significativo para SW, truncada por uma falha de rejeito sinistral, com direção NNE e mergulho vertical.

Foi possível destacar as principais rochas encaixantes associadas às formações ferríferas. Desta forma, temos que as principais rochas originais eram rochas sedimentares arenosas e argilosas e seu contexto regional, como indicado por estudos anteriores, indica que elas se formaram em uma plataforma marinha, como era de se esperar para o ambiente formador de formações ferríferas bandadas.

O dobramento principal D2 apresenta um caimento suave para WNW, tendendo ao paralelismo com as lineações minerais. As dobras D2 são fechadas e assimétricas com mergulhos dos flancos para SW. O mapa geológico e a seção geológica nos permitiram compreender a associação entre as litologias, onde as camadas de formações ferríferas se fecham em si mesmas em alguns locais, indicando um arqueamento dos eixos das dobras D2, ora para WNW, ora para ESE. Também sugerem que o itabirito é uma camada individual intensamente dobrada e que em alguns locais transiciona para quartzitos filitos ferruginosos.

As principais foliações observadas (S1 e S2) apresentam paralelismo, apresentando um caráter composto S0//S1//S2, por se localizarem no flanco de uma grande dobra regional sinformal.

O mapeamento geológico e estrutural das formações ferríferas de Pratinha, caracteriza-se como o primeiro passo de conhecimento dessas formações. Estudos de pesquisa mineral posteriores devem ser realizados de modo a garantir um entendimento mais aprofundado das mesmas, relacionando as formações ferríferas de Pratinha com as demais ocorrências observadas na Folha Campos Altos.

## 6. REFERÊNCIAS

- Almeida F.F.M. de. 1977. O Cráton do São Francisco. *Rev. Bras. Geoc.*, 7(4)
- Barcelos H. O. 2010. Jigagem de minérios itabiríticos. MSc Dissertação, Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- Bekker, A., Slack, J.F., Planavsky, N., Krapež, B., Hofmann, A., Konhauser, K.O. Rouxel, O.J. 2010. Iron Formation: The Sedimentary Product of a Complex Interplay among Mantle Tectonic, Oceanic, and Biospheric Processes. *Economic Geology*.
- Beukes, N.J.& Gutzmer, J. 2008. Origin and Paleoenvironmental significance of major iron formations at the Archean-Paleoproterozoic boundary. *Reviews in Economic Geology*
- Biondi, J. C. (1999). Distribuição no tempo geológico dos principais depósitos minerais brasileiros: 1. Cadastro dos modelos genéticos e idades dos depósitos. *Revista Brasileira de Geociências*.
- Carvalho P. S. L., Silva M. M., Rocio M. A. R., Moszkowicz J. 2014. Minério de ferro. BNDES Setorial, Rio de Janeiro,
- Cloud, P., 1973, Paleocological significance of banded iron-formation: *ECONOMIC GEOLOGY*, v. 6
- DANA, J. D.; HURLBUT, C. S. Manual de mineralogia. v. 1. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S. A, 1976
- Fonseca, M. A. (1995). Faixa Brasília setor setentrional: estilo estruturais e arcabouço tectônico. *Revista Brasileira de Geociências*.
- Gross G.A. 1980. A classification of iron-formation based on depositional environments. *Canadian Mineralogist*, 18
- HENRIQUES, A. B. Caracterização e estudo das propriedades eletrocinéticas dos minerais de ferro: Hematita, goethita e magnetita. 2012. Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2012
- Huston, D.L. & Logan, G.A. 2004, Barite, BIFs and bugs: Evidence for the evolution of the Earth's early hydrosphere. *Earth and Planetary Science Letters*, 220:
- JESUS, C. A. G. Sumário Mineral 2016. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, 2016.



- Jacobsen, S.B. & Pimentel-Klose, M.R. 1988. A Nd isotopic study of the Hamersley and Michipicoten banded iron formations: the source of REE and Fe in Archean oceans. *Earth and Planetary Science Letters*.
- Klein, C. 2005. Some Precambrian banded iron-formations (BIFs) from around the world: Their age, geologic setting, mineralogy, metamorphism, geochemistry, and origin. *American Mineralogist*, 90:
- Maia E. S. 2011. Pelotização e redução de concentrado magnetítico. MSc Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos da PUC-Rio, Rio de Janeiro.
- Pimentel, M. M.; Dardenne, M. A.; Fuck, R. A.; Viana, M. G.; Junges, S. L.; Fischel, D. P.; Seer, H. J. & Dantas, E. L. 2001. Nd isotopes and the provenance of detrital sediments of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil. *Journal of South American Earth Science*, 14:
- PIMENTEL, M. M. (2016). The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil.
- Policarpo, F. F. Minério de ferro: desafios para as indústrias mineral e siderúrgica. publicação de monografia. UFMG, Belo Horizonte
- Roberto J. B. 2010. Influência dos diversos tipos litológicos nas operações de concentração da instalação de beneficiamento de Brucutu. MSc Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas.
- Rolim, V. K. (2016). As formações ferríferas da região de conceição do mato dentro - mg: posicionamento estratigráfico, evolução tectônica, geocronologia, características geoquímicas e gênese dos minérios. Instituto de geociências da UFMG, Belo Horizonte.
- Simonson, B.M. 2003. Origin and evolution of large precambrian iron formations. *Geological Society of America Special Papers*, 370:
- Seer, H. J., & Moraes, L. C. (s.d.). 2011. Projeto Alto Paranaíba. Folha Campos Altos. CODEMIG-UFMG, Belo Horizonte.
- SILVA, C. H. (2003). Evolução geológica da Faixa Brasília na região de Tapira, sudoeste de Minas Gerais.
- Takehara L. 2004. Caracterização geometalúrgica dos principais minérios de ferro brasileiros – fração sinter feed. PhD Tese, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Uhlein, A., Fonseca, M. A., Seer, H. J., & Dardenne, M. A. (s.d.). Tectônica da faixa de dobramentos Brasília . Setores setentrional e meridional. - Instituto de Geociências, UnB, Brasília.