



Universidade de Brasília – UnB
Instituto de Geociências – IG
Programa de Pós-Graduação em Geologia

***FOOTPRINT DO MINÉRIO DE FERRO COMPACTO, SERRA
NORTE, PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS***

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 534

SAMUEL DE MELO MACHADO

Orientadora: Prof. Dra. Catarina Laboure Bemfica Toledo

Coorientadora: Profa. Dra. Adalene Moreira Silva

Brasília

2025

SAMUEL DE MELO MACHADO

***FOOTPRINT DO MINÉRIO DE FERRO COMPACTO, SERRA
NORTE, PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS***

Dissertação de mestrado apresentada junto ao curso de Pós-Graduação em Geologia, área de concentração em Prospeção e Geologia Econômica, Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geologia.

Orientadora: Profa. Dra. Catarina Laboure Bemfica Toledo

Coorientadora: Profa. Dra. Adalene Moreira Silva

Banca examinadora:

Profa. Dra. Catarina Laboure Bemfica Toledo (UnB) (Orientadora)

Prof. Dr. Elton Luiz Dantas (UnB)

Prof. Dr. Joel Buenano Macambira (UFPA)

Brasília

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

MM149f Machado, Samuel
 FOOTPRINT DO MINÉRIO DE FERRO COMPACTO, SERRA NORTE,
 PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS / Samuel Machado; orientador
 Catarina Toledo; co-orientador Adalene Silva. Brasília,
 2025.
 279 p.

 Dissertação (Mestrado em Geologia) Universidade de
 Brasília, 2025.

 1. Prospeção e Geologia Econômica. 2. Footprint. 3.
 Metalogênese. 4. Minério de Ferro. 5. Província Mineral de
 Carajás. I. Toledo, Catarina, orient. II. Silva, Adalene,
 co-orient. III. Título.

AGRADECIMENTOS

À minha esposa, Dalylla, que tem sido minha companheira de vida, fonte contínua de inspiração e suporte. Entendeu meus momentos de ausência (férias, finais de semana e noites após o retorno da mina), dedicados ao mestrado. Me motivou nos dias de pouca esperança. Sua força e determinação me ensinam, sempre.

Ao meu filho Vicente, que nasceu na data de início desse projeto. A paternidade e o mestrado começaram juntos. Involuntariamente meu filho participou – ativamente – dessa jornada. Me acompanhou nas viagens para a realização das disciplinas e campos, desde os três meses de vida. Foi e é, diuturnamente, fonte de renovação. Ainda criança, não tem ciência da inspiração que representa. Espero que um dia essa dedicatória lhe sirva como um memorial, que seja de alguma forma também engajamento, para que se enverede pelos caminhos da busca do conhecimento e da sabedoria.

Aos meus pais, fotógrafo Machado e professora Neiva, incansáveis na missão de educar e formar os filhos, em todos os sentidos. Me ensinaram – empiricamente – o quanto a felicidade é concreta (e sóbria), quando não está alicerçada em nós mesmos. Somos três filhos geólogos, graças a vocês. Fizeram e deram a nós, o que não fizeram e tão pouco deram a vocês.

Aos meus irmãos, Daniel e Gabriel, companheiros nessa desafiadora e satisfatória estrada da geologia. Tenho muito orgulho das pessoas e dos profissionais que se tornaram.

Às minhas orientadoras, Catarina e Adalene, as quais além de doutoras, tenho o privilégio de chamar de amigas. Agradeço pelo que fizeram, tanto quanto pelo que são. Em minha vida representam marcos de exemplo e inspiração. É realmente um privilégio tê-las como mentoras na geologia e na vida. Vocês são incríveis.

Ao amigo Erico Zacchi, técnico do Instituto de Geociências, UnB, exímio geólogo e pesquisador. Obrigado pelos valiosos ensinamentos sobre a espectroscopia de reflectância, pelas pertinentes discussões sobre o minério de ferro, e pelas ricas conversas sobre os aspectos da vida. Os dias de convivência no laboratório foram simples, mas de imenso valor.

Aos meus colegas de trabalho e amigos de vida, Carlos Eduardo, André Martinez, Marcus Pira e Hélio Monteiro. Aprendi e aprendo muito com vocês, sempre. É uma honra viver a geologia ao lado dos senhores.

À Vale S.A., empresa na qual atualmente sou funcionário, e que me abriu as portas para trabalhar com minério de ferro e estudar o Depósito Serra Norte. Registro meu agradecimento em duas instâncias:

À Gerência de Geociências Corredor Norte (Vale), nas pessoas de Amanda Pereira (coordenadora) e Luigi Rinaldi (gerente), por investir ideológica e financeiramente nesse projeto de pesquisa. Sem esse apoio o trabalho realizado não teria sido possível.

Ao Projeto Universidades – Vale, com interveniência da ADIMB (Agência para o Desenvolvimento e Inovação do Setor Mineral Brasileiro), também pelo apoio ideológico e financeiro, a partir da vertente Análise de Dados Espaciais, coordenada pela Profa. Dra. Adalene Moreira Silva (UnB).

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), Código de Financiamento 001, pelo apoio na realização do presente trabalho.

Por aproveitar esse curto espaço pessoal de liberdade filosófica, expresso minha gratidão ao arquiteto do universo. O faço por dois motivos. Primeiro, porque mesmo na minha expressiva ignorância, quanto mais estudo geologia e me aplico à ciência, mais me aproximo da essência filosófica do que elucubrou Newton: "esse mais belo sistema do Sol, planetas e cometas só poderia proceder do conselho e domínio de um ser inteligente e poderoso." (*Isaac Newton, em Philosophiae Naturalis Principia Mathematica, 1687*).

Em segunda instância, o faço em decorrência de uma relação pessoal. (((Distante de conotações religiosas, o máximo que for possível – mesmo porque respeito todo tipo de fé e crença, assim como a ausência destas; e porque acredito que a ciência tem avançado em escala significativamente mais humilde que a religião.))) Parece um delírio acreditar que em existindo um ser criador, arquiteto do universo e de tudo quanto existe, esse ser se incline a uma relação com seres pequenos como nós. Eu acredito nesse delírio. Tenho vivido experiências, no ínfimo período da minha existência, que a mim comprovam veementemente, não estar andado à deriva. Acredito que o criador de todas as coisas decidiu por se relacionar com as criaturas, e na minha observação pessoal, vejo absolutamente uma relação de benignidade e amor. Não poderia deixar de reconhecer naquilo e naquele em quem tenho crido. Obrigado Jesus.

"Para nos aproximar da realidade, é necessário, uma vez na vida, despir-nos das próprias opiniões anteriores e reconstruir todo o sistema de nossas crenças."

Paráfrase à René Descartes, em Principia Philosophiae (1644).

RESUMO

A Província Mineral de Carajás, situada na porção sudeste do Cráton Amazônico, hospeda importantes depósitos de ferro de alto teor, nos distritos de Serra Norte, Serra Sul e Serra Leste e tem reserva estimada superior à 18 bilhões de toneladas. Este estudo apresenta a caracterização do minério de ferro compacto na mina N4E, a maior em operação na Serra Norte, a partir da integração de dados geológicos, petrográficos, geoquímicos, petrofísicos e espectrais. Os dados espectrais e petrofísicos foram adquiridos em testemunhos de sondagem a partir de duas abordagens distintas. Para os dados espectrais efetuou-se medições pontuais com um espectrorradiômetro de bancada, e o escaneamento integral com um *scanner* hiperespectral. Para os dados petrofísicos efetuou-se também a aquisição pontual de dados de susceptibilidade magnética e variações de radioelementos, e o escaneamento multi-sensorial integral para a aquisição dos dados de densidade, susceptibilidade magnética e velocidade sísmica. Os resultados do estudo revelam que o minério compacto ocorre em extensos domínios na base da Formação Carajás, em contato direto com as rochas máficas subjacentes, ultrapassando o horizonte de intemperismo. A análise petrográfica indicou a existência de cinco tipos texturais de hematita: hematita microcristalina (primária), hematita microlamelar a lamelar, hematita anédrica, hematita tabular e martita. Cristais reliquiais de magnetita são ocasionalmente observados. O mapeamento mineral, a partir da espectroscopia de reflectância, ressaltou o predomínio de hematita especular no minério compacto e, associado ao *proxy* de dureza, se demonstrou extremamente eficiente na diferenciação entre o minério de ferro compacto e o friável. O aspecto petrofísico que diferencia o hematitito compacto de outras litologias é a sua elevada densidade ($\sim 4 \text{ g/cm}^3$), e essa propriedade física pode auxiliar na prospecção de novos corpos compactos. U e Th são elementos traço que se demonstraram extremamente eficientes, como indicadores da ocorrência de formação ferrífera, especialmente de minério de ferro compacto. A análise de dados geoquímicos também permitiu identificar horizontes com concentrações anômalas de elementos metálicos (3.530 ppm de Cu, 3.490 ppm de Ba, 4.470 ppm de Zn, 676 ppm de Pb, 903 ppm de Sr, 7 ppm de Ag, 50.000 ppm de Mn, entre outros), próximos ao contato basal com os basaltos, sugerindo proximidade com centros exalativos submarinos durante a deposição do hematitito compacto. A correlação dos dados geológicos e geoquímicos indicam que o hematitito compacto se depositou muito próximo às fumarolas, onde a disponibilidade anômala de ferro catalisou a oxidação e rápida precipitação do ferro (Fe^{3+}), em camadas contínuas de vários metros, sem que houvesse tempo para a lenta deposição da sílica. Posteriormente à deposição do hematitito precursor do minério compacto, processos diagenéticos levaram à compactação do hematitito e à formação de magnetita/martita. A

integração dos dados obtidos permite uma caracterização robusta da assinatura mineralógica, geoquímica, petrofísica e espectral do hematitito compacto, contribuindo para a definição de vetores prospectivos em áreas ainda não exploradas do depósito e auxiliando na delimitação de novos alvos exploratórios.

PALAVRAS-CHAVE: HEMATITITO COMPACTO; MINÉRIO DE FERRO; *FOOTPRINT*; GEOQUÍMICA; ESPECTROSCOPIA DE REFLECTÂNCIA; PETROFÍSICA; VETORES PROSPECTIVOS; PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS; SERRA NORTE.

ABSTRACT

The Carajás Mineral Province, located in the southeastern portion of the Amazonian Craton, hosts significant high-grade iron ore deposits within the Serra Norte, Serra Sul, and Serra Leste districts, with an estimated reserve exceeding 18 billion tons. This study presents the characterization of compact iron ore from the N4E mine, the largest currently in operation in Serra Norte, through the integration of geological, petrographic, geochemical, petrophysical, and spectral data. Spectral and petrophysical data were acquired from drill cores using two distinct approaches. Spectral data were obtained through point measurements with a benchtop spectroradiometer and continuous scanning with a hyperspectral *scanner*. Petrophysical data acquisition included both point measurements of magnetic susceptibility and radioelement variations, as well as comprehensive multi-sensor scanning for density, magnetic susceptibility, and seismic velocity data collection. The results reveal that compact iron ore occurs in extensive domains at the base of the Carajás Formation, in direct contact with the underlying mafic rocks, extending beyond the weathering horizon. Petrographic analysis identified five textural types of hematite: microcrystalline (primary) hematite, microlamellar to lamellar hematite, anhedral hematite, tabular hematite, and martite. Relict magnetite crystals are occasionally observed at the base of the ore package. Mineral mapping through reflectance spectroscopy highlighted the predominance of specular hematite in the compact ore, which, when associated with a hardness proxy, proved highly effective in distinguishing between compact and friable iron ore. The petrophysical aspect that differentiates compact hematite from other lithologies is its high density ($\sim 4 \text{ g/cm}^3$), a physical property that can aid in the exploration of new compact ore bodies. U and Th are trace elements that have proven to be highly effective as indicators of the occurrence of the banded iron formation, particularly of compact iron ore. Geochemical data analysis also enabled the identification of horizons with anomalous concentrations of metallic elements. Geochemical analysis identified horizons with anomalous concentrations of metallic elements (3,530 ppm Cu, 3,490 ppm Ba, 4,470 ppm Zn, 676 ppm Pb, 903 ppm de Sr, 7 ppm Ag, 50,000 ppm Mn, among others) near the basal contact with basalts, suggesting proximity to submarine exhalative centers during the deposition of compact hematite. The correlation of geological and geochemical data indicates that compact hematite was deposited very close to hydrothermal vents, where an anomalous availability of iron catalyzed oxidation and rapid precipitation of Fe^{3+} in continuous layers several meters thick, preventing the slow deposition of silica. After the deposition of precursor hematite, diagenetic processes led to compaction and the formation of magnetite/martite. The integration of the obtained data provides a robust characterization of the mineralogical, geochemical, petrophysical, and spectral signature of

compact hematitite, contributing to the definition of prospective vectors in unexplored areas of the deposit and aiding in the delineation of new exploration targets.

KEYWORDS: COMPACT HEMATITITE; IRON ORE; FOOTPRINT; GEOCHEMISTRY; REFLECTANCE SPECTROSCOPY; PETROPHYSICS; PROSPECTIVE VECTORS; CARAJAS MINERAL PROVINCE; SERRA NORTE.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. CONTEXTO GEOLÓGICO	5
3.1. Geologia Regional.....	5
3.1.1. Província Carajás	5
3.1.2. Domínio Carajás	7
3.1.3. Bacia Carajás	8
3.1.4. Supergrupo Itacaiúnas	9
3.1.5. Grupo Grão Pará	9
3.1.6. Evolução tectônica e controle estrutural.....	11
3.2. Geologia do Depósito de Serra Norte.....	14
3.3. O minério de ferro	18
4. MATERIAIS E MÉTODOS	18
4.1. Mapa litológico da mina N4E	18
4.2. Nomenclatura.....	21
4.3. Amostragem e Petrografia.....	23
4.4. Espectroscopia de Reflectância	26
4.4.1. Aquisição pontual - <i>FieldSpec 3 Hi-Res</i> (ASD)	30
4.4.2. Escaneamento hiperespectral - <i>The SpecCam 4</i> (Geotek)	35
4.5. Petrofísica	36
4.5.1. Densidade	38
4.5.2. Susceptibilidade magnética	39
4.5.3. Velocidade sísmica	40
4.5.4. Variação dos radioelementos K, Th, U e CT.....	41
4.5.5. Aquisição pontual	43
4.5.6. Escaneamento petrofísico	44
4.6. Geoquímica de Rocha Total	48
4.6.1. Anomalia de európio.....	50
5. RESULTADOS	52
5.1. Seções geológicas.....	52

5.2. Aspectos de Campo e Petrografia	57
5.2.1. Basalto da Formação Parauapebas.....	57
5.2.2. Basalto da Formação Igarapé Cigarra.....	65
5.2.3. Jaspilito da Formação Igarapé Cigarra	67
5.2.4. Jaspilito da Formação Carajás	72
5.2.5. Hematitito Friável (Formação Carajás)	75
5.2.6. Hematitito Compacto (Formação Carajás)	77
5.3. Espectroscopia de Reflectância	86
5.3.1. Mapeamento Mineral.....	86
5.3.2. Aplicações para a identificação dos diferentes tipos de minério de ferro	95
5.3.3. Escaneamento Hiperespectral	99
5.4. Petrofísica	104
5.4.1. Petrofísica pontual	104
5.4.2. Escaneamento petrofísico	106
5.4.3. Amostras de densidade	111
5.5. Geoquímica	111
5.5.1. Elementos maiores e menores	112
5.5.2. Urânio e tório	114
5.5.3. Anomalias de európio	117
5.5.4. Horizontes polimetálicos	117
6. DISCUSSÕES.....	120
6.1. Evolução textural da hematita	120
6.2. Formação da magnetita/martita	125
6.3. Remobilização de ferro	128
6.4. Sobreposição de processos	130
6.5. Contribuição específica da espectroscopia de reflectância	131
6.6. Espectroscopia de reflectância pontual x Escaneamento hiperespectral	134
6.7. Petrofísica	135
6.8. Horizontes polimetálicos e hidrotermalismo de fundo oceânico	137
6.9. Implicações para a gênese do hematitito compacto	138

6.9.1	Posicionamento estratigráfico e circunstâncias de ocorrência do hematitito compacto em Serra Norte	138
6.9.2	Considerações sobre a hipótese de gênese supergênica para o hematitito compacto	139
6.9.3	Considerações sobre a hipótese de gênese hidrotermal tardia para o hematitito compacto	140
6.9.4	Hipótese evolutiva para o hematitito compacto de Serra Norte	148
7.	CONCLUSÕES.....	152
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	159
ANEXOS		170

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Províncias e domínios tectônicos do estado do Pará (Vasquez e Rosa-Costa, 2008).....	5
Figura 2. Mapa e cronoestratigrafia do Domínio Carajás (modificado de Justo e Lopes, 2014).	7
Figura 3. Associações tectônicas e recursos minerais do domínio Carajás (Vasquez e Rosa-Costa, 2008).....	8
Figura 4. Bloco-diagrama esquemático apresentando a estrutura regional interpretada da Província Carajás, e arredores. A escala horizontal é aproximada e a escala vertical é exagerada. A charneira mergulha entre 20 e 35° W (Rosière <i>et al.</i> , 2006).	13
Figura 5. Depósito de Serra Norte com evidência para a Falha Carajás, e para os splays com direção NW-SE (Macambira, 2003).....	15
Figura 6. À direita do mapa, o corpo N4E configurando um sinclinal assimétrico, denotado pelo acamamento da formação ferrífera (Macambira e Borges, 1994, em Macambira, 2003).	16
Figura 7. Evolução da movimentação dos <i>splays</i> da Falha Carajás, resultando na compartimentação do depósito Serra Norte (Macambira, 2003).	17
Figura 8. Serra Norte, com destaque para a cava N4E.	19
Figura 9. Mapa litológico de mina, do depósito Serra Norte, com destaque para a cava N4E.	20
Figura 10. Perfis litológicos dos três furos de sondagem estudados. As setas indicam a posição das amostras coletadas, para confecção das lâminas delgadas-polidas. À direita, mapa litológico da mina N4E com a localização de cada furo de sondagem. AT = aterro, JP = jaspilito, HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganesífera, BS = basalto são.....	24
Figura 11. Parâmetros espectrais analisados na espectroscopia de reflectância (Prado <i>et al.</i> , 2016).....	28
Figura 12. Espectrorradiômetro de reflectância <i>FieldSpec 3 Hi-Res</i> , da ASD, posicionado sobre a bancada de pesquisa. Acoplado ao espectrorradiômetro está o sensor de leitura <i>Muglight</i> , também da ASD, utilizado para a aquisição de amostras desagregadas. Sobre o espectrorradiômetro está o computador utilizado para a coleta e processamento dos dados espectrais.	31
Figura 13. Sonda de contato utilizada nas medidas das amostras compactas.....	31
Figura 14. (a) bancada montada com as amostras para a aquisição no Laboratório GeoMinerals do IG-UnB. (b) sequência de amostras organizadas para posterior aquisição na sala de medida dos dados.	32
Figura 15. <i>Scanner</i> hiperespectral <i>SpecCam 4</i> , da <i>Geotek</i> , utilizado para a aquisição de dados espectrais em testemunhos de sondagem. O equipamento, localizado no Laboratório de Escaneamento Espectral e Análises Petrofísicas (LEEAP), no Centro de Tecnologia Ferrosos (CTF), da Vale, realiza medições automatizadas de reflectância em alta resolução, ao longo do testemunho, permitindo a caracterização mineralógica e textural detalhada.	36
Figura 16. Sonda <i>MPP-EM2S+</i> , da <i>GDD Instrumentation</i>	43
Figura 17. Gamaespectrômetro portátil <i>RS-230</i> , da <i>Radiation Solutions Inc</i> , utilizado dentro da caixa isolante, constituída em grande proporção por chumbo não radiogênico.	44

Figura 18. Representação esquemática do MSCL-S (*Multi-Sensor Core Logger*), destacando os sensores acoplados e as principais análises realizadas, incluindo densidade gama, susceptibilidade magnética, velocidade das ondas P e S, espectrometria gama, quimioestratigrafia e espectroscopia mineralógica. Fonte: *Geotek*.... 46

Figura 19. Esquema dos sensores integrados no *BoxScan*, um sistema avançado de escaneamento de testemunhos desenvolvido para aquisição automatizada de parâmetros geotécnicos e geoquímicos. O equipamento é composto por uma câmera linear de alta resolução RGB, utilizada para capturar imagens detalhadas das amostras, permitindo a análise visual e a correlação de texturas. Além disso, conta com um espectrômetro de infravermelho próximo (NIR), essencial para a identificação mineralógica ao longo das faixas espectrais VIS, VNIR e SWIR. Para a caracterização química, o *BoxScan* incorpora um analisador de fluorescência de raios X (XRF), possibilitando a determinação elementar precisa. A detecção de propriedades magnéticas é realizada por um sensor pontual de susceptibilidade magnética, fundamental para a diferenciação litológica e a identificação de variações associadas a mineralizações. Complementando o sistema, um *scanner* a laser linear registra a topografia detalhada do testemunho, fornecendo informações estruturais para análises geotécnicas e modelagem tridimensional. 47

Figura 20. *BoxScan* da *Geotek* em operação no Laboratório de Escaneamento Espectral e Análises Petrofísicas (LEEAP), localizado no CTF, Vale, realizando o escaneamento automatizado de testemunhos de sondagem dispostos em caixas. 47

Figura 21. Seção E-W modelada para o furo SN4-FD00021. (A) Mapa litológico de N4E com destaque para a posição da seção d-d'; (B) seção d-d' apresentando as diferentes unidades geológicas com mergulhos para NW; (C) detalhe da seção d-d' destacando a posição do furo SN4-FD00021. JP = jaspilito, HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, BSA = basalto semi-alterado, BA = basalto alterado, FMN = formação manganesífera, HMN = hematita manganesífera. O grid na imagem é de 100 x 100 metros. 53

Figura 22. Seção E-W modelada para o furo SN4-FD00144. (A) Mapa litológico de N4E com destaque para a posição da seção e-e'; (B) seção e-e' apresentando as diferentes unidades geológicas com mergulhos para NW; (C) detalhe da seção e-e' destacando a posição do furo SN4-FD00144. JP = jaspilito, HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, BSA = basalto semi-alterado, BA = basalto alterado, FMN = formação manganesífera. O grid na imagem é de 100 x 100 metros. 54

Figura 23. Seção E-W modelada para o furo N4E-FR01968. (A) Mapa litológico de N4E com destaque para a posição da seção f-f'; (B) seção f-f' apresentando as diferentes unidades geológicas com mergulhos para NW; (C) detalhe da seção f-f' destacando a posição do furo N4E-FR01968. JP = jaspilito, HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, BSA = basalto semi-alterado, BA = basalto alterado, FMN = formação manganesífera. O grid na imagem é de 100 x 100 metros. 55

Figura 24. Modelagem 3D do corpo N4E. (A) Mapa litológico apresentando a posição da seção g-g'; (B e C) seção g-g', com direção NW-SE, aproximadamente perpendicular ao mergulho das camadas, mostrando a distribuição e geometria das diferentes unidades geológicas. JP = jaspilito, HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, BSA = basalto semi-alterado. 56

Figura 25. Fotografias dos basaltos da Formação Parauapebas. (a) sucessão de basaltos distantes do contato com a Formação Carajás, apresentando zonas mais ricas em amígdalas e zonas mais maciças, bem como porções mais venuladas, com vênulas e amígdalas preenchidas por quartzo e/ou carbonato; (b) contato cisalhado (domínio fragmentado) entre o hematitito compacto e a Formação Parauapebas (basalto hematitizado), delimitado pela linha verde pontilhada; (c) basalto extremamente hematitizado, próximo ao contato com o hematitito compacto; (d) basalto preservado, com amígdalas preenchidas por quartzo-carbonato; (e, f, g, h, i) basalto em avançados estágios de hematitização, cortados por vênulas de hematita, e com vesículas preenchidas por hematita. As figuras (a, c, d) são provenientes do furo SN4-FD00144. As figuras (b, e, f, h, i) são provenientes do furo SN4-FD00021. A figura (g) é proveniente do furo N4E-FR01968. 59

Figura 26. À esquerda, perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00144, com seta demarcando as posições das lâminas no testemunho. As imagens são da lâmina SN4-FD0144-P6. (a) textura geral do basalto com arcabouço constituído por pequenos cristais de plagioclásio (pl) (*lath shaped*), e interstícios majoritariamente preenchidos por vidro (gls); vênula preenchida por carbonato (cb); (b) basalto com textura intersertal, com vidro (gls) em evoluída alteração de substituição por clorita (chl); (c) vênula de carbonato (cb) cortando o domínio de ocorrência dos cristais de plagioclásio. Delgada lâmina com cristais de epidoto (ep) paralela à vênula de carbonato (cb). As imagens foram obtidas a partir de luz transmitida e nicóis cruzados. AT = aterro, HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, FMN = formação manganésífera. 61

Figura 27. À esquerda, perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, com seta demarcando a posição da amostra SN4-FD00021-P20, da qual foram realizadas as fotomicrografias. (a) amostra de mão com a marcação da posição da lâmina delgada-polida; (b) amígdala preenchida por quartzo de granulação média, e hematita microlamelar (domínio isotrópico), geralmente envolvendo o domínio de ocorrência de quartzo; (c) amígdala constituída por quartzo de granulação grossa, em padrão de mosaico. Ao redor do quartzo, hematita microlamelar; (d) (e) núcleos de amígdalas preenchidos por hematita microlamelar; (f) vênula de hematita microlamelar; (g) frentes de oxidação ocorrendo a partir das fraturas, configurando halos de coloração amarronzada; vênula de quartzo na parte inferior esquerda. As imagens (b, c, g) foram obtidas a partir de luz transmitida, sendo (b,g) com nicóis cruzados e (c) com nicóis paralelos. As imagens (d, e, f) foram obtidas a partir de luz refletida. AT = aterro, JP = jaspilito, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganésífera, BS = basalto são. 63

Figura 28. À esquerda, perfil litológico do furo de sonda N4E-FR01968, com seta demarcando as posições das amostras no testemunho. (a) amostra de basalto com amígdalas preenchidas por hematita; (b) basalto com vênula de hematita; (c, d, e) amígdalas preenchidas por hematita microlamelar (Hml); (f) ocorrência de talco (tlc) na matriz do basalto. As imagens (c, f) foram obtidas a partir de luz transmitida, com nicóis cruzados. As imagens (d, e) foram obtidas a partir de luz refletida. A imagem (a) é proveniente da amostra N4E-FR01968-P11; A imagem (b) é proveniente da amostra N4E-FR01968-P13; as imagens (c, d, e, f) são provenientes da amostra N4E-FR01968-P14. HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são. 64

Figura 29. À esquerda, perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, com marcação da posição das caixas de testemunhos de sondagem. (a) basalto distante do contato com a formação ferrífera; (b) basalto hematitizado, próximo ao contato com a formação ferrífera, apresentando textura maciça, granulação fina a média e coloração verde clara; (c) basalto hematitizado e fragmentado, em contato com a formação ferrífera (jaspilito) também fragmentada (brechada). AT = aterro, JP = jaspilito, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, FMN = formação manganêsfera..... 66

Figura 30. À esquerda, perfil estratigráfico do furo de sonda SN4-FD00021, com indicação da posição das camadas de jaspilito da Formação Igarapé Cigarra. (a) aspecto geral do jaspilito, e contato inferior com rocha máfica; (b) vênulas preenchidas por quartzo e hematita, cortando o bandamento primário; (c) vênula de hematita secundária, variando de concordante a discordante ao bandamento principal; (d, e) bandas falhadas com rejeitos milimétricos; (f) processo avançado de hematitização na porção superior esquerda do testemunho; (g) processo de oxidação tardio ocorrendo adjacente às fraturas concordantes e discordantes. AT = aterro, JP = jaspilito, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, FMN = formação manganêsfera. 69

Figura 31. À esquerda, perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, com setas demarcando as posições das amostras. (a, b) esferulitos impregnados por óxido de ferro, em meio à matriz de *chert*, recristalizada; (c, d) matriz de *chert* microcristalino intensamente oxidada, com núcleos subarredondados de quartzo recristalizado; (e, f) domínio de *chert* microcristalino, com núcleos de recristalização, e propagação da oxidação a partir das fraturas; (g, h) veio de quartzo, rompido por falha preenchida por quartzo microcristalino, em meio a matriz de *chert*, que apresenta núcleos recristalizados. Todas as imagens foram obtidas a partir de luz transmitida, sendo (b, c, h) com nicóis cruzados e as demais com nicóis paralelos. As imagens (a, b, c) são provenientes da lâmina SN4-FD00021-P1; as imagens (d, e, f, g, h) são provenientes da lâmina SN4-FD00021-P2. AT = aterro, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganêsfera, JP = jaspilito, BS = basalto são..... 70

Figura 32. À esquerda, perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, com setas demarcando as posições das amostras. (a) hematita microlamelar (Hml) disseminada nas bordas de um bandamento reliquiar; ocorrência de vênula discordante de hematita microlamelar (Hml); (b) hematita microlamelar (Hml) formando aglomerados intersticiais, dentro de uma banda de *chert*; (c) cristais de biotita (bt) ao longo de fraturas das bandas de *chert*; (d) contato entre matriz constituída por *chert* (domínio à esquerda) e constituída por jaspe (domínio à direita); (e) veio de quartzo (qtz) recristalizado concordante com o bandamento primário; no contato com o veio o *chert* (ch) está rico em clorita (chl); (f) veio de quartzo (qtz), de granulometria grossa e contatos poligonais, e goethita (Gt) com hábito botrioidal, paralela à banda de *chert* oxidada; (g) vênula concordante com o bandamento primário e preenchida por pirita (py), e fraturas milimétricas contendo covelita (cv) e hematita (He); (h) da esquerda para a direita, bandas de hematita (He), *chert* (ch) e pirita (py). As imagens (c, d, e, f) foram obtidas a partir de luz transmitida, sendo (c,d) com nicóis paralelos e (e, f) com nicóis cruzados. As imagens (a, b, g, h) foram obtidas a partir de luz refletida. As imagens (a, b, c) são provenientes da lâmina SN4-FD00021-P1; as imagens (d, e, f, g), são provenientes da lâmina SN4-FD00021-P2 e a imagem (h), é proveniente da lâmina SN4-FD00021-P3. AT = aterro, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganêsfera, JP = jaspilito, BS = basalto são..... 71

Figura 33. À esquerda, perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, com marcação da posição das amostras do testemunho de sondagem. As amostras (a, b, c, d, e, f, g, h) representam o jaspilito falhado, venulado, brechado e hematitizado. As amostras (i, j, k, l) representam o jaspilito brechado, típico do contato com hematitito compacto. AT = aterro, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganesífera, JP = jaspilito, BS = basalto são..... 73

Figura 34. À esquerda, perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, com setas indicando as posições das lâminas. (a) bandas de *chert* (ch) alternando com bandas de hematita microcristalina (Hm). Ocorrência restrita de hematita microlamelar (Hml) no domínio de *chert* (ch); (b, c) bandas de hematita microcristalina (Hm) deslocadas por falhas subparalelas; (d, e, f) hematita microlamelar (Hml) em vênula de quartzo (qtz) discordante do bandamento principal; (g) fragmentos de banda hematítica em jaspilito brechado; (h, i) aglomerado de cristais de martita, formando hematita anédrica (Ha); (j) cristais de quartzo (qtz) com continuidade por trás dos bandamentos hematíticos brechados. A imagem (j) foi obtida a partir de luz transmitida, em nicóis cruzados; as demais imagens foram obtidas a partir de luz refletida. As imagens (a, b, c, d, e, f) são provenientes da lâmina SN4-FD00021-P15; as imagens (g, h, i, j) são provenientes da lâmina SN4-FD00021-P16. AT = aterro, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganesífera, JP = jaspilito, BS = basalto são. 74

Figura 35. À esquerda, perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00144, com setas demarcando as posições das lâminas. (a) estrutura finamente laminada, composta essencialmente por hematita microcristalina (Hm); (b) hematita microcristalina (Hm) orientada segundo o bandamento, já constituindo alguns domínios de hematita anédrica (Ha). Ocorrência pontual de hematita microlamelar (Hml); (c) hematita microcristalina (Hm) passando à anédrica (Ha), que por sua vez passa à tabular (Ht); (d, e, h) cristais de martita (Mt) desenvolvidos sobre a hematita microcristalina (Hm), compondo domínios de hematita tabular; (f, g) cristais de martita (Mt) sendo desagregados, constituindo cristais de hematita microlamelar (Hml) e lamelar (Hl). As imagens foram obtidas a partir de luz refletida. As imagens (a, b, c) são provenientes da lâmina SN4-FD00144-P1; as imagens (d, e, f, g, h) são provenientes da lâmina SN4-FD00144-P7. AT = aterro, HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganesífera, BS = basalto são. 76

Figura 36. À esquerda, perfil litológico do furo de sonda N4E-FR01968, com marcação da posição das caixas de testemunhos de sondagem. (a) (b) (c) caixas de testemunhos de sondagem, apresentando a feição geral de ocorrência do hematitito compacto. HC = hematitito compacto, HF = hematitito friável, BS = basalto são..... 80

Figura 37. (a) feição geral de ocorrência do HC bandado (com domínios de muita fragmentação; (b, c, d, e) HC bandado; (f) contato entre jaspilito e hematitito compacto, os dois litotipos ocorrendo brechados; (g, h, i, j) HC brechado, com fragmentos com bandas preservadas, falhas e dobras. As imagens (b, c, e, g) são provenientes do furo de sonda N4E-FR01968; as imagens (a, f, h, i, j) são provenientes do furo de sonda SN4-FR00021; a imagem (d) é proveniente do furo de sonda SN4-FR00144. 81

Figura 38. (a) HC bandado a brechado, com ocorrência pontual de domínios goethíticos; (b, c, d) HC goethitizado. Notar os “*feeds*” de goethitização discordantes, promovendo a alteração, que “*aproveita*” a estrutura do

bandamento principal. As imagens (a, b, d) são provenientes do furo de sonda SN4-FR00021; a imagem (c) é proveniente do furo de sonda SN4-FR00144..... 82

Figura 39. Fotos de lâminas delgada-polidas, obtidas a partir de luz refletida. (a) estrutura diagenética (“pod”) preenchida por martita (Mt), com ocorrência de cristais de martita coalescidos, constituindo hematita anédrica (Ha), em matriz constituída por hematita microlamelar (Hml). Notar que a matriz contorna o “pod”; (b) cristal de martita (Mt) envolto por matriz de hematita microlamelar (Hml). Notar que lamelas contornam o cristal de martita, indicando que a Hml é posterior à Mt; (c) hematita tabular (Ht), possivelmente formada pela junção de cristais de martita, envoltos em matriz de hematita microlamelar (Hml); (d) cristais de martita (Mt) em estruturas concordantes e discordantes do bandamento principal, que é constituído por hematita microcristalina (Hm); (e, f) cristais de martita coalescidos, constituindo domínio de hematita anédrica (Ha); (g) cristais de martita e de hematita anédrica (Ha), sendo consumidos na geração de hematita microlamelar e lamelar (Hl); (h) coalescimento quase total dos cristais de martita, formando domínio maciço de hematita anédrica (Ha); (i) placas de hematita lamelar (Hl) (chegando a medir 0.5 mm) e hematita anédrica (Ha), crescendo em fraturas. As amostras são provenientes do furo N4E-FR01968, sendo as imagens (a, b, c, d) provenientes da lâmina N4E-FR01968-P2; as imagens (e, f, g, h) provenientes da lâmina N4E-FR01968-P6; a imagem (i) proveniente da lâmina N4E-FR01968-P8. 83

Figura 40. Fotos de lâminas delgada-polidas, obtidas a partir de luz refletida. (a) cristais de martita (Mt) coalescidos e constituindo hematita anédrica (Ha), em meio a bandas alternadas de hematita microcristalina (Hm) e hematita microlamelar (Hml); (b) mesma relação da “a”, porém em matriz constituída apenas por hematita microlamelar (Hml); (c) alternância entre bandas de hematita microcristalina (Hm) e bandas de hematita microlamelar (Hml); esta segunda hematita sendo formada a partir do consumo da primeira; (d) mesma relação da “c”, porém com cristais de hematita lamelar (Hl) preenchendo fraturas; (e) (f) hematita lamelar preenchendo fraturas; (g) (h) martita (Mt) sendo consumida na formação de hematita microlamelar/lamelar (Hml/Hl), em matriz de hematita microcristalina (Hm); (i) cristais de hematita lamelar (Hl) preenchendo fraturas, em bandamento reliquiar de hematita microcristalina (Hm). As amostras são provenientes do furo SN4-FD00144, sendo as imagens (a, b) provenientes da lâmina SN4-FD00144-P2; as imagens (c, d, e, f) provenientes da lâmina SN4-FD00144-P3; as imagens (g, h, i) provenientes da lâmina SN4-FD00144-P4..... 84

Figura 41. Fotos de lâminas delgada-polidas, obtidas a partir de luz refletida. (a) brecha cortando laminações de hematita tabular (Ht), possivelmente formadas pelo coalescimento de cristais de martita (hematita anédrica) e posterior compactação. Ocorrência de hematita microlamelar e fragmentos da hematita tabular, na matriz da brecha; (b) bandas de martita (Mt) alternadas com bandas de hematita microcristalina (Hm), cortadas por diferentes gerações de fraturas. Notar que uma geração de fratura afeta todas as bandas, outra geração (pretérita) não afeta as bandas de martita; (c) mesma relação da “b”, porém com zoom em fratura pretérita à formação das bandas de martita (Mt); (d) alternância entre bandas constituídas por diferentes gerações de hematita: hematita anédrica (Há), hematita microlamelar (Hml), hematita microcristalina (Hm), martita (Mt); (e) (f) predominância de bandas constituídas por magnetita/martita (Mg), com observação de restritos domínios reliquiais de hematita microcristalina

(Hm); (g) (h) zoom em cristais reliquias de magnetita (Mg); (i) ocorrência disseminada de goethita (Gt). As amostras são provenientes dos furos SN4-FD00021 e SN4-FD00144, sendo as imagens (a, b, c, d) provenientes da lâmina SN4-FD00021-P18; as imagens (e, f, g, h) provenientes da lâmina SN4-FD00144-P10; a imagem (i) proveniente da lâmina SN4-FD00144-P9.	85
Figura 42. Espectros de reflectância empilhados, dos óxidos de ferro identificados nas amostras dos furos N4E-FR01968 e SN4-FD00144. Os números rotulares nos espectros indicam os comprimentos de onda, das feições de absorção diagnósticas de cada mineral.	87
Figura 43. Perfis litológicos dos furos de sonda N4E-FR01968 e SN4-FD00144 e dos parâmetros de ocorrência e abundância dos óxidos de ferro identificados (VNIR). Destaca-se também a correlação de ocorrência entre hematita e goethita, com a variação da profundidade. HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, FMN = formação manganésifera, AT = aterro.	88
Figura 44. Espectros de reflectância empilhados, dos minerais identificados nas amostras dos furos N4E-FR01968 e SN4-FD00144. Os números rotulares nos espectros indicam os comprimentos de onda, das feições de absorção diagnósticas de cada mineral.	90
Figura 45. Perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00144 e dos parâmetros de ocorrência e abundância dos minerais identificados (SWIR), composição da clorita e albedo. HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, FMN = formação manganésifera, AT = aterro.	93
Figura 46. Perfil litológico do furo de sonda N4E-FR01968, acompanhado das plotagens de parâmetros de ocorrência e abundância dos minerais identificados (SWIR). Plotagem também de parâmetros da composição da clorita e da leitura do albedo. HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são.	94
Figura 47. Espectros de reflectância empilhados, dos tipos de minério identificados nas amostras dos furos N4E-FR01968 e SN4-FD00144. Os números rotulares nos espectros indicam os comprimentos de onda das feições de absorção diagnósticas de cada tipo de minério. Entre 540 e 620 nm: regiões de absorção associadas a transições eletrônicas do Fe^{3+} , características da hematita. Em 900 nm: absorção característica de óxidos de ferro, indicando a presença predominante de hematita. Em 1.230 nm: forte aumento na reflectância para a hematita friável, indicando maior porosidade (consequência do maior grau de intemperismo).	95
Figura 48. Perfis litológicos dos furos de sonda N4E-FR01968 e SN4-FD00144, acompanhados dos gráficos de dureza (compacto – friável), e dos gráficos de ocorrência da hematita (hematita - especularita). HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, FMN = formação manganésifera, AT = aterro.	97
Figura 49. Gráfico de correlação do <i>proxy</i> de dureza com a razão da especularita para amostras de hematitito, dos furos de sonda N4E-FR01968 e SN4-FD00144. AT = aterro, HC = hematitito compacto, HF = hematitito friável.	99

- Figura 50. Perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, e dos parâmetros de ocorrência e abundância dos minerais identificados. Plotagem também dos albedos (tanto no VNIR quanto no SWIR). AT = aterro, JP = jaspilito, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganesífera, BS = basalto são. 100
- Figura 51. Perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, e dos parâmetros de ocorrência e abundância dos minerais identificados. Plotagem também dos albedos (tanto no VNIR quanto no SWIR). AT = aterro, JP = jaspilito, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganesífera, BS = basalto são. 101
- Figura 52. Perfil litológico do furo de sonda SN4-FD0021, acompanhado da plotagem da ocorrência normalizada (%) dos minerais hematita e goethita, adquirida a partir do escaneamento hiperespectral (VNIR). Plotagem também da correlação de ocorrência entre hematita e goethita, com a variação da profundidade. AT = aterro, JP = jaspilito, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganesífera, BS = basalto são. 103
- Figura 53. Perfis litológicos dos furos de sonda N4E-FR01968 e SN4-FD00144, acompanhados das plotagens de parâmetros petrofísicos. HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, FMN = formação manganesífera, AT = aterro. 105
- Figura 54. Perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, acompanhado da plotagem das propriedades físicas: suscetibilidade magnética, densidade gama, velocidade de propagação das ondas P e S, e correlação entre as propriedades. AT = aterro, JP = jaspilito, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganesífera, BS = basalto são. 107
- Figura 55. Fotos de caixas com testemunho de sondagem do furo de sonda SN4-FD00021. (a) testemunho no intervalo de 256.60 a 266.63 metros. (b) testemunho no intervalo de 328.00 a 337.87 metros. 108
- Figura 56. À esquerda na imagem, perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, acompanhado dos gráficos de densidade x velocidade de propagação das ondas P e S. À direita na imagem, foto de caixa com testemunho de sondagem do referido furo, no intervalo de 61.92 a 70.30 metros. AT = aterro, JP = jaspilito, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganesífera, BS = basalto são. 109
- Figura 57. À esquerda na imagem, perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, acompanhado dos gráficos de densidade x velocidade de propagação das ondas P e S. À direita na imagem, foto de caixa com testemunho de sondagem do referido furo, no intervalo de 266.63 a 276.68 metros. AT = aterro, JP = jaspilito, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganesífera, BS = basalto são. 110
- Figura 58. Perfis litológicos dos furos SN4-FD00021 e SN4-FD00144, acompanhados da distribuição dos elementos maiores e menores ao longo dos furos. As concentrações dos óxidos estão representadas em porcentagem em peso (%), e os dados são provenientes de aquisições realizadas no laboratório ALS. AT = aterro, JP = jaspilito, HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganesífera, BS = basalto são. 114
- Figura 59. Perfil litológico do furo SN4-FD00021, acompanhado das plotagens das concentrações e correlações entre alguns elementos selecionados. Teores representados em parte por milhão (ppm). A aquisição foi realizada por XRF, no laboratório Vale. AT = aterro, JP = jaspilito, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganesífera, BS = basalto são. 116

Figura 60. Perfis litológicos dos furos SN4-FD00021 e SN4-FD00144, acompanhados das plotagens de ocorrência de cada elemento. Destaque para os horizontes polimetálicos, cujos teores analisados estão expostos na tabela adjunta (canto inferior direito). Teores representados em parte por milhão (ppm), à exceção do S, que está em (%), provenientes de dosagens quantitativas realizadas no laboratório ALS. AT = aterro, JP = jaspilito, HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganesífera, BS = basalto são.....	119
Figura 61. Cristais de magnetita (martita) superpostos às bandas de hematita microcristalina. Fotomicrografia em luz refletida.	120
Figura 62. (a) hematita microlamelar (Hml) sobrepondo banda de hematita microcristalina (Hm); (b) placas de hematita lamelar (Hl) bem desenvolvidas e euhedrais. Fotomicrografias em luz refletida.	121
Figura 63. (a, b) cristais de martita (Mt) sendo consumidos na constituição de cristais de hematita microlamelar (Hml); (c) cristais de hematita lamelar (Hl) sobrecrecendo cristais de martita (observar moldes reliquias); (d) cristais de martita (Mt), tanto individuais quanto coalescidos em hematita tabular (Ht), sendo consumidos na geração de hematita microlamelar (Hml). Fotomicrografias em luz refletida.	122
Figura 64. Cristais de martita coalescidos, constituindo hematita anédrica (Ha). Fotomicrografias em luz refletida.	123
Figura 65. (a) diferentes gerações de hematita, culminando na constituição de bandas contínuas de hematita tabular (Ht); (b) bandas de hematita tabular (Ht) rompidas em processo de brechação. Fotomicrografias em luz refletida.	123
Figura 66. Fluxograma apresentando as diferenças na evolução textural do hematitito compacto, com fotomicrografias (luz refletida) representativas de cada tipo de textura identificada.	124
Figura 67. Ambas as imagens apresentam domínios de ocorrência extremamente densa de martita (Mt), constituindo o bandamento principal do HC, sobre domínios reliquias de hematita microcristalina (Hm).	125
Figura 68. (a, b): diagramas que expressam a relação entre fugacidade de oxigênio ($\log fO_2$) e temperatura ($^{\circ}C$), para diferentes buffers redox: MH = magnetita-hematita; FMQ = faialita-magnetita-quartzo; QIF = óxidos de quartzo; IW = ferro-wüsitita; IM = ilmenita-magnetita (Frost, 1991); (c): diagrama que expressa a variação da fugacidade de oxigênio ($\log fO_2 - \log fO_2$ em 1 bar) em relação à temperatura ($T-1$ (K-1)) e pressão (GPa), para estabilidade de diferentes polimorfos de Fe_3O_4 (Zurkowski <i>et al.</i> , 2022).	127
Figura 69. (a) fotomicrografia (luz refletida) do hematitito compacto mostrando cristais de martita (Mt) em estruturas concordantes e discordantes do bandamento principal, que é constituído por hematita microcristalina (Hm); (b) amostra de basalto em avançado estágio de hematitização.....	129
Figura 70. Amostras do HC goethitizado.	131
Figura 71. Perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00144, seguido pelos gráficos de ocorrência da biotita (espectroscopia de reflectância), da contagem de K (gamaespectrometria), do parâmetro F (gamaespectrometria) e da concentração de K_2O em % (geoquímica de rocha total).....	132

Figura 72. Perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00144, acompanhado dos parâmetros de ocorrência e abundância dos minerais caulinita e talco (SWIR), assim como a medida do albedo. HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, FMN = formação manganesífera, AT = aterro.	133
Figura 73. (a) gráfico da relação entre <i>proxy</i> de dureza e razão da especularita, apresentando a dispersão das amostras dos hematititos, dos furos de sonda N4E-FR001968 e SN4-FD00144; (b) fotomicrografia (luz refletida) da hematita microcristalina, responsável pela razão de especularita diagnóstica do hematitito friável (HF); (c) fotomicrografia da hematita lamelar (luz refletida), responsável pela razão de especularita diagnóstica do hematitito compacto (HC).	134
Figura 74. Amostra de HC brechado. Notar as bandas reliquias rotacionadas.	142
Figura 75. Amostras de testemunho de HC, apresentando o bandamento principal preservado.	143
Figura 76. Mapa litológico da mina N4E, com destaque em linha pontilhada preta para a direção da charneira do sinclinal, e em linhas pontilhadas brancas, para as direções de ocorrência do HC. AT = aterro, JP = jaspilito, HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, BSA = basalto semi-alterado, BA = basalto alterado, FMN = formação manganesífera.	146
Figura 77. Quadro esquemático dos principais vetores para a prospecção de hematitito compacto em Serra Norte.	157

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Coluna cronolitoestratigráfica da Serra Norte (Macambira, 2003).	11
Tabela 2. Parâmetros, funções e algoritmos utilizados no processamento dos dados espectrais.	33
Tabela 3. Índices espectrais, minerais detectados, algoritmos e filtros/máscaras utilizados no processamento dos dados espectrais.	34
Tabela 4. Equipamentos utilizados, sensores acoplados e principais resultados obtidos na aquisição de dados petrofísicos.	45
Tabela 5. Metodologia ME-ICP41: elementos analisados e respectivos ranges analíticos.	49
Tabela 6. Metodologia ME-MS81: elementos analisados e respectivos ranges analíticos.	49
Tabela 7. Metodologia Fe-VOL05: composto analisado e respectivo range analítico.	50
Tabela 8. Metodologia ME-XRF06: compostos analisados e respectivos ranges analíticos.	50
Tabela 9. Densidade média por litotipo.	111
Tabela 10. Anomalia média de európio para os diferentes litotipos analisados.	117

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AT	Aterro
BA	Basalto alterado
BIF	Banded iron formation
BS	Basalto são
BSA	Basalto semi-alterado
bt	Biotita
cb	Carbonato
ch	Chert
chl	Clorita
cv	Covelita
ep	Epidoto
ER	Espectroscopia de Reflectância
FF	Formação ferrífera
FMN	Formação manganésífera
gls	Vidro
Gt	Goethita
Ha	Hematita anédrica
HC	Hematitito compacto
He	Hematita
HF	Hematitito friável
Hl	Hematita lamelar
Hm	Hematita microcristalina
Hml	Hematita microlamelar
Ht	Hematita tabular
JP	Jaspilito
Mg	Magnetita
Mh	Maghemita
Mt	Martita
pl	Plagioclásio
py	Pirita
qtz	Quartzo
tlc	Talco

1. INTRODUÇÃO

O *footprint* de um depósito mineral pode ser definido a partir da integração de diferentes métodos de investigação geológica e, quando bem caracterizado, suporta a proposta de vetores de exploração mineral, para a identificação de novos depósitos ou de novos corpos mineralizados em depósitos conhecidos. A associação de técnicas analíticas dentro da exploração mineral, como geoquímica e espectroscopia de reflectância, tem se tornando cada vez mais recorrente. A combinação das técnicas aplicada ao mapeamento mineral, tem eficiência comprovada; proporciona a definição de parâmetros quantitativos e qualitativos, como abundância, composição e grau de cristalinidade dos minerais. A integração das técnicas analíticas viabiliza, em última instância, a delimitação e caracterização de zonas mineralizadas, assim como a delimitação dos respectivos halos de alteração hidrotermal, quando ocorrem (Duuring *et al.*, 2016). A integração de dados geológicos em geral, petrográficos, petrofísicos, geoquímicos e espectrais, além viabilizar a caracterização das zonas de alto teor, pode auxiliar no entendimento dos processos formadores dos depósitos (Pereira, 2018).

A Província Carajás, localizada na porção sudeste do Cráton Amazônico (figura 1), região Norte do Brasil, hospeda expressivos depósitos de minério de ferro, nos distritos de Serra Norte, Serra Sul e Serra Leste. No total, foram descobertos 39 corpos de minério de ferro de alto teor, com reserva estimada superior à 18 bilhões de toneladas de minério de ferro, e teor de minério superior à 60% de ferro (Coelho, 1986; Dardenne e Schobbenhaus, 2001; Guedes *et al.*, 2002).

Os corpos de minério de ferro de alto teor são hospedados por uma sequência de formações ferríferas bandadas, caracterizadas como jaspilitos, e possuem espessura real variando de 15 a mais de 300 metros, cortados por diques e *sills* de rochas máficas (Klein e Ladeira, 2002; Macambira, 2003; Lobato *et al.*, 2005; Martins *et al.*, 2021). Os jaspilitos fazem parte da Formação Carajás – e ocorrem subordinadamente como lentes da Formação Igarapé Cigarra – (Grupo Grão Pará) e estão sobrepostos e sotopostos por sucessões de rochas vulcânicas máficas, pertencentes à Formação Parauapebas e Igarapé Cigarra, respectivamente (2,757- 2,760 Ma – Formação Parauapebas) (Wirth *et al.*, 1986; Machado *et al.*, 1991; Trendall *et al.*, 1998; Martins *et al.*, 2017).

O minério de ferro de alto teor é representado por corpos de hematitito friável (HF) e corpos de hematitito compacto (HC). Os corpos de HF ocorrem, geralmente, como porosos, descontínuos e pulverulentos, ou bandados a laminados. São constituídos por hematita pulverulenta (microcristalina). Subordinadamente, ocorrem também magnetita e martita. Os

corpos de minério representados por HC ocorrem, geralmente, em geometrias tabulares ou lenticulares, concordantes, e normalmente estão concentrados no contato com as rochas máficas inferiores (Formação Parauapebas) (alterado de Dalstra e Guedes, 2004). Restritamente, são observados corpos de hematitito compacto em contato com diques máficos (Melo *et al.*, 1981, apud Figueiredo e Silva *et al.*, 2008). Os corpos de HC são constituídos por hematita e podem apresentar também martita e magnetita. Ocorrem em estrutura bandada, em geral mimetizando a estrutura dos jaspilitos, maciça ou brechada (alterado de Figueiredo e Silva, 2004; Lobato *et al.*, 2005).

A gênese do minério de ferro em Carajás é entendida por muitos autores, como resultado de extenso processo de alteração supergênica. O intemperismo teria sido responsável por lixiviar a sílica dos jaspilitos (protominério), com consequente enriquecimento residual em óxidos de ferro (Macambira, 2003; Dardenne e Schobbenhaus, 2001; Lindenmayer *et al.*, 2001).

O modelo de alteração supergênia é muito coerente quando se estuda o hematitito friável. No entanto, o hematitito compacto demanda o entendimento de outros possíveis processos envolvidos. Ao estudar os diversos depósitos de minério de ferro relatados no mundo, como Quadrilátero Ferrífero (Brasil), Hamersley (Austrália) e Transvaal (África do Sul), o que se observa de forma geral na literatura atual, é que o hematitito compacto é predominantemente formado por processos de metamorfismo ou atividades hidrotermais, que resultam no enriquecimento em ferro. Geralmente fluidos hidrotermais desempenham um papel significativo na gênese desses hematititos, promovendo a reconcentração de óxidos de ferro e a formação de corpos compactos de hematita. Por outro lado, os processos supergênicos, associados ao intemperismo e à percolação de água meteórica, tendem a gerar minérios de ferro friáveis e porosos. Durante o intemperismo, ocorre a lixiviação da sílica e a hidratação dos óxidos de ferro, resultando em formações como cangas e hematititos friáveis. Esses processos geralmente não produzem hematititos compactos, mas sim minério desagregado. Portanto, a formação de hematitito compacto por processos exclusivamente supergênicos é improvável.

Alguns autores propõem uma origem hipogênica para os hematititos compactos (Tolbert *et al.*, 1971; Rezende e Barbosa, 1972; Beisiegel *et al.*, 1973; Guedes *et al.*, 2002; Dalstra e Guedes, 2004; Lobato *et al.*, 2005; Figueiredo e Silva *et al.*, 2008). Outros autores consideram ainda que a distribuição dos corpos de minério de ferro de alto teor, em na Serra Norte, tem um forte controle estrutural e estão preferencialmente associados a zonas de maior permeabilidade, localizadas na charneira do antiforme da Dobra Carajás, que se apresenta desmembrada em diversos blocos rotacionados (Rosière *et al.*, 2006). Uma interpretação genética abrangente, que

associa os processos hipogênico e supergênico na formação dos hematititos de Carajás, parece ser a abordagem mais coerente.

Em Serra Norte foram descobertos 9 corpos (N1 a N9) descontínuos de minério de ferro. Atualmente estão em lavra os corpos N4 e N5, sendo o corpo N4 lavrado em 9 diferentes cavas, e o corpo N5 lavrado, atualmente, em 4 diferentes cavas. A cava N4E, do corpo N4, é a maior cava lavrada em Carajás, estando em atividade de lavra desde 1985. Essa cava foi escolhida para o estudo do minério de ferro compacto (hematitito compacto ou HC), porque é uma das duas únicas cavas em que ocorre o HC; a outra cava em que houve ocorrência do minério compacto (N5E), foi exaurida e hoje está preenchida e coberta por uma pilha de material estéril. A lavra em profundidade, em N4E, viabilizou a ampla exposição do minério de ferro compacto, assim como o contato com as rochas encaixantes (basaltos), com o protominério (jaspilito), e com o minério friável (hematitito friável ou HF). A ocorrência subordinada do minério compacto (HC), em relação à ocorrência do minério friável (HF) – predominante em Carajás – incidiu em menor atenção ao estudo dos corpos de HC. Menos de 10% do minério conhecido de Serra Norte é compacto, sendo mais de 90% do minério, friável (Dalstra e Guedes, 2004).

Os esforços aplicados ao conhecimento do minério de ferro friável, resultaram em muitos estudos para o entendimento da gênese e da ocorrência desse tipo de minério. Entretanto, com o avanço da lavra em profundidade, associada à necessidade do acréscimo de recurso e reserva, para ampliação do tempo de vida das minas de Serra Norte, o minério de ferro compacto tem recebido atenção nos últimos anos. É importante olhar para a mineralização em profundidade, em horizontes ainda não pesquisados, com maior atenção. Neste contexto, a investigação do *footprint* do minério de ferro compacto, em N4E, é extremamente oportuna. A caracterização integrada do hematitito compacto, suportará a geração de vetores prospectivos para o minério compacto, e fornecerá subsídios que contribuirão com o entendimento da gênese da mineralização de ferro em Carajás.

2. OBJETIVOS

O objetivo central desta pesquisa é a caracterização dos corpos de minério de ferro compacto (HC), na Serra Norte de Carajás, a partir da integração de dados petrográficos, geoquímicos, espectrais e petrofísicos, obtidos na mina N4E. Pretende-se assim caracterizar o *footprint* do hematitito compacto, contribuir para o entendimento dos processos envolvidos na gênese desses corpos de minério, e gerar vetores exploratórios para a investigação desse tipo de mineralização em profundidade.

Os objetivos específicos deste trabalho incluem:

- (i) A descrição de testemunhos de sondagem, em seções que interceptam os corpos de hematitito compacto em N4E, visando compreender as relações desses corpos com as rochas encaixantes (jaspilitos e basaltos);
- (ii) A modelagem 2D e 3D para o entendimento da geometria e da distribuição dos corpos de hematitito compacto em N4E;
- (iii) A caracterização petrográfica detalhada dos corpos de hematitito compacto e das rochas encaixantes, com o intuito de diferenciar aspectos mineralógicos e texturais primários e secundários;
- (iv) A interpretação dos dados espectrais nas zonas mineralizadas, para mapeamento mineral e identificação de possíveis zonas de alteração hidrotermal;
- (v) A caracterização da assinatura geoquímica dos corpos de hematitito compacto e das possíveis zonas de alteração associadas, no corpo N4E, para a identificação do *footprint* geoquímico da mineralização;
- (vi) A coleta e interpretação de dados petrofísicos, para a geração de vetores exploratórios;
- (vii) A avaliação da eficácia da integração de técnicas de investigação direta (petrografia e litogeoquímica), com técnicas indiretas (espectroscopia de reflectância pontual e escaneamento hiperespectral), na prospecção do minério de ferro em Carajás;
- (viii) A integração final dos dados petrográficos, geoquímicos, espectrais e petrofísicos, visando a caracterização do *footprint* do minério de ferro compacto.

É fundamental explicar previamente, que o hematitito compacto (HC) ocorre em Serra Norte, em duas condições distintas e exclusivas: na base da formação ferrífera (Formação Carajás), nos corpos N4E e N5E (sendo N5E uma mina exaurida, na qual havia também ampla ocorrência de HC); e de forma extremamente restrita, no contato com diques máficos. A presente pesquisa discute a ocorrência do HC referente aos grandes corpos, à constituição dos grandes domínios de minério compacto que ocorrem na base do pacote sedimentar. Não está em discussão, no presente trabalho, a ocorrência extremamente restrita/pontual, de corpos de HC associados aos diques máficos. Estes, provavelmente ocorram em função de processos metassomáticos, decorrentes da geração de calor proveniente da própria colocação, tardia, dos diques (Melo *et al.*, 1981, apud Figueiredo e Silva *et al.*, 2008).

3. CONTEXTO GEOLÓGICO

3.1. Geologia Regional

3.1.1. Província Carajás

A Província Carajás está localizada na porção sudeste do Cráton Amazônico, e compreende o núcleo crustal mais bem preservado do cráton (figura 1). A Província Carajás é limitada ao norte e ao sul pela Província Transamazonas (2,26 – 1,90 Ga), respectivamente pelos domínios Bacajá e Santana do Araguaia, que apresentam porções juvenis paleoproterozoicas, e segmentos arqueanos retrabalhados durante o Paleoproterozoico (Vasquez *et al.*, 2008a). A leste, a província é limitada pela Província Tocantins, no Cinturão Araguaia (neoproterozoico), e a oeste pelas rochas vulcano-plutônicas e sedimentares paleoproterozoicas da Província Amazônia Central (Vasquez *et al.*, 2008a).

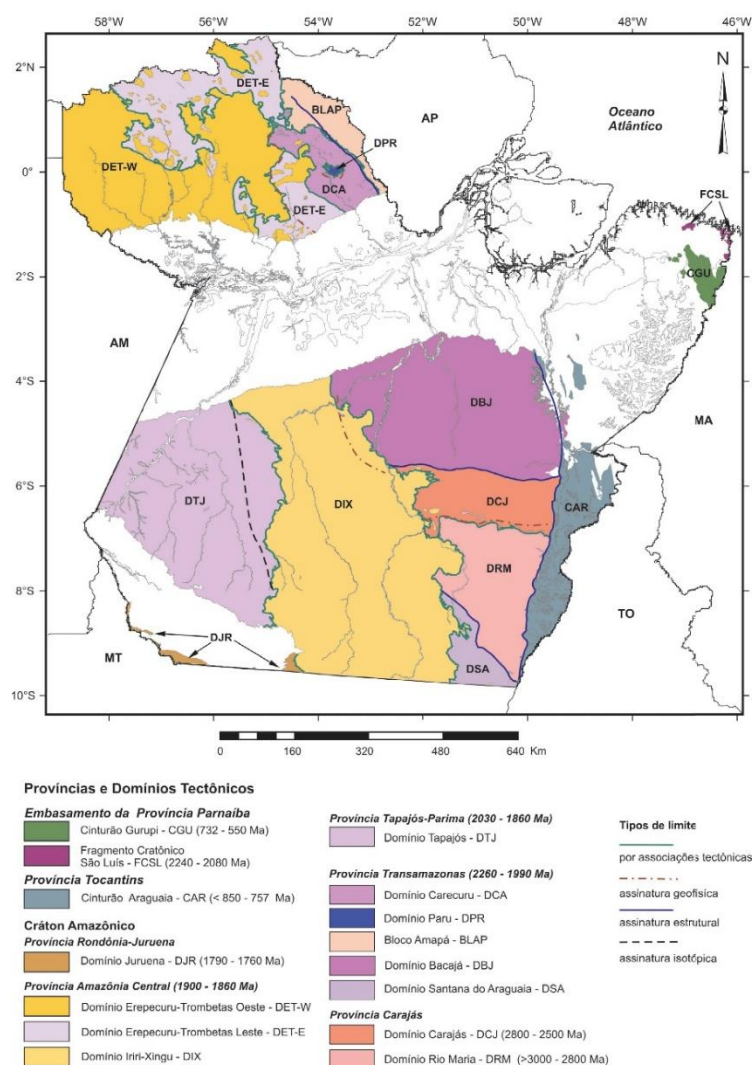


Figura 1. Províncias e domínios tectônicos do estado do Pará (Vasquez e Rosa-Costa, 2008).

A Província Carajás é subdividida nos domínios Rio Maria (sul) e Carajás (norte), separados por uma descontinuidade regional, de direção aproximada leste-oeste (Santos, 2003; Vasquez *et al.*, 2008a) (figura 1). No Domínio Rio Maria, há predominância de faixas *greenstone belts*, TTG's (tonalito-trondjemito-granodiorito), sanukitóides e granitos, provenientes de magmatismo mesoarqueano (Oliveira *et al.*, 2009, 2010; Almeida *et al.*, 2010, 2011). No Domínio Carajás (figura 2), as sequências vulcano-sedimentares raramente apresentam rochas ultramáficas, e o magmatismo mesoarqueano é predominantemente granítico. Um evento de granitogênese em 2,76 – 2,74 Ga, e o extensivo retrabalhamento crustal ocorrido no Neoarqueano, são restritos ao domínio Carajás (Huhn *et al.*, 1999b; Avelar *et al.*, 1999; Barros *et al.*, 2009; Feio *et al.*, 2012). Em ambos os domínios ocorre magmatismo granítico, anorogênico, no Paleoproterozoico (1,88 Ga) (Machado *et al.*, 1991; Dall'Agnoll *et al.*, 1994, 1999a, 2005; Tallarico, 2003), assim como coberturas sedimentares arqueanas a paleoproterozoicas (Monteiro *et al.*, 2014).

As ocorrências e associações litológicas, distintas nos dois blocos, evidenciam diferentes evoluções tectônicas, para os dois domínios (Monteiro *et al.*, 2014). Essas diferenças se destacam absolutamente na metalogenia da Província Carajás (Monteiro *et al.*, 2014). No Domínio Rio Maria há ocorrência de depósitos de ouro orogênico, associados a zonas de cisalhamento regionais que cortam as sequências *greenstone belt* (Monteiro *et al.*, 2014). Há também uma notável reserva de tungstênio, ocorrente no depósito de Pedra Preta (Monteiro *et al.*, 2014).

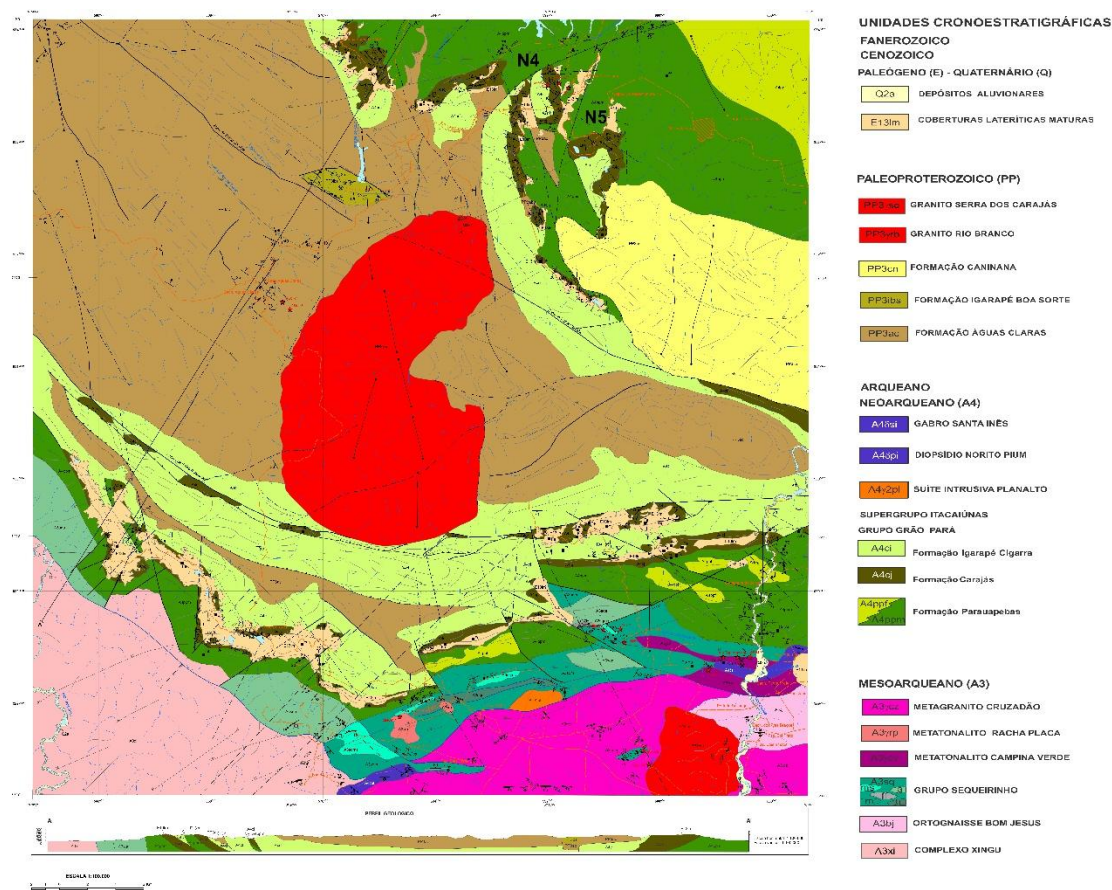


Figura 2. Mapa e cronoestratigrafia do Domínio Carajás (modificado de Justo e Lopes, 2014).

3.1.2. Domínio Carajás

A diversidade metalogenética e a potência dos depósitos minerais, destacam o Domínio Carajás como potencial exploratório notável no planeta (figura 3). Hospeda depósitos gigantes de minério de ferro de alto teor, depósitos de óxido de ferro-cobre-ouro, um depósito de ouro-EGP associado a rochas metassedimentares, depósitos de cobre-ouro livres, sem associações com óxido de ferro, depósitos de cromo e níquel-EGP associados a intrusões máfica-ultramáficas acamadadas, depósitos manganíferos sedimentares e depósitos lateríticos de ouro, níquel e bauxita (Monteiro *et al.*, 2014).

O Domínio Carajás compreende a Bacia Carajás e, na porção sul, uma faixa denominada de Subdomínio de Transição, que expõe, predominantemente, o embasamento mesoarqueano da bacia (Dall'Agnol *et al.*, 2006; Feio, 2011). O embasamento arqueano é composto pelos complexos Xingu, constituído por gnaisses tonalíticos a trondhjemíticos e migmatitos, e Pium, constituído por ortogranulitos máficos a félsicos, cujos protólitos teriam idades de cristalização de $3,002 \pm 14$ Ma (U-Pb em zircão) (Pidgeon *et al.*, 2000). O último episódio de migmatização que afetou as rochas do Complexo Xingu ($2,859 \pm 2$ Ma e $2,860 \pm 2$ Ma, U-Pb em zircão)

(Machado *et al.*, 1991), e a granulitização das rochas do Complexo Pium ($2,859 \pm 9$ Ma, U–Pb em zircão) (Pidgeon *et al.*, 2000), seriam contemporâneos. Alguns autores sugerem a individualização de unidades mesoarqueanas distintas, na área de ocorrência do Complexo Xingu, o que restringiria a ocorrência desse complexo na Província Carajás (Gomes, 2003; Moreto, 2010; Moreto *et al.*, 2011a; Feio, 2011).

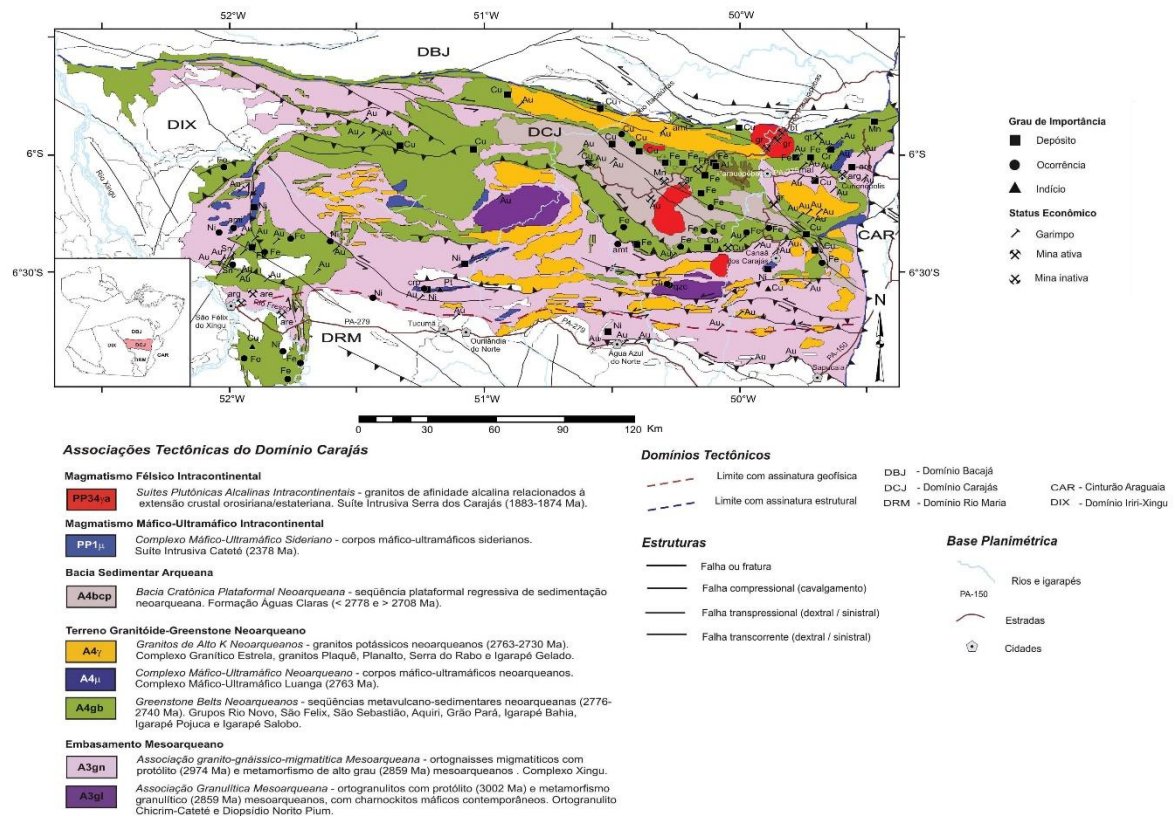


Figura 3. Associações tectônicas e recursos minerais do domínio Carajás (Vasquez e Rosa-Costa, 2008).

3.1.3. Bacia Carajás

A Bacia Carajás é constituída por sequências metavulcanossedimentares do Grupo Rio Novo (Hirata *et al.*, 1982) e do Supergrupo Itacaiúnas (Wirth *et al.*, 1986; DOCEGEO, 1988; Machado *et al.*, 1991), além das sequências metassedimentares da Formação Águas Claras (Araújo *et al.*, 1988; Nogueira *et al.*, 1995). O Grupo Rio Novo inclui anfíbolitos, xistos, metagrauvacas, rochas metavulcânicas toleíticas e gabros (Hirata *et al.*, 1982). A Formação Águas Claras é constituída por metaconglomerados, meta-arenitos, mármore dolomítico, filito carbonoso e sericita quartzitos, que refletem sedimentação marinha rasa a fluvial (Monteiro *et al.*, 2014). A Formação Águas Claras tem idade máxima de deposição, arqueana ($2,681 \pm 5$ Ma, U–Pb) (Trendall *et al.*, 1998), obtida por datações de cristais de zircão detrítico, além da datação

de *sill* de composição gabróica, com idade U-Pb $2,645 \pm 12$ Ma (Dias *et al.*, 1996), e U-Pb $2,708 \pm 37$ Ma (Mougeot *et al.*, 1996).

3.1.4. Supergrupo Itacaiúnas

O Supergrupo Itacaiúnas (Wirth *et al.*, 1986; DOCEGEO, 1988) é constituído pelos grupos Igarapé Salobo (Wirth *et al.*, 1986), Igarapé Pojuca (DOCEGEO, 1988), com idade de $2,732 \pm 3$ Ma (U-Pb em zircão) (Machado *et al.*, 1991) e Grão Pará (DOCEGEO 1988), com idade de $2,759 \pm 2$ Ma (U-Pb em zircão) (Machado *et al.*, 1991), e $2,760 \pm 11$ Ma (U-Pb em zircão) (Trendall *et al.*, 1998). O Supergrupo Itacaiúnas é parcialmente recoberto pela Formação Águas Claras (Nogueira *et al.*, 1995).

O Grupo Igarapé Salobo é constituído por paragnaisses, anfíbolitos, meta-arcóseos e formações ferríferas (Monteiro *et al.*, 2014). O Grupo Igarapé Pojuca é constituído por rochas metavulcânicas básicas, xistos pelíticos, anfíbolitos e formações ferríferas, metamorfisadas em fácies xisto verde a anfíbolito (DOCEGEO, 1988).

3.1.5. Grupo Grão Pará

O Grupo Grão Pará é constituído por basaltos e gabros, intercalados a jaspilitos, riolitos, rochas vulcanoclásticas, além de diques e *sills* de composições máficas (Zucchetti, 2007). A sequência de base, denominada Formação Parauapebas, é constituída predominantemente por basaltos, com ocorrência subordinada de gabros, basaltos andesíticos e riolitos. Os basaltos, litotipo de maior ocorrência, são observados em diferentes graus de alteração, variando desde conjuntos com mineralogia e texturas ígneas preservadas, até basaltos fortemente hidrotermalizados, e ainda ocorrência de meta-basaltos (Macambira, 2003). Martins *et al.* (2017), estudaram um nível de pelo menos 370 metros de espessura, de rochas máficas da Formação Parauapebas. São basaltos, constituídos por sucessivos derrames vulcânicos. Os autores identificaram 11 ciclos de derrames (a partir da disposição das zonas de espilitização) no nível estudado. Embora tratados genericamente como níveis vulcânicos uniformes, tanto os basaltos da Formação Parauapebas, quanto os basaltos da Formação Igarapé Cigarra, são provenientes de sucessivos episódios eruptivos.

Sobrepondo os basaltos da Formação Parauapebas, ocorre a Formação Carajás: um espesso pacote de formação ferrífera bandada de fácies óxido, formada por jaspilito e substituída por hematitito friável nas porções superiores da sequência. A Formação Carajás apresenta contato concordante com a Formação Parauapebas, o que evidencia a deposição

sedimentar da sequência, imediatamente sobre as rochas máficas da Formação Parauapebas (Macambira, 2003).

A sequência de topo, denominada Formação Igarapé Cigarra, está sobre a Formação Carajás, também em contato concordante, o que evidencia a retomada de vulcanismo após um período de quiescência vulcânica e deposição da Formação Carajás. A Formação Igarapé Cigarra é constituída por basaltos, com intercalações de tufos, seguidos por sedimentos clásticos e químicos. Os basaltos ocorrem em diferentes graus de alteração, semelhante ao que ocorre com o litotipo, na Formação Parauapebas. Entre os sedimentos clásticos, ocorrem quartzowackes e quartzo-arenitos. Os sedimentos químicos são representados por *chert* e lentes de formação ferrífera (*BIF* e hematititos) intercaladas nos basaltos (Macambira, 2003).

O Grupo Igarapé Bahia, separado da Formação Igarapé Cigarra por muitos autores, foi descrito em uma exposição a cerca de 25 km a oeste de Serra Norte (DOCEGEO, 1988; Macambira, 2003). Ele é constituído basicamente por rochas metavulcânicas máficas, intercaladas com *BIF's*, e rochas metassedimentares, como metarritmitos, metassiltitos, metagrauvacas, inter-estratificadas com rochas metapiroclásticas, intermediárias a félsicas, assim como silexistos e *BIF's* (Macambira, 2003).

O Grupo Igarapé Bahia apresenta associação litológica semelhante à Formação Igarapé Cigarra, estando na mesma bacia (Grão Pará), no mesmo nível estratigráfico (sobre a Formação Carajás), e com idades correspondentes ($2,745 \pm 1$ a $2,747 \pm 1$ Ma, Pb-Pb em zircão) (Macambira, 2003). O Grupo Igarapé Bahia pode ser considerado uma variação lateral cronocorrelata, da Formação Igarapé Cigarra, tanto na posição estratigráfica, quanto na idade (Macambira, 2003). No presente trabalho, optou-se por designar a sequência vulcano-sedimentar posicionada acima da Formação Carajás, como Formação Igarapé Cigarra.

A Formação Igarapé Cigarra representa o fim das atividades vulcânicas e da sedimentação química, já apresentando uma contribuição sedimentar clástica no Grupo Grão Pará (Macambira, 2003).

Tabela 1. Coluna cronolitoestratigráfica da Serra Norte (Macambira, 2003).

EON	ERA	UNIDADE		DESCRIÇÃO
FANEROZÓICO	PALEOZÓICO	CORPOS MÁFICOS INTRUSIVOS		Diques e soleiras de diabásios.
PROTEROZÓICO	INFERIOR	GRANITO SERRA DOS CARAJÁS		Granitos a anfibólios e/ou biotita
		GABRO SANTA INÊS		Gabro grosseiro hidrotermalizado
		FORMAÇÃO IGARAPÉ AZUL		Arenitos com níveis conglomeráticos e siltitos intercalados
ARQUEANO	GRUPO GRÃO PARÁ	Formação Igarapé Boa Sorte		Siltitos e folhelhos carbonáticos, com arenitos subordinados
		Formação Igarapé Cigarra		Basaltos, tufos, BIF's, hematititos, chert, quartzo wacke e quartzo arenito
		Formação Carajás		BIF's e hematititos, com soleiras de basalto
		Formação Parauapebas		Basaltos e riolitos
	GRUPO POJUCA	Formação Gameleira		Meta-wackes e meta-siltitos
		Formação Corpo 4		BIFs (sulfeto) e xistos
		Formação Bueno		Anfibolitos e BIFs (óxido)
	COMPLEXO XINGU		Gnaisses granodioríticos a tonalíticos, anfibolitos e trondhjemitos	

3.1.6. Evolução tectônica e controle estrutural

A estrutura dominante da Serra dos Carajás foi entendida por Beisegel *et al.* (1973) como um sinclínório, com aproximadamente 1.000 km de comprimento e 100 km de largura, com eixo WNW-ESE, e reinterpretada por Araújo *et al.* (1988), como associada a uma estrutura em flor positiva (Monteiro *et al.*, 2014). Posteriormente, Rosière *et al.* (2006) interpretaram a disposição das serras Norte e Sul, como relacionadas a um par antiformal-sinformal, em geometria de “S”, e denominaram a estrutura como Dobra Carajás. A Bacia Carajás também apresenta o desenvolvimento de zonas de cisalhamento, que mergulham em alto ângulo, com direção regional E-W e ESE-WNW. Essas zonas de cisalhamento são representadas na porção norte, pelos sistemas transcorrentes Carajás e Cinzento (Araújo e Maia, 1991). As zonas de

cisalhamento apresentam evidências de diversos episódios de reativação (Pinheiro e Holdsworth, 1997; Holdsworth e Pinheiro, 2000; Pinheiro e Nogueira, 2003).

A zona de cisalhamento Carajás, ou falha Carajás, é a estrutura mais proeminente da Serra dos Carajás, com cerca de 130 km de comprimento (Holdsworth e Pinheiro, 2000), apresenta caráter rúptil-dúctil, e possui indicação cinemática predominantemente sinistral (Lobato *et al.*, 2005). As deformações decorrentes da falha Carajás, ocorreram em níveis crustais relativamente rasos, inferiores à 5 km de profundidade (Holdsworth e Pinheiro, 2000). O domínio setentrional da falha, apresenta os corpos de minério de Serra Norte (N1 a N9) e Serra Leste (SL1 a SL3), falhados e rotacionados (Lobato *et al.*, 2005), com pares de estruturas NW-SE e E-W, com cinemática destal, interrompendo e deslocando os corpos de minério, que em geral mergulham para sudoeste. O domínio meridional da falha Carajás apresenta os corpos de formação ferrífera de Serra Sul (S11 a S45), com mergulho, em geral, para norte (modificado de Lobato *et al.*, 2005).

O par antiforme-sinforme (Dobra Carajás) estaria relacionado ao evento de transpressão, durante a evolução da Zona de Cisalhamento Carajás (Pinheiro e Holdsworth, 1997), ou, as zonas de cisalhamento Carajás e Cinzento, teriam se desenvolvido no flanco rompido de pares antiformal-sinformal, paralelas ao plano axial da Dobra Carajás, em decorrência da amplificação da dobra, nos estágios tardios do encurtamento N-S (Rosière *et al.*, 2006). A Serra Sul corresponde ao flanco sul da Dobra de Carajás; a zona de charneira desta estrutura sinformal é angulosa, e corresponde ao Platô da Água Boa. A Serra Norte corresponde ao antiformal conjugado, cujos flancos foram estirados, sendo a zona de charneira desmembrada em diversos blocos, alguns rotacionados (figura 4) (Rosière *et al.*, 2006).

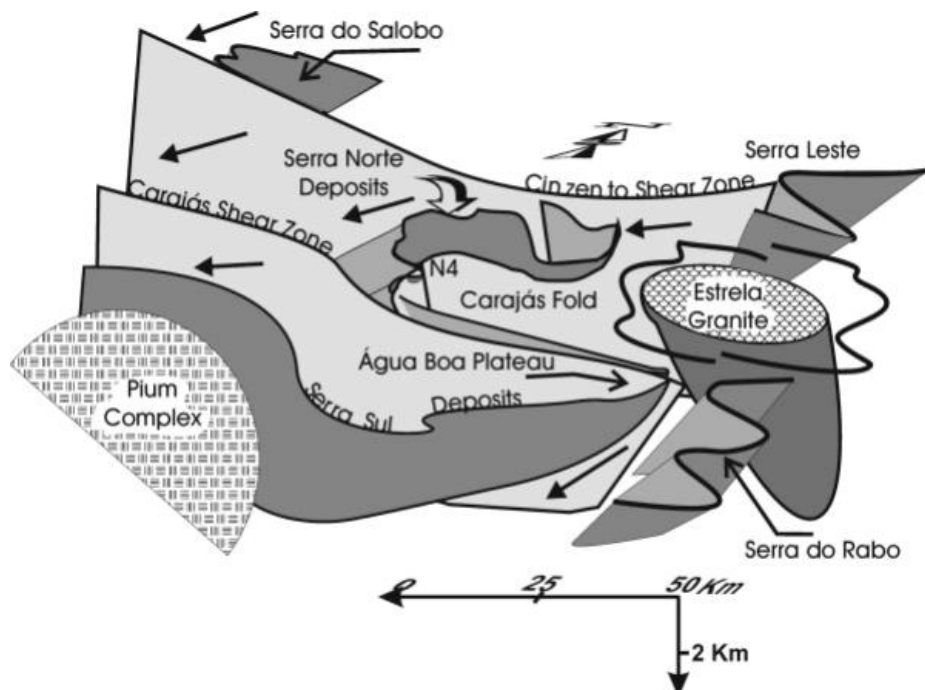


Figura 4. Bloco-diagrama esquemático apresentando a estrutura regional interpretada da Província Carajás, e arredores. A escala horizontal é aproximada e a escala vertical é exagerada. A charneira mergulha entre 20 e 35° W (Rosière *et al.*, 2006).

Ao longo do período de evolução tectônica, ocorreram diversos eventos que não são unanimidade na literatura atual: entre 2,85 e 2,76 Ga ocorreu transpressão sinistral; em 2,76 Ga ocorreu a formação de bacia tipo *pull-apart*, com a deposição do Grupo Grão Pará; entre 2,7 a 2,6 Ga ocorreu transtensão destal, seguida do estabelecimento das zonas de cisalhamento transcorrentes Cinzento e Carajás; em 2,6 Ga ocorreu a inversão tectônica da bacia, em função da reativação do sistema de falhas, formado durante o evento de transpressão destal; entre 1,9 e 1,8 Ga ocorreu um regime de transtensão, que incidiu na intrusão de diques e plútons anorogênicos (Pinheiro e Holdsworth, 1997; Holdsworth e Pinheiro, 2000; Pinheiro e Nogueira, 2003).

Na literatura atual há também uma variedade de possibilidades geotectônicas para a formação da Bacia Carajás. Uma hipótese é de que a Bacia Carajás seria do tipo *pull-apart*, decorrente dos sistemas transcorrentes Carajás, Cinzento e Araraquara (Pinheiro e Nogueira, 2003). Uma outra possibilidade é de que a formação da Bacia Carajás estaria relacionada a abertura de um *rift* continental (Wirth *et al.*, 1986; Gibbs *et al.*, 1986; DOCEGEO, 1988; Macambira, 2003; Tallarico *et al.*, 2005). As idades das intrusões acamadadas máfico-ultramáficas do Complexo Luanga, próximas às idades do vulcanismo bimodal do Grupo Grão Pará, indicam que as intrusões correspondem a câmeras magmáticas associadas ao rifteamento (Ferreira Filho *et al.*, 2007). Uma terceira hipótese é de que a bacia teria se formado em

ambiente de arco vulcânico, associada à subducção; o que seria evidenciado pela afinidade cálcio-alcálica, de alto potássio, dos basaltos do Supergrupo Itacaiúnas e das rochas intrusivas (Meirelles, 1986; Dardenne *et al.*, 1988; Meirelles e Dardenne, 1991; Teixeira, 1994; Lobato *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2005; Teixeira *et al.*, 2010). Essa afinidade cálcio-alcálica das rochas máficas do Supergrupo Itacaiúnas, poderia refletir vulcanismo sobre crosta continental atenuada, em ambiente de retro-arco, desenvolvido em 2,76 Ga (Zucchetti, 2007). Nesta última hipótese geotectônica, uma colisão continente-continente em 2,74 Ga teria sido responsável pela justaposição dos domínios Rio Maria e Carajás (Teixeira *et al.*, 2010).

Martins *et al.* (2017) demonstram que a assinatura *arc-like* obtida para os basaltos da Formação Parauapebas, pode refletir uma forte contaminação crustal, e não necessariamente um episódio vulcânico associado a ambiente de arco continental. Esses autores defendem a nucleação da Bacia Carajás em um ambiente de *rift* continental, desenvolvido em um contexto pós-orogênico, durante a transição do Mesoarqueano para o Neoarqueano, relacionado a *slab breakoff* e à subsequente ascensão da astenosfera, que teria fornecido calor para a fusão parcial do manto litosférico.

O magmatismo meso-neoarqueano do Domínio Carajás, no Subdomínio de Transição, é distinto do magmatismo do Domínio Rio Maria, inviabilizando a hipótese de uma evolução tectônica análoga em ambos os domínios (Feio, 2011).

3.2. Geologia do Depósito de Serra Norte

Na Serra Norte foram descobertos nove corpos de minério de ferro de alto teor (N1 a N9), dos quais dois (N4 e N5) foram e estão sendo lavrados. A Serra Norte ainda é responsável, como unidade, pela mais expressiva massa de minério lavrada, anualmente, no Brasil. Sozinho, o complexo entrega aproximadamente 100 milhões de toneladas de minério de ferro de alto teor (> 60% Fe), por ano, ao mercado. O Depósito Serra Norte é dividido em dois eixos principais (N4 e N5), com disposição aproximadamente N-S. Os eixos foram denominados em função dos respectivos “macro-corpos” mineralizados. Como os corpos N4 e N5 são intensivamente falhados e deslocados, deram origem a “subcorpos” específicos, cujas minas/cavas foram definidas como homônimas. Atualmente estão em lavra nove diferentes cavas no eixo N4 e quatro diferentes cavas no eixo N5. As cavas são separadas conforme a descontinuidade/segmentação tectônica dos corpos de minério.

Em geral, o strike dos corpos mineralizados possui direção NW-SE, mergulhando em média 40° para o azimuth 240. Tanto a direção dos corpos, quanto a inclinação do mergulho

podem variar, de acordo com a posição no depósito; cada cava tem suas peculiaridades estruturais. A principal estrutura, em escala de depósito, que segmenta os corpos mineralizados, são as falhas NW-SE, com cinemática geralmente dextral. Segundo Macambira (2003) essas estruturas NW-SE, muito penetrativas em escala de depósito, são *splays* da Falha Carajás, e consistem em transcorrências sinistrais e dextrais, que mergulham para NE (figuras 5 e 7).

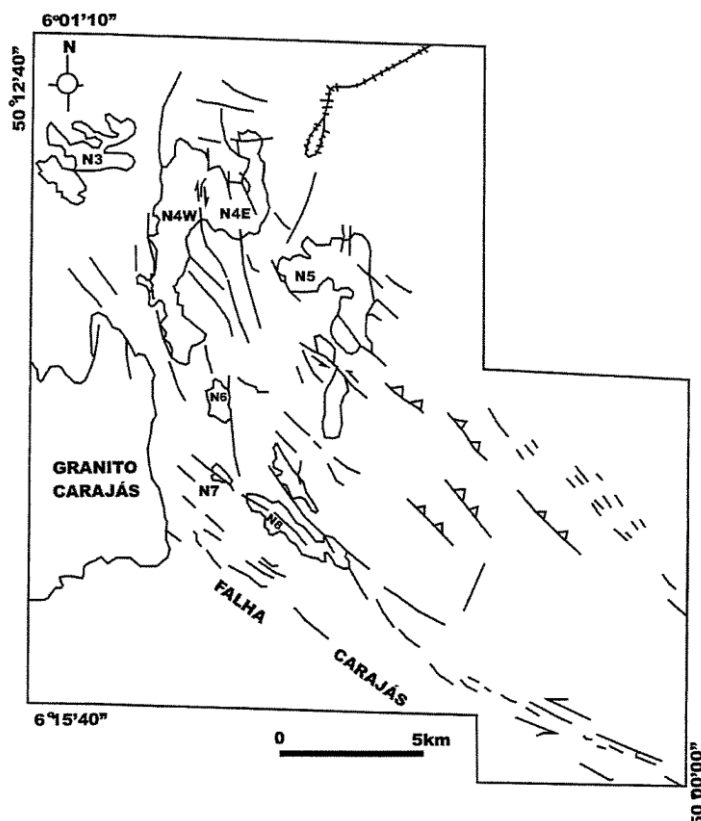


Figura 5. Depósito de Serra Norte com evidência para a Falha Carajás, e para os *splays* com direção NW-SE (Macambira, 2003).

A mina N4E (cava central do presente estudo) apresenta dois domínios estruturais bem definidos, separados por uma estrutura NW-SE, interpretada por alguns autores como zona de charneira de uma dobra assimétrica, que ocorre no centro da cava (figura 6). À norte da estrutura, o bandamento mergulha para sudoeste, que é a direção média de mergulho do bandamento no depósito. À sul da estrutura, o bandamento mergulha para noroeste, em atitude distinta do que se observa nos demais domínios de Serra Norte. Macambira (2003) descreve o corpo N4E como de morfologia, em planta, da letra "J", ressaltada pelo acamamento, que tem direção aproximada N-S, e mergulho de 40°/W, persistente por cerca de 3.2 km, desde o extremo norte de N4E, em direção ao sul, até a parte central da cava (figura 6). Do centro para

o sul de N4E, o acamamento inflete para a direção NE-SW, mergulhando 45°- 55°/NW e chega, no extremo sul, com a direção E-W e mergulhos de 60°-70°/N, configurando um sinclinal assimétrico, cujo eixo mergulha para NW (Macambira, 2003) (figura 6).

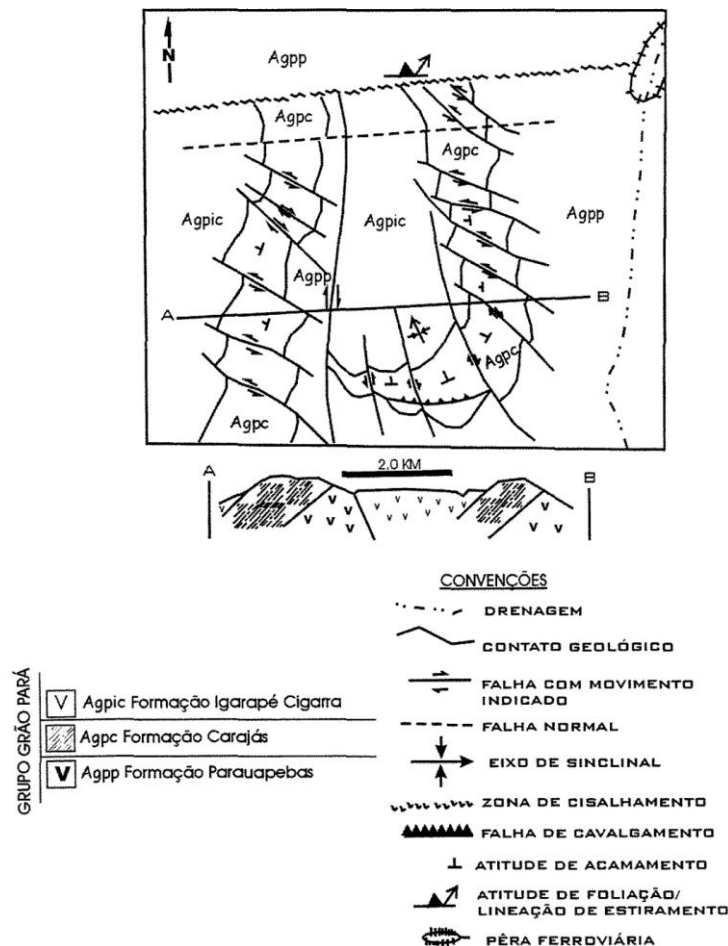


Figura 6. À direita do mapa, o corpo N4E configurando um sinclinal assimétrico, denotado pelo acamamento da formação ferrífera (Macambira e Borges, 1994, em Macambira, 2003).

Segundo Macambira (2003) a Serra Norte sofreu deformações principalmente em regime dúctil-rúptil, em níveis estruturais rasos. As deformações não foram suficientes para inverter a posição das camadas, apesar de causar basculamento, e estão restritas aos planos de movimentação. Há ausência de metamorfismo regional e, por esse motivo, o acamamento sedimentar (S0) está preservado na formação ferrífera, em todo o depósito (Macambira, 2003). Diques e *sills* de composição máfica são abundantes em todo o depósito de Serra Norte, e variam em espessura, desde centimétrica, até dezenas de metros. Os diques ocorrem em variadas direções (N-S, E-W, NW-SE, NE-SW).

A presença abundante de falhas, fraturas, zonas de cisalhamento e cavalgamentos, é compatível com as alterações (supergênica e/ou hipogênica) amplamente disseminadas, uma vez que essas discontinuidades teriam servido de caminho (*feed*) para a percolação dos fluidos diversos e nos diversos sentidos (alterado de Macambira, 2003).

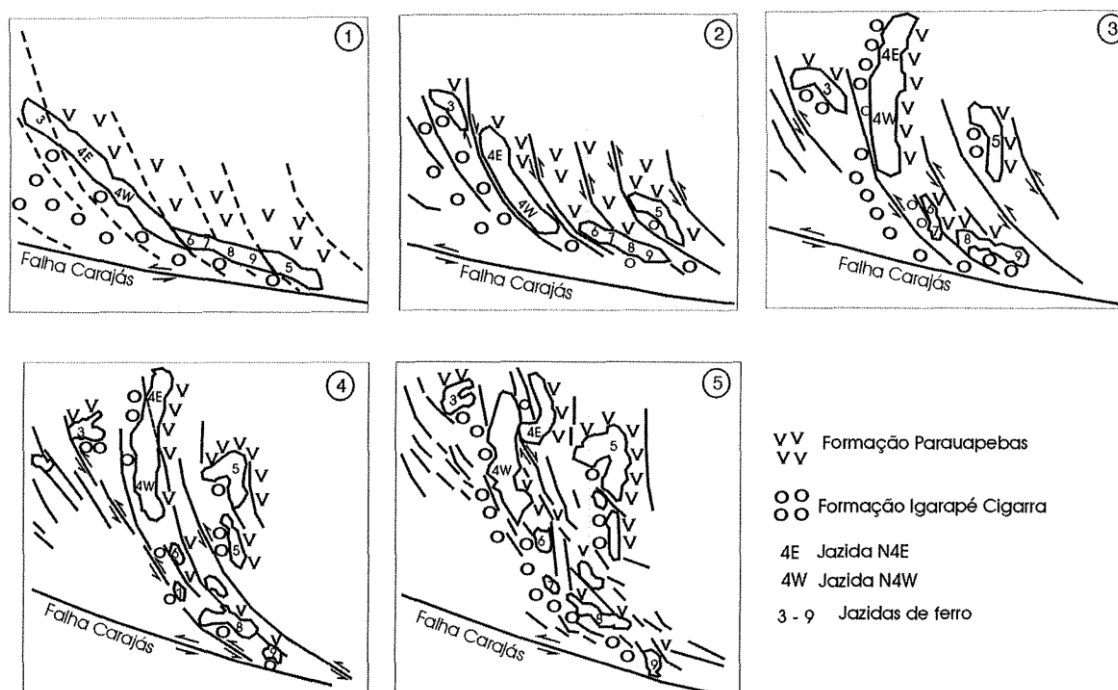


Figura 7. Evolução da movimentação dos *splays* da Falha Carajás, resultando na compartimentação do depósito Serra Norte (Macambira, 2003).

Em relação às rochas máficas encaixantes – Formações Parauapebas e Igarapé Cigarra (base e topo, respectivamente) – uma observação pertinente é a nem sempre trivial distinção entre os basaltos e gabros. Não é incomum observar domínios dos basaltos, em que as granulações são consideravelmente mais grossas. Embora rochas vulcânicas, as texturas chegam a ser claramente faneríticas. Isso ocorre porque os derrames basálticos por vezes são tão espessos, que o centro dos derrames preserva a temperatura elevada por mais tempo, resultando em cristalização relativamente lenta e consequente formação de cristais maiores. Em contrapartida, as restritas ocorrências de gabros, que são interpretados como rochas intrusivas, por vezes gradam de texturas com granulação notavelmente grossa, para texturas de granulação consideravelmente fina, quase afaníticas. Isso ocorre devido ao resfriamento consideravelmente mais rápido nas bordas desses corpos plutônicos, em relação ao centro dos corpos. Dessa forma, o contato entre basaltos e gabros, além de pouco comum, apresenta identificação razoavelmente complexa, nas exposições das minas.

3.3. O minério de ferro

O minério de ferro de alto teor é representado em Serra Norte por corpos de hematitito friável ou compacto. Os corpos tabulares de hematitito friável (HF) são em geral porosos, e ocorrem de forma pulverulenta, ou bandados a laminados. São constituídos por hematita lamelar muito fina, intercalada com hematita pulverulenta (Monteiro *et al.*, 2014). Os corpos de hematitito compacto (HC), ocorrem como tabulares ou lenticulares, apresentam estrutura bandada, mimetizando a estrutura dos jaspilitos, ou maciça, ou brechada, e são constituídos por hematita-martita e hematita (Monteiro *et al.*, 2014; Figueiredo e Silva, 2004; Lobato *et al.*, 2005). Segundo Zucchetti (2007), os corpos de HC ocorrem principalmente perto do contato com as rochas vulcânicas inferiores. Os contatos são geralmente concordantes e podem ocorrer de abruptos a gradacionais e interdigitados.

Embora a maior ocorrência absoluta de formação ferrífera (*BIF* e hematititos), esteja nos corpos principais (Formação Carajás), com camadas chegando a espessuras superiores a 300 metros, lentes relativamente delgadas (que podem chegar a 30 metros de espessura) de formação ferrífera (inclusive minério) são comuns, intercaladas nos basaltos da Formação Igarapé Cigarra. Essa ocorrência se dá especialmente em N4. Na cava 2 da mina de N4WS, por exemplo, foram mapeados três níveis de formação ferrífera, acima do pacote principal (Formação Carajás). As lentes ocorrem sempre em contato concordante com as rochas máficas encaixantes, e paralelas à orientação do corpo principal (Formação Carajás). Essa relação sugere que houve alternância, em períodos relativamente curtos, de episódios de vulcanismo, com episódios de quiescência e deposição de formação ferrífera.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Mapa litológico da mina N4E

A mina N4E, do corpo N4, é a maior cava lavrada em Carajás (figura 8), estando em atividade de lavra desde 1985. Essa cava foi escolhida para o estudo do minério de ferro compacto, devido ser a cava com a maior ocorrência desse tipo de minério, em Serra Norte. A lavra em profundidade, viabilizou ampla exposição do minério compacto, assim como o contato com as rochas encaixantes (basaltos), com o protominério (jaspilito), e com o minério friável.

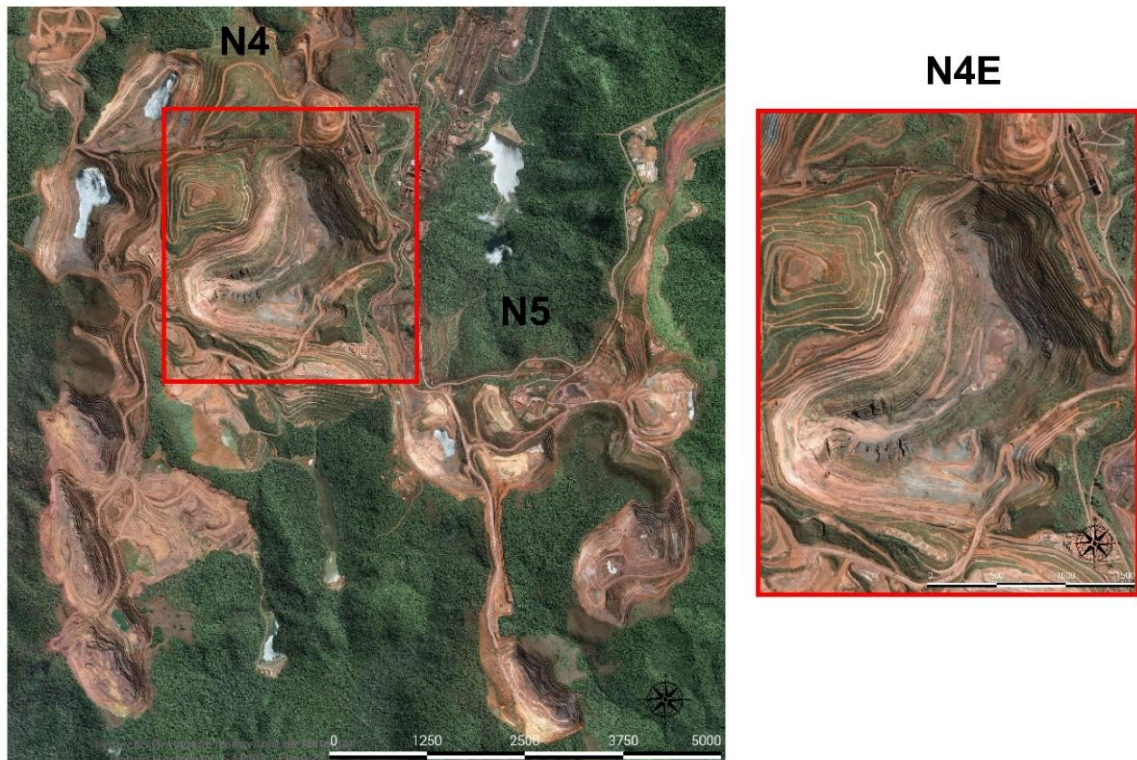


Figura 8. Serra Norte, com destaque para a cava N4E.

No intuito de atender à operação de lavra, o mapa litológico de Serra Norte foi detalhado, em mapeamento de ultra resolução, e os litotipos foram agrupados em conjuntos que suportam tanto a geologia da mina, quanto os processos de produção. É importante ressaltar que para finalidade de produção, somente as variações de hematititos e a canga com alto teor de ferro ($\geq 55\%$), são classificadas como minério. O protominério (jaspilito), as rochas encaixantes (máficas em geral) e as rochas intrusivas (diques e *sills*, máficos), são considerados litotipos estéreis.

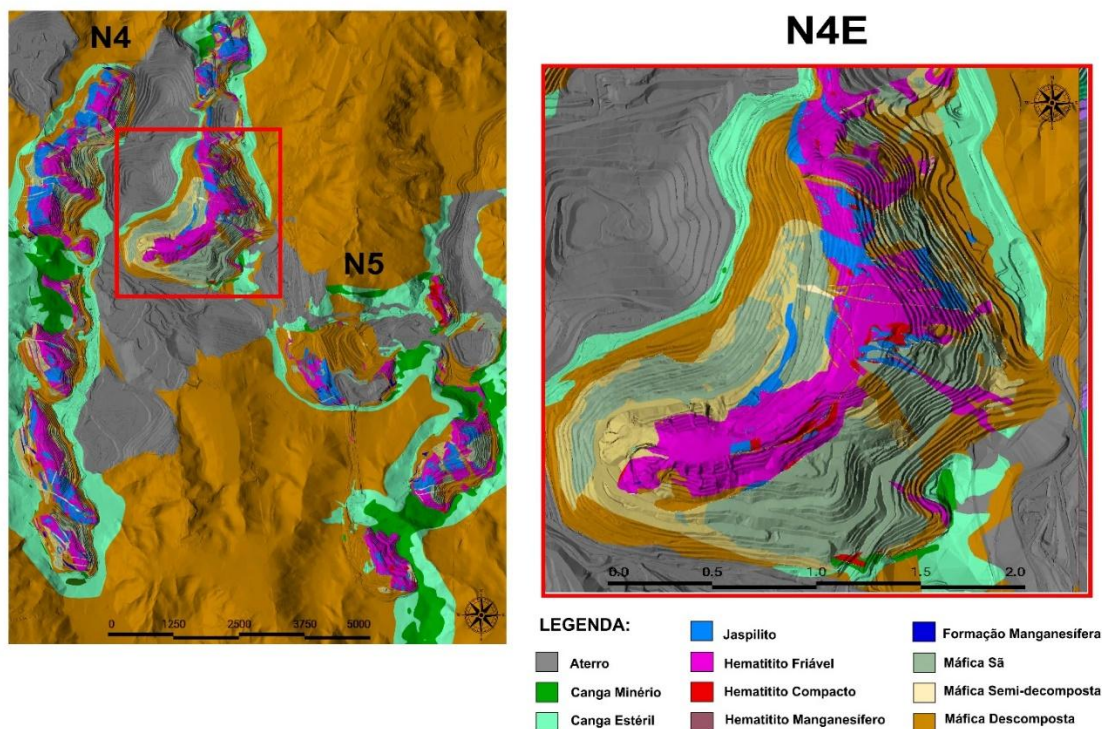


Figura 9. Mapa litológico de mina, do depósito Serra Norte, com destaque para a cava N4E.

Na referida finalidade, de suportar com pragmatismo a operação de lavra nas minas, os mapas e modelos geológicos de mina, foram simplificados, com os respectivos litotipos:

- Cangas (de minério e de estéril): cobertura laterítica. A distinção entre os tipos de canga, se dá em função da contribuição de formação ferrífera que cada uma teve, na respectiva gênese. Quanto maior a participação de formação ferrífera na gênese da canga, maior o teor de ferro; quanto maior a partição de rochas máficas na gênese da canga, menor o teor de ferro. As cangas podem ser também do tipo “*in situ*” ou detrítica;
- Jaspilito: protominério;
- Hematititos (friável e compacto): minério. A distinção entre os tipos de minério se dá em função da compacidade respectiva a cada um;
- Hematitito manganésífero: minério. Hematitito com relativo alto teor de manganês ($\geq 2\%$).
- Formação manganésífera: análoga ao hematitito manganésífero, porém ocorre quando o manganês está concentrado em rochas estéreis (máficas em geral, ou jaspilitos). Também é um litotipo definido para atender as finalidades de produção;

- Máficas (sã, semi-decomposta e decomposta): termo utilizado em geral para basaltos e subordinadamente gabros, em variados graus de alteração intempérica (decomposição), partindo de mais preservados (máfica são) a totalmente alterados (máfica decomposta).

4.2. Nomenclatura

As abreviações dos litotipos utilizadas nesta pesquisa foram definidas pelo presente autor, em analogia a convenções utilizadas na rotina de operação de lavra, nas minas de Serra Norte, conforme demonstrado abaixo:

- **Litotipos e aterro:**

AT = aterro;

BA = basalto alterado (intemperizado);

BS = basalto são (não intemperizado);

BSA = basalto semi-alterado (semi-intemperizado);

FMN = formação manganésifera (rocha com alto teor de manganês e que não tem teor de ferro, de minério; ou seja, $Fe < 55\%$);

HC = hematitito compacto;

HF = hematitito friável;

JP = jaspilito.

As abreviações dos minerais são adaptadas da convenção do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) (Medeiros *et al.*, 2020). As abreviações das texturas são adaptadas da convenção do trabalho de Lobato *et al.* (2005):

- **Minerais e compostos:**

bt = biotita;

cb = carbonato;

ch = *chert*;

chl = clorita;

cv = covelita;

ep = epidoto;

gls = vidro;

Gt = goethita;

Mg = magnetita;
Mh = maghemita;
pl = plagioclásio;
py = pirita;
qtz = quartzo;
tlc = talco.

- **Texturas:**

(i) **Hematita microcristalina (Hm)**, corresponde a cristais extremamente finos ($< 4 \mu\text{m}$), intercrescidos e de contornos irregulares;

(ii) **Hematita microlamelar (Hml)** corresponde a cristais lamelares (ou placóides), com comprimento aproximado entre 4 e 8 μm ;

(iii) **Hematita lamelar (Hl)** corresponde também a cristais lamleares/placóides, porém consideravelmente maiores (geralmente entre 100 e 400 μm);

(iv) **Hematita anédrica-subédrica (Ha)** corresponde a cristais que ocorrem como agregados ou mosaicos interconectados;

(v) **Hematita tabular (Ht)** corresponde a cristais ou agregados de cristais com hábito tabular.

A **martita (Mt)**, embora não represente literalmente um mineral, é relacionada no presente trabalho, na descrição dos cristais de hematita que ocorrem com o hábito característico da magnetita; ou seja, diz respeito a moldes reliquiais de magnetita, em cristais de hematita (consequência de processos de oxidação).

A **maghemita (Mh)**, por sua vez, é relacionada na presente pesquisa, à descrição dos cristais de hematita com domínios magnéticos (reliquiais) preservados, e hábito similar ao da magnetita.

A **limonita** também não representa propriamente um mineral, mas uma mistura indefinida de minerais óxidos de ferro hidratados, ou seja, um óxido de ferro com estrutura cristalina não definida (amorfo), com presença de hidroxila (OH).

A **especularita** descrita no presente trabalho é uma variação da hematita, em ocorrência textural caracterizada por cristais lamelares.

O termo “**bandamento**” foi escolhido e utilizado para descrever a estrutura principal das rochas da formação ferrífera. Embora predominantemente o bandamento descrito seja proveniente da deposição sedimentar (S0), no presente trabalho foi utilizado apenas para a

caracterização da estrutura principal da rocha, não portando, portanto, conotação genética. Foi utilizado nas descrições realizadas, em todas as escalas (tanto macro quanto micro).

4.3. Amostragem e Petrografia

Três furos de sondagem que interceptam o hematitito compacto (HC), em diferentes relações de contato litológico, foram escolhidos para serem detalhadamente estudados na presente pesquisa (figura 10). Os furos selecionados, provenientes de sondagem diamantada em diâmetro HQ (63.5 mm), na mina N4E, são: N4E-FR01968, SN4-FD00021 e SN4-FD00144. Os testemunhos foram analisados, descritos e integralmente amostrados.

Amostras representativas dos três furos de sondagem foram escolhidas para a confecção de 25 lâminas delgadas-polidas. Foram coletadas amostras de todas as litologias presentes nos furos – tanto das as rochas encaixantes (basaltos e jaspilitos), quanto dos distintos tipos de minério (hematititos friável e compacto). Na figura 10 são apresentados os perfis litológicos, dos três furos de sonda analisados na presente pesquisa, assim como seguem marcadas por setas, as posições das amostras coletadas para o estudo petrográfico.

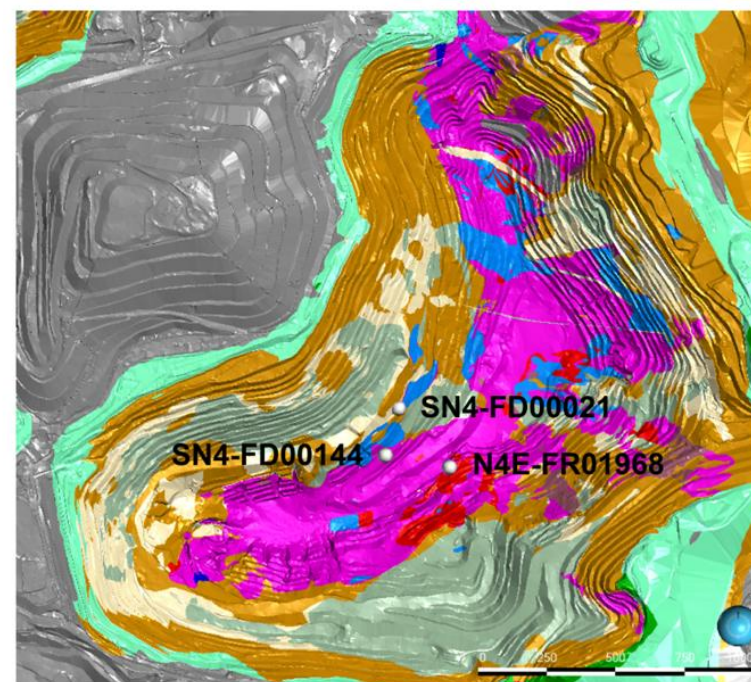
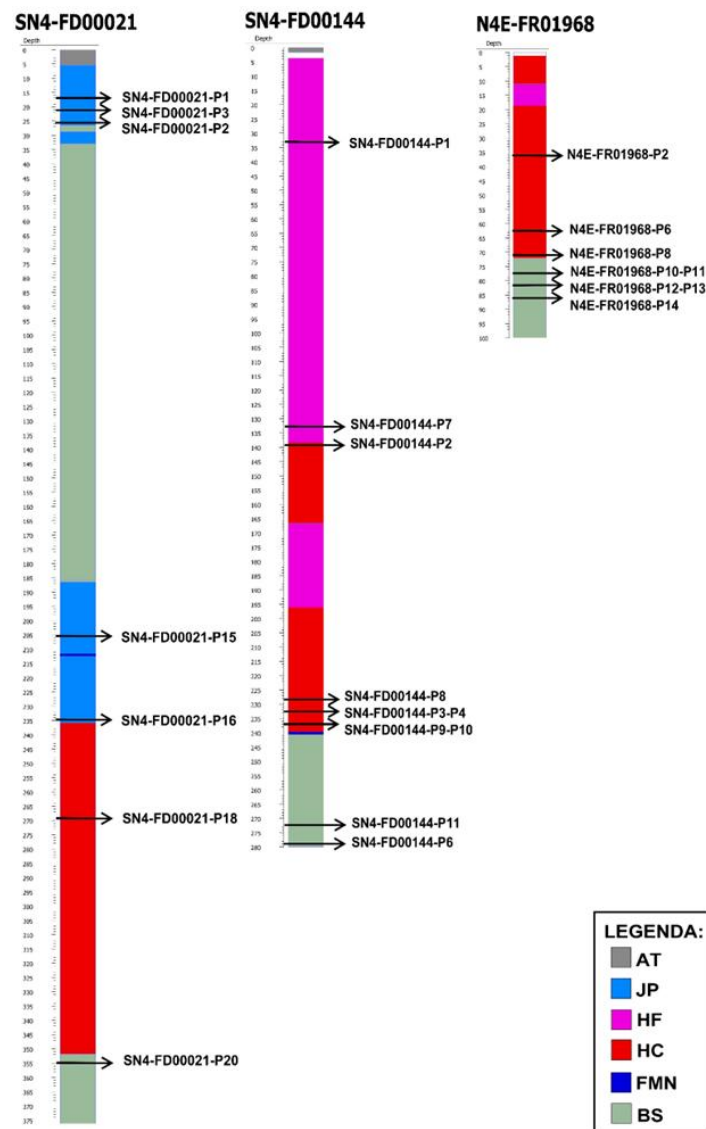


Figura 10. Perfis litológicos dos três furos de sondagem estudados. As setas indicam a posição das amostras coletadas, para confecção das lâminas delgadas-polidas. À direita, mapa litológico da mina N4E com a localização de cada furo de sondagem. AT = aterro, JP = jaspilito, HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganésifera, BS = basalto são.

A escolha dos furos a serem estudados viabilizou a observação da rocha encaixante (basalto), tanto em ocorrência próxima ao contato com o minério compacto, quanto em ocorrência distante do contato. Seis lâminas delgadas-polidas foram confeccionadas, para o estudo petrográfico da Formação Parauapebas (basalto de base).

Apenas um dos três conjuntos de testemunhos de sondagem estudados, intercepta a sequência de topo (basalto da Formação Igarapé Cigarra): SN4-FD00021. Essa unidade estratigráfica também foi analisada, porém, por estar mais distante da ocorrência do hematitito compacto, foi estudada com menor ênfase.

A formação ferrífera, embora ocorra predominantemente na Formação Carajás, não está restrita a essa unidade estratigráfica. Conforme explanado no capítulo de geologia regional e local, lentes de formação ferrífera também ocorrem dentro da Formação Igarapé Cigarra. No horizonte de mina a exposição do corpo N4, assim como a inevitável lavra das rochas máficas encaixantes, de topo e de base, viabilizam a observação e o estudo dessas lentes. As lentes de formação ferrífera que ocorrem na Formação Igarapé Cigarra são representadas tanto por jaspilito, quanto por hematitito friável.

O furo de sonda SN4-FD00021 interceptou dois níveis de jaspilito (JP) da Formação Igarapé Cigarra. A primeira camada (do topo para a base) ocorre com espessura sondada de 27 metros. Como o furo de sonda foi iniciado na própria camada de JP, não é possível saber qual seria a espessura real desse nível de formação ferrífera. Sob essa primeira camada, ocorre um nível de aproximadamente 5 metros de basalto. Sob o basalto, ocorre a segunda camada de JP – consideravelmente mais delgada que a primeira (aproximadamente 5 metros de espessura). Sob a segunda camada de jaspilito, há um empilhamento de aproximadamente 161 metros de basalto, até o contato com o jaspilito da Formação Carajás. A ocorrência desse nível de jaspilito da Formação Igarapé Cigarra, em cota e posição estratigráfica consideravelmente distantes do minério compacto, foi um dos motivos da escolha do referido furo para este estudo. Essa relação viabiliza a comparação do protominério em duas condições fundamentais: jaspilito da Formação Igarapé Cigarra livre de qualquer relação com a ocorrência do hematitito compacto; e jaspilito da Formação Carajás em contato direto com o minério compacto.

Uma observação pertinente é que, embora as lentes de formação ferrífera (FF) da Formação Igarapé Cigarra, ocorram em exposição relativamente ampla nas cavas de Serra Norte (especialmente em N4), não há ocorrência nas exposições e sondagens da mina, de hematitito compacto nesse nível estratigráfico. As lentes de FF são constituídas por jaspilito e/ou hematitito friável. Foram confeccionadas três lâminas delgadas-polidas, em amostras de

testemunho, da camada mais espessa de jaspilito da Formação Igarapé Cigarra, interceptada no furo de sonda SN4-FD00021.

Nos furos N4E-FR01968 e SN4-FD00144, a Formação Carajás é representada pelos hematitos friável e compacto (HF e HC, respectivamente). No furo SN4-FD00021, a Formação Carajás é representada pelo jaspilito e pelo hematito compacto (JP e HC, respectivamente). Por esse motivo, dos três furos analisados, apenas o SN4-FD00021 viabilizou o estudo do contato do protominério (jaspilito) com o hematito compacto.

No furo de sonda SN4-FD00144, a Formação Carajás é representada por ampla ocorrência tanto do hematito friável (HF), quanto do hematito compacto (HC). O furo intercepta o contato entre os dois hematitos e expõe ainda um domínio de intercalação entre ambos. Por esse motivo, o referido furo foi o escolhido para a amostragem e estudo do minério friável (HF).

Os três conjuntos de testemunhos de sondagem analisados interceptam o hematito compacto (HC), objeto central do presente estudo. Nos três furos de sonda, o HC (Formação Carajás) apresenta o mesmo contato de base: ocorre sobre o basalto da Formação Parauapebas. O contato de topo, no entanto, é diferente nos conjuntos estudados. No furo SN4-FD00144 o HC ocorre sob o hematito friável. No furo SN4-FD00021 o HC ocorre sob o jaspilito. A sondagem do furo N4E-FR01968 foi iniciada no HC, de modo que não é possível observar o contato de topo nesse furo. Dez lâminas delgadas-polidas foram confeccionadas, em diferentes amostras do HC, coletadas nos três furos.

4.4. Espectroscopia de Reflectância

A espectroscopia de reflectância (ER) é uma técnica analítica baseada na interação da luz com a matéria. Quando uma amostra material é exposta à radiação eletromagnética (luz), parte da luz é refletida, outra parte é transmitida, e ainda outra parte é absorvida pela amostra. Essa razão na interação da luz com a matéria é a base da reflectância. Reflectância é definida como a razão entre a intensidade de luz incidente sobre a amostra, e a intensidade de luz refletida pela amostra (Van der Meer, 2004). A luz refletida contém informações espectrais que estão diretamente relacionadas à composição química e estrutural de uma amostra mineral (Van der Meer, 2004). Essas informações específicas são denominadas feições de absorção espectral. Os minerais possuem assinaturas espectrais singulares, provenientes dos respectivos conjuntos de feições de absorção. A assinatura espectral do mineral é denominada espectro de reflectância, e ele depende de características como: ligações químicas (bandas vibracionais

específicas), estrutura cristalina e presença de elementos traço (Hunt, 1977; Van der Meer, 2004). Portanto, a associação de várias feições de absorção, define o espectro de reflectância específico de cada mineral. O espectro de reflectância é registrado como uma curva (gráfico) de intensidade em função do comprimento de onda, e pode ser comparado em bibliotecas espectrais, para identificar os minerais presentes na amostra estudada.

De acordo com Prado *et al.* (2016), processos de transição eletrônica e transferência de carga (como alterações no estado eletrônico de elétrons ligados a átomos ou moléculas), associados a íons de metais de transição como Fe, Ti, Cr, entre outros, determinam, em considerável proporção, a posição das feições de absorção, diagnósticas dos espectros de alguns minerais, na região do espectro eletromagnético representada pelo VNIR (visível ao infravermelho próximo) e pelo SWIR (infravermelho de ondas curtas). Processos de vibração relacionados a presença de H₂O e OH, também produzem feições de absorção características no SWIR (Hunt, 1977).

Prado *et al.* (2016) explicam que os parâmetros espectrais são obtidos a partir da curva polinomial, que melhor se ajusta ao espectro de reflectância, removido o contínuo. O contínuo é o albedo total da curva de reflectância (Van der Meer, 2004), e deve ser removido para destacar as reais bandas de absorção. O contínuo representa a tendência geral do espectro, influenciada por fatores externos ao mineral alvo, como feições de absorção espectral de outros minerais que compõem a amostra, ou mesmo a forma física da amostra, ou ainda efeitos de espalhamento da luz (Clark e Roush, 1984; Clark *et al.*, 2003). A correção do contínuo elimina essas contribuições, destacando as bandas de absorção específicas do mineral analisado, mesmo em uma amostra multiminerálica (Clark e Roush, 1984; Clark *et al.*, 2003). A correção viabiliza também a comparação entre espectros de diferentes amostras, além de facilitar a medição da profundidade, largura e posição das bandas de absorção (Clark e Roush, 1984; Clark *et al.*, 2003).

A posição da feição de absorção é definida pelo comprimento de onda, em que a feição de absorção atinge o mínimo de reflectância da curva. Já a posição de uma feição de reflectância, é definida pelo comprimento de onda em que a feição atinge o máximo de reflectância da curva. A razão entre as áreas à direita e à esquerda, do comprimento de onda de mínima reflectância, define o fator de assimetria da feição (Van der Meer, 2004). A inclinação de uma determinada região do espectro, é calculada a partir do coeficiente angular da reta tangente a esta região. Quando a feição de absorção é ausente no espectro analisado, o parâmetro de profundidade é considerado igual ou próximo a zero, indicando a ausência do

mineral investigado. Quando o mineral é identificado, a abundância do mineral pode ser determinada pela intensidade de absorção; maiores profundidades das bandas de absorção indicam maior proporção do mineral na amostra (Clark e Roush, 1984; Prado *et al.*, 2016). A figura 11 apresenta os aspectos espectrais explanados para o mineral hematita. A linha cheia corresponde ao espectro de reflectância do respectivo mineral.

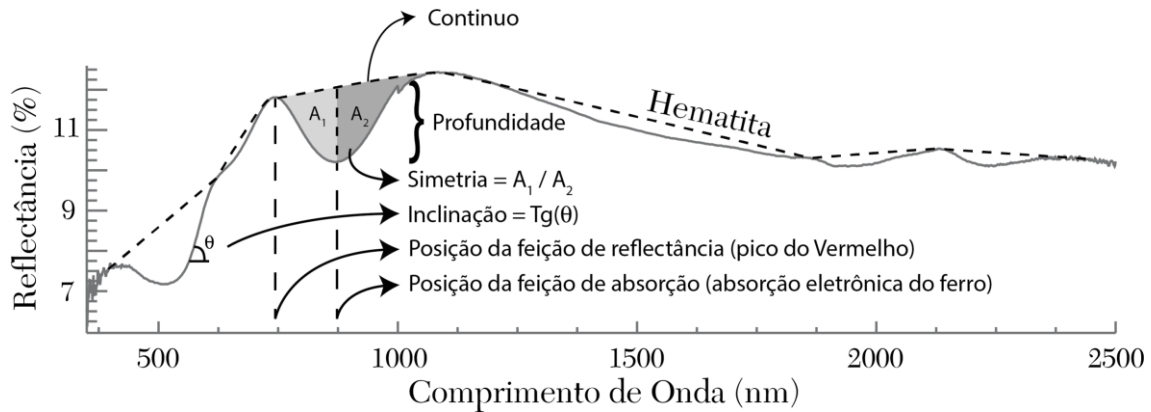


Figura 11. Parâmetros espectrais analisados na espectroscopia de reflectância (Prado *et al.*, 2016).

Na espectroscopia de reflectância, a resolução espectral varia conforme o tipo de aquisição realizada, podendo ser multiespectral ou hiperespectral. A principal diferença entre essas abordagens está no nível de detalhamento, fornecido pela quantidade de bandas espectrais utilizadas para caracterizar os alvos. Na aquisição multiespectral, os dados são coletados em um número limitado de bandas espectrais discretas, que são relativamente largas, cobrindo intervalos maiores, geralmente entre 10 a 100 nm. Cada banda representa uma média das informações dentro desse intervalo do espectro eletromagnético, resultando em menor resolução espectral, o que pode limitar a identificação precisa de materiais e compostos específicos (EOS, 2024).

Em contraste, na aquisição hiperespectral, os dados são coletados em centenas de bandas espectrais estreitas e contíguas, proporcionando alta resolução espectral, geralmente inferior a 10 nm. O número de bandas depende da plataforma utilizada. Sensores hiperespectrais aerotransportados e orbitais, como o *AVIRIS* e o *HyMap*, podem registrar de 200 a mais de 400 bandas espectrais, cobrindo faixas do visível ao infravermelho de ondas curtas (VNIR-SWIR, 400 a 2.500 nm). Esses sistemas são essenciais para o mapeamento de grandes áreas, proporcionando uma visão abrangente da superfície terrestre, embora com resolução espacial limitada devido à altitude da aquisição (EOS, 2024).

Por outro lado, *scanners* hiperespectrais de bancada ou laboratório, como os oferecidos pela *HySpex* e pela *Specim*, possuem maior precisão e controle sobre as condições de aquisição, com resoluções espectrais mais finas (1 a 5 nm) e a possibilidade de focar em faixas espectrais específicas. Esses sistemas são amplamente utilizados em estudos detalhados de amostras geológicas, minerais, vegetação e materiais industriais, permitindo a calibração precisa das assinaturas espectrais e maior controle experimental. Assim, enquanto sensores aerotransportados e orbitais são fundamentais para o mapeamento em larga escala, os *scanners* de laboratório desempenham um papel crucial na caracterização espectral detalhada e na validação de dados (HySpex, 2024; Specim, 2024).

A técnica de espectrorradiometria é amplamente utilizada na exploração mineral, devido à capacidade de identificar e mapear minerais com base em suas assinaturas espectrais características. Essa metodologia não destrutiva permite a rápida aquisição de dados em larga escala, auxiliando na discriminação mineralógica e na definição de zonas de alteração hidrotermal, processos de intemperismo e variações litológicas (Hunt, 1977; Clark, 1999).

No caso específico do minério de ferro, a espectrorradiometria é empregada para diferenciar e mapear as fases minerais presentes, como hematita, magnetita e goethita, fundamentais para a caracterização do minério e sua qualidade metalúrgica (Kruse, 2012). A técnica é particularmente útil para distinguir texturas e variações composicionais dentro de formações ferríferas bandadas (Pontual *et al.*, 2008).

Para a aquisição dos dados espectrais, utilizou-se o espectrorradiômetro de reflectância *FieldSpec 3 Hi-Res*, da *Analytical Spectral Devices* (ASD) (Figura 12), para a análise dos testemunhos dos furos de sonda N4E-FR01968 e SN4-FD00144. A aquisição foi conduzida no Laboratório *GeoMinerals* do Instituto de Geociências, da Universidade de Brasília (UnB). Além disso, foi realizado o escaneamento hiperespectral dos testemunhos do furo SN4-FD00021, utilizando o sistema *SpecCam 4*, da *Geotek*, no Laboratório de Escaneamento Espectral e Análises Petrofísicas (LEEAP), localizado no Centro de Tecnologia Ferrosos (CTF), da Vale.

A utilização dessas duas tecnologias complementares oferece uma abordagem metodológica robusta para o estudo do minério de ferro compacto. O *FieldSpec 3 Hi-Res* permite uma aquisição espectral de alta resolução pontual, sendo particularmente eficaz para a caracterização detalhada das assembleias mineralógicas e suas variações espectrais sutis. Já o *SpecCam 4*, por meio do escaneamento contínuo dos testemunhos, possibilita a obtenção de um perfil espectral sistemático ao longo de toda a amostra, favorecendo a identificação de padrões

mineralógicos e texturais em escala macroscópica. A combinação dessas técnicas aprimora a confiabilidade da caracterização mineral e permite uma análise integrada mais abrangente do minério.

4.4.1. Aquisição pontual - *FieldSpec 3 Hi-Res* (ASD)

O *FieldSpec 3 Hi-Res*, da ASD (figura 12), é um espectrorradiômetro que mede a reflectância em uma ampla faixa espectral (350 a 2.500 nm), abrangendo três regiões do espectro eletromagnético:

- **Visível (VIS): 350 a 700 nm.** Nesta faixa, minerais com baixo albedo, como magnetita e grafita, apresentam transições eletrônicas que resultam em baixa reflectância (Clark, 1999). Essas transições estão associadas a elementos como ferro e manganês, que absorvem luz em comprimentos de onda específicos, influenciando a cor e a reflectância dos minerais (Hunt, 1977).
- **Infravermelho próximo (NIR): 700 a 1.100 nm.** Utilizado para a detecção de água e hidroxilas, pois as moléculas de água apresentam bandas de absorção características nessa região espectral (Hunt, 1977). Minerais como goethita e hematita podem exibir assinaturas espectrais distintas devido à presença de grupos hidroxila em sua estrutura cristalina (Clark, 1999).
- **Infravermelho de ondas curtas (SWIR): 1.100 a 2.500 nm.** Essa faixa é essencial para a identificação de minerais hidratados, como argilas, micas e carbonatos, que possuem bandas de absorção distintas devido às vibrações das ligações OH e CO₃ (Clark, 1999). Minerais como caulinita, esmectita e muscovita apresentam assinaturas espectrais bem definidas nesse intervalo, sendo amplamente utilizados para o mapeamento mineralógico em estudos geológicos e de sensoriamento remoto (Hunt, 1977).

A versão *Hi-Res* do *FieldSpec 3* oferece uma resolução espectral aprimorada, permitindo a distinção de pequenas diferenças entre minerais de composições semelhantes, o que é essencial para aplicações geológicas e de sensoriamento remoto de alta precisão. A combinação dessas características torna esse equipamento uma ferramenta valiosa para a caracterização mineral e o estudo de sistemas minerais.

Nos testemunhos dos furos selecionados para a aquisição dos dados (N4E-FR01968 e SN4-FD00144), as amostras foram coletadas com um espaçamento médio de 1 metro entre elas. No total, foram realizadas 495 medições em 99 amostras do furo N4E-FR01968, e 1.340

medições em 268 amostras do furo SN4-FD00144. A aquisição espectral variou conforme a natureza das amostras. Para as amostras compactas (coesas), os espectros foram obtidos com uma sonda de contato (figura 13), composta por uma lâmpada de halogênio e uma janela de aquisição de 1 cm de diâmetro, garantindo a precisão das medições. Já para as amostras friáveis (incoesas), utilizou-se o *Muglight*, um acessório que permite a medição da reflectância diretamente no adaptador de bandeja da ASD (figura 12). Cada espectro salvo para processamento e interpretação representa a média de cinco medições consecutivas realizadas na mesma amostra, assegurando maior confiabilidade nos resultados.

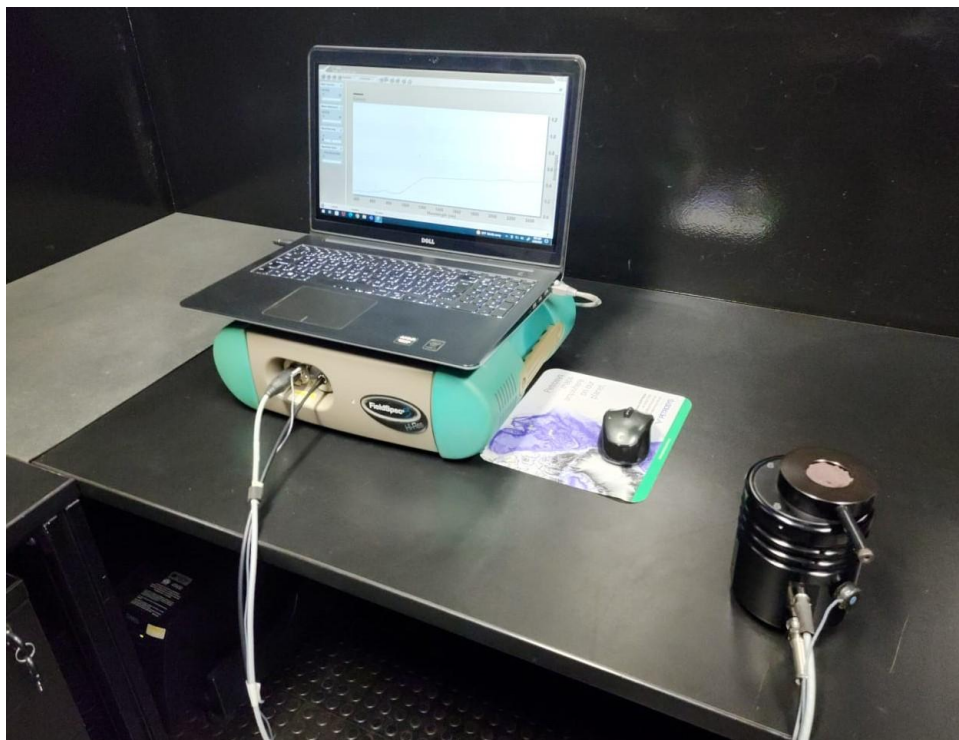


Figura 12. Espectrorradiômetro de reflectância *FieldSpec 3 Hi-Res*, da ASD, posicionado sobre a bancada de pesquisa. Acoplado ao espectrorradiômetro está o sensor de leitura *Muglight*, também da ASD, utilizado para a aquisição de amostras desagregadas. Sobre o espectrorradiômetro está o computador utilizado para a coleta e processamento dos dados espectrais.



Figura 13. Sonda de contato utilizada nas medidas das amostras compactas.

As amostras foram escolhidas, coletadas, separadas, identificadas, descritas, limpas e secas para a aquisição dos dados (figura 14). O *FieldSpec* foi calibrado com um padrão branco de referência (placa *Spectralon Diffuse Reflectance Material*), e recalibrado a cada troca de amostra. A utilização do padrão branco de referência é essencial em coletas de dados de ER, tanto para calibrar o espectrômetro, definindo o nível de reflectância máxima (100%) em todo o espectro medido, quanto para a correção de ruídos e artefatos no espectro, garantindo que a resposta do instrumento seja bem ajustada ao comportamento real da luz refletida.

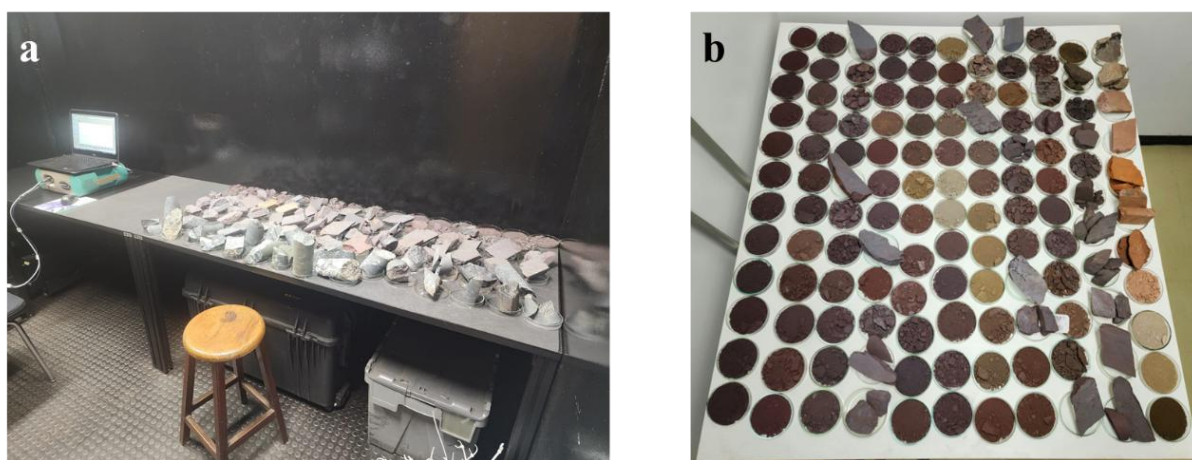


Figura 14. (a) bancada montada com as amostras para a aquisição no Laboratório GeoMinerals do IG-UnB. (b) sequência de amostras organizadas para posterior aquisição na sala de medida dos dados.

Os dados adquiridos foram processados no TSG (*The Spectral Geologist*), um *software* especializado para análise e interpretação de dados espectrais, que dispõe de algoritmos avançados e bibliotecas dedicadas ao mapeamento mineral em alta resolução. Após a importação dos arquivos contendo os dados medidos, cada espectro foi exibido em gráficos interativos, nos quais a intensidade da reflectância é representada em função do comprimento de onda.

As bandas de absorção específicas, indicativas dos minerais presentes, foram identificadas e interpretadas após a correção do contínuo pelo método *Hull Quotient*. Esse método ajusta uma curva sobre os pontos máximos do espectro, sem considerar as regiões de absorção, e então divide o espectro medido pelo contínuo ajustado ponto a ponto. O resultado é um espectro normalizado, no qual o contínuo é removido, permitindo o realce das características espectrais, como profundidade e largura das bandas de absorção (Clark e Roush, 1984).

Utilizando algoritmos internos, o TSG compara as bandas de absorção das amostras com bibliotecas espectrais de referência. Com base nessa correspondência espectral, o *software* identifica os minerais predominantes em cada espectro, atribuindo uma ou mais fases minerais conforme a similaridade entre os espectros medidos e os padrões conhecidos.

Doravante são apresentadas as tabelas que especificam os parâmetros de reflectância utilizados neste estudo. A primeira tabela apresenta o parâmetro associado à sua função ou objetivo na interpretação, bem como o algoritmo empregado na análise (tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros, funções e algoritmos utilizados no processamento dos dados espectrais.

Parâmetro	Função	Algoritmo TSG
900D	Identificar e quantificar Fe-(hidro-) óxidos.	PFIT: Profundidade relativa da feição de absorção do espectro, removido o contínuo calculado, usando um polinômio de oitavo grau, de 750-1300 nm, com foco entre 850-1000 nm.
900Wv	Diferenciar Hematita-Goethita.	PFIT: Comprimento de onda da feição de absorção do espectro, removido o contínuo, calculado usando um polinômio de oitavo grau, de 750-1300 nm, com foco entre 850-1000 nm.
600 700SL	Identificar Fe-(hidro-) óxidos.	Inclinação contínua variando entre 600-740 nm.
N1650R	Albedo.	PROFILE: Reflectância média de 1650 +- 100 mn.
450R1650R	Identificar minerais opacos (magnetita, óxidos de Mn, sulfetos).	ARITH: (R456)/(R1650).
2200Dk	Identificar e quantificar minerais do Grupo da Caulinita.	PFIT: Profundidade relativa da feição de absorção do espectro, removido o contínuo, calculado usando um polinômio de oitavo grau, de 2180-2230 nm, com foco entre 2190-2220 nm.
2160Dk	Identificar minerais do Grupo da Caulinita.	ARITH: ((R2138+R2190)/(R2156+R2179)).
2080D	Identificar e quantificar talco.	PFIT: Profundidade relativa da feição de absorção do espectro, removido o contínuo, calculado usando um polinômio de oitavo grau, de 2060-2100 nm, com foco entre 2065-2095 nm.
2340D	Identificar e quantificar clorita/biotita e anfibólio.	PFIT: Profundidade relativa da feição de absorção do espectro, removido o contínuo, calculado usando um polinômio de oitavo grau, de 2280-2420 nm, com foco entre 2320-2360 nm.
2340Wv	Definir a composição da clorita.	PFIT: Comprimento de onda da feição de absorção do espectro, removido o contínuo, calculado usando um polinômio de oitavo grau, de 2280-2420 nm, com foco entre 2320-2360 nm.
2250D	Identificar clorita/biotita.	PFIT: Profundidade relativa da feição de absorção do espectro, removido o contínuo, calculado usando um polinômio de oitavo grau, de 2220-2280 nm, com foco entre 2230-2265 nm.
2278R2253R	Separar clorita e biotita.	ARITH: (2278R)/(2253R).
1550D	Identificar e quantificar epidoto.	PFIT: Profundidade relativa da feição de absorção do espectro, removido o contínuo, calculado usando um polinômio de oitavo grau,

		de 1490-1650 nm, com foco entre 1540-1570 nm.
1830D	Identificar epidoto.	PFIT: Profundidade relativa da feição de absorção do espectro, removido o contínuo, calculado usando um polinômio de oitavo grau, de 1810-1855 nm, com foco entre 1820-1840 nm.
2330D	Identificar e quantificar carbonato.	PFIT: Profundidade relativa da feição de absorção do espectro, removido o contínuo, calculado usando um polinômio de oitavo grau, de 2260-2390 nm, com foco entre 2320-2350 nm.
2330Asym	Identificar carbonato.	PFIT: Simetria do espectro, removido o contínuo, calculado usando um polinômio de oitavo grau, com foco entre 2180-2380 nm.
2390D	Identificar e quantificar anfibólio.	PFIT: Profundidade relativa da feição de absorção do espectro, removido o contínuo, calculado usando um polinômio de oitavo grau, de 2370-2420 nm, com foco entre 2390-2410 nm.
540R620R	Diferenciar especularita-hematita.	ARITH: (540R)/(620R)
900R1230R	Diferenciar minério compacto-friável.	ARITH: (900R)/(1230R)

A tabela a seguir apresenta os principais índices espectrais empregados na análise dos dados, destacando os minerais identificados, os algoritmos base utilizados e os respectivos filtros/máscaras aplicados no processamento (tabela 3).

Tabela 3. Índices espectrais, minerais detectados, algoritmos e filtros/máscaras utilizados no processamento dos dados espectrais.

Nome	Minerais Detectados	Algoritmo base	Filtros/Máscaras
Fe-Oxide abundance	Hematita, goethita	900D	900D $\geq$ 0.025 RMSE $\leq$ 0.02 600 700SL > 0
Fe-Oxide composition	Hematita, goethita	900Wv	900D $\geq$ 0.025 RMSE $\leq$ 0.02 600 700SL > 0
Opaques abundance	Magnetita, sulfetos	450R1650R	N1650R $\leq$ 0.30
Chlorite abundance	Clorita	2340D	2340D $\geq$ 0.01 RMSE $\leq$ 0.05 2250D $\geq$ 0.025 2278R2253R $\leq$ 1.05 Epidote abundance=0 Carbonate abundance=0
Chlorite composition	Clorita	2340Wv	2340D $\geq$ 0.01 RMSE $\leq$ 0.05 2250D $\geq$ 0.025 RMSE $\leq$ 0.1 2278R2253R $\leq$ 1.05 Epidote abundance=0 Carbonate abundance=0
Biotite abundance	Biotita	2340D	2340D $\geq$ 0.01 RMSE $\leq$ 0.05 2250D $\geq$ 0.025 RMSE $\leq$ 0.1

			2278R2253R>1.05 Epidote abundance=0 Carbonate abundance=0
Epidote abundance	Epidoto	1550D	1550D>=0.0035 RMSE<=0.1 1830D>=0.002 RMSE<=0.05
Talc abundance	Talco	2080D	2080D>=0.00225 RMSE<=0.05
Kaolinite abundance	Caulinita	2200Dk	2200Dk>=0.02 RMSE<=0.1 2160Dk>1.005
Carbonate abundance	Dolomita, ankerita e calcita	2330D	2330D>=0.146 RMSE<=0.03 2330Asym>=1.13
Amphibole abundance	Hornblenda	2390D	2390D>=0.03 RMSE<=0.05 2340D>=0.01 RMSE<=0.05
Specularite Ratio	Hematita	540R620R	900D>=0.025 RMSE<= 0.02 600 700SL > 0
Hardness Proxy	Hematita	900R1230R	900D>=0.025 RMSE<= 0.02 600 700SL > 0

4.4.2. Escaneamento hiperespectral - *The SpecCam 4 (Geotek)*

O espectrorradiômetro hiperespectral *SpecCam 4*, da *Geotek* (figura 15), utiliza espectroscopia de reflectância hiperespectral em tempo real, para adquirir dados mineralógicos semi-quantitativos, a partir do escaneamento automatizado de testemunhos de sondagem. O equipamento fornece um perfil espectral contínuo ao longo de todo o testemunho, permitindo uma análise detalhada das variações mineralógicas e texturais.

O sensor opera em duas faixas do espectro eletromagnético: VNIR (Visível e Infravermelho Próximo), cobrindo de 400 nm a 1.300 nm, e SWIR (Infravermelho de Ondas Curtas), abrangendo de 1.300 nm a 2.500 nm. Essa ampla cobertura espectral possibilita a identificação de minerais, caracterizados por transições eletrônicas no intervalo do VNIR, e por ligações vibracionais de grupos funcionais (OH, CO₃) no SWIR, essenciais para a detecção de argilominerais, carbonatos e óxidos de ferro.

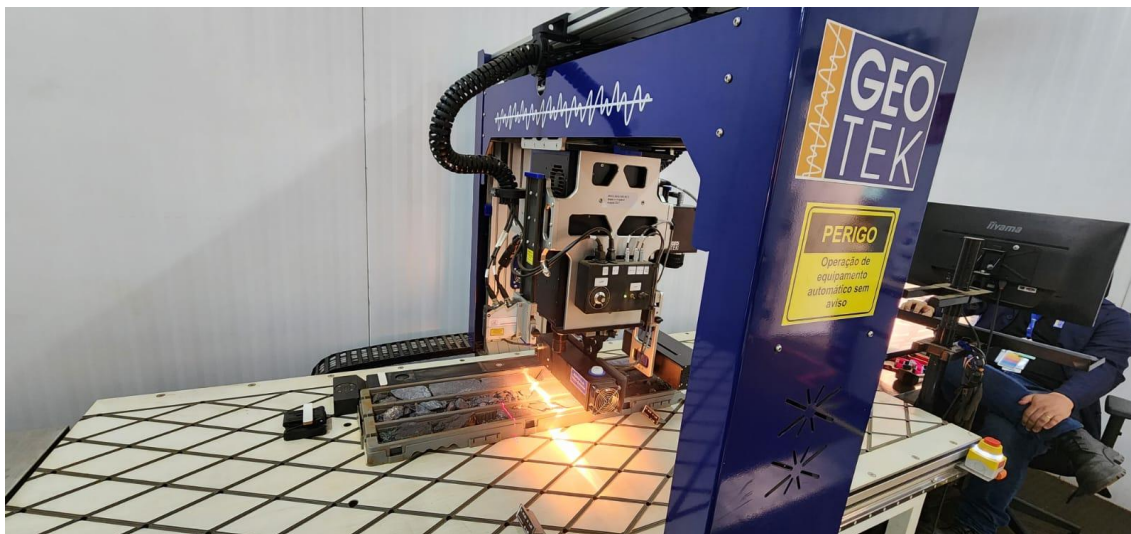


Figura 15. *Scanner* hiperespectral *SpecCam 4*, da *Geotek*, utilizado para a aquisição de dados espectrais em testemunhos de sondagem. O equipamento, localizado no Laboratório de Escaneamento Espectral e Análises Petrofísicas (LEEAP), no Centro de Tecnologia Ferrosos (CTF), da Vale, realiza medições automatizadas de reflectância em alta resolução, ao longo do testemunho, permitindo a caracterização mineralógica e textural detalhada.

Os testemunhos do furo de sonda SN4-FD00021 foram selecionados para o escaneamento hiperespectral integral. No total, foram realizadas 62.616 medições, com uma média de 160 medições por metro de testemunho. Durante o processo, as caixas de testemunho são posicionadas sobre a bandeja automatizada do equipamento, que é equipada com um suporte que estabiliza e alinha as amostras. A bandeja, controlada por motores, desloca a caixa de testemunhos sob o campo de visão da câmera hiperespectral *SpecCam 4*, que captura espectros na faixa de 400 nm a 2.500 nm. O sistema realiza um mapeamento mineral contínuo, registrando cada ponto da superfície como um espectro completo e gerando uma imagem hiperespectral, que integra informações espaciais e espectrais. Os dados adquiridos foram processados pela equipe de tecnologia e inovação da Vale, utilizando uma biblioteca espectral própria, o Projeto Biblioteca Espectral (*Spectral Library Project* – SLP) – Vale, desenvolvida para a identificação mineral, com base em referências espectrais de diferentes depósitos estudados pela própria empresa.

4.5. Petrofísica

A petrofísica de rocha dura é uma abordagem fundamental para a caracterização e compreensão do *footprint* de depósitos minerais, permitindo a identificação de variações nas propriedades físicas das rochas e sua relação com processos de mineralização. Diferentemente da petrofísica aplicada a reservatórios sedimentares, a petrofísica de rochas ígneas e

metamórficas apresenta desafios adicionais devido à heterogeneidade estrutural e composicional desses materiais (Dentith *et al.*, 2020). A integração de dados petrofísicos tem se mostrado essencial para refinar modelos geológicos e direcionar estratégias mais eficazes na exploração mineral.

O estudo das propriedades físicas das rochas, como densidade, susceptibilidade magnética, velocidade sísmica e radioatividade, permite diferenciar unidades geológicas, identificar zonas alteradas e delimitar potenciais mineralizações. Segundo Dentith *et al.* (2020), o avanço nas técnicas de aquisição e processamento de dados petrofísicos, tem permitido análises mais detalhadas e multiescalares, possibilitando a integração com dados geofísicos regionais e aumentando a precisão na modelagem de depósitos minerais.

Na Província Mineral de Carajás, a aplicação da petrofísica tem sido crucial para diferenciar rochas encaixantes de zonas mineralizadas. Estudos recentes indicam que a integração de dados magnéticos e gamaespectrométricos, é um vetor eficiente para a prospecção mineral, reduzindo incertezas e aprimorando a delimitação de corpos mineralizados em subsuperfície (Nascimento *et al.*, 2016). Em particular, o estudo de Nascimento *et al.* (2016) no corpo N4WS, demonstrou a importância da petrofísica na caracterização do minério friável, diferenciando-o das formações ferríferas adjacentes, com base na susceptibilidade magnética e na assinatura gamaespectrométrica. Esse avanço representa um passo significativo na compreensão da distribuição e das características físicas desse tipo de minério, permitindo a otimização dos processos de exploração e modelagem geológica.

Dessa forma, a petrofísica de rocha dura se destaca como uma ferramenta indispensável para a exploração mineral moderna, contribuindo para uma abordagem mais quantitativa e integrada, na identificação e modelagem de depósitos minerais.

Este trabalho apresenta uma abordagem inovadora, pois, além da aquisição de dados petrofísicos como susceptibilidade magnética e variação de radioelementos, para o mesmo conjunto amostral dos furos N4E-FR01968 e SN4-FD00144, o furo SN4-FD00021 foi integralmente escaneado utilizando um sistema avançado de equipamentos multi-sensores, instalado no Laboratório de Escaneamento Espectral e Análises Petrofísicas (LEEAP), localizado no Centro de Tecnologia Ferrosos (CTF). Essa metodologia possibilita uma caracterização petrofísica mais detalhada e contínua do testemunho, permitindo uma análise mais refinada das variações espaciais das propriedades físicas da rocha, e sua relação com a mineralização.

4.5.1. Densidade

A densidade dos materiais rochosos influencia diretamente o campo gravimétrico da Terra. Dessa forma, o estudo gravimétrico é essencial para compreender a variação da densidade entre diferentes tipos de rochas e ambientes geológicos (Dentith e Mudge, 2014; Dentith *et al.*, 2020). Consequentemente, a análise da densidade desempenha um papel fundamental na delimitação de padrões associados a depósitos minerais. De acordo com Dentith e Mudge (2014), assim como outras propriedades físicas, a densidade de uma rocha está diretamente relacionada à sua assembleia mineralógica e, por extensão, à sua composição química. Além disso, o empacotamento dos componentes químicos nos retículos cristalinos dos minerais também influencia a densidade do material. No caso do minério de ferro, sua densidade é notavelmente elevada em comparação com a das rochas encaixantes. Por esse motivo, as variações e nuances de densidade entre diferentes tipos de minério, assim como os contrastes com as rochas hospedeiras, são aspectos de extremo interesse neste estudo.

A medição da densidade das rochas pode ser realizada por diferentes métodos, sendo o método de Joulie um dos mais difundidos. O método de Joulie permite uma determinação precisa da densidade aparente e real dos materiais geológicos. Segundo Dentith e Mudge (2014), esse método baseia-se na medição do volume deslocado por um fluido, geralmente água ou querosene, em um recipiente calibrado. Essa técnica é amplamente aplicada na caracterização de amostras de rocha, especialmente em estudos petrofísicos voltados para a exploração mineral.

A precisão do método de Joulie é fundamental para a interpretação gravimétrica e para a modelagem do *footprint* de depósitos minerais, uma vez que a densidade das rochas influencia diretamente a resposta do campo gravimétrico (Dentith e Mudge, 2014). Além disso, a correlação entre densidade e mineralogia permite diferenciar rochas mineralizadas de rochas encaixantes, auxiliando na identificação de corpos de minério, como os depósitos de ferro, onde contrastes de densidade são marcantes.

Existem também algumas metodologias de medição indireta de densidade. Uma das mais consagradas é a aquisição a partir da atenuação de raios gama (densidade gama). De acordo com Carvalho (2014), o número de raios gama transmitidos no meio natural é função da densidade da energia gama e do número atômico do meio. Consequentemente, o número de raios gama de diferentes energias, detectado a uma determinada distância de uma fonte artificial, pode ser utilizado para inferir tais propriedades.

A metodologia de medição de densidade gama utiliza uma fonte radioativa artificial, de cobalto-60 ou césio-137. Os fótons dos raios gama colidem com os elétrons e têm sua energia reduzida, um fenômeno conhecido como efeito (ou espalhamento) Compton. O número de colisões sobre qualquer intervalo particular de tempo, depende da abundância de elétrons presentes (o índice de densidade de elétrons), a qual, por sua vez, é uma função da densidade da formação. A densidade é, então, estimada medindo-se a proporção de radiação gama que retorna para o detector, após o espalhamento Compton (Kearey, Brooks e Hill, 2009). No efeito Compton, a deflexão do raio gama causada pelo elétron, cedendo parte de sua energia cinética, é o meio preferencial de interação entre os raios gama (de níveis energéticos na ordem de 0,6 a 1,3 MeV) e as rochas. Por esse motivo, geralmente há preferência por trabalhar com fontes de césio-137 (0,667 MeV) (Carvalho, 2014).

Resumindo o processo de aquisição (densidade gama) de forma prática: o césio-137 decai para bário-137, emitindo um raio gama de 0,667 MeV. Essa radiação é direcionada para atravessar a amostra do testemunho. Os raios gama interagem com os átomos da amostra, sendo parcialmente atenuados (absorvidos ou espalhados) à medida que passam pela matéria. O grau de atenuação depende diretamente da densidade da amostra e de sua composição. Um detector colocado do outro lado da amostra mede a intensidade residual dos raios gama, após atravessarem a amostra. A diferença entre a intensidade inicial (antes de atravessar a amostra) e a intensidade final medida pelo detector, é utilizada para calcular a densidade da amostra.

4.5.2. Susceptibilidade magnética

A susceptibilidade magnética pode ser definida como a medida da resposta de um material a um campo magnético externo, representando a capacidade de magnetização induzida sob a influência desse campo (Dentith e Mudge, 2014; Dentith *et al.*, 2020). Os minerais formadores de rocha mais comuns apresentam baixos valores de susceptibilidade magnética, sendo que o caráter magnético das rochas se deve à presença, geralmente em pequenas proporções, de minerais magnéticos. Apenas dois grupos geoquímicos são responsáveis pela geração desses minerais magnéticos. O grupo ferro-titânio-oxigênio inclui uma série de solução sólida de minerais magnéticos, que varia desde a magnetita (Fe_3O_4) até o ulvoespínlio (Fe_2TiO_4). Já o grupo ferro-enxofre inclui a pirrotita (Fe_{1-x}S), cuja susceptibilidade magnética é dependente de sua composição (Dentith e Mudge, 2014). Um óxido de ferro amplamente distribuído na crosta terrestre é a hematita (Fe_2O_3), que se comporta como um mineral

antiferromagnético e, portanto, apresenta baixa susceptibilidade magnética, não gerando anomalias magnéticas expressivas (Dentith *et al.*, 2020).

Os minerais com elevados valores de susceptibilidade magnética possuem uma expressiva contribuição de ferro em sua composição (Dentith e Mudge, 2014). Assim, a análise da susceptibilidade magnética torna-se uma ferramenta essencial para a caracterização e diferenciação litológica em depósitos de minério de ferro, compostos essencialmente por óxidos e hidróxidos de Fe. A susceptibilidade magnética é uma grandeza adimensional, que expressa a relação entre a magnetização por unidade de volume e o campo magnético aplicado. No contexto da geofísica aplicada, essa propriedade é comumente expressa no Sistema Internacional de Unidades (SI) e amplamente utilizada na interpretação de dados aeromagnéticos e de prospecção mineral (Dentith *et al.*, 2020).

4.5.3. Velocidade sísmica

As ondas sísmicas são pacotes de energia de deformação elástica que se propagam radialmente a partir de uma fonte sísmica (Kearey, Brooks e Hill, 2009). A propagação dessas ondas em um meio rochoso, varia conforme as propriedades físicas dos materiais que compõem esse meio. Em geral, as ondas P (compressivas) e ondas S (cisalhantes), embora possuam diferentes propriedades acústicas e distintos mecanismos de propagação, apresentam variações análogas em suas velocidades de propagação (Dentith e Mudge, 2014). As ondas P são as mais rápidas, possuem frequência mais elevada e representam o primeiro pulso de grande energia detectado pelos sensores de aquisição. Já as ondas S apresentam menor velocidade e menor frequência, porém possuem maior amplitude, o que facilita sua identificação nas fases posteriores à chegada das ondas de compressão (Cordeiro e Galli, 2004).

Em relação ao movimento das partículas do meio, na passagem da onda P essas partículas se deslocam na mesma direção de propagação da onda, enquanto para a onda S, o deslocamento ocorre perpendicularmente à direção de propagação. Assim, o esforço associado à onda P resulta de uma compressão uniaxial, enquanto a onda S está relacionada a um esforço de cisalhamento (Cordeiro e Galli, 2004).

As relações fundamentais entre a velocidade de propagação das ondas, e as propriedades físicas dos materiais pelos quais se propagam, são independentes da frequência das ondas. As ondas de corpo (P e S) são não dispersivas, ou seja, todos os componentes de frequência viajam através de um dado material à mesma velocidade, a qual é determinada exclusivamente pelo módulo elástico e pela densidade do meio (Kearey, Brooks e Hill, 2009; Dentith e Mudge,

2014). Assim, as velocidades das ondas P e S, representadas respectivamente por V_p e V_s , estão relacionadas às constantes elásticas e à densidade do meio, conforme as seguintes equações:

$$V_p = \sqrt{\left(\left(K + \frac{4}{3} G \right) / \rho \right)}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

Onde K é o módulo de bulk (incompressibilidade, ou resistência à compressão volumétrica), G o módulo de cisalhamento (rigidez ao cisalhamento) e ρ a densidade do meio ou material. V_p e V_s são dependentes das relações (K/ρ) e (G/ρ) , e por esse motivo aumentam, geralmente, na mesma direção (Cordeiro e Galli, 2004). Por fim, a relação entre a densidade e os módulos elásticos, é o que controla a velocidade de propagação das ondas sísmicas nas rochas.

4.5.4. Variação dos radioelementos K, Th, U e CT

A gamaespectrometria é uma vertente de investigação geofísica, amplamente utilizada para o mapeamento geológico e exploração mineral. A aquisição radiométrica está fundamentada no princípio do decaimento radioativo. Um átomo consiste em um núcleo rodeado por elétrons. O núcleo contém prótons carregados positivamente e nêutrons neutros. O número de prótons no núcleo de um elemento é chamado de número atômico. A soma de prótons e nêutrons é o número de massa de um átomo. Átomos de um mesmo elemento, que possuem o mesmo número atômico, mas diferentes números de nêutrons (ou seja, diferentes números de massa), são chamados isótopos. Os isótopos têm propriedades químicas idênticas, porém propriedades físicas diferentes. Os núcleos atômicos de alguns isótopos têm excesso de energia, são instáveis e se desintegram para formar núcleos mais estáveis de um isótopo diferente. Esse processo é denominado decaimento radioativo, e é acompanhado pela emissão de partículas ou energia, denominada radiação nuclear (IAEA, 2003).

O decaimento radioativo pode ocorrer emitindo radiação alfa, beta e gama (radiação eletromagnética). O decaimento alfa emite uma partícula α , que é composta por dois prótons e dois nêutrons e corresponde ao núcleo de ^4He . O decaimento beta é menos frequente, e emite uma partícula β equivalente a um elétron, oriundo da instabilidade de um nêutron presente no

núcleo de um radioisótopo. Nos decaimentos alfa e beta a emissão da partícula altera o número atômico, constituindo um novo elemento. No decaimento por raios gama ocorre emissão de radiação eletromagnética de alta frequência e não de partícula (IAEA, 2003). Assim, os raios gama são pura radiação eletromagnética liberada de núcleos excitados durante as desintegrações. Eles são caracterizados por frequências consideravelmente altas, e diferem dos raios-X somente por serem de mais alta energia (Kearey, Brooks e Hill, 2009). Além dessas emissões, um outro processo ocorre em alguns elementos radioativos, que também libera energia na forma de raios gama. Este processo é denominado captura K, e se dá quando um elétron de um nível mais interno (K) penetra no núcleo. O número atômico decresce e um novo elemento é formado (Kearey, Brooks e Hill, 2009). Em geral, a emissão de radiação gama é precedida pela emissão de partículas alfa ou beta (Dentith e Mudge, 2014).

Embora muitos elementos encontrados naturalmente possuam isótopos radioativos, apenas o potássio e as séries de decaimento do urânio e do tório, possuem radioisótopos que produzem raios gama com energia e intensidade suficientes, para serem medidos pela gamaespectrometria. Isso ocorre porque eles são relativamente abundantes no ambiente natural. As abundâncias médias desses elementos na crosta, conforme citado na literatura, estão na faixa de 2-2,5% para K (potássio), 2-3 ppm para U (urânio) e 8-12 ppm para Th (tório) (IAEA, 2003). ^{40}K é o isótopo radioativo do potássio, ocorrendo como 0,012% do potássio natural. Esse isótopo decai para ^{40}Ar com a emissão de raios gama com energia de 1,46 MeV. Como o ^{40}K ocorre em uma proporção fixa em relação ao potássio no ambiente natural, esses raios gama podem ser utilizados para estimar a quantidade total de potássio presente. O urânio ocorre naturalmente como os radioisótopos ^{238}U e ^{235}U , que originam séries de decaimento que terminam nos isótopos estáveis ^{206}Pb e ^{207}Pb , respectivamente. O tório ocorre naturalmente como o radioisótopo ^{232}Th , que dá origem a uma série de decaimento que termina no isótopo estável ^{208}Pb . O ^{238}U e o ^{232}Th não emitem raios gama diretamente, mas as emissões gama de seus produtos de decaimento radioativo, são utilizadas para estimar suas concentrações, na forma de U e Th equivalentes (eU e eTh) (IAEA, 2003).

Existem vários tipos de detectores para aquisições gamaespectrométricas, cujos resultados são convencionalmente apresentados, como o número de contagem de emissões em um período fixo (Kearey, Brooks e Hill, 2009). Os espectrômetros de raios gama, utilizam a proporcionalidade direta entre a energia de um raio gama incidente, e a amplitude do pulso na saída do detector. Após a amplificação e digitalização, as amplitudes dos pulsos são analisadas, e a saída do espectrômetro é um espectro de energia da radiação detectada. Como os isótopos

individuais emitem energias específicas de raios gama, os espectros de raios gama podem ser utilizados para diagnosticar a origem da radiação (IAEA, 2003).

4.5.5. Aquisição pontual

Nos testemunhos dos furos selecionados para a aquisição dos dados (N4E-FR01968 e SN4-FD00144), as amostras foram coletadas com um espaçamento médio de 1 metro. Foram realizadas 99 medições de suscetibilidade magnética e 99 medições da variação dos radioelementos CT, K, eTh e eU para o furo de sonda N4E-FR01968. Já para o furo de sonda SN4-FD00144, foram realizadas 268 medidas de susceptibilidade magnética e 268 medidas gamaespectrométricas (CT, K, eTh e eU).

Para a aquisição de susceptibilidade magnética foi utilizado a sonda *MPP-EM2S+*, da *GDD Instrumentation* (figura 16). Ela é um equipamento portátil, utilizado para aferir a susceptibilidade magnética, viabilizando o entendimento do conteúdo de minerais magnéticos, como magnetita e pirrotita, em amostras de rocha. Oferece também a capacidade de medir, a qualquer momento, a susceptibilidade magnética, com ou sem a presença de um mineral condutor, como a pirrotita. Em qualquer circunstância o *MPP-EM2S+* mede o valor da susceptibilidade magnética (SI). O instrumento gera um pequeno campo magnético e mede a resposta magnética da amostra. Isso permite determinar a quantidade de minerais magneticamente suscetíveis. As leituras da susceptibilidade magnética foram realizadas em uma janela de poucos segundos, para cada amostra, uma vez estabilizado o valor aferido.



Figura 16. Sonda *MPP-EM2S+*, da *GDD Instrumentation*.

Para a aquisição radiométrica, foi utilizado o gamaespectrômetro portátil RS-230, da *Radiation Solutions Inc.*, de 1.024 canais (figura 17). O detector é constituído por um cristal de germanato de bismuto e permite medidas da radiação gama, tanto em % de K e ppm de eU e eTh, como em contagens por minuto (cpm). O tempo de aquisição foi determinado em 5 minutos para cada amostra, após estabilização do aparelho, em ambiente climatizado (21°-22° C). Para o controle e eliminação de fontes externas de radiação, foi utilizada uma caixa isolante constituída em grande partição por chumbo não radiogênico.



Figura 17. Gamaespectrômetro portátil RS-230, da *Radiation Solutions Inc.*, utilizado dentro da caixa isolante, constituída em grande proporção por chumbo não radiogênico.

4.5.6. Escaneamento petrofísico

O testemunho do furo de sonda SN4-FD00021 foi integralmente escaneado, utilizando um sistema composto por equipamentos multi-sensores, instalado no Laboratório de Escaneamento Espectral e Análises Petrofísicas (LEEAP), localizado no Centro de Tecnologia Ferrosos (CTF), Vale. O sistema empregado é formado por dois equipamentos multi-sensores: o *BoxScan* (figura 20) e o *MSCL-S (Multi-Sensor Core Logger)* (figura 18), ambos fabricados pela *Geotek*. A tabela 4 apresenta um resumo dos equipamentos e sensores utilizados, assim como os principais resultados obtidos com cada conjunto.

Tabela 4. Equipamentos utilizados, sensores acoplados e principais resultados obtidos na aquisição de dados petrofísicos.

Equipamento	Sensores Acoplados	Resultados
BoxScan	• Linescan de amostras secas e úmidas • Linescan • Susceptibilidade Magnética • XRF Portátil (Olympus Vanta M) • Espectrômetro Labspec VNIR and SWIR	• Imagens de Amostras RQD [%] • Susceptibilidade Magnética Pontual [SI x 10-5] • Geoquímica Elemental [ppm] • Mineralogia VNIR/SWIR [SC%]
MSCL-S	• Densidade Gama • Velocidade de ondas P e S • Susceptibilidade Magnética em Loop • Resistividade Elétrica • Gama Natural	• Densidade [g/cm3] • Velocidade Ondas P [m/s] • Velocidade Ondas S [m/s] • Susceptibilidade Magnética em Loop[SI x 10-5] • Natural Gama Total [API] • Natural Gama Espectral [Kppm, Th%, U%]

Com o MSCL-S, foram realizadas:

- 3.101 aquisições de velocidade e amplitude das ondas P e S;
- 1.005 aquisições de densidade gama;
- 2.048 aquisições gamaespectrométricas;
- 1.869 aquisições de susceptibilidade magnética.

Já com o BoxScan, foram realizadas:

- 2.513 aquisições de susceptibilidade magnética;
- 75.390 aquisições de XRF.

A figura 18 apresenta uma imagem esquemática fornecida pela *Geotek*, que ilustra a variedade de levantamentos possíveis com MSCL-S:

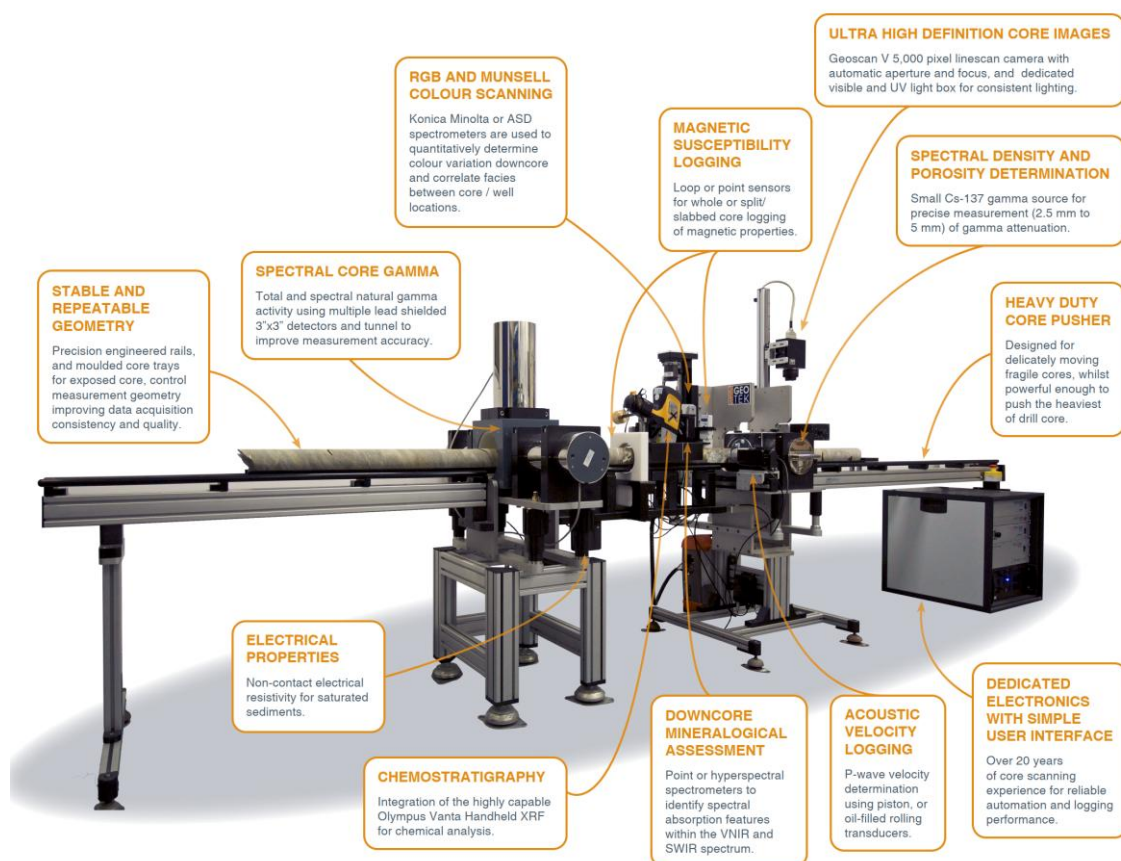


Figura 18. Representação esquemática do MSCL-S (*Multi-Sensor Core Logger*), destacando os sensores acoplados e as principais análises realizadas, incluindo densidade gama, susceptibilidade magnética, velocidade das ondas P e S, espectrometria gama, quimioestratigrafia e espectroscopia mineralógica. Fonte: *Geotek*.

A figura 19 apresenta uma imagem esquemática que ilustra a variedade de sensores que compõem o *BoxScan*, um sistema modular de escaneamento de testemunhos desenvolvido pela *Geotek*. Este equipamento permite a aquisição automatizada e simultânea de parâmetros geotécnicos e geoquímicos, otimizando a análise de amostras geológicas.



Figura 19. Esquema dos sensores integrados no *BoxScan*, um sistema avançado de escaneamento de testemunhos desenvolvido para aquisição automatizada de parâmetros geotécnicos e geoquímicos. O equipamento é composto por uma câmera linear de alta resolução RGB, utilizada para capturar imagens detalhadas das amostras, permitindo a análise visual e a correlação de texturas. Além disso, conta com um espectrômetro de infravermelho próximo (NIR), essencial para a identificação mineralógica ao longo das faixas espectrais VIS, VNIR e SWIR. Para a caracterização química, o *BoxScan* incorpora um analisador de fluorescência de raios X (XRF), possibilitando a determinação elementar precisa. A detecção de propriedades magnéticas é realizada por um sensor pontual de susceptibilidade magnética, fundamental para a diferenciação litológica e a identificação de variações associadas a mineralizações. Complementando o sistema, um *scanner* a laser linear registra a topografia detalhada do testemunho, fornecendo informações estruturais para análises geotécnicas e modelagem tridimensional.

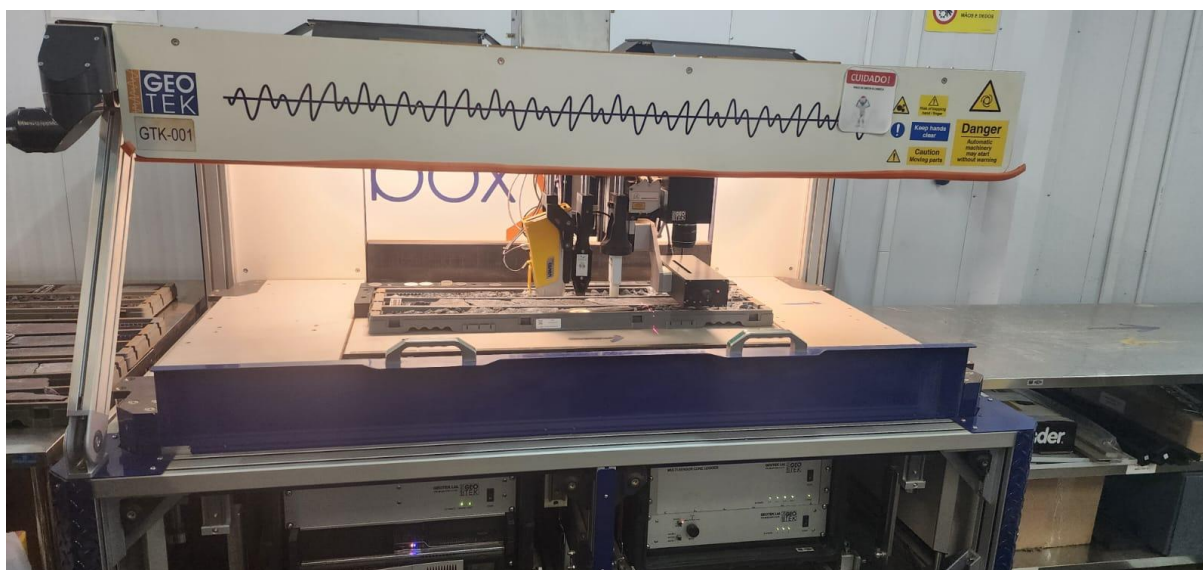


Figura 20. *BoxScan* da *Geotek* em operação no Laboratório de Escaneamento Espectral e Análises Petrofísicas (LEEAP), localizado no CTF, Vale, realizando o escaneamento automatizado de testemunhos de sondagem dispostos em caixas.

4.6. Geoquímica de Rocha Total

Os três furos de sondagem selecionados para o estudo, foram sistematicamente amostrados. Uma amostra com extensão média de 20 centímetros, foi coletada, a cada 4 metros de testemunho. Nos domínios em que se observou feições pertinentes, em intervalos inferiores à 4 metros (entre as amostras sistemáticas), também houve coleta para análise. A etapa de amostragem incidiu nos seguintes quantitativos de amostras coletadas, por furo:

- Furo N4E-FR01968 (100 metros de profundidade): 40 amostras;
- Furo SN4-FD00021 (376 metros de profundidade): 125 amostras;
- Furo SN4-FD00144 (280 metros de profundidade): 98 amostras.

As amostras foram analisadas e distribuídas, entre as diferentes vertentes da presente pesquisa: petrografia, petrofísica, geoquímica e espectroscopia de reflectância. Após a amostragem sistemática inicial, foram escolhidos dois dos três furos (SN4-FD00021 e SN4-FD00144) para a aquisição dos dados de geoquímica. Os furos SN4-FD00021 e SN4-FD00144 foram representados por 100 e 74 amostras, respectivamente, destinadas às análises de geoquímica de rocha total. Em síntese, os resultados das análises viabilizaram o delineamento dos perfis geoquímicos, dos dois furos selecionados. Os resultados das análises estão sumarizados nos ANEXOS.

As amostras selecionadas, após descritas, foram enviadas ao laboratório de análises químicas da empresa ALS (*Australian Laboratory Services*), em Lima, no Peru, para as respectivas análises. Em cada amostra foram realizadas 86 aquisições analíticas, respectivas às leituras dos teores de compostos, elementos maiores, menores e traços. Foram aferidas dosagens dos elementos selecionados, além de medidas de fluorescência de raios X (XRF) dos compostos de relevância para o estudo.

As análises das 174 amostras no laboratório da ALS, resultaram no reporte de teores dos seguintes elementos e compostos, a partir das seguintes metodologias analíticas:

- **ME-ICP41 (ICP-AES: Espectrometria de Emissão Atômica a Plasma Indutivamente Acoplada):** Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Hg, K, Li, La, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Sc, Sr, Th, Ti, Tl, U, V, W, Zn.

- **ME-MS81 (ICP-MS: Espectrometria de Massa com Plasma Indutivo Acoplado):** Ba, Ce, Cr, Cs, Dy, Er, Eu, Ga, Ge, Gd, Hf, Ho, La, Lu, Nb, Nd, Pr, Rb, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Th, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zr.

- **Fe-VOL05 (Titulação):** FeO – Ferro Ferroso.

• **ME-XRF06 (Fluorescência de Raios X):** Al₂O₃, BaO, CaO, Cr₂O₃, Fe₂O₃, K₂O, MgO, MnO, Na₂O, P₂O₅, SiO₂, SrO, TiO₂, LOI.

O método analítico ME-ICP41 (*Aqua Regia With ICP-AES Finish*), consiste na dosagem quantitativa dos elementos, aferida pela Espectrometria de Emissão Atômica a Plasma Indutivamente Acoplada (ICP-AES), a partir da digestão dos minerais por ataque com água régia. Na tabela 5 estão os ranges analíticos da referida metodologia.

Tabela 5. Metodologia ME-ICP41: elementos analisados e respectivos ranges analíticos.

CODE	ANALYTES & RANGES (ppm)							
ME-ICP41	Ag	1-200	Cr	5-50000	Mo	5-50000	Th	100-50000
	Al	0.05-50%	Cu	5-50000	Na	0.05-50%	Ti	0.05-50%
	As	10-100000	Fe	0.05-50%	Ni	5-50000	Tl	50-50000
	Ba	50-50000	Ga	50-50000	P	50-50000	U	50-50000
	Be	5-500	Hg	5-50000	Pb	10-50000	V	5-50000
	Bi	10-50000	K	0.05-50%	S	0.05-10%	W	50-50000
	Ca	0.05-50%	La	50-50000	Sb	10-50000	Zn	10-50000
	Cd	5-2500	Mg	0.05-50%	Sc	5-50000		
	Co	5-50000	Mn	25-50000	Sr	5-50000		

O método analítico ME-MS81 (*Trace Elements and REEs by Lithium Borate Fusion*), consiste na dosagem quantitativa dos elementos, aferida pela Espectrometria de Massa com Plasma Indutivo Acoplado (ICP-MS), a partir da fusão de borato de lítio, antes da digestão ácida dos minerais. A fusão prévia se faz necessária, devido à resistência de alguns minerais, à dissolução por ataque ácido. Na tabela 6 estão os ranges analíticos da referida metodologia.

Tabela 6. Metodologia ME-MS81: elementos analisados e respectivos ranges analíticos.

CODE	ANALYTES & RANGES (ppm)							
ME-MS81	Ba	0.5-10000	Gd	0.05-1000	Rb	0.2-10000	Ti	0.01-10%
	Ce	0.1-10000	Hf	0.05-10000	Sc	0.5-500	Tm	0.01-1000
	Cr	5-10000	Ho	0.01-1000	Sm	0.03-1000	U	0.05-1000
	Cs	0.01-10000	La	0.1-10000	Sn	0.5-10000	V	5-10000
	Dy	0.05-1000	Lu	0.01-1000	Sr	0.1-10000	W	0.5-10000
	Er	0.03-1000	Nb	0.05-2500	Ta	0.1-2500	Y	0.1-10000
	Eu	0.02-1000	Nd	0.1-10000	Tb	0.01-1000	Yb	0.03-1000
	Ga	0.1-1000	Pr	0.02-1000	Th	0.05-1000	Zr	1-10000

O método analítico Fe-VOL05 (*Ferrous iron by titration*), consiste na titulação de ferro ferroso, a partir da utilização do *Davis Tube Recovery* (DTR), que corresponde a um aparato que separa as frações magnéticas das não magnéticas, após a trituração e pulverização da amostra. Na tabela 7 está o range analítico da referida metodologia.

Tabela 7. Metodologia Fe-VOL05: composto analisado e respectivo range analítico.

CODE	ANALYTES & RANGES(%)	
Fe-VOL05	FeO	0.01-100

O método analítico ME-XRF06 (*Lithium Borate Fusion and XRF*), consiste na fusão de borato de lítio e posterior leitura quantitativa dos elementos, a partir da técnica XRF (fluorescência de raios X). A metodologia é baseada na detecção de raios X característicos, emitidos pelos elementos constituintes da amostra, quando irradiada com raios X. Na tabela 8 estão os ranges analíticos da referida metodologia.

Tabela 8. Metodologia ME-XRF06: compostos analisados e respectivos ranges analíticos.

CODE	ANALYTES & RANGES (%)					
ME-XRF06	Al ₂ O ₃	0.01-100	Fe ₂ O ₃	0.01-100	Na ₂ O	0.01-100
	BaO	0.01-100	K ₂ O	0.01-100	P ₂ O ₅	0.01-100
	CaO	0.01-100	MgO	0.01-100	SiO ₂	0.01-100
	Cr ₂ O ₃	0.002-100	MnO	0.01-100	SrO	0.01-100

No furo SN4-FD00021 também foram realizadas medidas de XRF no laboratório da Vale (Laboratório de Escaneamento Espectral e Análises Petrofísicas – LEEAP – localizado no Centro de Tecnologia Ferrosos – CTF), a partir da utilização do equipamento multi-sensor *BoxScan* (Geotek). Ao todo, foram coletadas 75.390 medidas de XRF, com o *BoxScan*, de elementos e compostos de interesse.

4.6.1. Anomalia de európio

De acordo com Taylor e McLennan (1985), a razão Eu/Eu* é uma medida da depleção ou enriquecimento de európio em relação aos elementos terras-raras vizinhos, samário e gadolínio. (Eu) representa a abundância elementar medida na amostra, enquanto (Eu*) é a

concentração teórica na ausência de uma anomalia de európio, calculada assumindo um padrão suave de terras-raras no domínio Sm–Eu–Gd (Taylor e McLennan, 1985).

A normalização do padrão de Terras Raras (ETR) a partir de um padrão químico de referência, viabiliza a remoção do fracionamento natural dos elementos terras-raras (REE), permitindo que a anomalia reflita apenas processos geológicos ou geoquímicos específicos, envolvidos na constituição de depósitos minerais. Por esse motivo, no presente trabalho optou-se por normalizar os valores das anomalias de európio, a partir do PAAS (*Post-Archean Australian Shale*).

O PAAS é um padrão de normalização amplamente utilizado na literatura, que representa uma composição média de xistos pós-arqueanos (Nance e Taylor, 1976). Aceito como referência para a normalização de REE em rochas de origem sedimentar, por representar uma média da composição química de sedimentos pós-arqueanos, que viabiliza a comparação de amostras de diferentes contextos geológicos, e independentemente de suas concentrações absolutas de REE, em uma escala comum. A uniformidade notável dos valores utilizados no cálculo do padrão (PAAS), indica que os xistos típicos estudados refletem a composição da crosta exposta, em termos de concentração dos REE (Taylor e McLennan, 1985). Sem normalizar, as variações nas concentrações absolutas de elementos poderiam obscurecer tendências geoquímicas, tornando difícil a interpretação. A fórmula do cálculo da anomalia de európio é:

$$(Eu/Eu^*)_{SN} = [Eu/(0,5*Sm + 0,5*Gd)]_{SN}$$

O índice “SN” subscrito representa a normalização a partir do PAAS. De acordo com Taylor e McLennan (1985), a análise da anomalia a partir de valores médios é mais assertiva, do que sobre valores individuais de amostras compostas, uma vez que utilizando-se a média, elimina-se o peso de valores *outliers*. Valores de $(Eu/Eu^*)_{SN}$ menores que 0,95 indicam depleção, e valores maiores que 1,05 indicam enriquecimento de európio em relação aos elementos terras-raras vizinhos (Taylor e McLennan, 1985).

De modo geral, valores de (Eu/Eu^*) maiores que 1 representam anomalias positivas, (Eu/Eu^*) inferiores a 1 representam anomalias negativas, e (Eu/Eu^*) igual a 1, representa a ausência de anomalia (Barbosa, 2016).

5. RESULTADOS

5.1. Seções geológicas

Com objetivo de compreender as relações estratigráficas e a geometria das diferentes unidades geológicas no Corpo N4E, foi realizada modelagem 2D e 3D, utilizando o banco de dados de sondagem da VALE. Este banco de dados conta com informações de 2.000 furos de sondagem, para o eixo N4 de Serra Norte. Para cada um dos três furos investigados, foi modelada uma seção 2D E-W (figuras 21, 22 e 23). Com o intuito de integrar as informações, viabilizando uma interpretação espacial mais ampla, foi modelada também uma seção 3D, NW-SE, composta pelos três furos de sondagem, concomitantemente (figura 24).

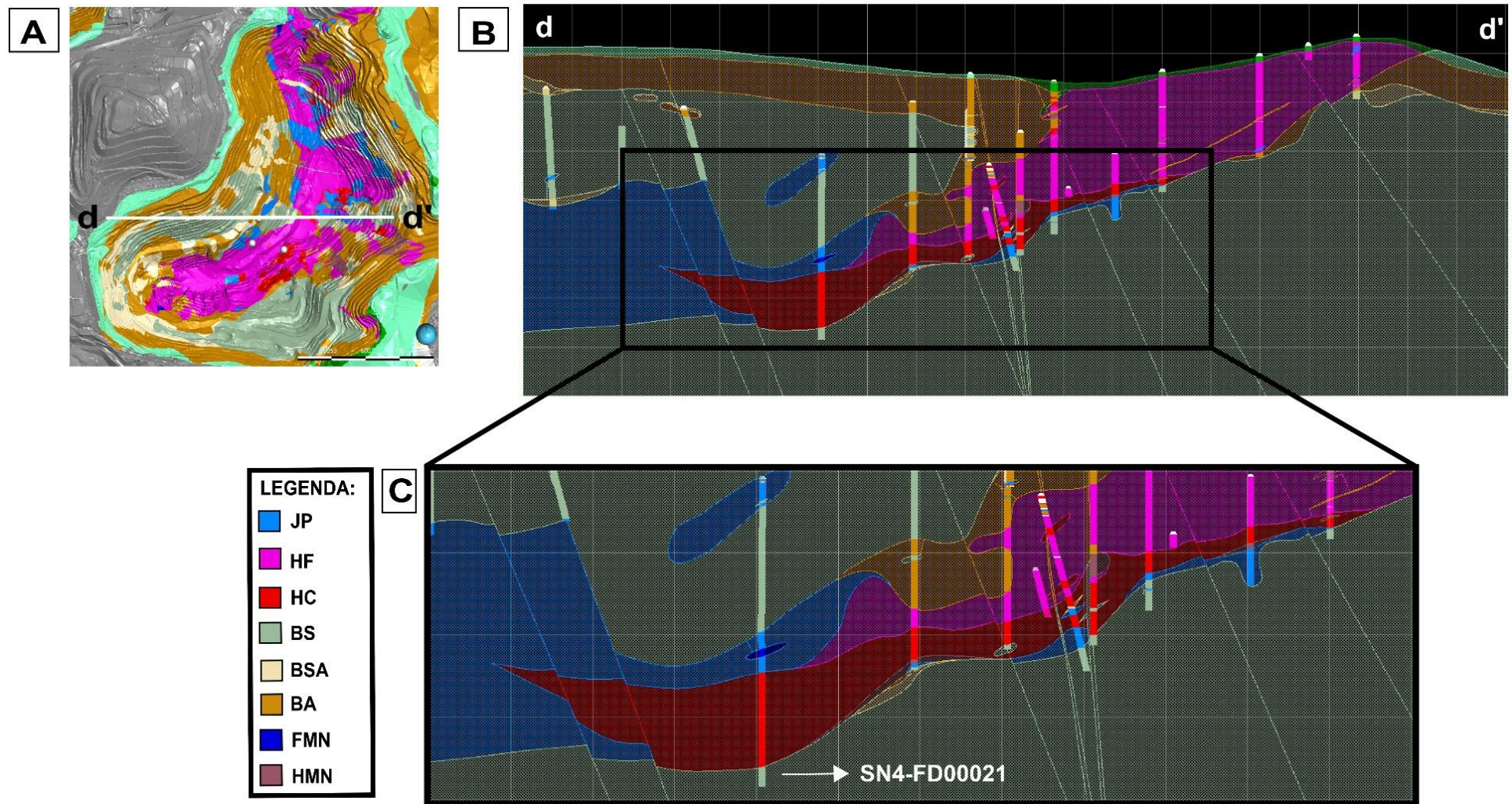


Figura 21. Seção E-W modelada para o furo SN4-FD00021. (A) Mapa litológico de N4E com destaque para a posição da seção d-d'; (B) seção d-d' apresentando as diferentes unidades geológicas com mergulhos para NW; (C) detalhe da seção d-d' destacando a posição do furo SN4-FD00021. JP = jaspilito, HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, BSA = basalto semi-alterado, BA = basalto alterado, FMN = formação manganésifera, HMN = hematita manganésifera. O grid na imagem é de 100 x 100 metros.

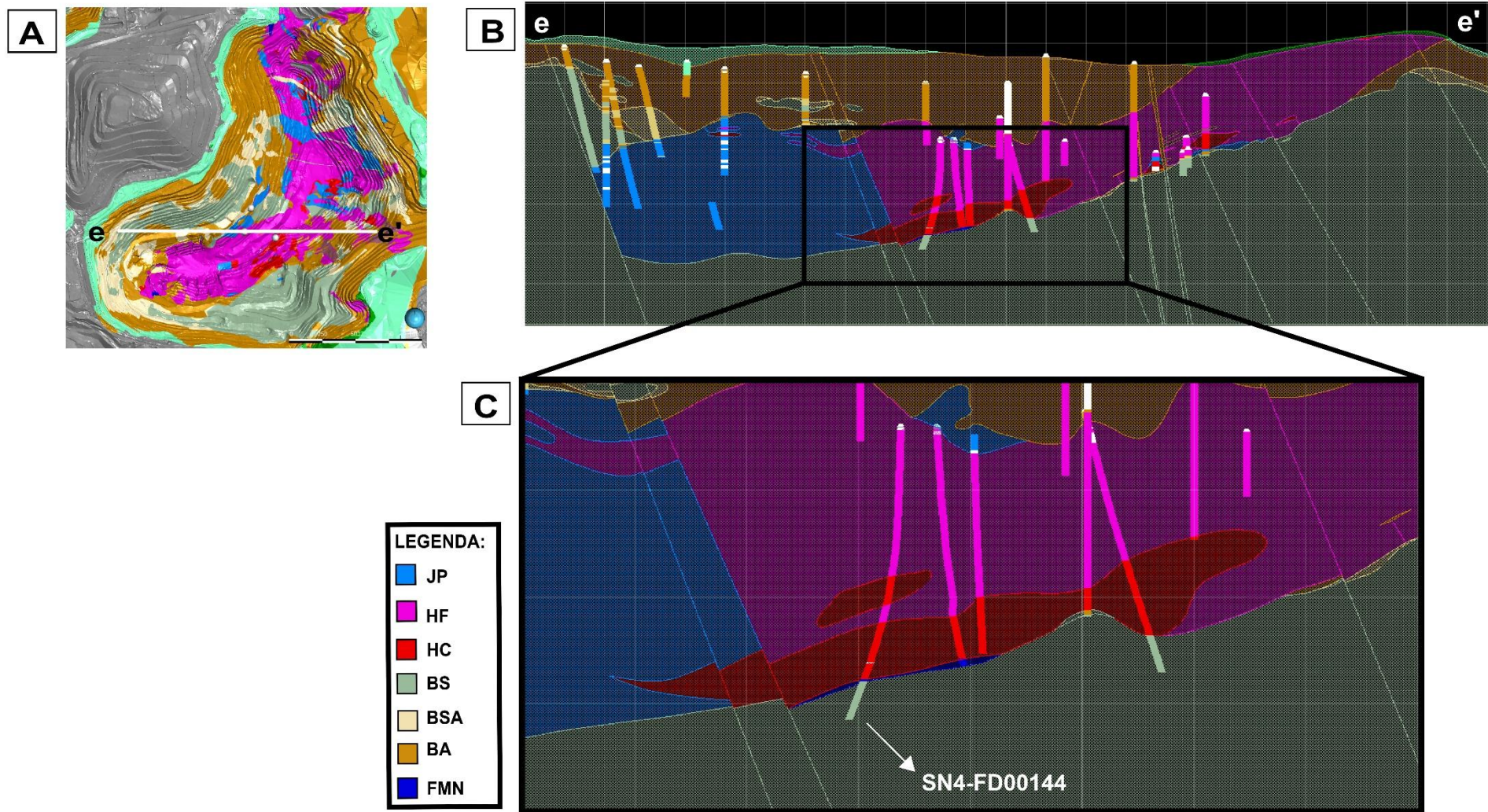


Figura 22. Seção E-W modelada para o furo SN4-FD00144. (A) Mapa litológico de N4E com destaque para a posição da seção e-e'; (B) seção e-e' apresentando as diferentes unidades geológicas com mergulhos para NW; (C) detalhe da seção e-e' destacando a posição do furo SN4-FD00144. JP = jaspilito, HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, BSA = basalto semi-alterado, BA = basalto alterado, FMN = formação manganésifera. O grid na imagem é de 100 x 100 metros.

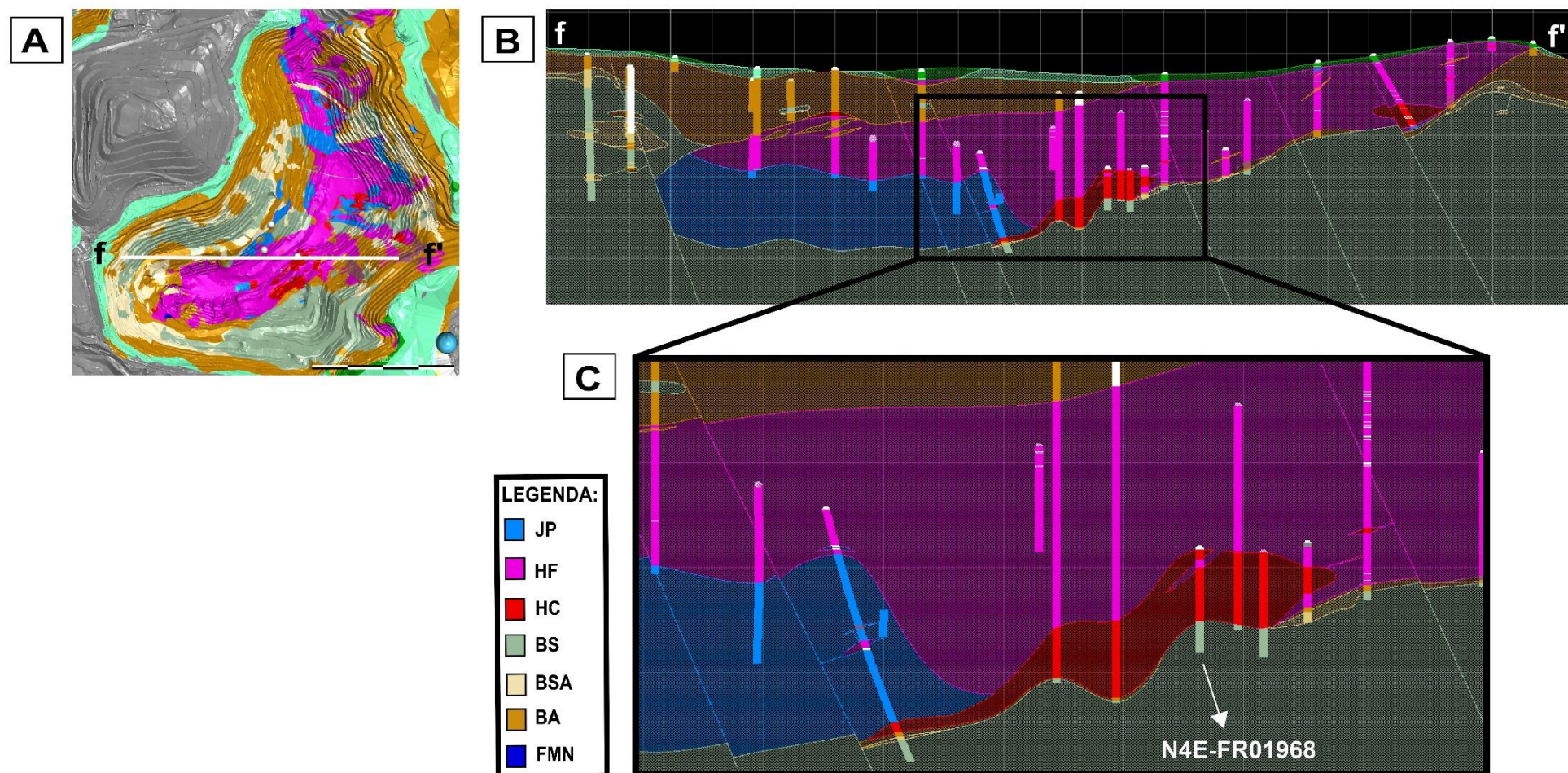


Figura 23. Seção E-W modelada para o furo N4E-FR01968. (A) Mapa litológico de N4E com destaque para a posição da seção f-f'; (B) seção f-f' apresentando as diferentes unidades geológicas com mergulhos para NW; (C) detalhe da seção f-f' destacando a posição do furo N4E-FR01968. JP = jaspilito, HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, BSA = basalto semi-alterado, BA = basalto alterado, FMN = formação manganesífera. O grid na imagem é de 100 x 100 metros.

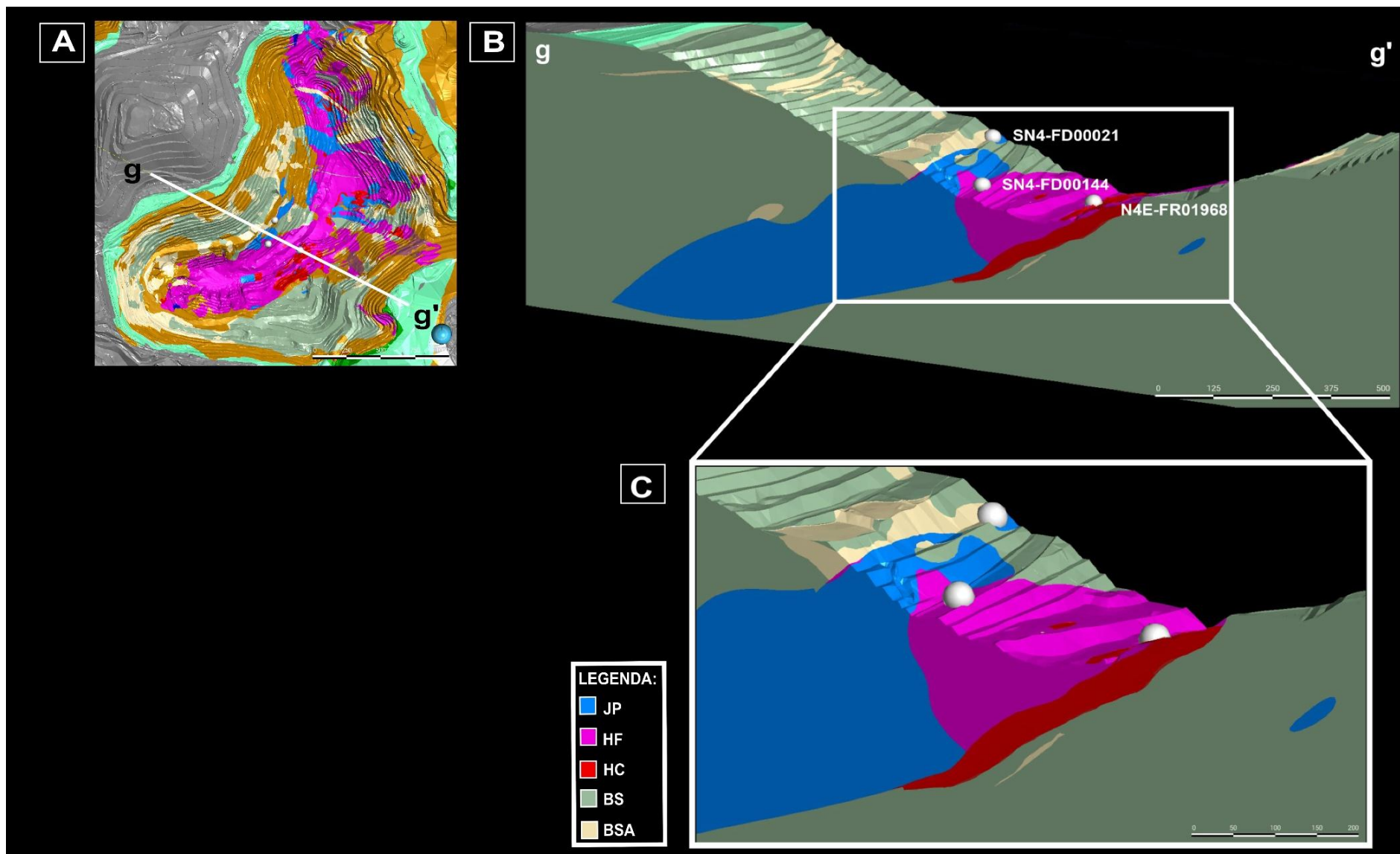


Figura 24. Modelagem 3D do corpo N4E. (A) Mapa litológico apresentando a posição da seção g-g'; (B e C) seção g-g', com direção NW-SE, aproximadamente perpendicular ao mergulho das camadas, mostrando a distribuição e geometria das diferentes unidades geológicas. JP = jaspilito, HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, BSA = basalto semi-alterado.

O hematitito compacto (HC) ocorre como camadas de até 100 m de espessura e até 800 m de extensão, posicionadas sistematicamente na base da Formação Carajás, sobre os derrames basálticos da Formação Parauapebas (figuras 21, 22, 23 e 24). As camadas de HC são concordantes com o acamamento primário e com o contato estratigráfico (Formação Carajás / Formação Parauapebas). Nas partes mais rasas das seções estudadas, as camadas de HC estão sobrepostas pelo hematitito friável e nas porções mais profundas das seções, estão sobrepostas também pelo jaspilito. O contato de base entre o HC e o basalto da Formação Parauapebas é abrupto, e marcado em alguns locais pela ocorrência de um nível de Formação Ferrífera Manganífera (FMN) (figura 22). O contato do HC com o hematitito friável é transicional, porém em um horizonte de transição extremamente delgado (alguns centímetros a poucos metros). Já o contato do HC com o jaspilito é abrupto e concordante com o acamamento primário. Cabe ressaltar que o HC tem continuidade, em profundidade, mesmo após desaparecimento do hematitito friável (horizonte de intemperismo).

5.2. Aspectos de Campo e Petrografia

5.2.1. Basalto da Formação Parauapebas

O basalto da Formação Parauapebas é afanítico e maciço, comumente cloritizado, com variados níveis de alteração. Os domínios variam de pouco venulados, a intensamente venulados (figura 25 a). As vênulas são predominantemente constituídas por carbonato, por vezes sendo também constituídas por quartzo-carbonato. Ocorrem também domínios com diferentes proporções de amígdalas (figura 25 d). Geralmente, observa-se um intervalo de intensa ocorrência de amígdalas, que transiciona para intervalos de menor ocorrência, até que se observa domínios maciços, sem ocorrência de amígdalas. Possivelmente os níveis mais abundantes em amígdalas e mais alterados, representem o topo dos sucessivos derrames vulcânicos que constituem a Formação Parauapebas, e que já foram identificados por Martins *et al.* (2017), na mina N4WS. A cloritização é comum e ocorre em intensidades variáveis, mesmo quando o domínio está distante do contato com a Formação Carajás. Nas minas de Serra Norte, os basaltos ocorrem com diferentes graus de alteração intempérica, variando de muito preservados (sãos), até muito alterados (decompostos). Nos três furos de sondagem estudados, o basalto da Formação Parauapebas se apresenta completamente preservado do intemperismo. Nos testemunhos analisados, observou-se que o basalto ocorre consideravelmente cisalhado e alterado no contato de topo com a Formação Carajás. Neste contato, ocorrem mudanças texturais e mineralógicas, como intensa cloritização e hematitização, que obliteram as

características primárias do basalto. Há intensa fragmentação do basalto, assim como desenvolvimento de uma xistosidade forte marcada pela orientação preferencial de clorita e talco. A hematitização também é intensa, imprimindo tonalidade ocre ao basalto (figura 25 c). Por vezes, é possível enxergar “*feeds*” de hematitização, e até vesículas preenchidas por hematita (figuras 25 e, f, g, h, i).

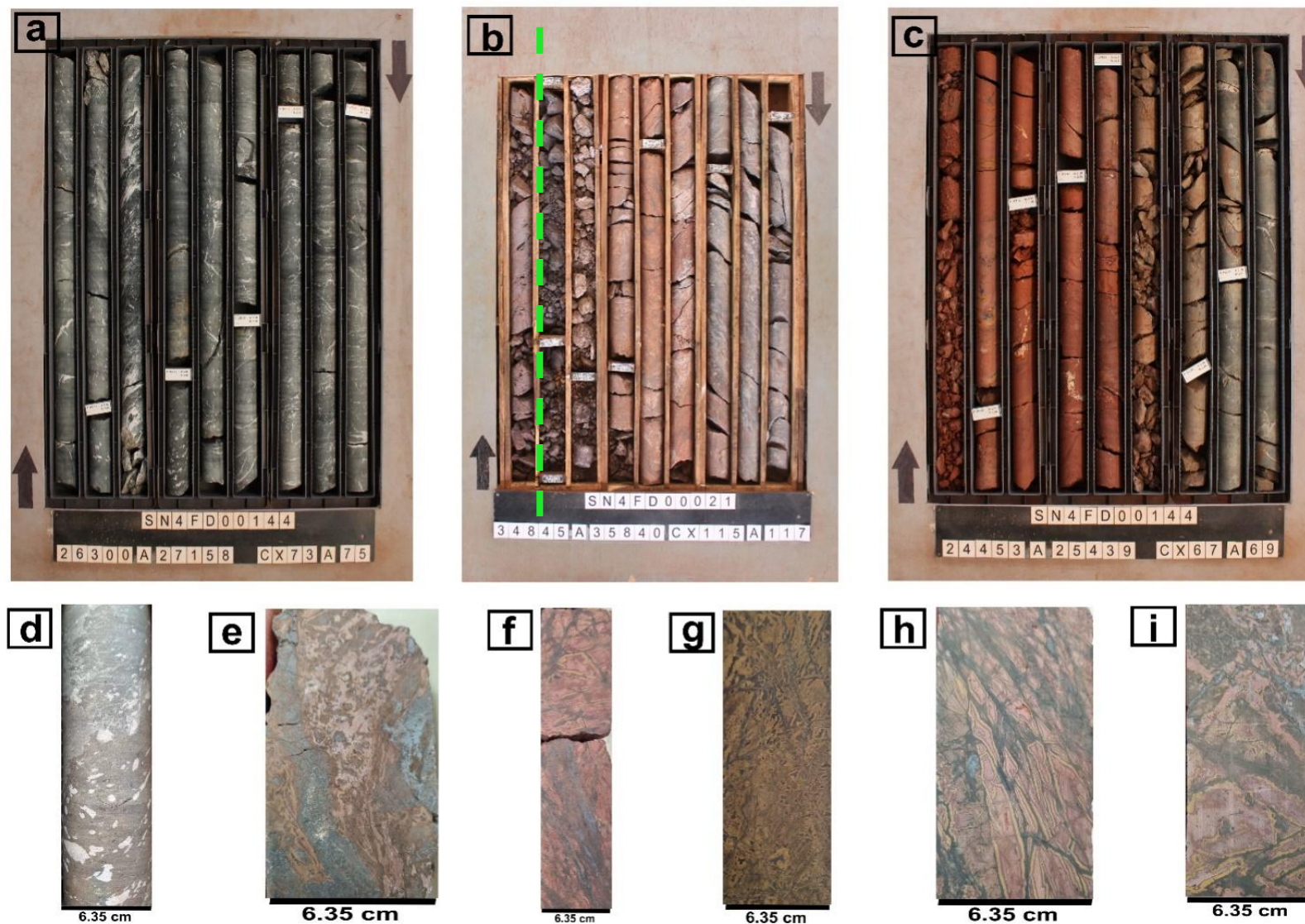


Figura 25. Fotografias dos basaltos da Formação Parauapebas. (a) sucessão de basaltos distantes do contato com a Formação Carajás, apresentando zonas mais ricas em amígdalas e zonas mais maciças, bem como porções mais venuladas, com vênulas e amígdalas preenchidas por quartzo e/ou carbonato; (b) contato cisalhado (domínio fragmentado) entre o hematítico compacto e a Formação Parauapebas (basalto hematitizado), delimitado pela linha verde pontilhada; (c) basalto extremamente hematitizado, próximo ao contato com o hematítico compacto; (d) basalto preservado, com amígdalas preenchidas por quartzo-carbonato; (e, f, g, h, i) basalto em avançados estágios de hematitização, cortados por vênulas de hematita, e com vesículas preenchidas por hematita. As figuras (a, c, d) são provenientes do furo SN4-FD00144. As figuras (b, e, f, h, i) são provenientes do furo SN4-FD00021. A figura (g) é proveniente do furo N4E-FR01968.

A análise petrográfica mostrou que existem diferenças texturais e mineralógicas contrastantes, entre o basalto posicionado próximo ao contato com a Formação Carajás, e o basalto posicionado cerca de 30 metros de profundidade abaixo deste contato. Nas amostras distais a mineralogia primária está mais bem preservada, e composta por plagioclásio, augita, $\pm$ quartzo, e minerais acessórios como magnetita, pirita e titanita. Os minerais secundários, quando presentes, são epidoto, clorita e calcita. A textura geral observada é intersticial, com domínios intersertais e domínios intergranulares. Nos domínios intersertais os espaços entre cristais de plagioclásio são preenchidos por vidro, total ou parcialmente alterado. Nos domínios intergranulares, os espaços intersticiais entre cristais de plagioclásio contêm piroxênio (augita).

Nas zonas de espilitização observa-se intensa cloritização (figura 26 b) e frequentes substituições do plagioclásio por albita, carbonato e epidoto (figura 26 c). Também são comuns vênulas milimétricas a centimétricas de carbonato (figuras 26 a, c). Próximo destas vênulas, a augita é total ou parcialmente substituída por carbonato. Nos domínios onde a cloritização é mais intensa, ocorre substituição total ou parcial de várias fases minerais, como a augita, albita e vidro, por clorita. Nestas zonas foram observadas amígdalas em formato subcirculares a anédricas, preenchidas por clorita ou carbonato e fragmentos angulosos de vidro (*shards*), substituídos por clorita.

SN4-FD00144

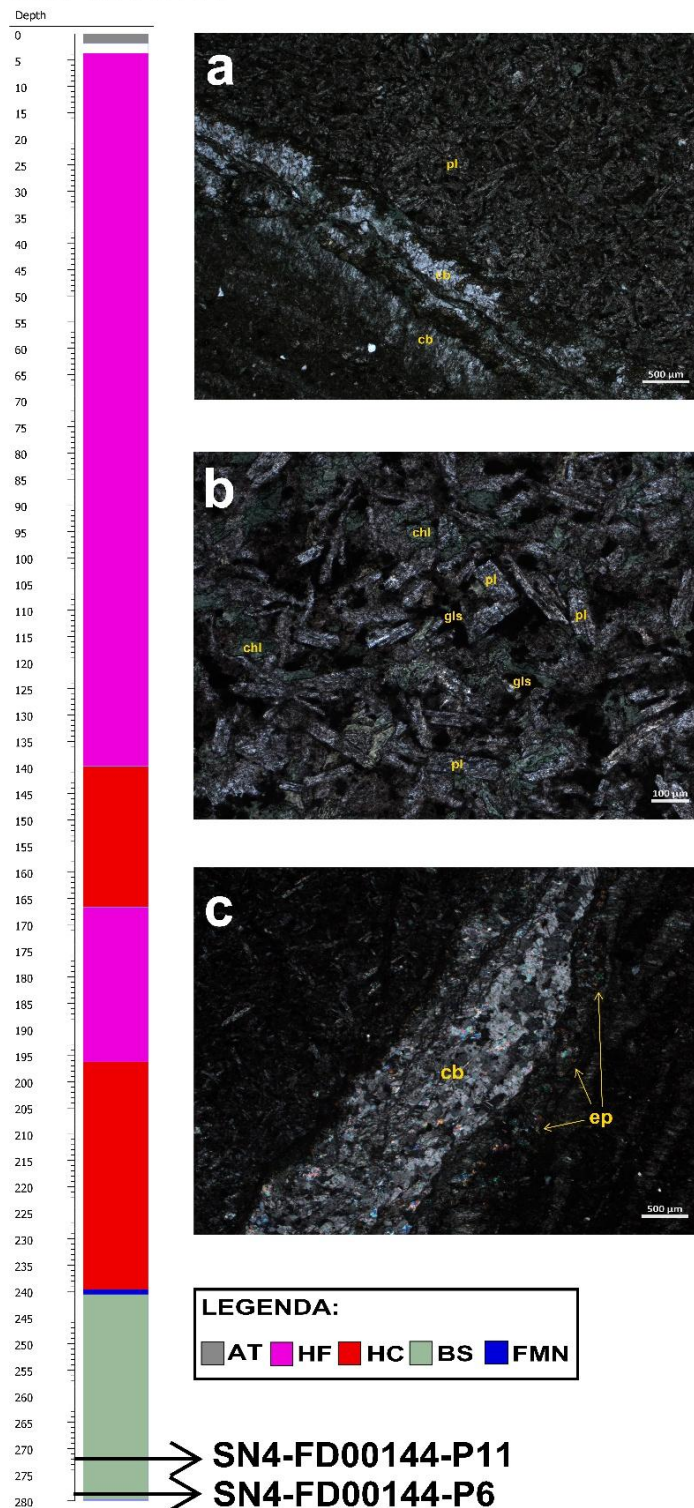


Figura 26. À esquerda, perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00144, com seta demarcando as posições das lâminas no testemunho. As imagens são da lâmia SN4-FD0144-P6. (a) textura geral do basalto com arcabouço constituído por pequenos cristais de plagioclásio (pl) (*lath shaped*), e interstícios majoritariamente preenchidos por vidro (gls); vênula preenchida por carbonato (cb); (b) basalto com textura intersertal, com vidro (gls) em evoluída alteração de substituição por clorita (chl); (c) vênula de carbonato (cb) cortando o domínio de ocorrência dos cristais de plagioclásio. Delgada lâmina com cristais de epidoto (ep) paralela à vênula de carbonato (cb). As imagens foram obtidas a partir de luz transmitida e nicóis cruzados. AT = aterro, HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, FMN = formação manganésifera.

As amostras do basalto próximas ao contato com a formação ferrífera, ou seja, que está no contato com o minério compacto (HC), estão consideravelmente alteradas, cisalhadas e hematitizadas (figura 25 b). A hematitização imprime tonalidade ocre ao basalto (figura 27 a). Por vezes é possível enxergar “*feeds*” de hematitização, e amígdalas preenchidas por hematita (figuras 27 d, e, f). Além da clorita e hematita, destaca-se a presença de talco (figura 28 f), que foi observado apenas nesta região do contato.

No contato com o HC o basalto ocorre fragmentado (figura 25 b), variando para estruturação venulada e amígdaloide (figura 25 a), conforme se distancia do contato. Limites curvilíneos definem as frentes de alteração hematítica, que imprimem auréolas de coloração ocre, representando domínios em avançado estado de oxidação. Os domínios menos alterados são afaníticos, de coloração cinza esverdeado. A transição entre os domínios menos a mais alterados, é gradativa. Nos domínios mais oxidados ocorrem estruturas amígdaloide, caracterizadas por cavidades irregulares e subarredondadas, preenchidas por quartzo e hematita muito fina (figuras 27 b, c). Vênulas preenchidas por quartzo de granulação média, com cristais em contatos poligonais, são comuns, assim como a observação da associação de hematita e quartzo, nos veios e vesículas preenchidas (figura 27 b, c). Fraturas também são observadas preenchidas por hematita muito fina (figura 27 g). A hematita que ocorre dentro de amígdalas, nas bordas e centros de fraturas, ocorre como hematita microlamelar (figuras 27 d, e; 28 d, e).

A estruturação intensamente fraturada é o que baliza as frentes de alteração. Essas frentes são compostas por impregnação de óxido de ferro, conformando halos amarronzados (figura 27 g). Os halos separam domínios onde é possível observar relictos de texturas intersertal e intergranular, de domínios de oxidação avançada. Os domínios preservados são caracterizados por texturas intersertal e intergranular, reliquiares, onde é possível observar os moldes de cristais de plagioclásio (*lath shaped*) alterados, assim como o vidro intersticial em diferentes níveis de substituição por clorita fina. Raros cristais de augita podem ser observados, quase indistinguíveis, em meio a intensa alteração.

SN4-FD00021

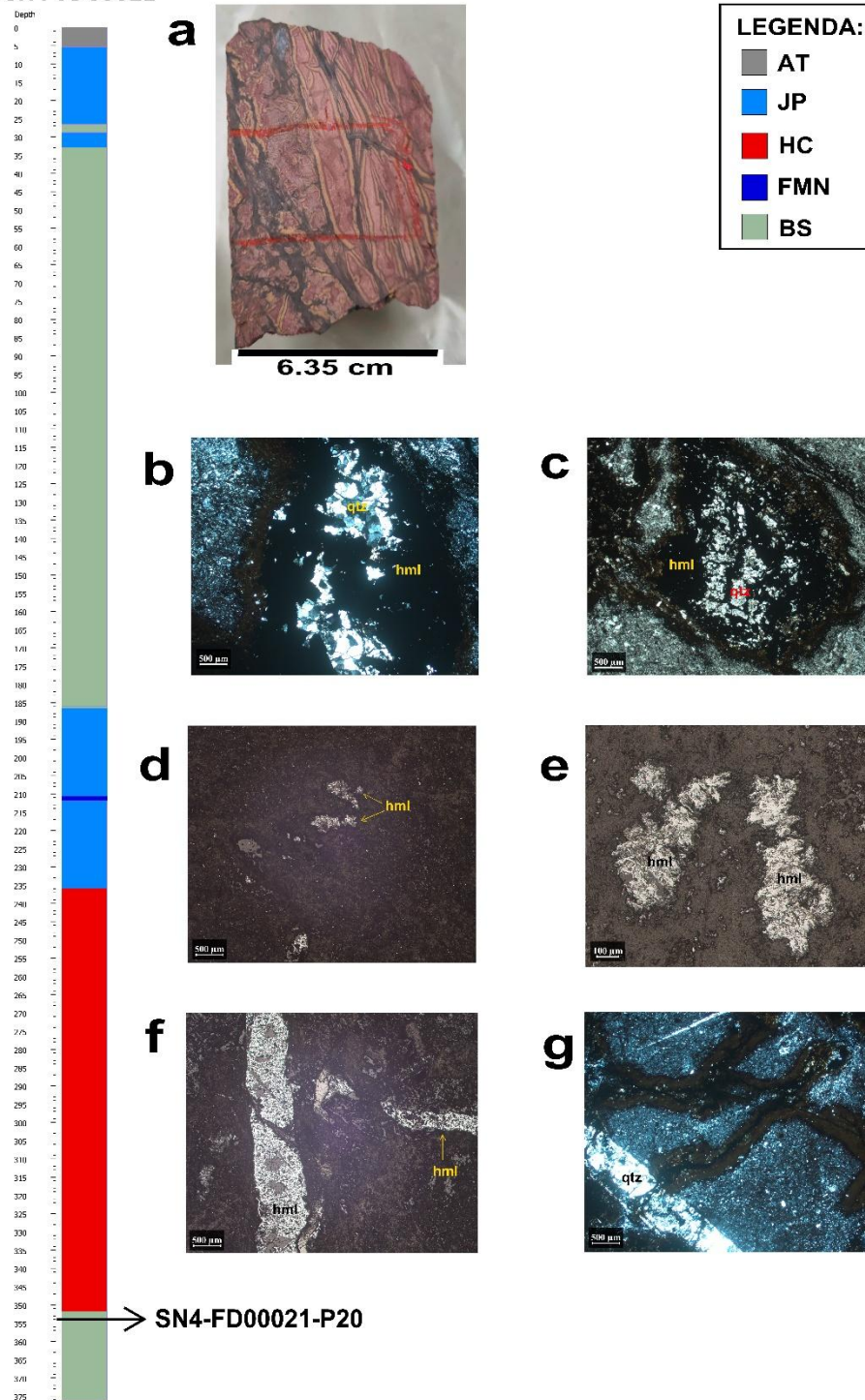


Figura 27. À esquerda, perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, com seta demarcando a posição da amostra SN4-FD00021-P20, da qual foram realizadas as fotomicrografias. (a) amostra de mão com a marcação da posição da lâmina delgada-polida; (b) amigdalita preenchida por quartzo de granulação média, e hematita microlamelar (domínio isotrópico), geralmente envolvendo o domínio de ocorrência de quartzo; (c) amigdalita constituída por quartzo de granulação grossa, em padrão de mosaico. Ao redor do quartzo, hematita microlamelar; (d) (e) núcleos de amigdalitas preenchidos por hematita microlamelar; (f) vênula de hematita microlamelar; (g) frentes de oxidação ocorrendo a partir das fraturas, configurando halos de coloração amarronzada; vênula de quartzo na parte inferior esquerda. As imagens (b, c, g) foram obtidas a partir de luz transmitida, sendo (b,g) com nicóis cruzados e (c) com nicóis paralelos. As imagens (d, e, f) foram obtidas a partir de luz refletida. AT = aterro, JP = jaspilito, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganesífera, BS = basalto são.

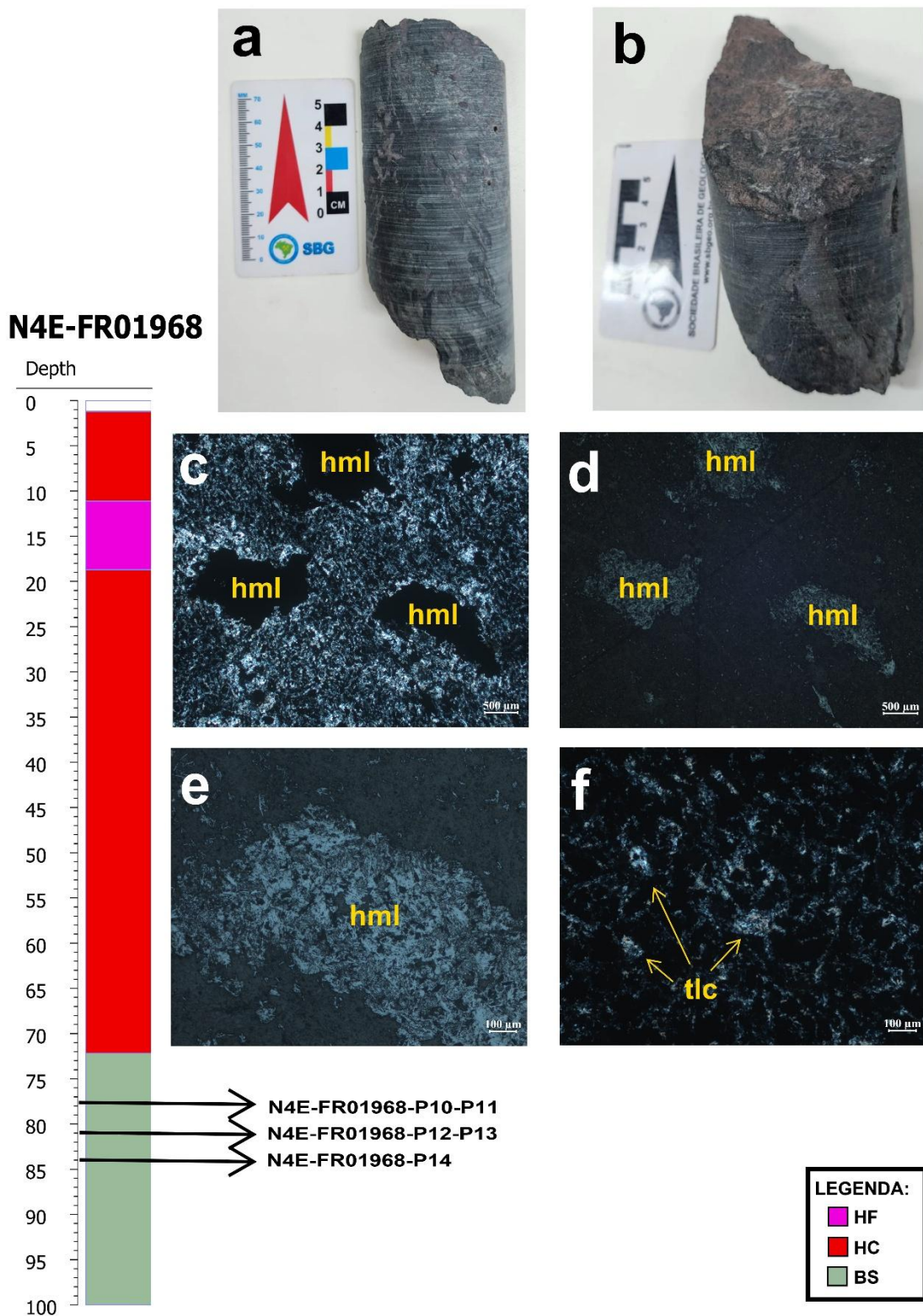


Figura 28. À esquerda, perfil litológico do furo de sonda N4E-FR01968, com seta demarcando as posições das amostras no testemunho. (a) amostra de basalto com amígdalas preenchidas por hematita; (b) basalto com vênula de hematita; (c, d, e) amígdalas preenchidas por hematita microlamelar (Hml); (f) ocorrência de talco (tlc) na matriz do basalto. As imagens (c, f) foram obtidas a partir de luz transmitida, com nicóis cruzados. As imagens (d, e) foram obtidas a partir de luz refletida. A imagem (a) é proveniente da amostra N4E-FR01968-P11; A imagem (b) é proveniente da amostra N4E-FR01968-P13; as imagens (c, d, e, f) são provenientes da amostra N4E-FR01968-P14. HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são.

5.2.2. Basalto da Formação Igarapé Cigarra

De forma geral, o basalto da Formação Igarapé Cigarra é semelhante mineralogicamente, texturalmente e quimicamente, ao basalto da Formação Parauapebas. Em exposições nas minas de Serra Norte, não fosse pela relação estratigráfica, dificilmente se distinguiria os conjuntos de basaltos, respectivos a cada formação. Uma sutil, mas não necessária diferença, se dá, em alguns domínios, relacionada à granulação mais grossa apresentada pelo basalto da Formação Igarapé Cigarra. Outra distinção é a menor proporção de ocorrência de vênulas quartzo-carbonáticas, e especialmente de domínios amigdaloidais e zonas de espilitização, em relação ao basalto da Formação Parauapebas. Apresentadas essas nem tão recorrentes diferenças, é fundamental ressaltar que tanto o basalto da Formação Parauapebas pode ocorrer em granulações mais grossas (porções internas de derrames), quanto o basalto da formação Igarapé Cigarra podem apresentar domínios muito venulados ou amigdaloidais.

No furo de sondagem estudado, que intercepta a sequência da Formação Igarapé Cigarra, o basalto está sobre a Formação Carajás, em contato direto com o jaspilito (protominério) (figura 29 c). O contato de topo da formação ferrífera, assim como observado no contato de base da mesma formação, apresenta indícios de deformação (figura 29 c). O basalto de topo está absolutamente fragmentado, e consideravelmente hematitizado, nas imediações do contato com o jaspilito (figuras 29 b, c); em contrapartida, apresenta-se preservado de deformações nos domínios distantes do contato (figura 29 a). É importante ressaltar que todo o jaspilito observado no furo de sondagem estudado, encontra-se também consideravelmente hematitizado.

SN4-FD00021

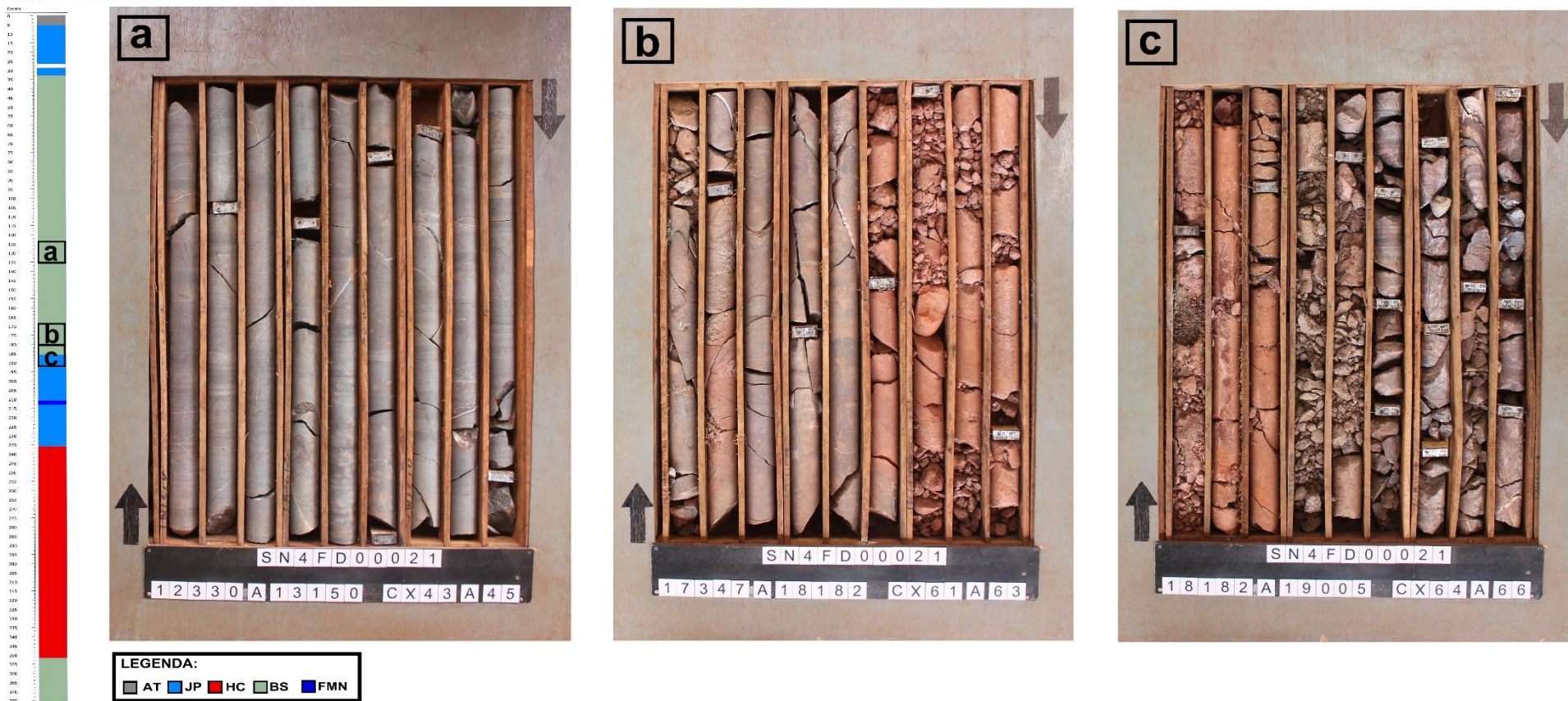


Figura 29. À esquerda, perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, com marcação da posição das caixas de testemunhos de sondagem. (a) basalto distante do contato com a formação ferrífera; (b) basalto hematizado, próximo ao contato com a formação ferrífera, apresentando textura maciça, granulação fina a média e coloração verde clara; (c) basalto hematizado e fragmentado, em contato com a formação ferrífera (jaspilite) também fragmentada (brechada). AT = aterro, JP = jaspilite, HC = hematito compacto, BS = basalto são, FMN = formação manganésifera.

5.2.3. Jaspilito da Formação Igarapé Cigarra

Intercalados nos basaltos da Formação Igarapé Cigarra, ocorrem camadas métricas de jaspilito. No furo de sonda SN4-FD00021 são duas camadas, com aproximadamente 30 metros e 2 metros, respectivamente (figura 30). O jaspilito apresenta bandamento milimétrico a centimétrico, caracterizado pela alternância de bandas de *chert* de coloração branca, bandas de jaspe avermelhadas e bandas acinzentadas de óxido de ferro (hematita). A ocorrência de bandas de ferro é subordinada, em relação à ocorrência das bandas de sílica, neste nível de jaspilito. As bandas silicosas mais claras (esbranquiçadas) são constituídas por *chert* microcristalino, livre de impregnação de óxido de ferro. As bandas silicosas avermelhadas apresentam variação na tonalidade e são constituídas por quartzo microcristalino e hematita. Moldes de esferulitos, geralmente impregnados por óxido de ferro, são relativamente comuns (figuras 31 a, b).

O bandamento observado nas lâminas varia de 1 a 10 mm, e apresenta uma ampla gama de feições resultantes da atuação das frentes de oxidação tardias, que interceptam o bandamento primário (figuras 31 d, e, f). Além disso, é comum observar porções subarredondadas nas bandas de *chert*, onde o quartzo está recristalizado e relativamente livre da impregnação por óxido de ferro (figuras 31 c, d, e, h). A oxidação ocorre de maneira generalizada e disseminada. Onde a oxidação das bandas de *chert* é pervasiva, os cristais alongados de quartzo se tornam menores e mais arredondados, promovendo a variação da textura dessas bandas (figuras 31 e, h).

Intercaladas às bandas de *chert* e jaspe, ocorrem vênulas centimétricas a milimétricas constituídas de quartzo recristalizado, com contatos poligonais (figuras 32 e, f). Algumas vênulas são preenchidas por goethita, que exhibe hábito botrioidal e intensa coloração avermelhada (figura 32 f). Há ainda a ocorrência de zonas de cloritização, sobre o *chert* e paralelas às das vênulas de quartzo; a clorita apresenta granulometria fina e hábito fibroso (figura 32 e).

As bandas de *chert*/jaspe por vezes ocorrem brechadas. Esses domínios são constituídos de fraturas, predominantemente discordantes do bandamento primário, preenchidas por hematita microlamelar ou hematita microlamelar e quartzo (figuras 30 b, c; 32 a). Localmente, observa-se a presença de biotita formada ao longo destas fraturas (figura 32 c) e, eventualmente, é possível observar também pirita nas zonas fraturadas (figuras 32 g, h). Nas porções brechadas há ocorrência de matriz constituída por quartzo muito fino, impregnado por óxido de ferro, em contato transicional com hematita microcristalina, disseminada e concentrada nas bordas (figura 32 a). Essa feição de transição das porções silicosas com impregnação de óxido, para

porções com hematita microcristalina disseminada, pode representar parte do processo de eliminação da hematita primária, da rocha. Raras disseminações de covelita também são observadas, e ocorrem associadas a cristais de hematita lamelar (figura 32 g).

SN4-FD00021

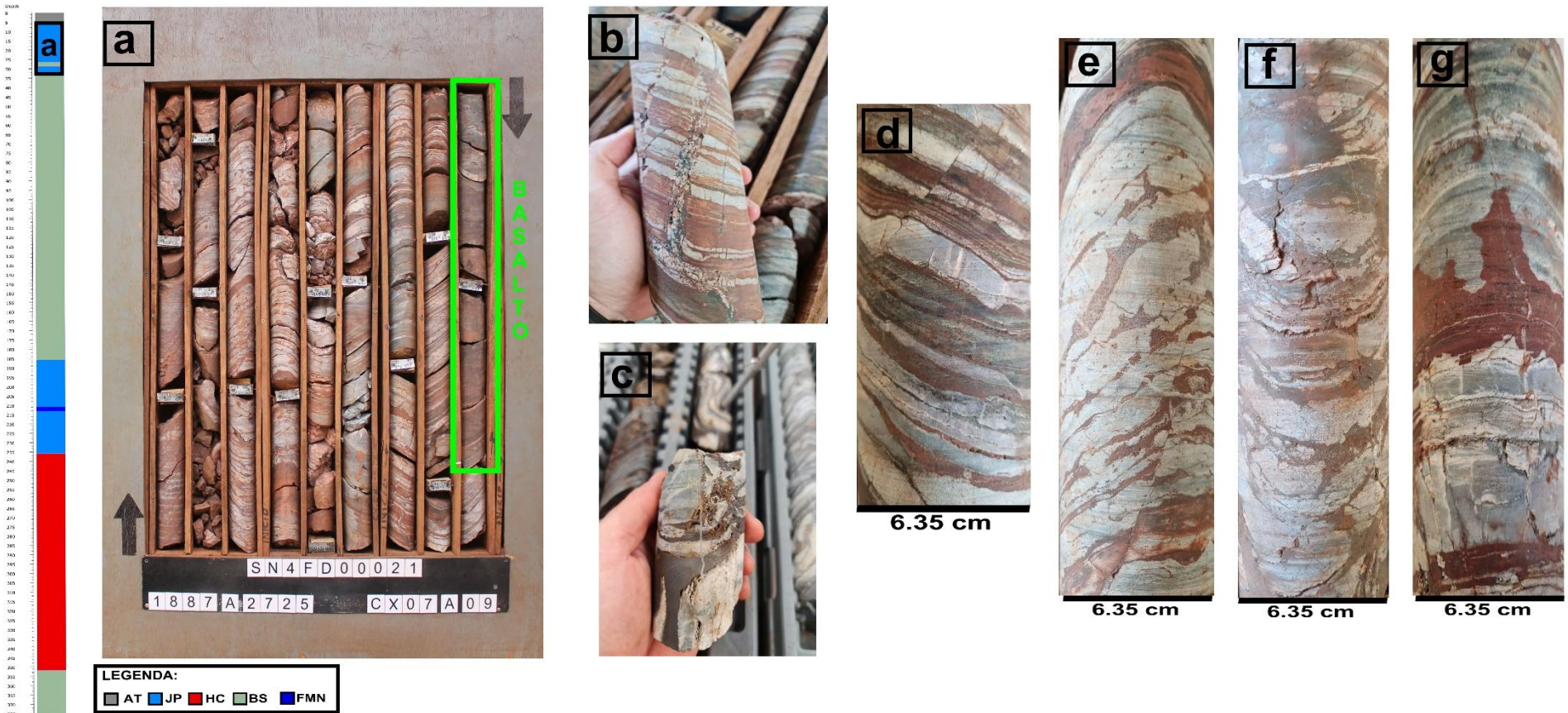
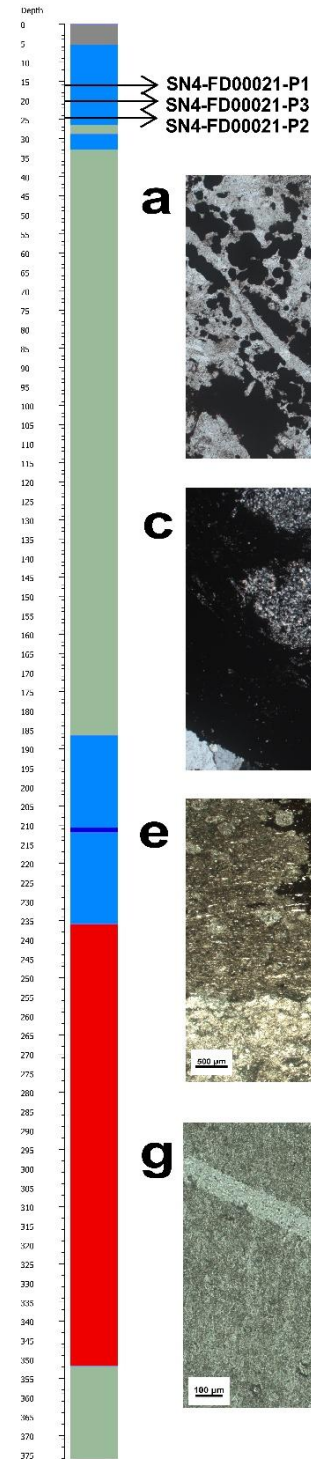


Figura 30. À esquerda, perfil estratigráfico do furo de sonda SN4-FD00021, com indicação da posição das camadas de jaspilito da Formação Igarapé Cigarra. (a) aspecto geral do jaspilito, e contato inferior com rocha máfica; (b) vênulas preenchidas por quartzo e hematita, cortando o bandamento primário; (c) vênula de hematita secundária, variando de concordante a discordante ao bandamento principal; (d, e) bandas falhadas com rejeitos milimétricos; (f) processo avançado de hematitização na porção superior esquerda do testemunho; (g) processo de oxidação tardio ocorrendo adjacente às fraturas concordantes e discordantes. AT = aterro, JP = jaspilito, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, FMN = formação manganésifera.

SN4-FD00021



LEGENDA:

AT HC FMN JP BS

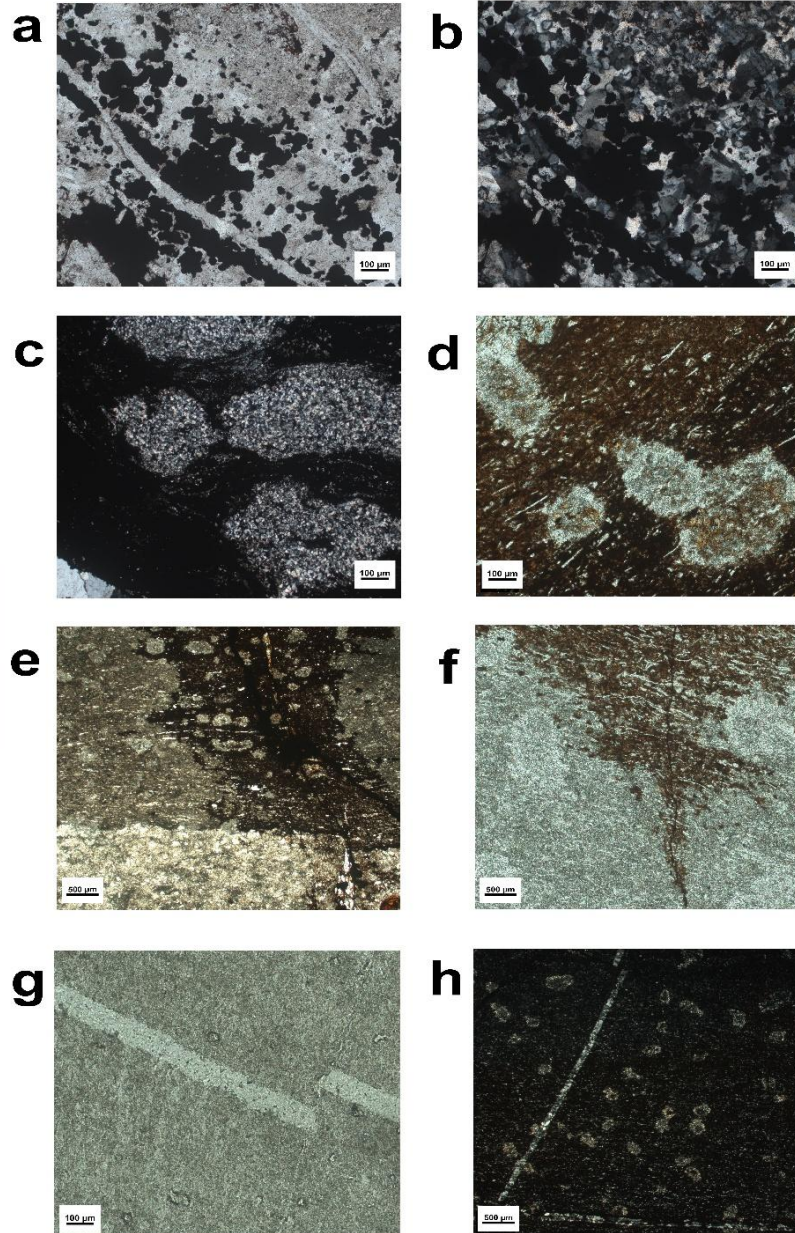


Figura 31. À esquerda, perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, com setas demarcando as posições das amostras. (a, b) esferulitos impregnados por óxido de ferro, em meio à matriz de *chert*, recrystalizada; (c, d) matriz de *chert* microcristalino intensamente oxidada, com núcleos subarredondados de quartzo recrystalizado; (e, f) domínio de *chert* microcristalino, com núcleos de recrystalização, e propagação da oxidação a partir das fraturas; (g, h) veio de quartzo, rompido por falha preenchida por quartzo microcristalino, em meio a matriz de *chert*, que apresenta núcleos recrystalizados. Todas as imagens foram obtidas a partir de luz transmitida, sendo (b, c, h) com nicóis cruzados e as demais com nicóis paralelos. As imagens (a, b, c) são provenientes da lâmina SN4-FD00021-P1; as imagens (d, e, f, g, h) são provenientes da lâmina SN4-FD00021-P2. AT = aterro, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganésifera, JP = jaspilito, BS = basalto são.

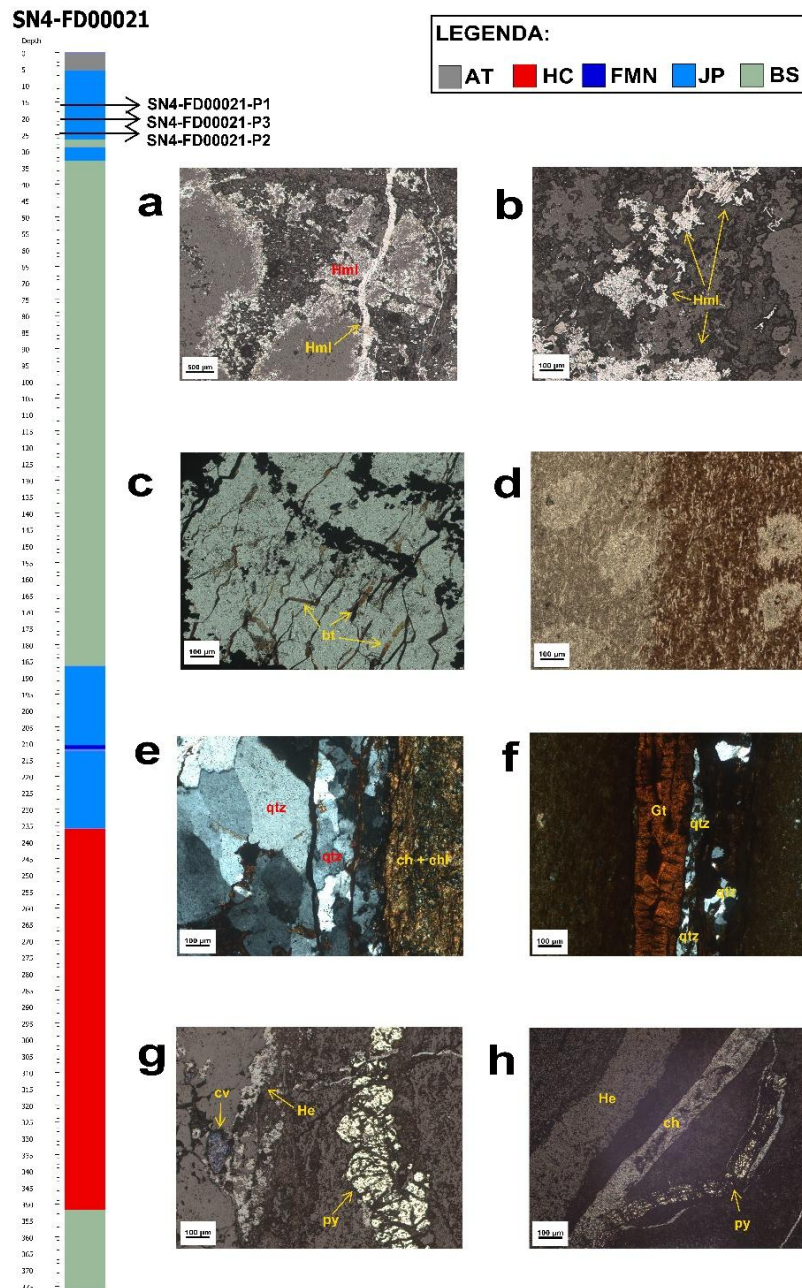


Figura 32. À esquerda, perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, com setas demarcando as posições das amostras. (a) hematita microlamelar (Hml) disseminada nas bordas de um bandamento reliquiar; ocorrência de vênula discordante de hematita microlamelar (Hml); (b) hematita microlamelar (Hml) formando aglomerados intersticiais, dentro de uma banda de *chert*; (c) cristais de biotita (bt) ao longo de fraturas das bandas de *chert*; (d) contato entre matriz constituída por *chert* (domínio à esquerda) e constituída por jaspe (domínio à direita); (e) veio de quartzo (qtz) recrystalizado concordante com o bandamento primário; no contato com o veio o *chert* (ch) está rico em clorita (chl); (f) veio de quartzo (qtz), de granulometria grossa e contatos poligonais, e goethita (Gt) com hábito botrioidal, paralela à banda de *chert* oxidada; (g) vênula concordante com o bandamento primário e preenchida por pirita (py), e fraturas milimétricas contendo covelita (cv) e hematita (He); (h) da esquerda para a direita, bandas de hematita (He), *chert* (ch) e pirita (py). As imagens (c, d, e, f) foram obtidas a partir de luz transmitida, sendo (c,d) com nicóis paralelos e (e, f) com nicóis cruzados. As imagens (a, b, g, h) foram obtidas a partir de luz refletida. As imagens (a, b, c) são provenientes da lâmina SN4-FD00021-P1; as imagens (d, e, f, g), são provenientes da lâmina SN4-FD00021-P2 e a imagem (h), é proveniente da lâmina SN4-FD00021-P3. AT = aterro, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganesífera, JP = jaspilito, BS = basalto são.

5.2.4. Jaspilito da Formação Carajás

O jaspilito que ocorre na Formação Carajás é entendido como o protominério de ferro em Serra Norte (figuras 23, 24). O jaspilito apresenta bandamento composicional caracterizado principalmente pela alternância de bandas milimétricas e centimétricas de jaspe, constituídas de quartzo e hematita em proporções variáveis, e bandas ricas em óxidos de ferro de coloração cinza (figuras 33 a, b, c, d, e, f, g, h). Bandas de *chert* constituídas por quartzo microcristalino ocorrem em menor proporção (figuras 33 b, g, h). Os contatos entre as bandas de *chert* e as bandas de jaspe são geralmente gradacionais e marcados pelo aumento progressivo na quantidade de hematita associada ao jaspe (figura 33 h). Algumas bandas claras são compostas por núcleos de quartzo recristalizado balizados por níveis de *chert* (figura 33 g).

Vênulas discordantes, constituídas por quartzo de granulometria média e contatos poligonais, em associação com hematita lamelar, são frequentes e interceptam o bandamento primário (figuras 33 c, g, h). Por vezes, esses veios estão associados a falhas ou sistemas de falhamentos que deslocam o bandamento composicional, com rejeitos em escala milimétrica (figuras 33 a, c, d, e, f). Localmente, observa-se o enriquecimento de hematita adjacente a fraturas que interceptam o bandamento primário (figura 32 a).

As bandas de óxidos são constituídas basicamente por hematita microcristalina, microlamelar ou anédrica (figuras 34 a, d, h). A hematita microlamelar pode ser observada em vênulas de quartzo concordantes a discordantes (figuras 34 e, f), ou sobrecrecendo a hematita microcristalina.

Próximo ao contato com o hematítico compacto (HC), o jaspilito apresenta-se intensamente brechado. Nesta região, fragmentos de jaspilito de até 5 mm de comprimento estão rotacionados e envoltos por uma massa de quartzo recristalizado, de granulometria grossa (figuras 33 i, j, k, l). Nessas zonas brechadas, os fragmentos de jaspilito estão hematitizados e perderam completamente as características mineralógicas e texturais primárias. A hematita microcristalina deu lugar a hematita microlamelar, e posteriormente à hematita anédrica e tabular (figuras 34 g, h, i). As bandas de hematita microlamelar são menos espessas e menos densas do que as bandas de hematita anédrica. Frequentemente são observados domínios de hematita microlamelar, dentro das bandas de hematita anédrica. Domínios com ocorrência do empacotamento irregular, das placas da hematita microlamelar, transacionam para domínios de ocorrência de massas densas de hematita anédrica, com empacotamento fechado. Restritamente, observa-se também domínios com ocorrência de cristais euédricos de martita

(ou maghemita), que também podem evoluir para domínios de hematita anédrica, quando estão em grande concentração (figuras 34 h, i).

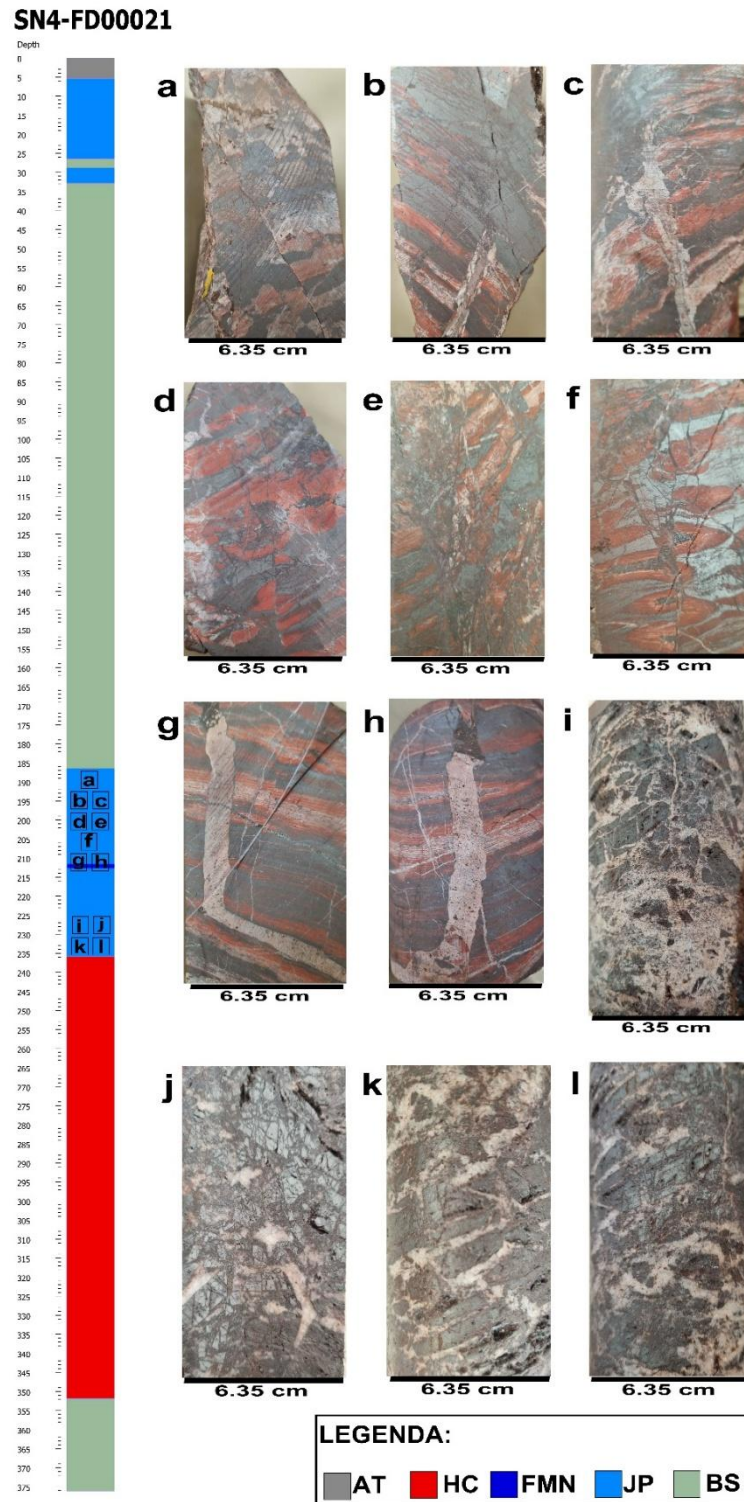


Figura 33. À esquerda, perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, com marcação da posição das amostras do testemunho de sondagem. As amostras (a, b, c, d, e, f, g, h) representam o jaspilito falhado, venulado, brechado e hematitizado. As amostras (i, j, k, l) representam o jaspilito brechado, típico do contato com hematitito compacto. AT = aterro, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganésifera, JP = jaspilito, BS = basalto são.

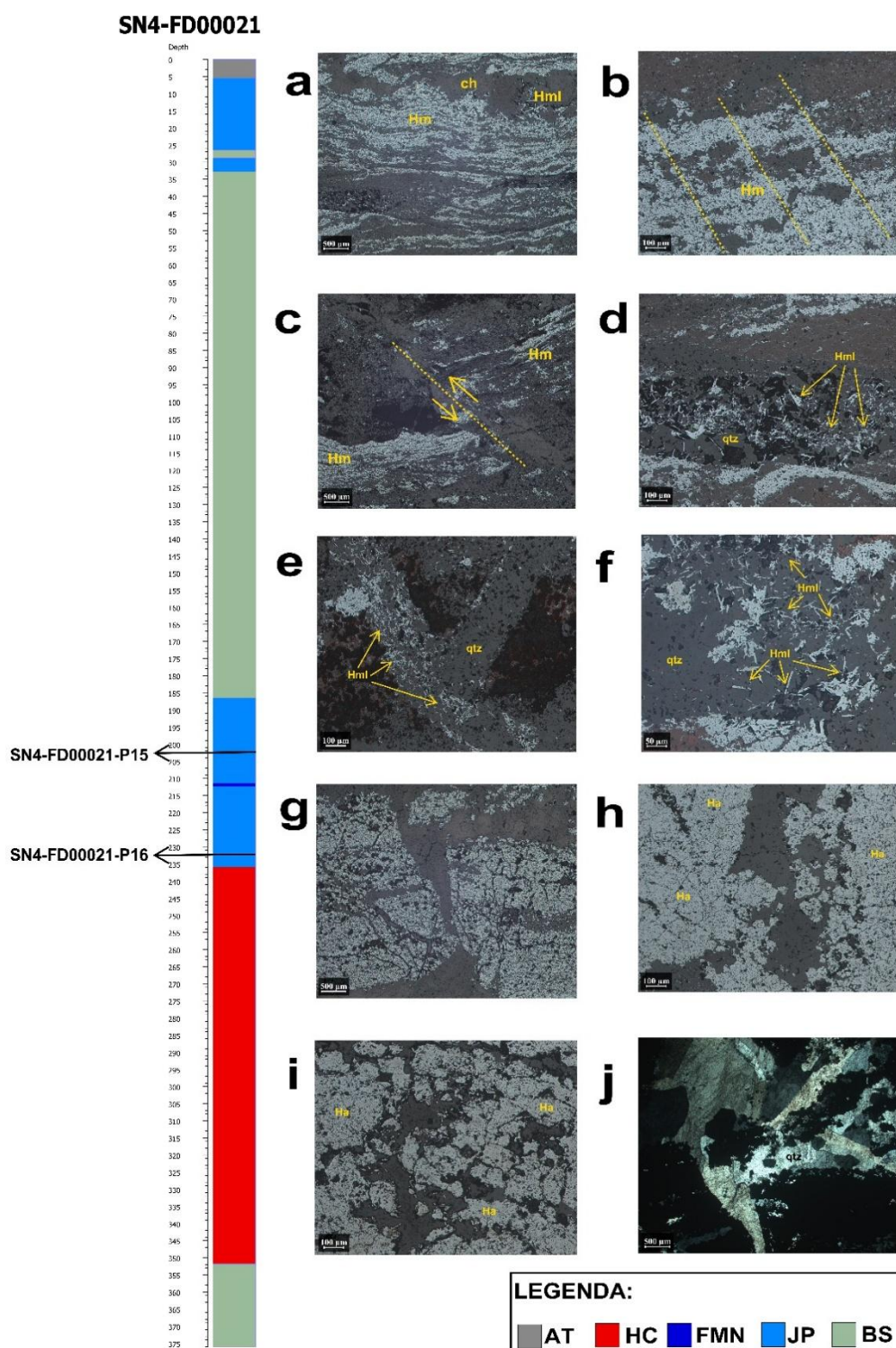


Figura 34. À esquerda, perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, com setas indicando as posições das lâminas. (a) bandas de *chert* (ch) alternando com bandas de hematita microcristalina (Hm). Ocorrência restrita de hematita microlamelar (Hml) no domínio de *chert* (ch); (b, c) bandas de hematita microcristalina (Hm) deslocadas por falhas subparalelas; (d, e, f) hematita microlamelar (Hml) em vênula de quartzo (qtz) discordante do bandamento principal; (g) fragmentos de banda hematítica em jaspilito brechado; (h, i) aglomerado de cristais de martita, formando hematita anédrica (Ha); (j) cristais de quartzo (qtz) com continuidade por trás dos bandamentos hematíticos brechados. A imagem (j) foi obtida a partir de luz transmitida, em nicóis cruzados; as demais imagens foram obtidas a partir de luz refletida. As imagens (a, b, c, d, e, f) são provenientes da lâmina SN4-FD00021-P15; as imagens (g, h, i, j) são provenientes da lâmina SN4-FD00021-P16. AT = aterro, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganésifera, JP = jaspilito, BS = basalto são.

5.2.5. Hematitito Friável (Formação Carajás)

O hematitito friável (HF) constitui o tipo predominante de minério de ferro em Serra Norte, e ocorre como uma camada espessa em contato com o as máficas encaixantes, com o jaspilito ou com o hematitito compacto (figuras 21, 22, 23, 24). O HF é uma rocha fragmentada, muito porosa, geralmente pulverulenta, com fragmentos de estrutura bandada a laminada, desagregável ao toque. Essas feições de ocorrência dificultam uma amostragem que preserve totalmente as características da rocha. Desta forma, as lâminas delgadas foram produzidas por impregnação do material do minério friável. Por esse motivo, há de se ter especial cuidado, em relação às interpretações relacionadas às texturas da rocha, especialmente sobre os padrões de porosidade que são, doravante, descritos.

O hematitito friável é caracterizado como uma rocha de estrutura geral bandada e alta porosidade (figuras 35 a, b). A porosidade é marcada por espaços vazios, com geometrias subarredondadas, que frequentemente se interconectam (figuras 35 a, b). As bandas são constituídas essencialmente por hematita microcristalina (figura 35 a). Aparentemente, a evolução da compactação e adensamento dos domínios de hematita microcristalina, esgotando os poros vazios, por vezes constitui bandas contínuas de hematita tabular (figura 35 c).

O hematitito friável não apresenta variações composicionais próximo ao contato com o hematitito compacto (HC). Apresenta, no entanto, variações texturais significativas: maior proporção de ocorrência de hematita microlamelar (figura 35 f) e de martita (figuras 35 d, e, h) – a martita ocorrendo exclusivamente no domínio de HF próximo ao contato com o HC.

A relação genética da martita, entre as diferentes gerações de hematita, se faz clara na análise do HF. A martita (anteriormente magnetita) se desenvolve sobre a hematita microcristalina, em várias porções (figuras 35 d, e). Quando muito abundante, a aglomeração de cristais de martita culmina na constituição de hematita anédrica e, posteriormente, hematita tabular. A relação de consumo da martita para a formação da hematita microlamelar também é observada, em outros domínios da amostra de HF, próximos ao contato com o HC (figura 35 f).

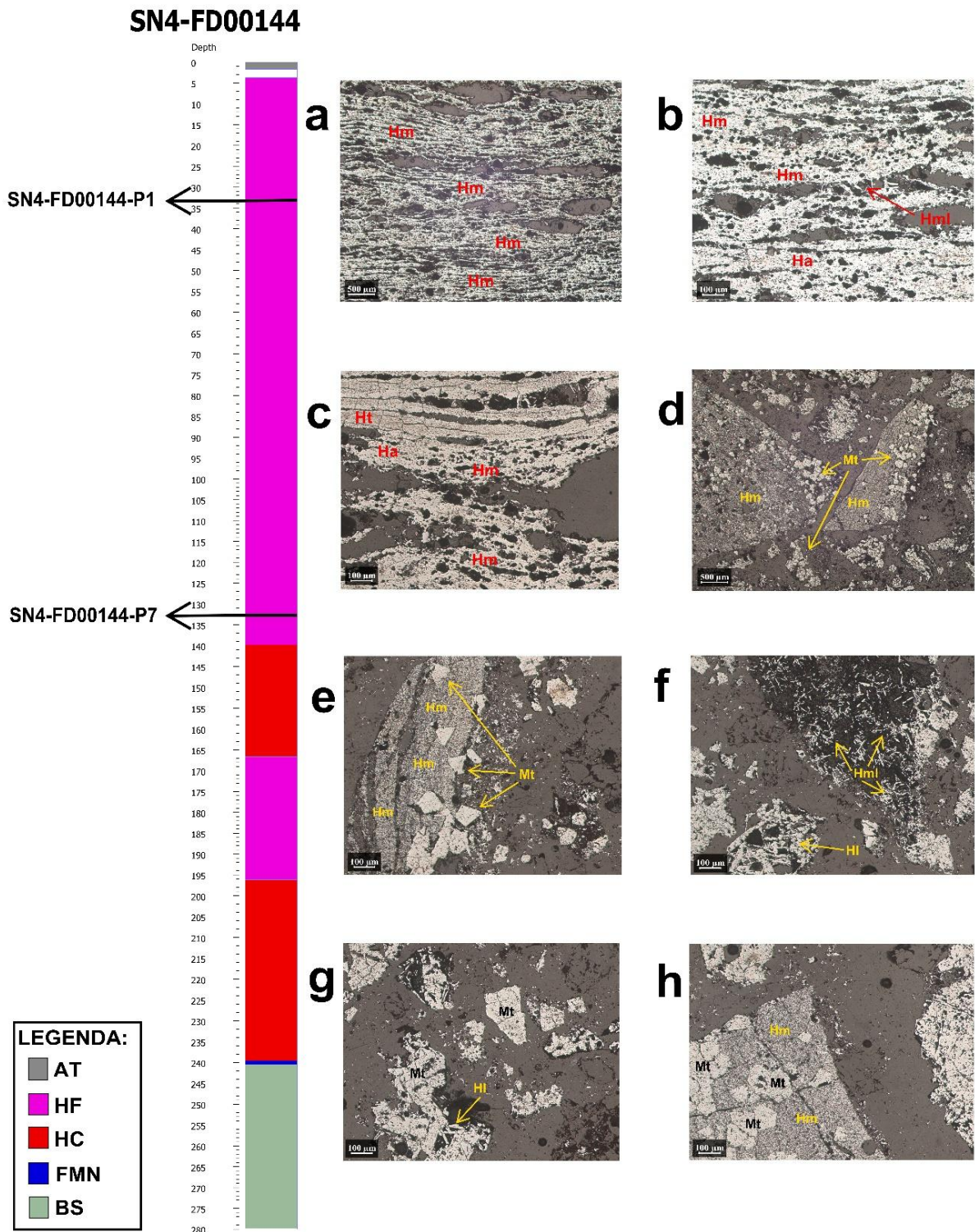


Figura 35. À esquerda, perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00144, com setas demarcando as posições das lâminas. (a) estrutura finamente laminada, composta essencialmente por hematita microcristalina (Hm); (b) hematita microcristalina (Hm) orientada segundo o bandamento, já constituindo alguns domínios de hematita anédrica (Ha). Ocorrência pontual de hematita microlamelar (Hml); (c) hematita microcristalina (Hm) passando à anédrica (Ha), que por sua vez passa à tabular (Ht); (d, e, h) cristais de martita (Mt) desenvolvidos sobre a hematita microcristalina (Hm), compondo domínios de hematita tabular; (f, g) cristais de martita (Mt) sendo desagregados, constituindo cristais de hematita microlamelar (Hml) e lamelar (Hl). As imagens foram obtidas a partir de luz refletida. As imagens (a, b, c) são provenientes da lâmina SN4-FD00144-P1; as imagens (d, e, f, g, h) são provenientes da lâmina SN4-FD00144-P7. AT = aterro, HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganesífera, BS = basalto são.

5.2.6. Hematitito Compacto (Formação Carajás)

O hematitito compacto é representado por uma rocha predominantemente bandada (figuras 37 b, c, d, e); domínios maciços são raros, embora também sejam observados. A ocorrência de domínios brechados é relativamente comum (figuras 37 f, g, h, i, j). As bandas possuem, geralmente, espessuras milimétricas (raramente centimétricas), e são constituídas pela mesma composição mineralógica – essencialmente hematita. A distinção e alternância das bandas, se dá pela pelas diferenças texturais de ocorrência da hematita.

Em geral, as bandas alternadas podem apresentar as texturas da hematita: hematita microcristalina (primária), hematita microlamelar a lamelar, martita, hematita anédrica e hematita tabular. Cristais reliquiais de magnetita são por vezes observados, todavia geralmente estão consideravelmente transformados para hematita (martitizados).

As bandas de hematita microcristalina são reliquiais e representam a textura primária da rocha (figuras 40 a, c, d, g, h). Geralmente são nessas bandas onde ainda é possível observar coloração ocre, decorrente da impregnação de óxido, representando a ocorrência pretérita de jaspe. Comumente as bandas de hematita microcristalina são substituídas por bandas de hematita microlamelar, ou por bandas de martita (figuras 40 c, d, g). Essas gerações posteriores de hematita, ocorrem às custas do consumo da hematita microcristalina. Em alguns domínios é possível perceber que o desenvolvimento das lamelas de hematita, foi consideravelmente mais expressivo, incidindo na cristalização de placas maiores, superando 0.1 mm de comprimento, e constituindo a hematita lamelar (figuras 39 i; 40 e, f, i).

A martita representa pseudomorfos de magnetita totalmente substituídos por hematita, geralmente em cristais euédricos a subédricos, com faces relativamente bem definidas (figuras 39 b, d, e). Os cristais raramente apresentam núcleos reliquiais de magnetita, com bordas totalmente transformadas para hematita (figuras 41 f, g, h). Os intervalos com ampla ocorrência de magnetita/martita, eventualmente apresentam magnetismo (reliquiar) distinto. É interessante notar que os cristais de magnetita se desenvolvem sobre as bandas de hematita microcristalina (figuras 41 b, c, e). A hematita microlamelar cresce posteriormente, defletindo e se moldando aos cristais de martita previamente formados (figuras 39 b, c). Em algumas ocorrências, inclusive, é possível observar cristais incompletos de martita, em função da cristalização de hematita lamelar, nos moldes da magnetita (figuras 39 g; 40 g, h). Essa relação indica que em alguns casos, são os cristais de hematita microlamelar/lamelar que iniciam o processo de martitização, enquanto em outros, a hematita microlamelar/lamelar chega a consumir os cristais de martita, no desenvolvimento das lamelas (figura 40 g).

Em algumas amostras a partição da rocha constituída por martita é muito grande. Nesses domínios, os cristais de martita são distintamente maiores (superando 0.25 mm), e ocorrem imersos em uma matriz primária, constituída por hematita microcristalina (figuras 41 b, e). A ocorrência de martita nesses domínios chega a ser tão expressiva, que se pode classificar a rocha pretérita, como magnetitito. Inclusive, alguns domínios apresentam notável susceptibilidade magnética, e distinta preservação de cristais de magnetita (figuras 41 f, g, h). Os cristais frequentemente formam agregados, em bandas que podem atingir de 2 a 3 mm de espessura. Esses domínios normalmente estão concentrados na base do pacote de HC.

Tanto os cristais das bandas de hematita microlamelar a lamelar, quanto os cristais das bandas de martita, por vezes coalescem, constituindo agregados de hematita anédrica (figuras 39 a, f, g, h; 40 a; 41 d), especialmente na base do hematitito compacto. Quando o grau de coalescimento dos agregados de hematita anédrica é alto, forma-se também hematita tabular (figuras 39 c; 41 a).

Com relativa frequência são observados domínios silicosos residuais, que ocorrem em geometrias de bolsões. Esses domínios são constituídos por quartzo microcristalino, com maior ou menor impregnação de óxido de ferro, ou quartzo em granulação média, com clara textura de recristalização. Eventualmente observa-se pervasivo processo de cloritização, nos domínios silicosos, constituindo cristais finos a médios de clorita, em íntima relação com os cristais de quartzo.

Cristais de hematita lamelar, martita, ou hematita anédrica, preenchendo fraturas, por vezes em atitudes discordantes do bandamento principal, também são comuns (figura 40 d). Frequentemente são observados discordantes aglomerados de hematita anédrica (constituídos pela coalescência de cristais de martita), que interconectam as bandas, do bandamento principal (figura 39 e).

Nos domínios de brechação proeminente, observa-se desde bandas dobradas (figura 37 i), rompidas e falhadas, com rejeitos milimétricos, até fragmentos de bandas notavelmente rotacionados (figuras 37 g, h). Em geral, a partição de bandas provenientes da brechação constitui fragmentos angulosos a subangulosos, formados por hematita microlamelar/lamelar ou anédrica/tabular, com empacotamento fechado e baixa ocorrência de espaços vazios (figura 41 a). A matriz dos domínios brechados, geralmente é constituída por hematita microcristalina ou microlamelar. Cristais de hematita lamelar, com até 1 mm de comprimento, são comumente observados nas bordas dos fragmentos brechados.

Gerações distintas de fraturas discordantes do bandamento principal, são observadas no HC. Uma geração tardia de fraturas, oblitera todas as bandas e tipos de hematita da rocha (figura 41 b). Uma outra geração, pretérita, afeta apenas as bandas de hematita microcristalina; não afeta, portanto, as bandas de martita e hematita anédrica/tabular (figura 41 c). Essa relação indica que a cristalização da magnetita, assim como a posterior martitização, aconteceram apenas depois da ocorrência dessas fraturas.

Domínios goethíticos não são muito comuns (figura 41 i). Quando ocorrem, estão predominantemente associados a expressivas estruturas (*sets* de fraturas), discordantes do bandamento principal (figuras 38 b, d). As estruturas são tabulares, em geometria de veios, com ampla ocorrência de goethita (figura 38 d). A feição é de um halo de alteração goethítica: à medida que se distancia dos corredores discordantes, constituídos essencialmente por goethita, a ocorrência dessa alteração é gradativamente atenuada. É importante ressaltar que a alteração goethítica afeta todos os tipos de hematita e, inclusive, a magnetita.

N4E-FR01968

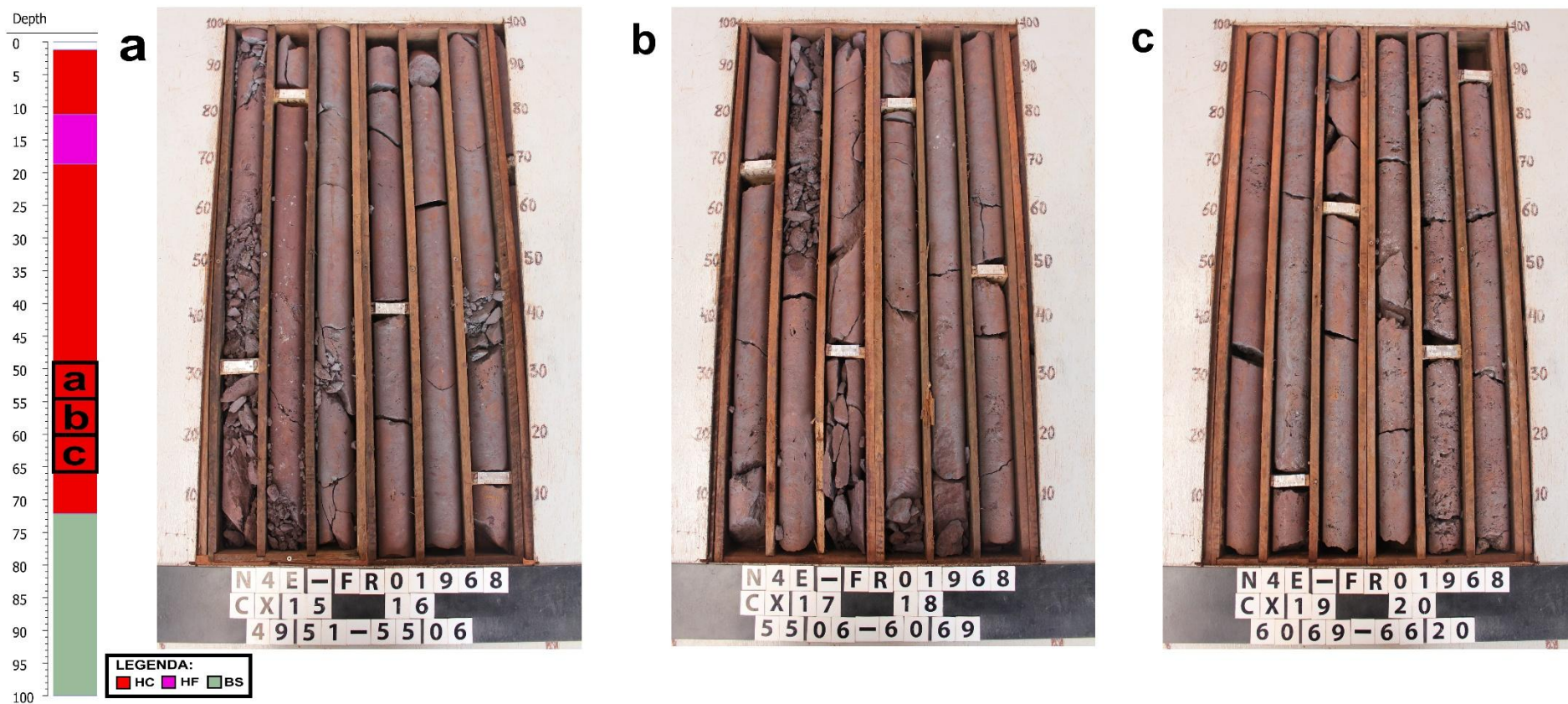


Figura 36. À esquerda, perfil litológico do furo de sonda N4E-FR01968, com marcação da posição das caixas de testemunhos de sondagem. (a) (b) (c) caixas de testemunhos de sondagem, apresentando a feição geral de ocorrência do hematitito compacto. HC = hematitito compacto, HF = hematitito friável, BS = basalto são.

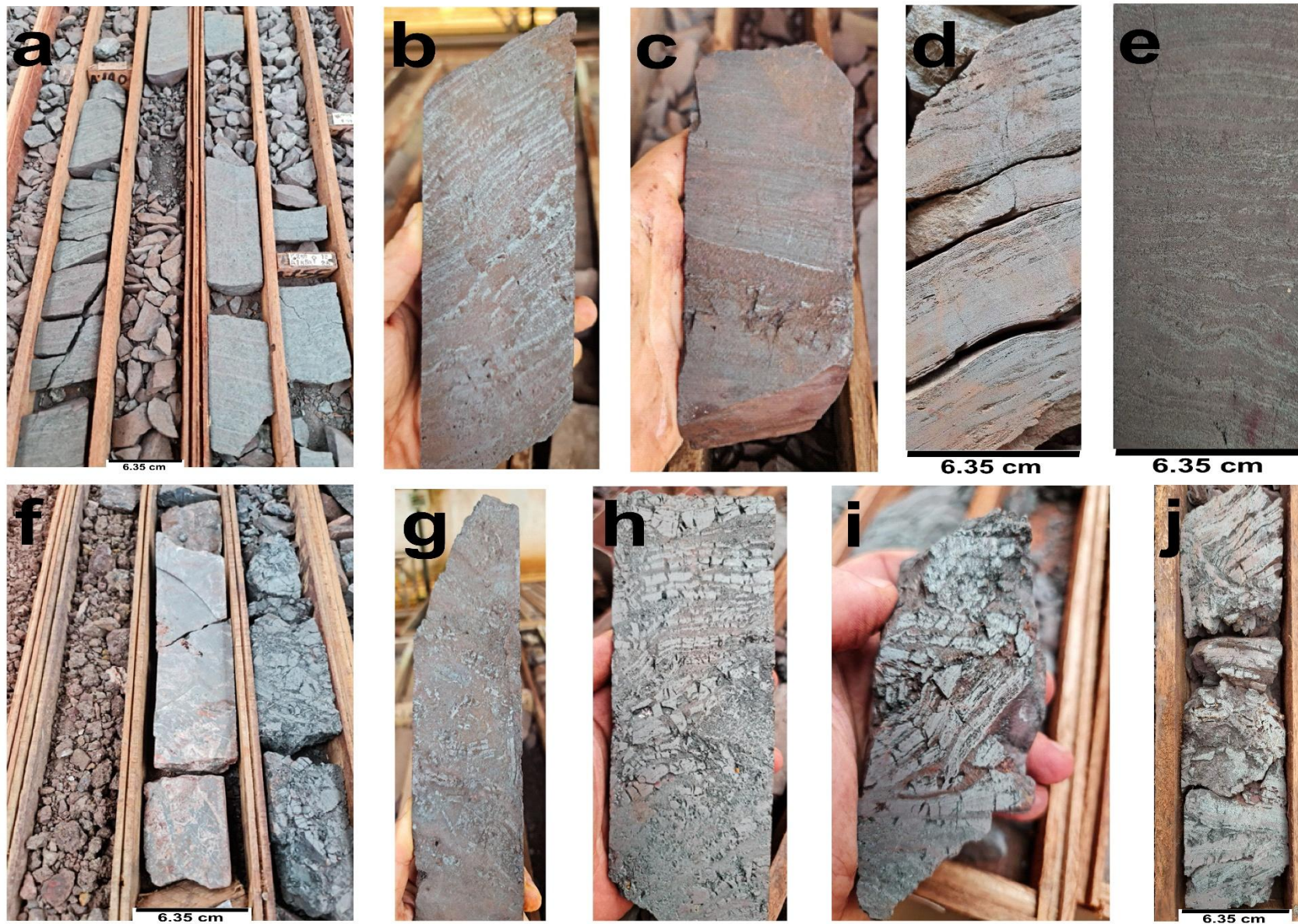


Figura 37. (a) feição geral de ocorrência do HC bandado (com domínios de muita fragmentação; (b, c, d, e) HC bandado; (f) contato entre jaspilito e hematítico compacto, os dois litotipos ocorrendo brechados; (g, h, i, j) HC brechado, com fragmentos com bandas preservadas, falhas e dobras. As imagens (b, c, e, g) são provenientes do furo de sonda N4E-FR09168; as imagens (a, f, h, i, j) são provenientes do furo de sonda SN4-FR00021; a imagem (d) é proveniente do furo de sonda SN4-FR00144.

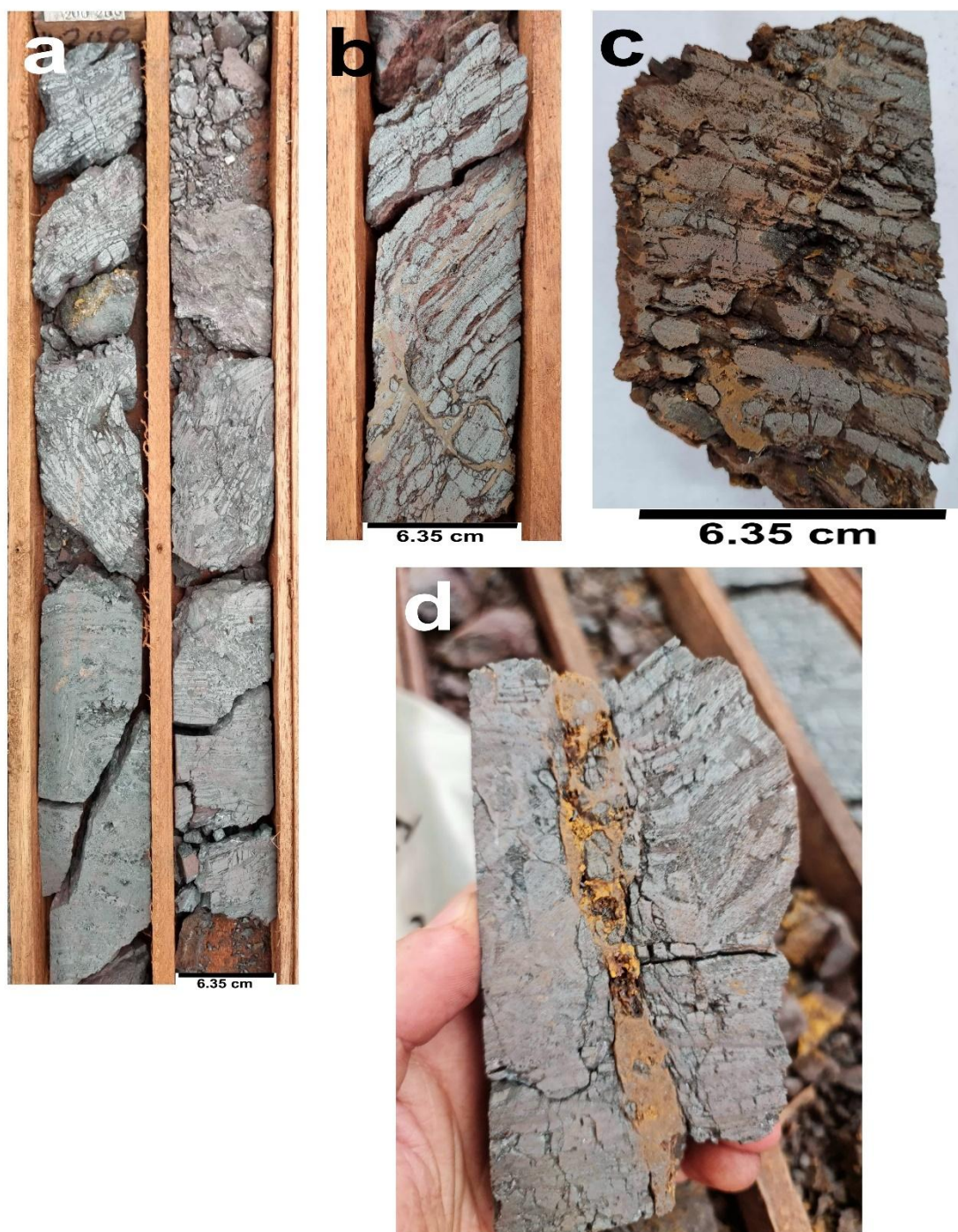


Figura 38. (a) HC bandado a brechado, com ocorrência pontual de domínios goethíticos; (b, c, d) HC goethitizado. Notar os “feeds” de goethitização discordantes, promovendo a alteração, que “aproveita” a estrutura do bandamento principal. As imagens (a, b, d) são provenientes do furo de sonda SN4-FR00021; a imagem (c) é proveniente do furo de sonda SN4-FR00144.

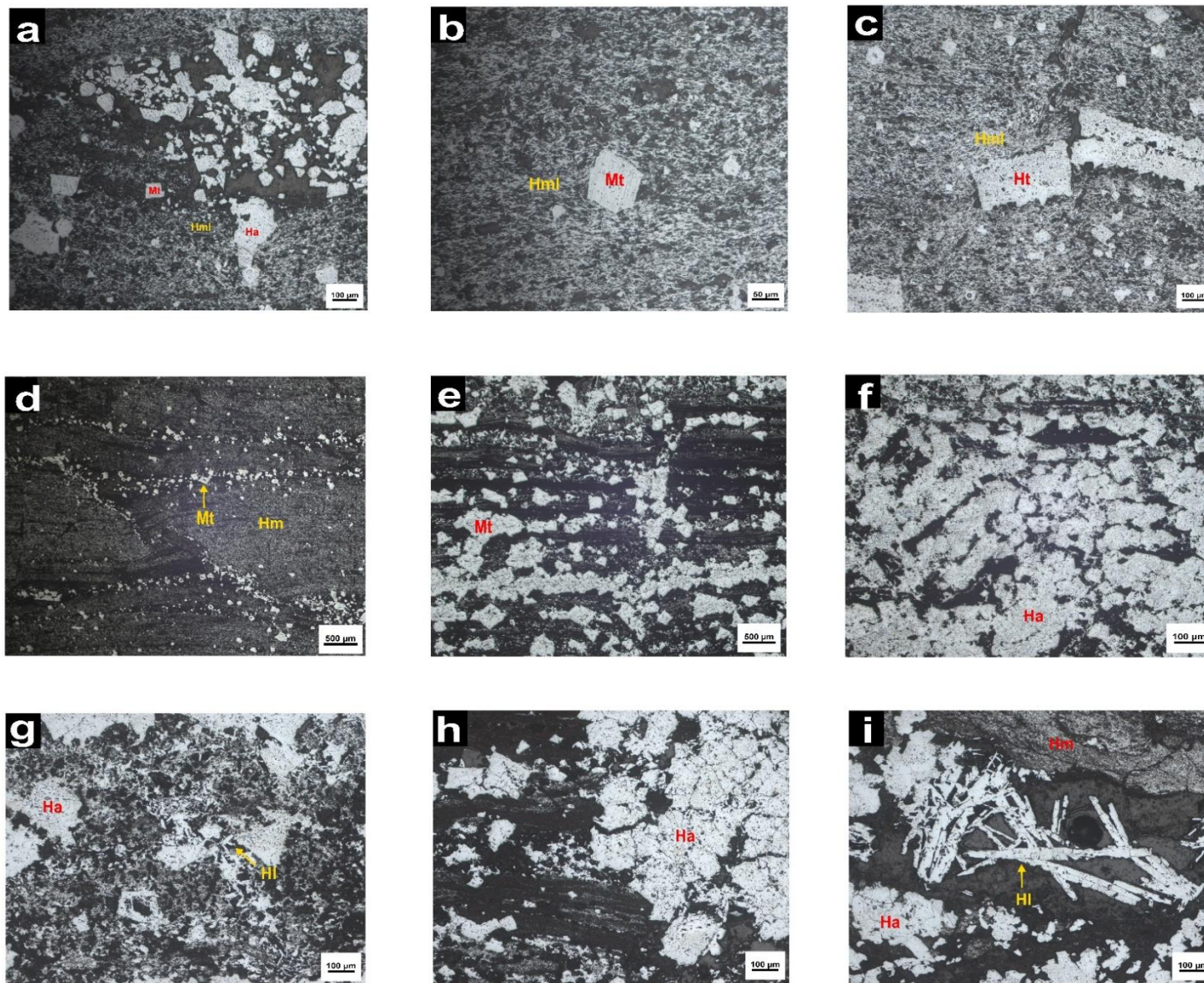


Figura 39. Fotos de lâminas delgada-polidas, obtidas a partir de luz refletida. (a) estrutura diagenética (“pod”) preenchida por magnetita (Mt), com ocorrência de cristais de magnetita coalescidos, constituindo hematita anédrica (Ha), em matriz constituída por hematita microlamelar (Hml). Notar que a matriz contorna o “pod”; (b) cristal de magnetita (Mt) envolto por matriz de hematita microlamelar (Hml). Notar que lamelas contornam o cristal de magnetita, indicando que a Hml é posterior à Mt; (c) hematita tabular (Ht), possivelmente formada pela junção de cristais de magnetita, envoltos em matriz de hematita microlamelar (Hml); (d) cristais de magnetita (Mt) em estruturas concordantes e discordantes do bandamento principal, que é constituído por hematita microcristalina (Hm); (e, f) cristais de magnetita coalescidos, constituindo domínio de hematita anédrica (Ha); (g) cristais de magnetita e de hematita anédrica (Ha), sendo consumidos na geração de hematita microlamelar e lamelar (Hl); (h) coalescimento quase total dos cristais de magnetita, formando domínio maciço de hematita anédrica (Ha); (i) placas de hematita lamelar (Hl) (chegando a medir 0.5 mm) e hematita anédrica (Ha), crescendo em fraturas. As amostras são provenientes do furo N4E-FR01968, sendo as imagens (a, b, c, d) provenientes da lâmina N4E-FR01968-P2; as imagens (e, f, g, h) provenientes da lâmina N4E-FR01968-P6; a imagem (i) proveniente da lâmina N4E-FR01968-P8.

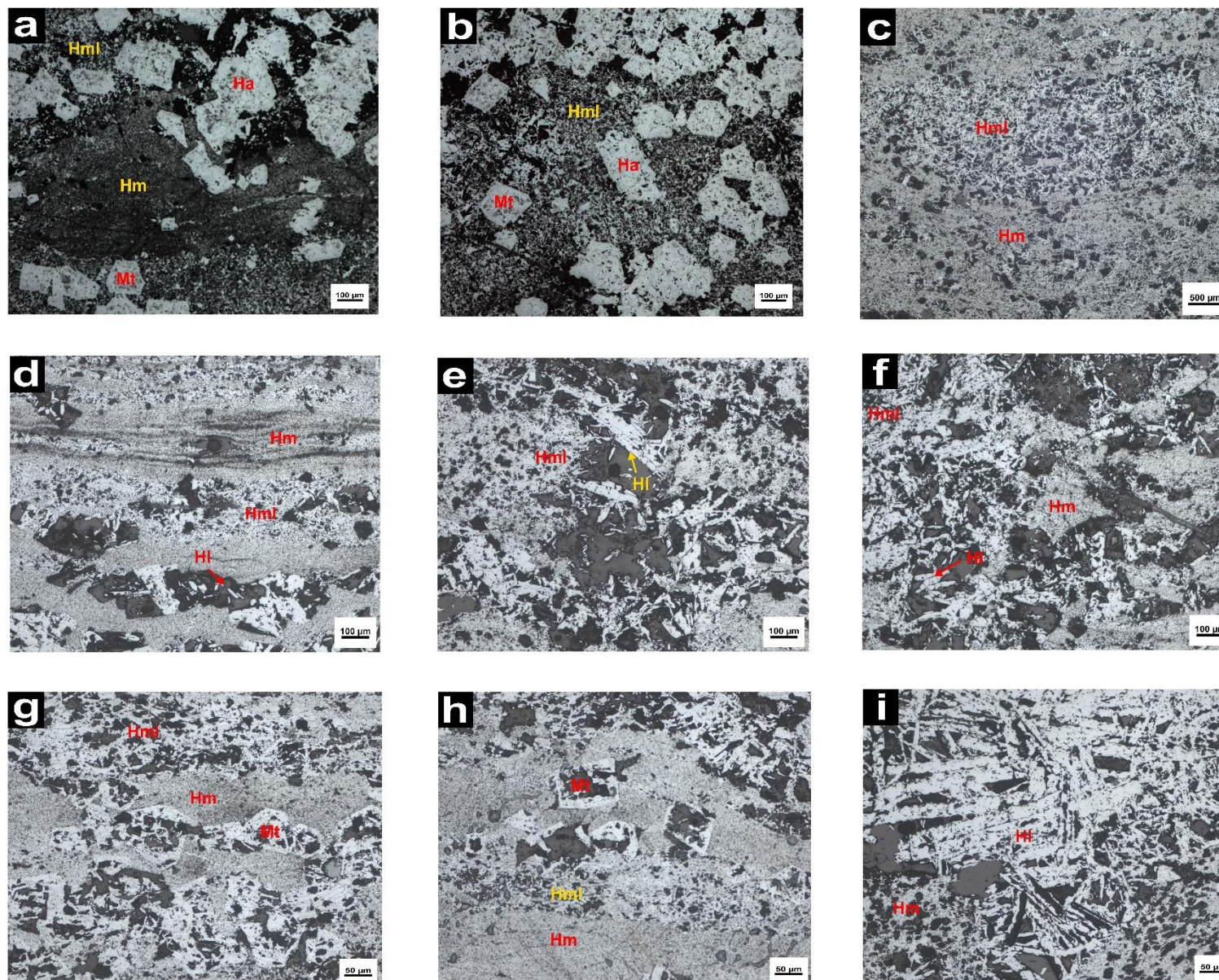


Figura 40. Fotos de lâminas delgada-polidas, obtidas a partir de luz refletida. (a) cristais de martita (Mt) coalescidos e constituindo hematita anédrica (Ha), em meio a bandas alternadas de hematita microcristalina (Hm) e hematita microlamelar (Hml); (b) mesma relação da “a”, porém em matriz constituída apenas por hematita microlamelar (Hml); (c) alternância entre bandas de hematita microcristalina (Hm) e bandas de hematita microlamelar (Hml); esta segunda hematita sendo formada a partir do consumo da primeira; (d) mesma relação da “c”, porém com cristais de hematita lamelar (Hl) preenchendo fraturas; (e) (f) hematita lamelar preenchendo fraturas; (g) (h) martita (Mt) sendo consumida na formação de hematita microlamelar/lamelar (Hml/Hl), em matriz de hematita microcristalina (Hm); (i) cristais de hematita lamelar (Hl) preenchendo fraturas, em bandamento reliquiar de hematita microcristalina (Hm). As amostras são provenientes do furo SN4-FD00144, sendo as imagens (a, b) provenientes da lâmina SN4-FD00144-P2; as imagens (c, d, e, f) provenientes da lâmina SN4-FD00144-P3; as imagens (g, h, i) provenientes da lâmina SN4-FD00144-P4.

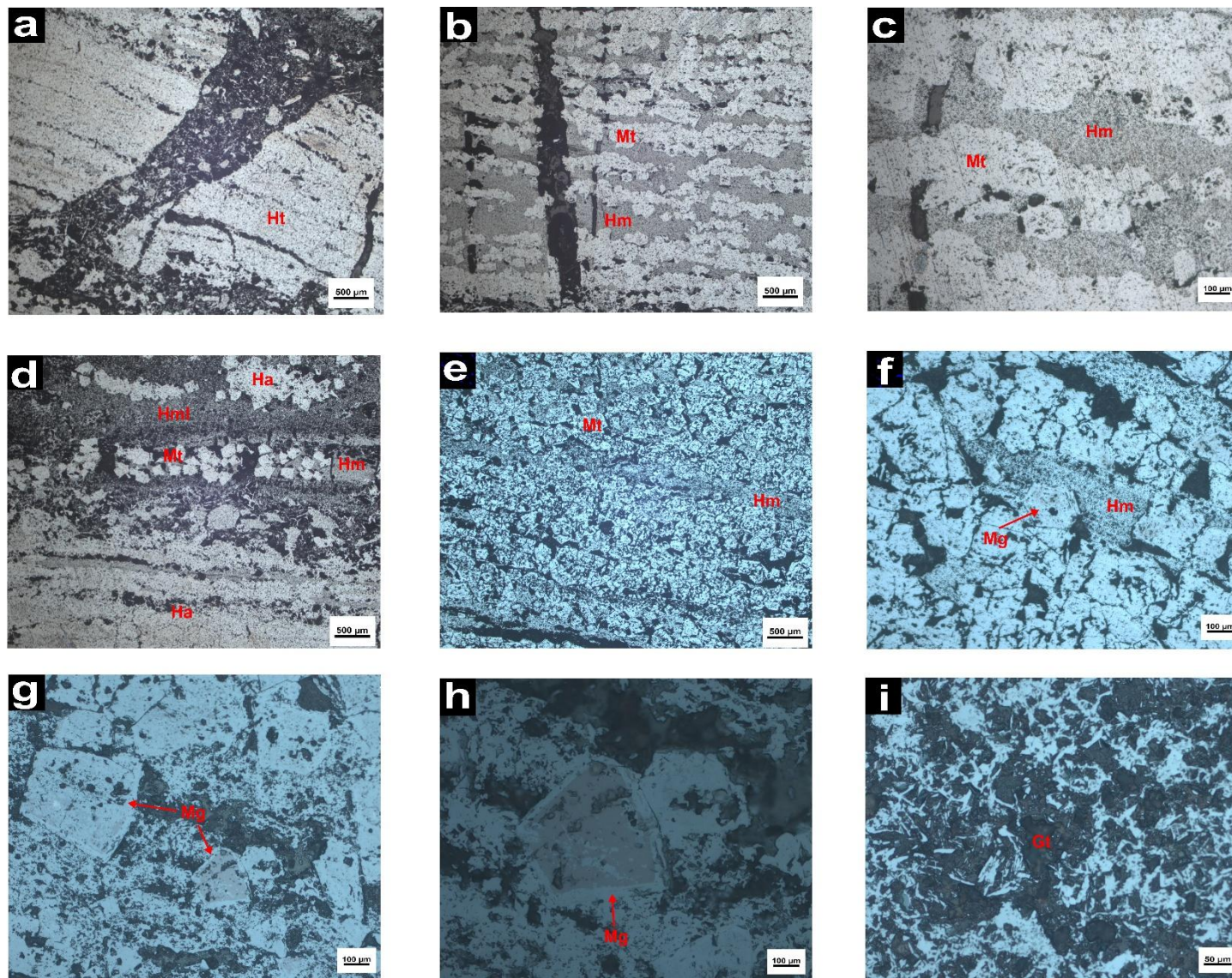


Figura 41. Fotos de lâminas delgadas-polidas, obtidas a partir de luz refletida. (a) brecha cortando laminações de hematita tabular (Ht), possivelmente formadas pelo coalescimento de cristais de martita (hematita anédrica) e posterior compactação. Ocorrência de hematita microlamelar e fragmentos da hematita tabular, na matriz da brecha; (b) bandas de martita (Mt) alternadas com bandas de hematita microcristalina (Hm), cortadas por diferentes gerações de fraturas. Notar que uma geração de fratura afeta todas as bandas, outra geração (pretérita) não afeta as bandas de martita; (c) mesma relação da “b”, porém com zoom em fratura pretérita à formação das bandas de martita (Mt); (d) alternância entre bandas constituídas por diferentes gerações de hematita: hematita anédrica (Há), hematita microlamelar (Hml), hematita microcristalina (Hm), martita (Mt); (e) (f) predominância de bandas constituídas por magnetita/martita (Mg), com observação de restritos domínios reliquiais de hematita microcristalina (Hm); (g) (h) zoom em cristais reliquiais de magnetita (Mg); (i) ocorrência disseminada de goethita (Gt). As amostras são provenientes dos furos SN4-FD00021 e SN4-FD00144, sendo as imagens (a, b, c, d) provenientes da lâmina SN4-FD00021-P18; as imagens (e, f, g, h) provenientes da lâmina SN4-FD00144-P10; a imagem (i) proveniente da lâmina SN4-FD00144-P9.

5.3. Espectroscopia de Reflectância

5.3.1. Mapeamento Mineral

No presente estudo, a espectrorradiometria foi utilizada para o mapeamento mineral ao longo dos três furos de sondagem estudados. O objetivo principal é a integração entre as assinaturas espectrais e o estudo petrográfico realizado. A correlação da espectroscopia de reflectância (ER) com a petrografia, permite validar a interpretação dos dados espectrais e reforça a aplicabilidade da espectrorradiometria, na caracterização mineralógica do minério de ferro (Clark *et al.*, 2003; Van der Meer *et al.*, 2012; Prado *et. al*, 2016).

Por se tratar de uma metodologia analítica indireta e pragmática, a expectativa é de que a utilização dos dados espectrais contribua, trazendo à tona informações que potencialmente não tenham sido identificadas no estudo petrográfico. É importante ressaltar inclusive, que a ER viabilizou um mapeamento mineral mais representativo, no aspecto de cobertura dos testemunhos de sondagem estudados. Enquanto a petrografia realizada foi focada nas amostras coletadas em intervalos específicos/pontuais, dos testemunhos estudados, os dados espectrais foram coletados de forma sistemática, com menor espaçamento entre as aquisições.

Conforme explanado no capítulo de metodologia, foram associadas duas técnicas distintas de espectroscopia de reflectância. Nos testemunhos dos furos de sonda N4E-FR01968 e SN4-FD00144 foram realizadas leituras espectrais pontuais, com espaçamento médio de 1 metro entre cada conjunto de leituras. Nos testemunhos do furo de sonda SN4-FD00021, foi realizado o escaneamento hiperespectral integral do furo, no qual foram aferidas em média 160 leituras por metro de testemunho. Seguem os resultados obtidos.

4.3.1.1 Óxidos de ferro

A análise espectral permitiu mapear a distribuição de três óxidos de ferro (goethita, hematita e magnetita), de ocorrência conhecida, tanto para o minério quanto para as rochas encaixantes (figura 42).

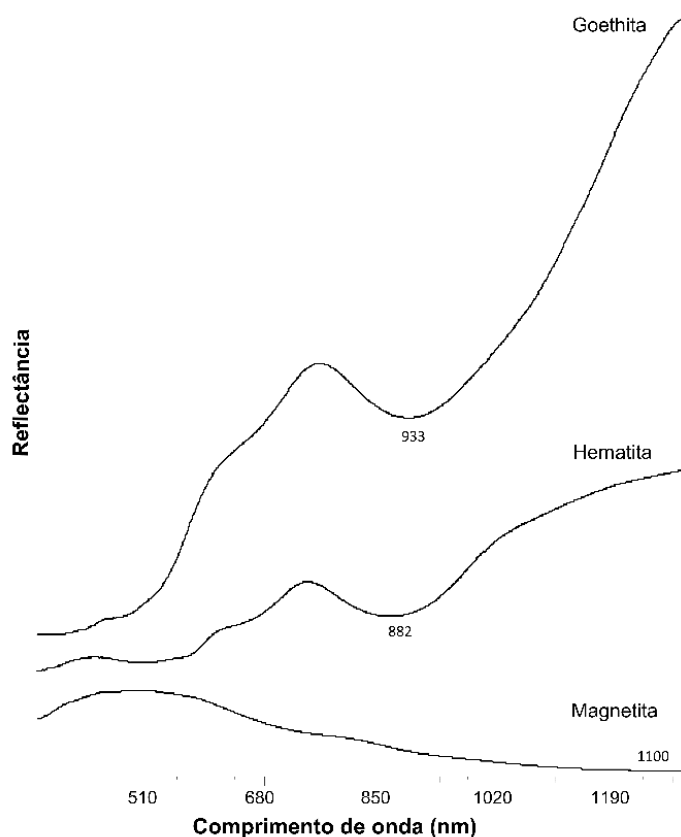


Figura 42. Espectros de reflectância empilhados, dos óxidos de ferro identificados nas amostras dos furos N4E-FR01968 e SN4-FD00144. Os números rotulares nos espectros indicam os comprimentos de onda, das feições de absorção diagnósticas de cada mineral.

Os óxidos de ferro identificados foram hematita, magnetita e goethita. Esses minerais apresentam espectros de reflectância distintos na região do visível ao infravermelho próximo (VNIR). Os valores de reflectância variam de 0 a 0,6 no eixo Y, enquanto o comprimento de onda varia de 400 a 1.300 nm, no eixo X (figura 42).

As posições das feições de absorção estão indicadas, com os picos: 933 nm para a goethita; 882 nm para a hematita e 1.100 nm para a magnetita. A feição de absorção em torno de 933 nm, característica da goethita, indica a presença de ferro trivalente (Fe^{3+}), em combinação com hidroxila (OH), que são típicos em minerais de óxido de ferro hidratados. Em especial, a presença do OH confere à goethita a maior reflectância, entre os três óxidos de ferro analisados.

A hematita apresenta uma reflectância menor do que a da goethita, porém maior do que a da magnetita. A feição de absorção em torno de 882 nm, típica da hematita, é atribuída ao ferro trivalente (Fe^{3+}), porém sem a presença de hidroxilas, o que a diferencia da feição da goethita (figura 42).

A magnetita possui a menor reflectância entre os três minerais, com uma curva quase plana e sem feições de absorção significativas, até 1.100 nm. Isso reflete a natureza opaca, assim como a baixa reflectância da magnetita, em função da composição mista (Fe^{2+} e Fe^{3+}) do óxido (figura 42).

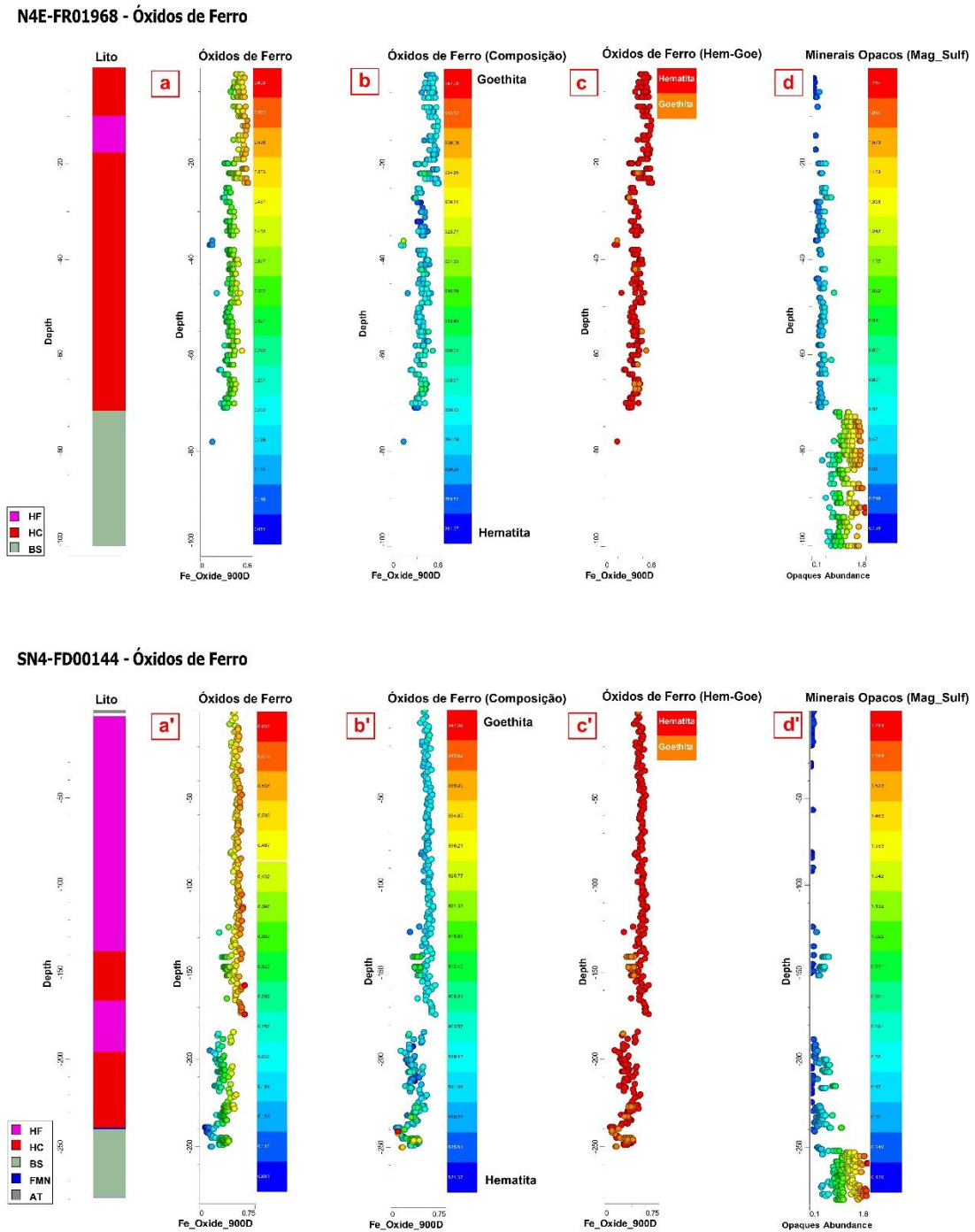


Figura 43. Perfis litológicos dos furos de sonda N4E-FR01968 e SN4-FD00144 e dos parâmetros de ocorrência e abundância dos óxidos de ferro identificados (VNIR). Destaca-se também a correlação de ocorrência entre hematita e goethita, com a variação da profundidade. HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, FMN = formação manganesífera, AT = aterro.

A figura 43 apresenta, da esquerda para a direita, os perfis litológicos dos furos de sonda N4E-FR01968 e SN4-FD00144, seguidos por: (a, a') um gráfico de ocorrência e abundância acumulada dos óxidos de ferro (hematita e goethita); (b, b') um gráfico de composição dos óxidos, com goethita na extremidade superior e hematita na extremidade inferior; (c, c') um gráfico de correlação de ocorrência e abundância entre hematita e goethita; (d, d') um gráfico final representando a ocorrência e abundância de minerais opacos (magnetita + sulfetos). Essa organização permite a análise detalhada das relações e variações de abundância dos óxidos de ferro mapeados, destacando aspectos de grande interesse como a ocorrência de magnetita nas rochas máficas e a presença disseminada de goethita.

A magnetita foi interpretada a partir do mapeamento de minerais opacos. A correlação dos dados espectrais com a petrografia e a geoquímica, foi fundamental para o entendimento da ocorrência da magnetita. Conforme explanado no capítulo da petrografia, a magnetita observada nas litologias da formação ferrífera, é representada quase totalmente por cristais de martita, com restritas ocorrências de núcleos reliquiares moderadamente preservados, principalmente na base do pacote de hematitito compacto. No basalto da Formação Parauapebas, no entanto, a magnetita (ígneia) é um mineral acessório frequente. A geoquímica de rocha total apresentou valores praticamente nulos de FeO para a formação ferrífera, em contraste com valores consideravelmente elevados do óxido para o basalto de base. Associada a essas constatações, a presença extremamente restrita de sulfetos tanto para a formação ferrífera quanto para o basalto, permite concluir que o mineral mapeado na ocorrência dos opacos, de fato é a magnetita. O mapeamento da ocorrência e abundância da magnetita e hematita, reforça a interpretação de que quase a totalidade dos cristais de magnetita presente nos hematititos, foi alterada (oxidada) para hematita. Em contrapartida, a maior parte da ocorrência de magnetita (ígneia) mapeada no basalto, segue preservada (figuras 43 d, d').

O mapeamento da ocorrência e abundância da goethita, reverberou a relação também previamente observada na petrografia. A alteração goethítica é relativamente pervasiva em profundidade, sendo constatada em diferentes domínios, e ocorrendo em abundâncias variáveis (figuras 43 c, c'). O mapeamento composicional (hematita/goethita) expressa a predominância de uma composição intermediária, mais próxima da extremidade composicional da hematita. (figuras 43 b, b').

4.3.1.2 Silicatos e carbonato

O mapeamento mineral também foi realizado com o objetivo de investigar possíveis diferenças, nas assembleias mineralógicas dos basaltos das Formações Igarapé Cigarra e Parauapebas, assim como checar a ocorrência de minerais de alteração que podem estar presentes tanto na formação ferífera, quanto nos basaltos. A figura 44 apresenta espectros de reflectância de diferentes minerais, identificados na faixa do infravermelho de ondas curtas (SWIR), com as bandas de absorção em função do comprimento de onda.

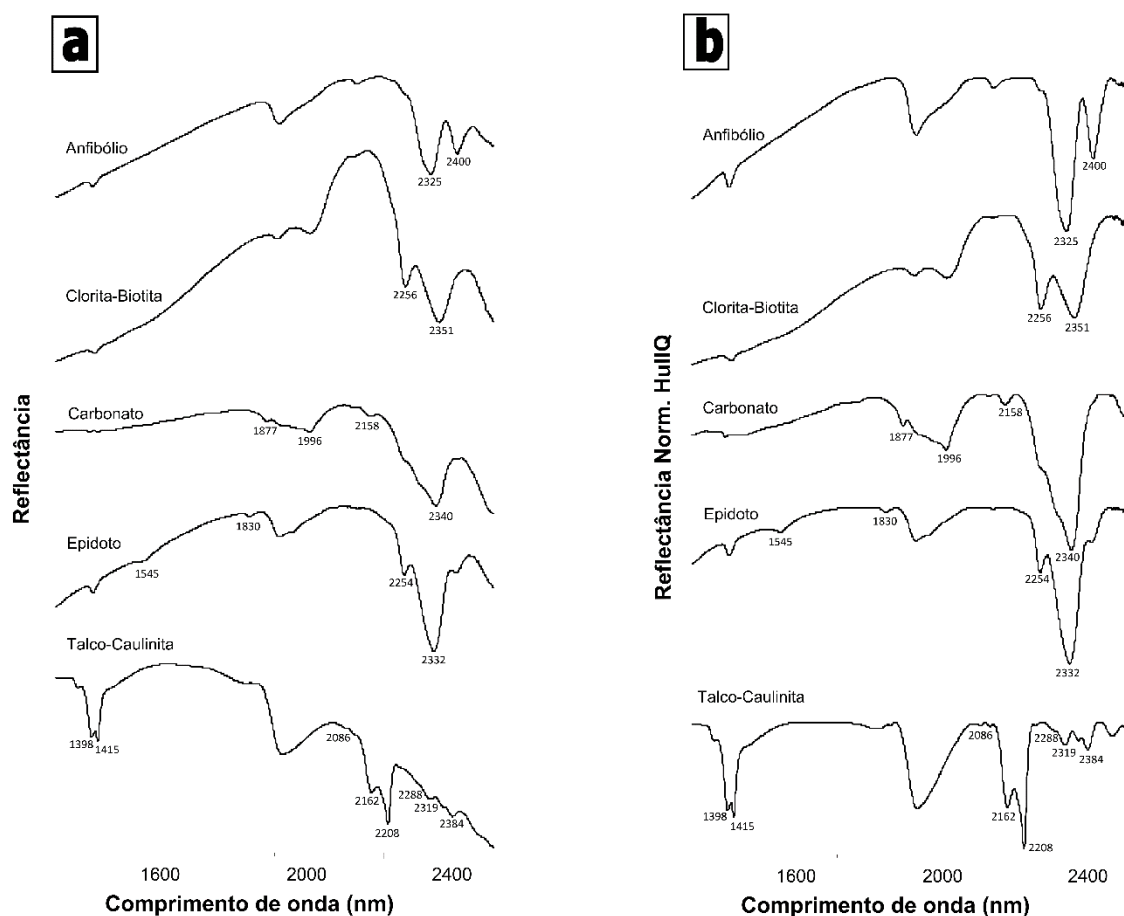


Figura 44. Espectros de reflectância empilhados, dos minerais identificados nas amostras dos furos N4E-FR01968 e SN4-FD00144. Os números rotulares nos espectros indicam os comprimentos de onda, das feições de absorção diagnósticas de cada mineral.

O gráfico (a) exhibe os espectros empilhados, com reflectância normalizada diretamente, permitindo a observação das feições de absorção para cada mineral. As curvas indicam as feições principais de cada mineral, facilitando a comparação direta. O gráfico (b) apresenta os espectros normalizados pelo método *Hull Quotient* que, em suma, é utilizado para corrigir a linha de base dos espectros, o que ajuda a realçar as feições de absorção e facilita a identificação

de pequenos picos, que poderiam estar pouco evidentes. Essa técnica faz parte da correção do contínuo.

As figuras 45 e 46 apresentam os perfis litológicos dos furos de sonda SN4-FD00144 e N4E-FR01968, seguidos pelos gráficos de ocorrência e abundância de biotita, anfibólio, clorita, epidoto, carbonato, caulinita e talco. Adicionalmente, apresenta-se um gráfico de composição da clorita e um gráfico da leitura do albedo.

A clorita $((\text{Mg,Fe})_3(\text{Al,Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot (\text{Mg,Fe})_3(\text{OH})_6)$ foi mapeada apenas no domínio do basalto, ocorrendo neste domínio em ampla abundância (figuras 45 c, 46 b). Essa incidência indica que o basalto (Formação Parauapebas) ocorre intensamente alterado, uma vez que a clorita é um mineral comum de alteração (hidratação) de piroxênios (e olivina). Nos dois furos de sondagem estudados, a clorita apresenta composição variando de mais magnesiânica a mais férrica, não denotando uma composição predominante específica (figuras 45 d, 46 c).

O carbonato foi identificado em domínios específicos do basalto (figuras 45 f, 46 d). As características texturais observadas em campo e a análise petrográfica, demonstraram que o carbonato mapeado é proveniente de zonas de maior ocorrência de vênulas e veios carbonáticos, assim como amígdalas preenchidas por carbonato. O carbonato observado no basalto pode ser proveniente da alteração de minerais primários, a partir de processos como espilitização e alteração hidrotermal. A albitização dos feldspatos e formação de carbonato é um processo comum em zonas de espilitização. De forma geral, a exposição do basalto à água do mar e a fluidos hidrotermais ricos em CO_2 , pode propiciar a alteração de minerais como plagioclásio e piroxênio, liberando íons como Ca^{2+} , Mg^{2+} e Fe^{2+} , que podem reagir com o CO_2 dissolvido na água, para formar minerais carbonáticos, como calcita (CaCO_3), dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) e siderita (FeCO_3).

Epidoto e anfibólio foram mapeados apenas no furo de sonda SN4-FD00144, em um domínio restrito do basalto da Formação Parauapebas, distante do contato com a Formação Carajás (figuras 45 b, e). Possivelmente esses minerais também foram gerados por processos relacionados à espilitização (como a albitização dos feldspatos para a formação do epidoto), ou pela atuação de fluidos hidrotermais, que promoveram a alteração do plagioclásio para epidoto e dos piroxênios para anfibólio.

A caulinita $(\text{Al}_4(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8)$ foi mapeada em ocorrências pontuais nos dois furos de sondagem, em geral em baixas abundâncias, com picos restritos/específicos de moderada e alta abundâncias (figuras 45 g, 46 e). No furo de sonda N4E-FR01968 há um pico (~ 35m de profundidade) de abundância moderada de caulinita, no meio do pacote de formação ferrífera,

no domínio do HC (figura 46 e). Provavelmente a presença de caulinita nesse domínio profundo do furo de sondagem, está relacionada a zonas de fraturas ou outras descontinuidades, através das quais a água meteórica pode migrar e alterar alguma ocorrência de rocha máfica (*sill* ou derrame) muito delgada, existente no meio da formação ferrífera. Já no furo SN4-FD00144, é possível observar um pico de ocorrência em alta abundância, precisamente no contato de base do HC com o basalto (figura 45 g). Provavelmente reflete uma alteração hidrotermal argílica sobre o basalto, especialmente sobre o plagioclásio.

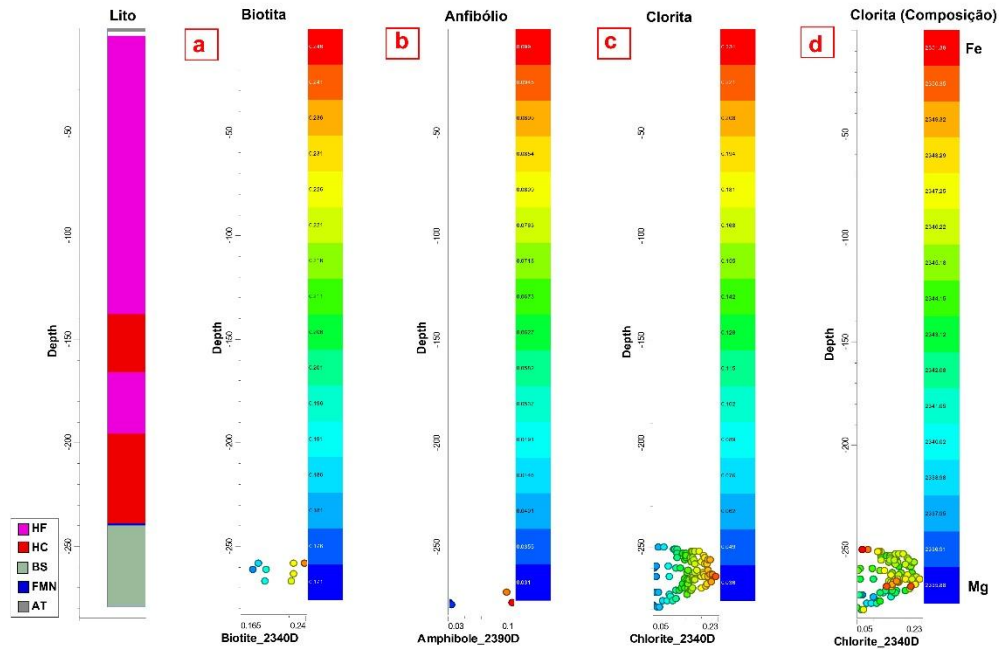
O talco ($\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) foi um mineral mapeado nos dois furos de sondagem, apenas nas regiões de contato (base) do HC com o basalto. Especialmente no furo SN4-FD00144 (figura 45 h), apresenta alta abundância de ocorrência, delineando precisamente o contato de base. O talco observado provavelmente é proveniente da hidratação do basalto e alteração dos minerais ferromagnesianos, em função do contato de topo do derrame vulcânico com a água do mar, ou ainda em função da interação com fluidos hidrotermais de fundo oceânico.

A biotita ($\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$) foi um mineral mapeado no basalto, nos dois furos de sondagem estudados (figuras 45 a, 46 a). Ocorre em abundâncias variáveis, nos dois furos. Essa observação tem especial importância, uma vez que a ocorrência de biotita em basaltos é pouco comum como um mineral primário, e pode indicar a interação do basalto com fluidos hidrotermais ricos em potássio. Como as feições de absorção espectral da biotita e do stilpnomelano ($\text{K}(\text{Fe}^{2+},\text{Mg},\text{Fe}^{3+})_8(\text{Si},\text{Al})_{12}(\text{O},\text{OH})_{27}$) são muito parecidas (especialmente devido às absorções relacionadas ao Fe e à OH), existe a possibilidade de que o mineral mapeado como biotita seja stilpnomelano.

Na espectroscopia de reflectância, a leitura do albedo fornece informações sobre as propriedades de reflectância dos diferentes minerais, nos diferentes comprimentos de onda. O albedo refere-se à fração da luz incidente que é refletida por um mineral, sem ser absorvida, e pode, portanto, ser entendido como uma medida da refletividade de um mineral em relação à luz. A leitura do albedo nos dois furos de sondagem estudados, denota a existência de dois domínios gerais: o domínio da hematita e o domínio da magnetita. O domínio da hematita ocorre na formação ferrífera (HF + HC), e representa moderada reflectância (figuras 45 i, 46 g). O domínio da magnetita (minerais opacos) ocorre no basalto, e representa baixa reflectância (figuras 45 i, 46 g). No furo SN4-FD00144 o contato entre HC e basalto é marcado por um domínio de alta reflectância, em leitura do albedo anômalo, acima de todos os demais valores aferidos (figura 45 i). Esse pico na leitura do albedo coincide com precisão à ocorrência dos picos de alta abundância dos minerais caulinita e talco – que são minerais de alta reflectância,

especialmente pela presença da hidroxila (OH). A leitura do albedo nesse intervalo corresponde, portanto, a alta abundância de ocorrência dos dois minerais.

SN4-FD00144 - Minerais



SN4-FD00144 - Minerais

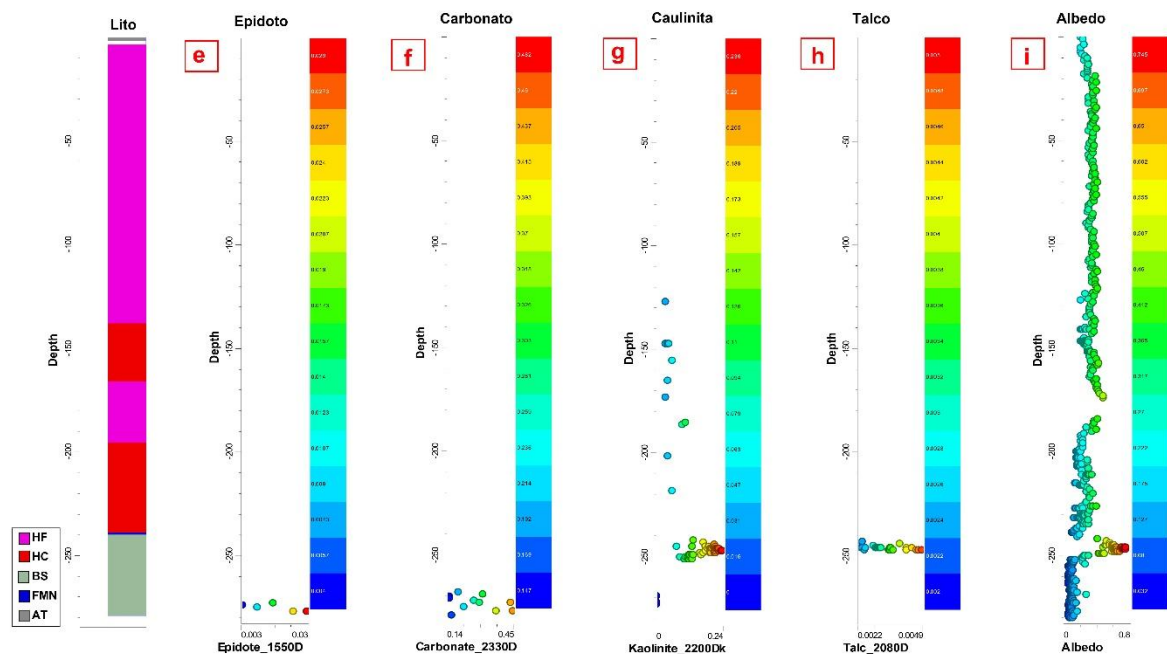


Figura 45. Perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00144 e dos parâmetros de ocorrência e abundância dos minerais identificados (SWIR), composição da clorita e albedo. HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, FMN = formação manganêsfera, AT = aterro.

N4E-FR01968 - Minerais

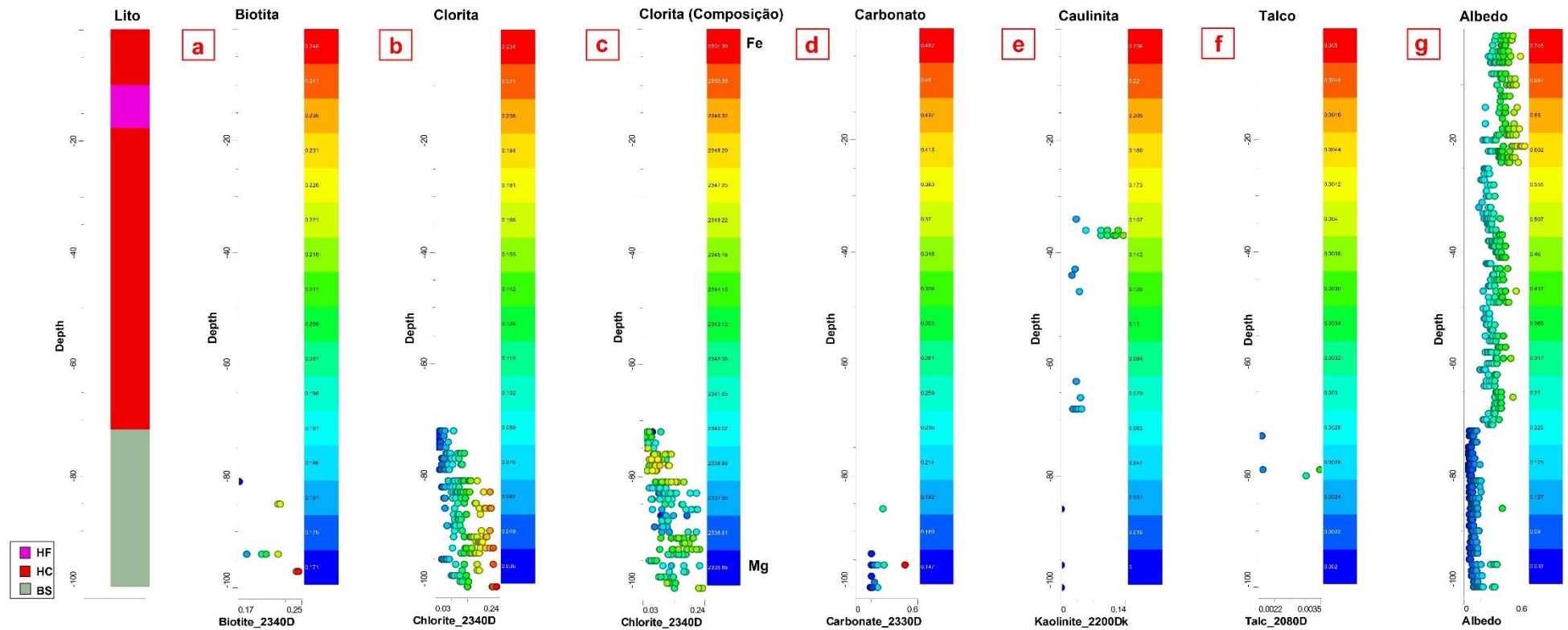


Figura 46. Perfil litológico do furo de sonda N4E-FR01968, acompanhado das plotagens de parâmetros de ocorrência e abundância dos minerais identificados (SWIR). Plotagem também de parâmetros da composição da clorita e da leitura do albedo. HF = hematita frível, HC = hematita compacta, BS = basalto são.

5.3.2. Aplicações para a identificação dos diferentes tipos de minério de ferro

O mapeamento mineral realizado nos furos de sonda N4E-FR01968 e SN4-FD00144, com base em medições espectrais pontuais ao longo dos furos, apresentou contribuições valiosas para a identificação e diferenciação do minério de ferro no corpo N4E. Além de confirmar informações previamente obtidas na análise petrográfica, a técnica aplicada revelou informações inéditas, ampliando o entendimento dos diferentes tipos de minério de ferro da região.

Como a composição mineralógica e química dos dois tipos de minério – friável (HF) e compacto (HC) – são semelhantes, existe um desafio nada trivial, que é o de encontrar feições espectrais que representem distinção entre os diferentes tipos de minério. Neste ímpeto, e alinhado ao conceito de *footprint* mineralógico, a presente pesquisa conseguiu identificar características específicas de cada tipo de minério (HF e HC), permitindo a proposição de padrões distintos e diagnósticos para ambos.

As curvas espectrais obtidas para o hematitito compacto e para o hematitito friável (rocha total), são distintas e ressaltam as diferentes características de absorção, em função do comprimento de onda (figura 47).

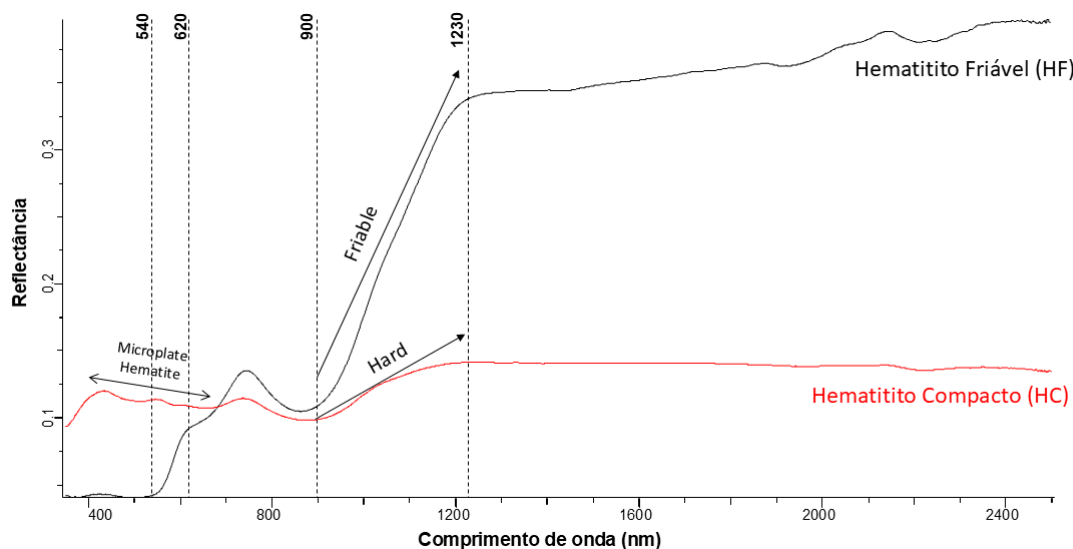


Figura 47. Espectros de reflectância empilhados, dos tipos de minério identificados nas amostras dos furos N4E-FR01968 e SN4-FD00144. Os números rotulares nos espectros indicam os comprimentos de onda das feições de absorção diagnósticas de cada tipo de minério. Entre 540 e 620 nm: regiões de absorção associadas a transições eletrônicas do Fe^{3+} , características da hematita. Em 900 nm: absorção característica de óxidos de ferro, indicando a presença predominante de hematita. Em 1.230 nm: forte aumento na reflectância para a hematita friável, indicando maior porosidade (consequência do maior grau de intemperismo).

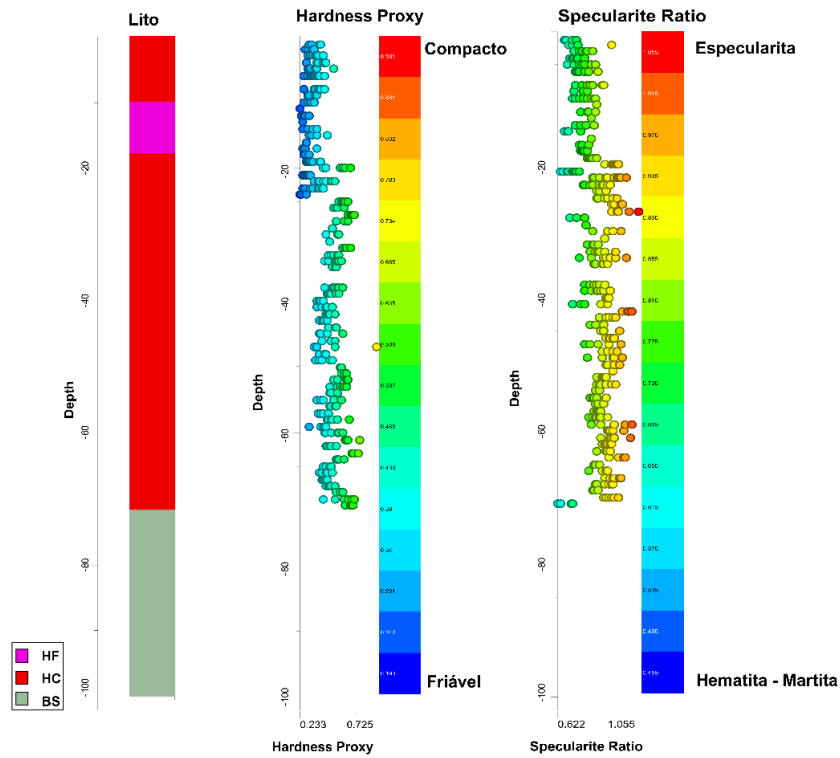
O HF apresenta maior reflectância geral, em comparação com hematitito compacto. O aumento significativo de reflectância, em comprimentos de onda próximos de 1.230 nm, indica maior friabilidade, característica que está associada a menor densidade ou maior porosidade. Observa-se também uma acentuada inclinação ascendente do espectro, na faixa de comprimento de onda de 900 a 1.230 nm (figura 47).

O HC apresenta menor reflectância ao longo do espectro, sendo estável e apresentando perfil mais plano. Essa feição geral sugere a ocorrência de uma estrutura mais densa e menos porosa, com pouca variação ao longo do espectro (figura 47).

As diferenças observadas nos espectros de reflectância, são decorrentes das variações estruturais das rochas, que afetam as propriedades espectrais.

A figura 48 apresenta os perfis litológicos dos furos de sonda N4E-FR01968 e SN4-FD00144, seguidos pelos gráficos de *proxy* de dureza – que expressam excelentes correlações com os tipos de minério (compacto e friável) – e pelos gráficos de razão da especularita, que apresentam a composição da hematita mapeada a partir de dois extremos: hematita – martita e especularita.

N4E-FR01968 - Minério Friável x Minério Compacto



SN4-FD00144 - Minério Friável x Minério Compacto

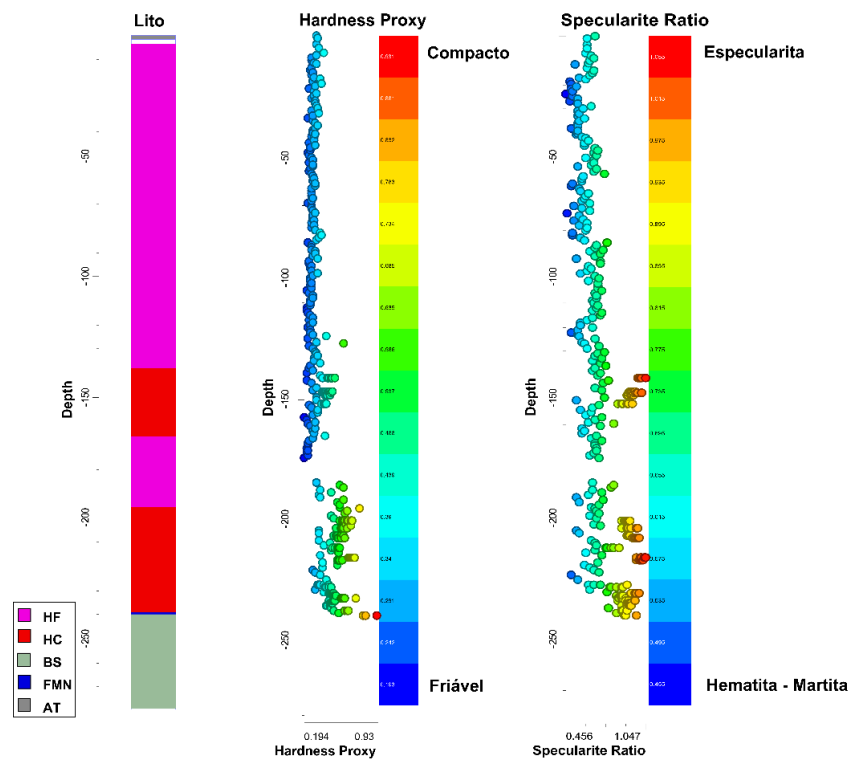


Figura 48. Perfis litológicos dos furos de sonda N4E-FR01968 e SN4-FD00144, acompanhados dos gráficos de proxy de dureza (compacto – friável), e dos gráficos de razão de especularita (hematita - especularita). HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, FMN = formação manganésífera, AT = aterro.

Tanto nos gráficos de dureza e proporção de especularita/hematita para os furos individuais (figura 48), quanto no gráfico de correlação das amostras conjuntas dos dois furos (figura 49), a relação dos tipos de minério com a proporção de ocorrência da hematita especular, é claramente evidenciada. As amostras com valores mais elevados de *proxy* de dureza e, portanto, mais compactas, tendem a apresentar proporções mais elevadas de hematita especular, sendo predominantemente amostras de HC (figura 49). Por outro lado, as amostras com valores mais baixos de *proxy* de dureza apresentam também menor razão de especularita, compondo principalmente amostras de HF. Portanto, existe uma tendência geral de que, à medida que a razão de especularita aumenta, a dureza das amostras também aumenta, indicando que o HC é predominantemente rico em hematita especular. Já as amostras com baixa participação de especularita são mais friáveis, indicando que o tipo da hematita influencia diretamente na compacidade do minério. A análise petrográfica demonstrou que o hematitito friável é constituído predominantemente por hematita microcristalina, enquanto o hematitito compacto tem maior proporção de ocorrência da hematita lamelar, em relação ao minério friável.

A distinção entre hematita especular e hematita comum (não especular), se dá em função de diferentes características físicas, uma vez que quimicamente sejam a mesma substância (Fe_2O_3). Enquanto a hematita comum é geralmente opaca (hematita microcristalina, martita, anédrica), comumente apresentando aspecto terroso, granular ou maciço, a hematita especular geralmente se cristaliza em formas lamelares ou tabulares, apresentando alta cristalinidade e distinto brilho metálico. Em relação à gênese dos diferentes tipos de hematita, enquanto a hematita comum (como a hematita microcristalina) é amplamente observada em depósitos sedimentares, cristalizada a partir da deposição de ferro (Fe^{3+}), a hematita especular geralmente está associada a ambientes de deformação e recristalização.

Em suma, a análise do *footprint* espectral dos minérios friável e compacto, mostrou-se muito eficaz na distinção entre o domínio da hematita-martita, representado pelo HF, e o domínio da especularita, representado pelo HC.

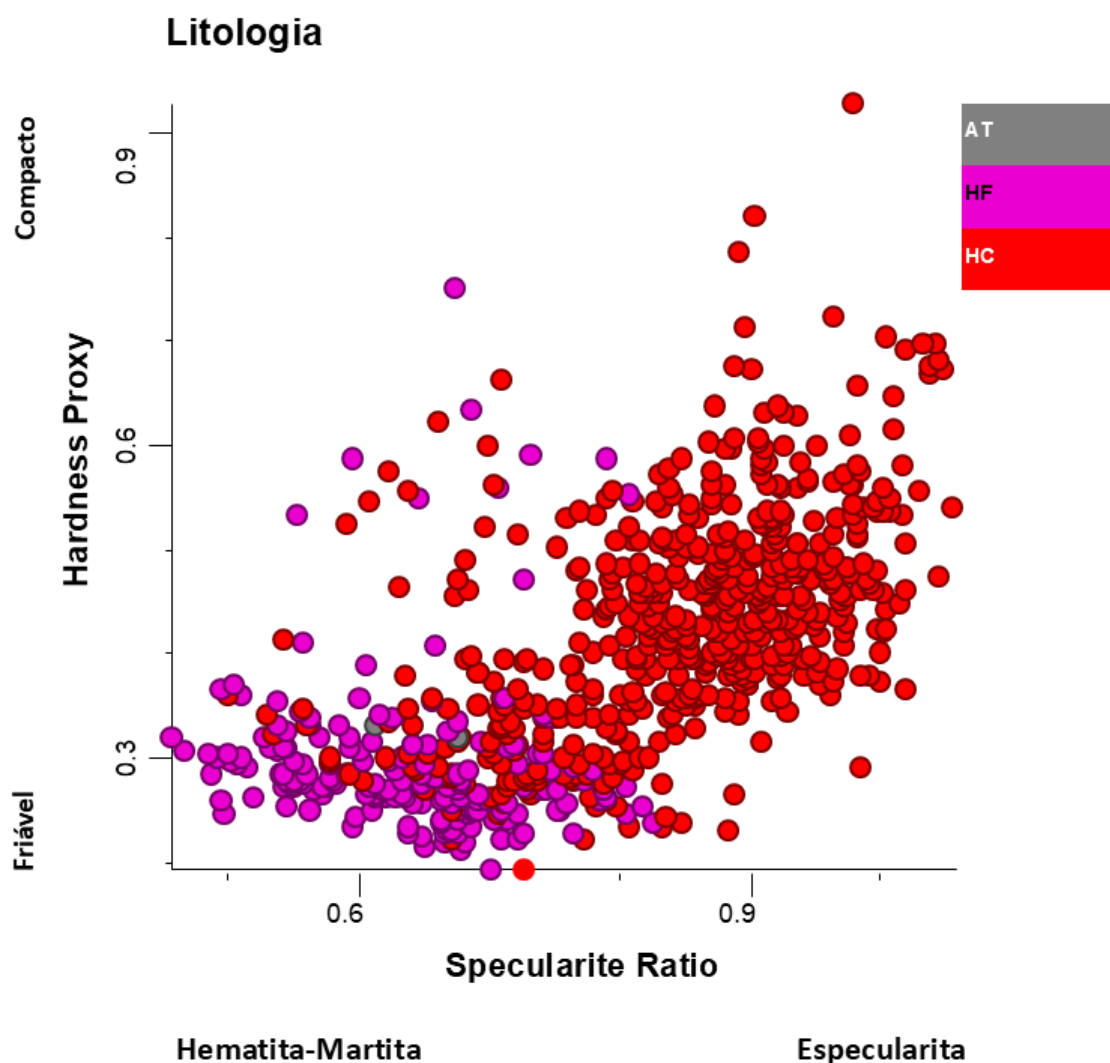


Figura 49. Gráfico de correlação do *proxy* de dureza com a razão da especcularita para amostras de hematitito, dos furos de sonda N4E-FR01968 e SN4-FD00144. AT = aterro, HC = hematitito compacto, HF = hematitito friável.

5.3.3. Escaneamento Hiperespectral

As figuras 50 e 51 apresentam o perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, seguido pelos gráficos de ocorrência e abundância dos minerais mapeados, com base em 62,616 medições obtidas pelo escaneamento hiperespectral. Os óxidos de ferro totais, hematita, goethita, limonita e piroxênio, foram identificados na região do visível ao infravermelho próximo (VNIR). Epidoto, carbonato total, calcita, dolomita, biotita, argila total, esmectita, illita, caulinita e talco, foram identificados na faixa do infravermelho curto (SWIR). Clorita e anfíbolio foram identificados tanto no VNIR quanto no SWIR.

SN4-FD00021

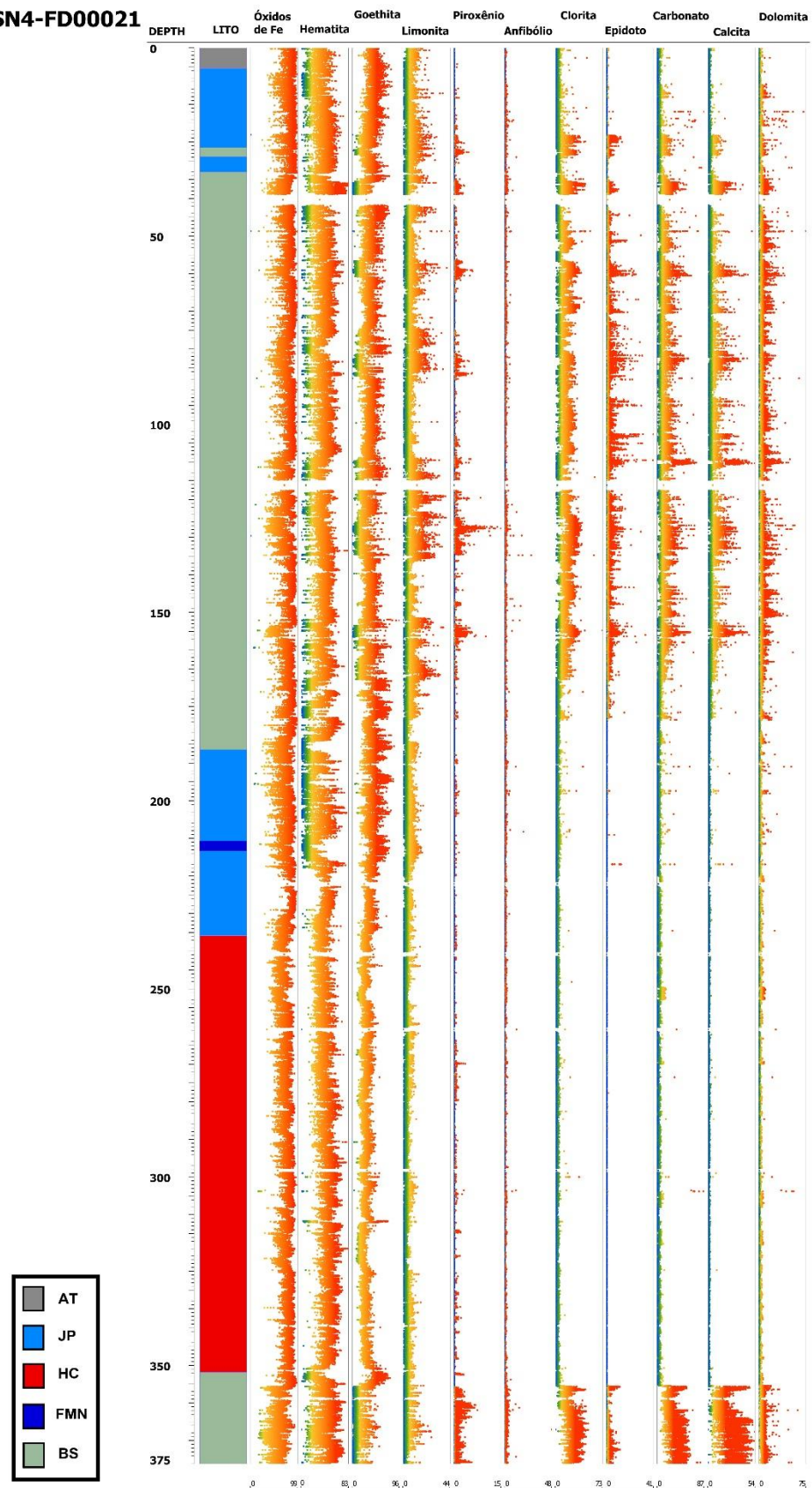


Figura 50. Perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, e dos parâmetros de ocorrência e abundância dos minerais identificados. Plotagem também dos albedos (tanto no VNIR quanto no SWIR). AT = aterro, JP = jaspilito, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganésifera, BS = basalto são.

SN4-FD00021

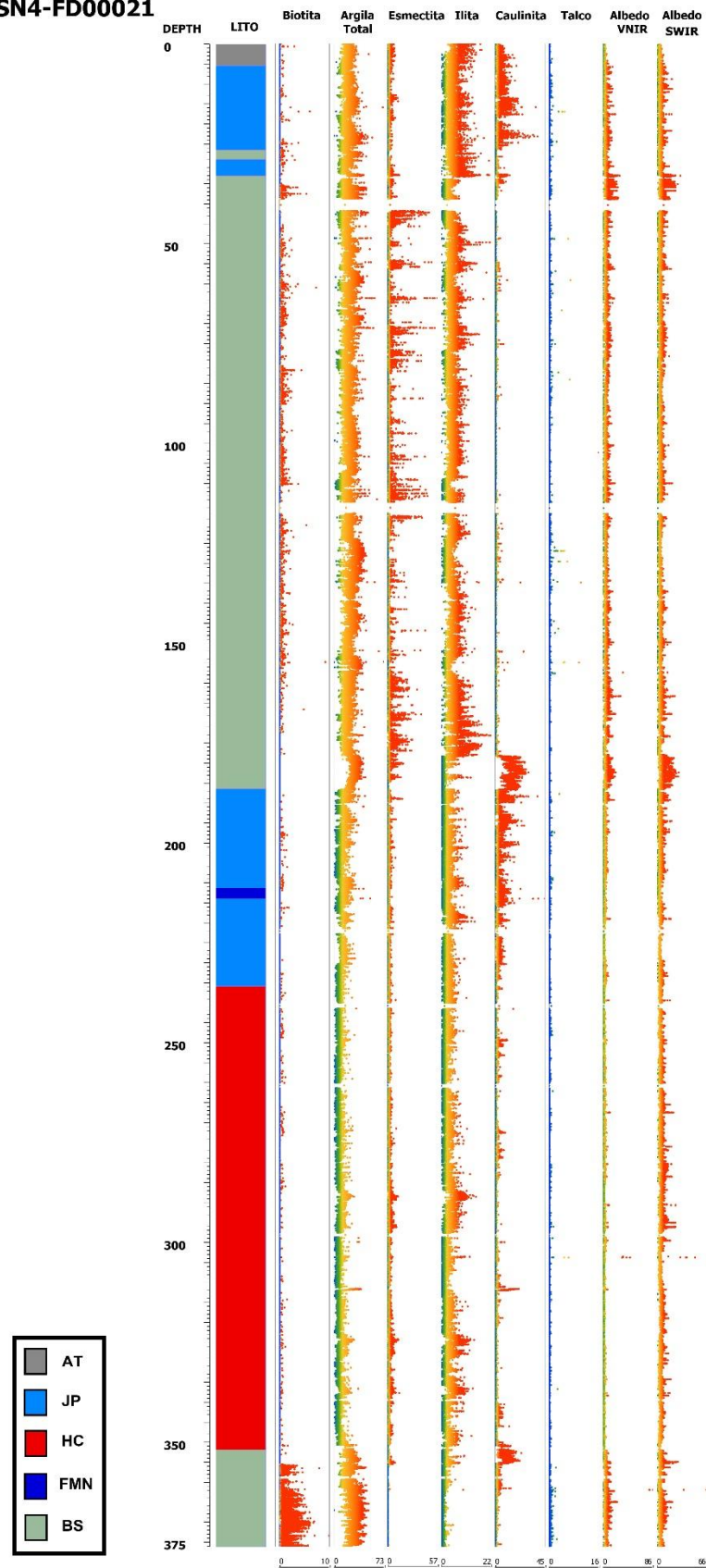


Figura 51. Perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, e dos parâmetros de ocorrência e abundância dos minerais identificados. Plotagem também dos albedos (tanto no VNIR quanto no SWIR). AT = aterro, JP = jaspilito, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganésifera, BS = basalto são.

De forma geral, observa-se que, apesar de a aquisição ter sido realizada com uma resolução consideravelmente elevada, com mais de 100 medições por metro de testemunho, o resultado do processamento apresenta pouca clareza no aspecto quantitativo. Isso ocorre porque o processamento realizado é semiquantitativo e tem como objetivo apenas o mapeamento da ocorrência dos minerais, sem levar em consideração a abundância relativa deles. Dessa forma, os produtos gerados são mais eficazes na identificação dos minerais, do que na quantificação (abundância) dos diferentes tipos de minerais identificados.

Clorita, epidoto, calcita e dolomita são minerais de ocorrência bem definida nos domínios de basalto, em contraste com a ausência nas litologias da formação ferrífera (figura 50). Os carbonatos (calcita e dolomita) apresentam uma abundância distintamente elevada no basalto de base, o que está diretamente relacionado com a alta densidade de vênulas e amígdalas preenchidas por carbonato, no topo dos derrames da Formação Parauapebas.

A biotita apresenta o mesmo padrão de ocorrência observado nos furos N4E-FR01968 e SN4-FD00144, estudados por meio da espectroscopia de reflectância (ER) pontual. Há uma ocorrência anômala de biotita no basalto de base (Formação Parauapebas), com abundância crescente à medida que se afasta do contato com o hematítico compacto.

Os argilominerais ocorrem predominantemente nos domínios de basalto, estando esmectita e illita em abundância anômala no basalto de topo (Formação Igarapé Cigarra). A caulinita ocorre em maior abundância em duas circunstâncias distintas: na lente de jaspilito da Formação Igarapé Cigarra, e nos domínios de contato com a formação ferrífera. Em relação aos horizontes de contato (formação ferrífera / basalto), os resultados estão em consonância com o padrão observado a partir da ER pontual, nos furos de sonda FR01968 e SN4-FD00144, uma vez que esses horizontes representam o topo dos derrames vulcânicos, conforme discutido anteriormente. O que intriga é a expressiva ocorrência de caulinita mapeada na lente de jaspilito, uma vez que esse mineral não foi identificado na caracterização petrográfica dos jaspilitos, assim como a ocorrência de esmectita e illita.

Na análise dos óxidos de ferro, o resultado expressa a interessante relação entre as predominâncias alternadas de hematita (metade inferior do furo) e goethita (metade superior do furo) (figura 50). A novidade foi a identificação da limonita, que ocorre em um padrão geral relativamente análogo ao da goethita (figura 50).

A figura 52 apresenta gráficos de ocorrência relativa dos minerais goethita e hematita. Nota-se que a abundância relativa de goethita diminui com a profundidade, em uma relação inversamente proporcional à abundância relativa de hematita. Com base nesse comportamento,

é possível definir dois domínios distintos: o domínio goethítico e o domínio hematítico. O domínio goethítico, caracterizado pela predominância de goethita em relação à hematita, abrange desde o jaspilito no início do furo até o jaspilito que ocorre acima do hematitito compacto (HC). Por sua vez, o domínio hematítico, marcado pela predominância de hematita sobre a goethita, inicia-se no jaspilito acima do HC e persiste até o final do furo, incluindo o hematitito compacto e o basalto da Formação Parauapebas.

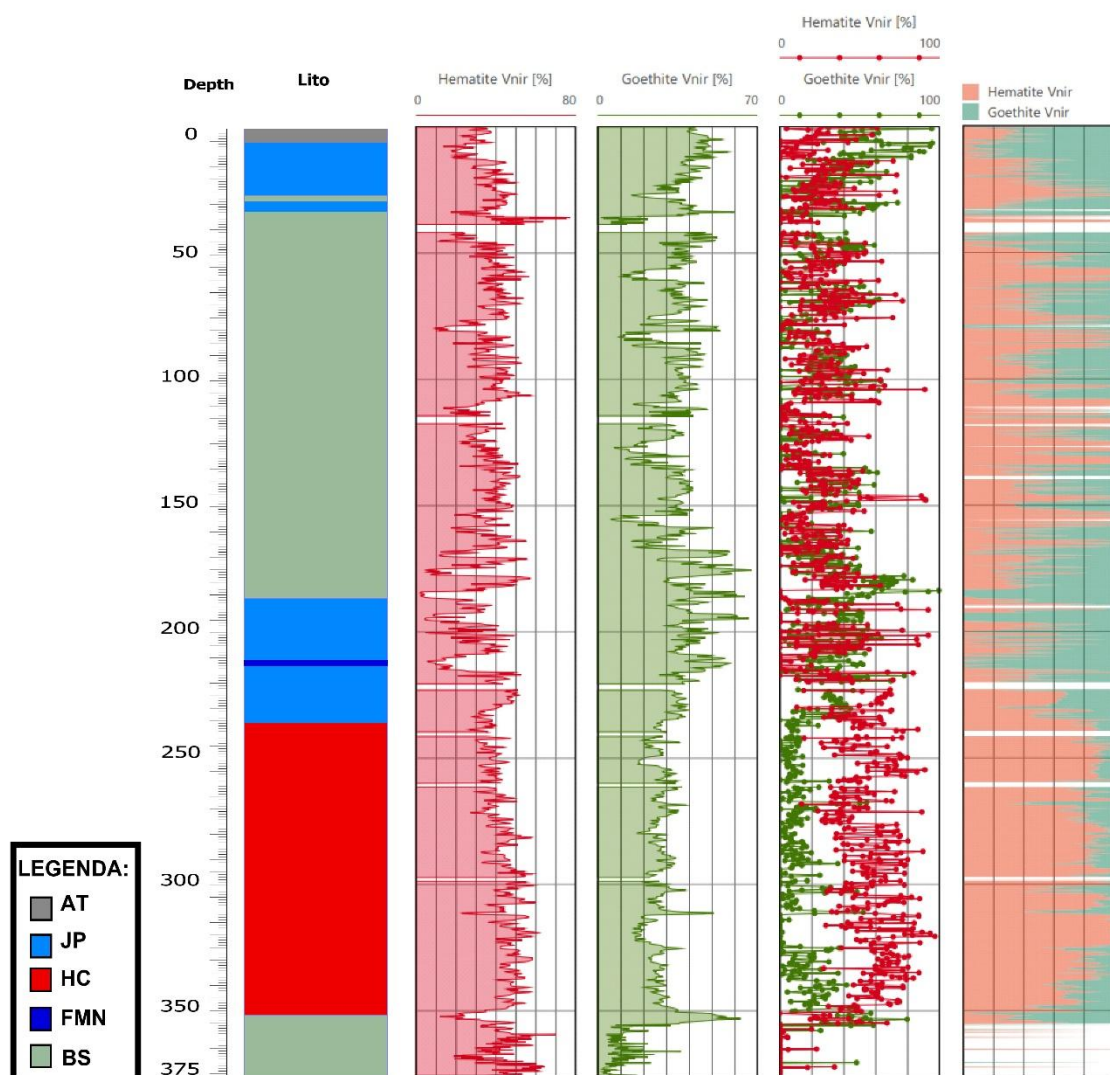


Figura 52. Perfil litológico do furo de sonda SN4-FD0021, acompanhado da plotagem da ocorrência normalizada (%) dos minerais hematita e goethita, adquirida a partir do escaneamento hiperespectral (VNIR). Plotagem também da correlação de ocorrência entre hematita e goethita, com a variação da profundidade. AT = aterro, JP = jaspilito, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganesífera, BS = basalto são.

É fundamental observar a ocorrência de um horizonte de sobreposição dos dois domínios (inversão na abundância relativa dos dois minerais). Esse horizonte ocorre no jaspilito, acima do contato com o hematitito compacto (figura 52).

Os produtos gerados pelo escaneamento hiperespectral permitem uma análise qualitativa geral, viabilizando a identificação dos minerais e a observação dos domínios de predominância de cada um. No entanto, análises quantitativas, com o estabelecimento de padrões de abundância de cada mineral, não são as mais viáveis a partir do processamento de dados realizado.

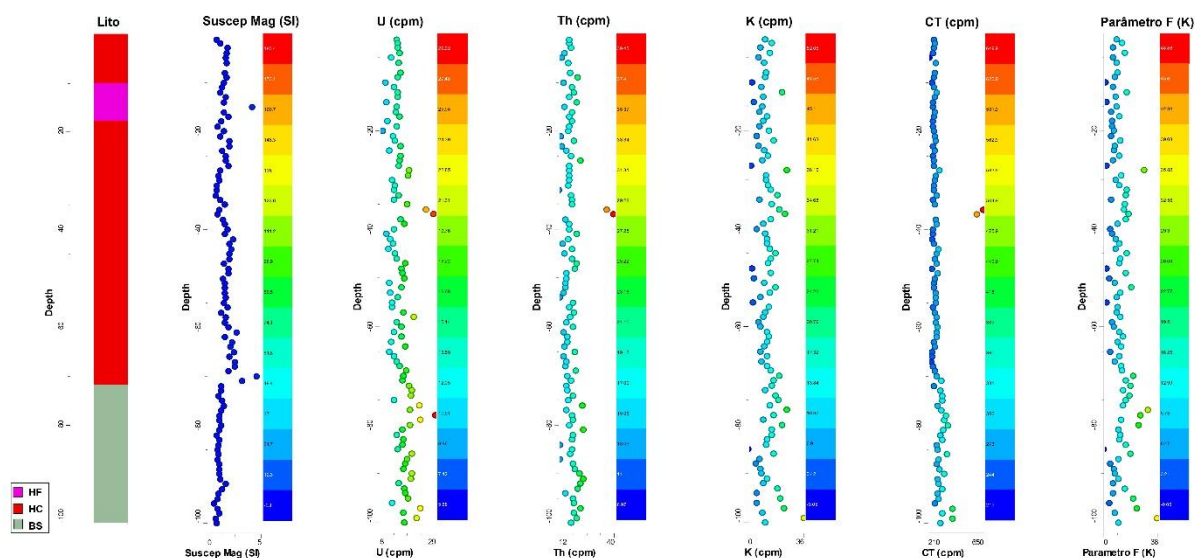
5.4. Petrofísica

Conforme explanado no capítulo de metodologia, assim como no estudo da espectroscopia de reflectância (ER), o estudo petrofísico foi dividido em duas frentes analíticas distintas. Nas amostras coletadas para a aquisição da ER, dos testemunhos dos furos de sonda N4E-FR01968 e SN4-FD00144, foram realizadas aquisições pontuais de susceptibilidade magnética e gamaespectrometria, com espaçamento aproximado de 1 metro, entre cada amostra. Já o furo SN4-FD00021, foi integralmente escaneado, a partir de um sistema composto por equipamentos multi-sensores.

5.4.1. Petrofísica pontual

As figuras 53 e 54 apresentam os gráficos resultantes das aquisições pontuais de susceptibilidade magnética e gamaespectrometria, realizadas nos furos de sonda N4E-FR01968 e SN4-FD00144.

N4E-FR01968 - Petrofísica



SN4-FD00144 - Petrofísica

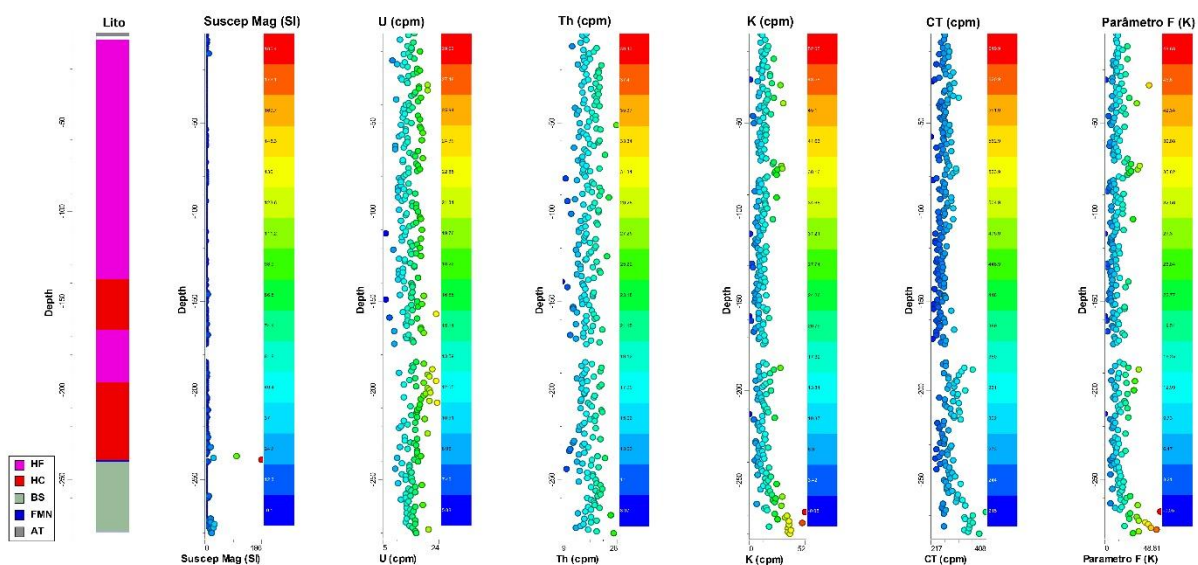


Figura 53. Perfis litológicos dos furos de sonda N4E-FR01968 e SN4-FD00144, acompanhados das plotagens de parâmetros petrofísicos. HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, FMN = formação manganésifera, AT = aterro.

A figura 53 apresenta os perfis litológicos dos furos de sonda N4E-FR01968 e SN4-FD00144, seguidos pelos gráficos petrofísicos, da esquerda para a direita:

- Susceptibilidade magnética (SI);
- Concentrações dos elementos U, Th e K, medidas em contagens por minuto (cpm);

- Contagem total (CT): soma de toda a radiação gama detectada, a partir dos elementos radioativos (U, Th e K);
- Parâmetro F (K): parâmetro gamaespectrométrico, calculado a partir da relação ($F = (K * eU)/eTh$), onde K é o teor de potássio, eU é o teor equivalente de urânio e Th é o teor equivalente de tório. É utilizado para detectar zonas de alteração hidrotermal.

Ao analisar os gráficos petrofísicos, observa-se, a ocorrência de picos de susceptibilidade magnética, nos dois furos de sondagem, no contato do hematítico compacto sobre o basalto. Essa feição indica a concentração anômala de magnetita, com as propriedades magnéticas relativamente bem preservadas, na base do HC.

No furo de sonda N4E-FR01968, U, Th, K, e CT indicam um pico de alta contagem no meio do domínio de HC (pouco antes dos 40 metros). Já no furo de sonda SN4-FD00144, K e parâmetro F delineiam um pico anômalo, no meio do domínio do HF (entre 70 e 80 metros). Esses domínios pontuais possivelmente correspondem a zonas de alteração extremamente restritas.

Por fim, é possível observar que os maiores valores de K e parâmetro F ocorrem (nos dois furos de sondagem) no basalto de base (Formação Parauapebas), relativamente distante do contato com o HC (Formação Carajás). É fundamental observar também que os domínios definidos pelos altos valores de K e parâmetro F, correspondem aos domínios nos quais foram mapeadas as ocorrências de biotita, nos dois furos de sonda (N4E-FR01968 e SN4-FD00144).

5.4.2. Escaneamento petrofísico

O escaneamento petrofísico consiste na aquisição contínua de propriedades físicas das rochas, ao longo de um testemunho de sondagem. Ao correlacionar os dados petrofísicos com as litologias e com os perfis espectrais, é possível obter informações valiosas sobre a caracterização do minério.

Doravante seguem os gráficos resultantes do escaneamento petrofísico, realizado no furo de sonda SN4-FD00021.

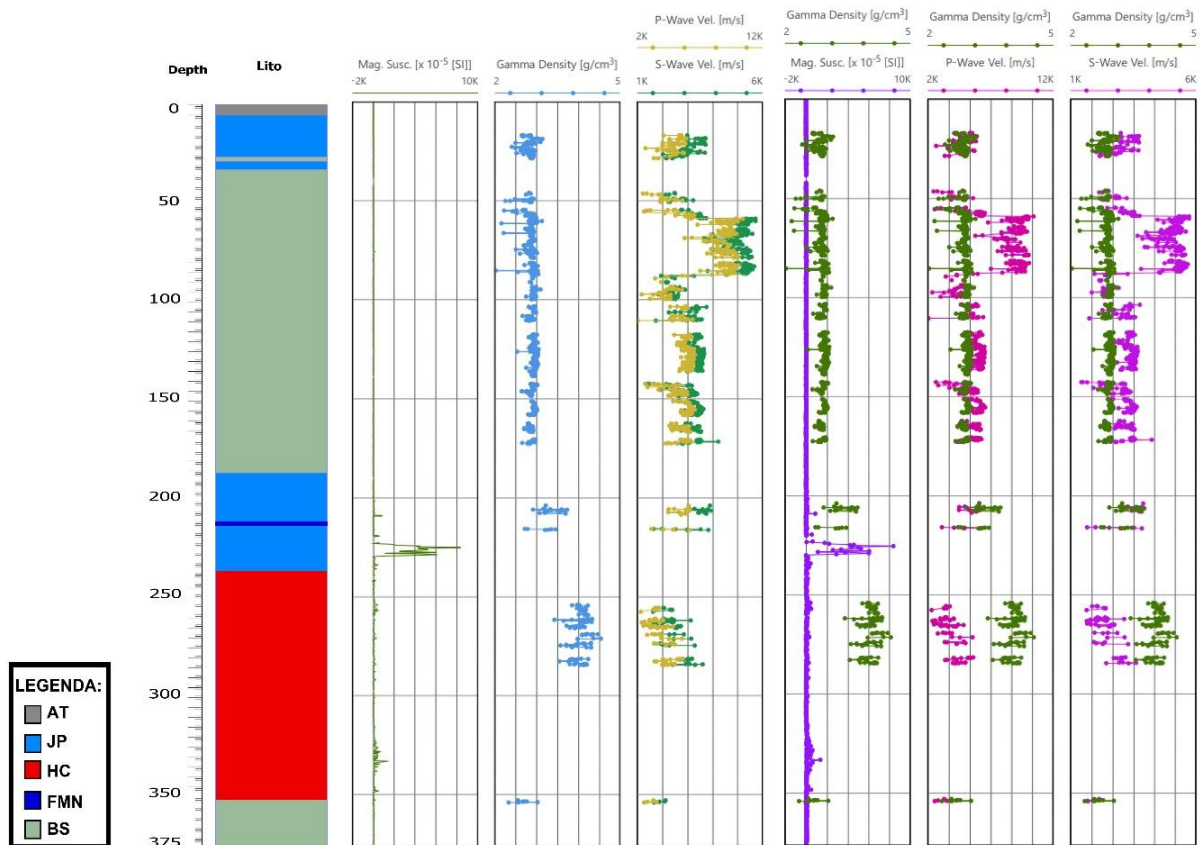


Figura 54. Perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, acompanhado da plotagem das propriedades físicas: suscetibilidade magnética, densidade gama, velocidade de propagação das ondas P e S, e correlação entre as propriedades. AT = aterro, JP = jaspilito, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganesífera, BS = basalto são.

A figura 54 apresenta os gráficos do comportamento das diferentes propriedades físicas, relacionado aos diferentes litotipos. Os intervalos onde não são apresentados valores de densidade e de velocidade de propagação das ondas P e S, representam domínios consideravelmente mais fraturados, nos quais as aquisições dessas propriedades ficaram comprometidas.

Na figura 55 são apresentadas, a fim de ilustração, duas caixas de testemunho de sondagem do furo SN4-FD00021. Na caixa (a) ocorre um domínio de HC menos fraturado / mais preservado, para o qual foi possível realizar a aquisição das propriedades, densidade e velocidade de propagação das ondas sísmicas. A caixa (b) representa um domínio intensamente fragmentado, para o qual não foi possível realizar aquisições de densidade e velocidade sísmica.

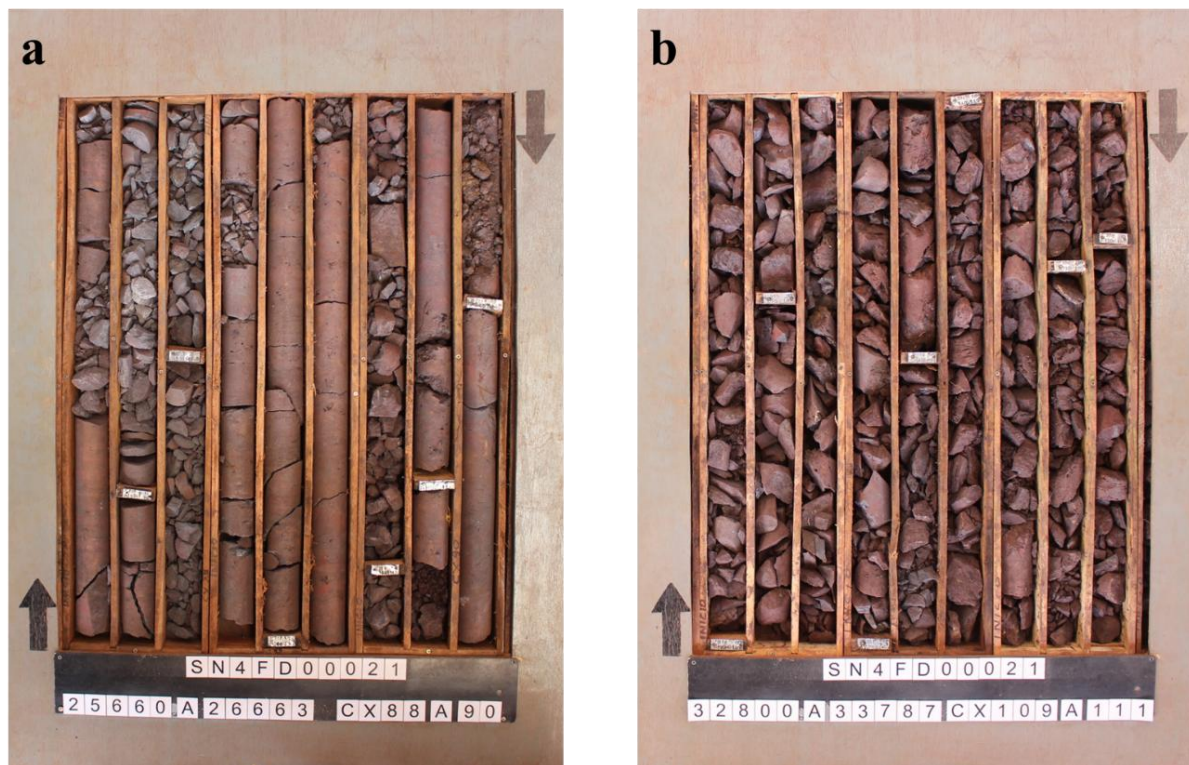


Figura 55. Fotos de caixas com testemunho de sondagem do furo de sonda SN4-FD00021. (a) testemunho no intervalo de 256.60 a 266.63 metros. (b) testemunho no intervalo de 328.00 a 337.87 metros.

A densidade é a propriedade física mais importante, no mapeamento do contraste do HC com as demais litologias. Os altos valores de densidade, com medidas sempre superiores à 3 g/cm³, e singularmente alcançando valores superiores à 4 g/cm³, são de fato um traço característico do minério compacto. Em relação à susceptibilidade magnética, os valores são, em média, baixos, conforme o esperado. As análises petrográficas evidenciaram o fato de que, a maior parte da magnetita anteriormente presente na formação ferrífera, já foi alterada e substituída por hematita, em cristais de martita. Os restritos picos de altos valores de susceptibilidade magnética, representam domínios pontuais nos quais há ocorrência de magnetita/maghemita reliquiar, com as propriedades magnéticas relativamente preservadas.

A observação do comportamento das diferentes propriedades físicas de forma integrada, nos gráficos, apresenta uma comparação entre as velocidades de propagação das ondas P e S, e a densidade. Para a ocorrência do basalto são, existe um intervalo anômalo específico (aproximadamente entre 60 e 80 metros), no qual é possível observar um acréscimo absolutamente considerável nas velocidades de propagação das ondas P e S, mesmo com a densidade permanecendo constante (figura 56).

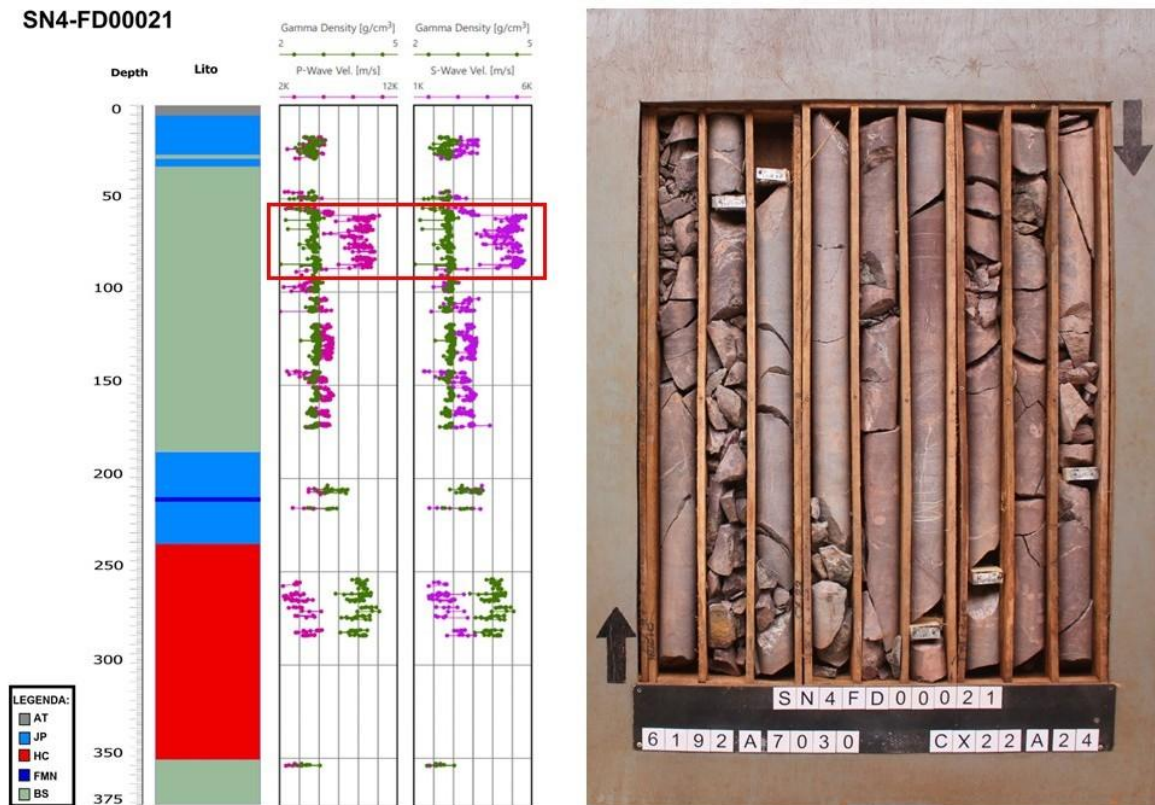


Figura 56. À esquerda na imagem, perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, acompanhado dos gráficos de densidade x velocidade de propagação das ondas P e S. À direita na imagem, foto de caixa com testemunho de sondagem do referido furo, no intervalo de 61,92 a 70,30 metros. AT = aterro, JP = jaspilito, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganesífera, BS = basalto são.

A figura 56 apresenta os gráficos de densidade x velocidade de propagação das ondas P e S, com destaque para o intervalo referido (aproximadamente entre 60 e 80 metros). À direita na imagem, é apresentada a foto de uma caixa contendo os testemunhos de sondagem, entre 61,92 e 70,30 metros, um subintervalo interno ao referido. A foto foi escolhida para ilustrar como esse intervalo de basalto ocorre consideravelmente hematitizado. É provável que essa alteração seja responsável pelo incremento observado nas velocidades, uma vez que a hematitização pode ter alterado o módulo elástico (rigidez) do basalto (oferecendo maior resistência à compressão e cisalhamento), sem alterar, no entanto, a densidade da rocha. Essa relação incide em maiores valores de velocidade de propagação (V_p e V_s) para as ondas sísmicas.

Outra observação intrigante foi o comportamento das velocidades de propagação das ondas P e S em relação à densidade, no hematitito compacto (HC). A relação entre as propriedades físicas mencionadas, se dá em uma configuração inversamente proporcional: quanto maior a densidade, menor a velocidade de propagação das ondas P e S (observar domínio aproximadamente entre 255 e 290 metros) (figura 57).

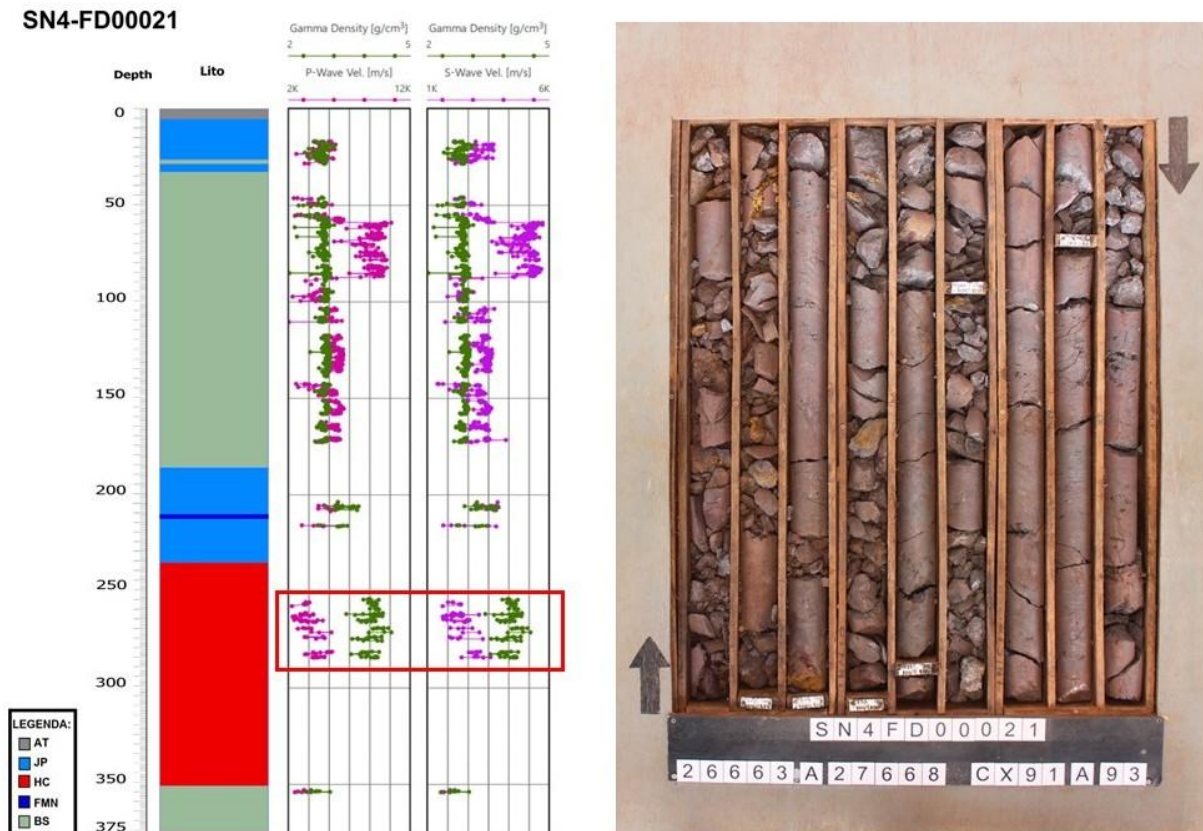


Figura 57. À esquerda na imagem, perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021, acompanhado dos gráficos de densidade x velocidade de propagação das ondas P e S. À direita na imagem, foto de caixa com testemunho de sondagem do referido furo, no intervalo de 266,63 a 276,68 metros. AT = aterro, JP = jaspilito, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganesífera, BS = basalto são.

A figura 57 apresenta os gráficos de densidade x velocidade de propagação das ondas P e S, com destaque para o intervalo referido (aproximadamente entre 255 e 290 metros). À direita na imagem, é apresentada a foto de uma caixa contendo os testemunhos de sondagem, entre 266,63 e 276,68 metros, um subintervalo interno ao referido. A foto foi escolhida para ilustrar como o intervalo de hematitito compacto ocorre consideravelmente fraturado, embora relativamente mais bem preservado que a ocorrência do litotipo em outros domínios do testemunho de sondagem.

Conforme explanado no capítulo de metodologia, o que controla a velocidade de propagação das ondas sísmicas, é a relação entre a densidade e os módulos elásticos da rocha (V_p e V_s são dependentes das relações (K/ρ) e (G/ρ) , onde K representa a resistência à compressão volumétrica, e G representa a rigidez ao cisalhamento). Por esse motivo, é possível deduzir que no caso do minério compacto, o módulo de elasticidade (rigidez) não aumenta na mesma proporção que a densidade. Como é possível observar na foto, o HC ocorre consideravelmente fraturado/fragmentado. Fissuras e heterogeneidades em geral podem reduzir

a rigidez efetiva, mesmo em rochas compactas, uma vez que diminuem a capacidade do material de resistir à compressão e ao cisalhamento, reduzindo K e G , apesar do aumento da densidade. Essa relação incide em menores valores de velocidade de propagação (V_p e V_s) para as ondas sísmicas.

5.4.3. Amostras de densidade

No intuito de explorar de forma mais representativa os contrastes de densidade, uma vez entendida como a propriedade física que melhor distingue o hematitito compacto dos demais litotipos, utilizou-se o banco de dados de densidade (de Serra Norte) da Vale. Os valores médios de densidade por litotipo (tabela 9) foram obtidos a partir de 1.211 medidas, coletadas de 2008 a 2025, nos testemunhos de sondagem de Serra Norte. Para os litotipos hematitito compacto, jaspilito, basalto são, basalto semi-alterado e basalto alterado, as medidas foram realizadas a partir da metodologia de densidade convencional (método de Joulie). Exclusivamente para o hematitito friável, as medidas foram realizadas a partir da densidade gama, uma vez que, por se tratar de um litotipo incoeso/friável, medidas a partir da metodologia convencional (método de Joulie), utilizando variação de volume, são inviáveis.

Tabela 9. Densidade média por litotipo.

Sigla	Litotipo	Densidade (g/cm ³)	Número de medidas
JP	Jaspilito	3,36	494
HF	Hematitito friável	3,35	352
HC	Hematitito compacto	3,95	26
BS	Basalto são	2,74	248
BSA	Basalto semi-alterado	2,39	45
BA	Basalto alterado	1,83	46

5.5. Geoquímica

A análise dos elementos maiores, menores e traço viabilizou a identificação dos elementos que expressam maiores contrastes, ou que em algum aspecto possuem relevância no entendimento do *footprint* geoquímico, do hematitito compacto.

Os resultados doravante apresentados, são provenientes de análises realizadas nos furos de sonda SN4-FD00021 e SN4-FD00144. Conforme explanado no capítulo de metodologia, foram coletadas amostras espaçadas de 4 em 4 metros, por toda a extensão dos testemunhos, além de intervalos excepcionais, nos quais foram observadas feições de interesse. Os resultados

estão sumarizados nos ANEXOS. As dosagens dos elementos maiores, menores e traço foram realizadas no laboratório da ALS. No furo SN4-FD00021 também foram realizadas medidas de XRF no laboratório da Vale (Laboratório de Escaneamento Espectral e Análises Petrofísicas – LEEAP – localizado no Centro de Tecnologia Ferrosos – CTF), a partir da utilização do equipamento multi-sensor *BoxScan* (Geotek).

Na apresentação dos produtos gerados, que doravante seguem, está indicada qual a origem da aquisição dos dados (ALS ou Vale).

5.5.1. Elementos maiores e menores

Os elementos maiores e menores estão expressos como óxidos, e representam os maiores contrastes geoquímicos, tanto entre as rochas encaixantes (basalto) e a formação ferrífera, quanto entre o protominério (jaspilito) e o minério (hematitito).

Existem três minerais portadores de ferro, que são os principais constituintes do minério: magnetita ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$, ou Fe_3O_4), hematita (Fe_2O_3) e goethita (FeOOH). Dentre os três minerais, apenas a magnetita possui ferro ferroso (II) na sua estrutura. Por esse motivo, a distinção entre óxido de ferro II (FeO) e óxido de ferro III (Fe_2O_3) é fundamental, para mapear a distribuição de magnetita e hematita nos corpos mineralizados e no protominério.

Ao analisar a distribuição dos óxidos de ferro ao longo dos testemunhos de sondagem (figura 58), observa-se concentrações relevantes de FeO (chegando a 15%) nos basaltos encaixantes da formação ferrífera – especialmente no basalto de base (Formação Parauapebas), em contraste absoluto com a baixíssima concentração de FeO na formação ferrífera (jaspilito e hematititos). Em relação inversa, praticamente não se observa ocorrência de Fe_2O_3 nos basaltos, ao passo de que as concentrações de Fe_2O_3 são extremamente altas na formação ferrífera (jaspilito e hematititos), chegando a quase 100% nos hematititos. Essas observações confirmam a ocorrência de magnetita (praticamente) apenas das nas rochas máficas, onde a magnetita é um mineral ígneo. No jaspilito e hematititos (friável e compacto), quase não existe magnetita preservada, uma vez que quase toda a ocorrência deste mineral foi convertida (oxidação) em martita.

A análise do gráfico de distribuição da sílica (SiO_2) revela concentrações intermediárias (~ 45%) no basalto, concentrações elevadas no jaspilito (chegando a superar 70%) e concentrações reduzidas nos hematititos (geralmente inferiores a 3%) (figura 58). O jaspilito é constituído, em expressiva partição, por bandas de quartzo, jaspe ou *chert*, que justificam os elevados teores de sílica. No hematitito friável, as bandas constituídas por SiO_2 (quartzo, jaspe

ou *chert*) foram lixiviadas, e este composto ocorre apenas como resíduo. Os teores extremamente baixos de sílica observados no hematítico compacto, podem estar relacionados à proximidade dos centros exalativos, o que possibilitou a deposição massiva de óxidos de ferro, ou a processos hidrotermais tardios, que favoreceram a lixiviação da sílica e a deposição de óxidos de ferro. Essas hipóteses serão discutidas mais à frente.

Ao analisar o gráfico de ocorrência do óxido de alumínio (Al_2O_3), observa-se concentrações consideráveis (chegando a 19%), nos basaltos encaixantes (figura 58). Na formação ferrífera, no entanto, as concentrações de Al_2O_3 são, em geral, muito baixas. As rochas constituintes da formação ferrífera, não possuem nenhum mineral portador de alumina. Este composto, quando presente, é proveniente da decomposição das rochas máficas encaixantes, ou da decomposição de soleiras, diques e *sills* de rochas máficas.

Os óxidos de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, sódio e titânio são marcadores úteis (porém menos expressivos) dos contatos entre as rochas máficas e a formação ferrífera (figura 58). Essa relação se dá em função da ocorrência razoável desse conjunto de óxidos nos basaltos, e da ausência desses compostos nas rochas da formação ferrífera.

A ocorrência anômala de K_2O observada no basalto da Formação Parauapebas, no furo de sonda SN4-FD00144, configura uma feição peculiar. É importante observar que essa ocorrência coincide com a identificação de biotita/stilpnomelano realizada no estudo espectral.

SN4-FD00021

SN4-FD00144

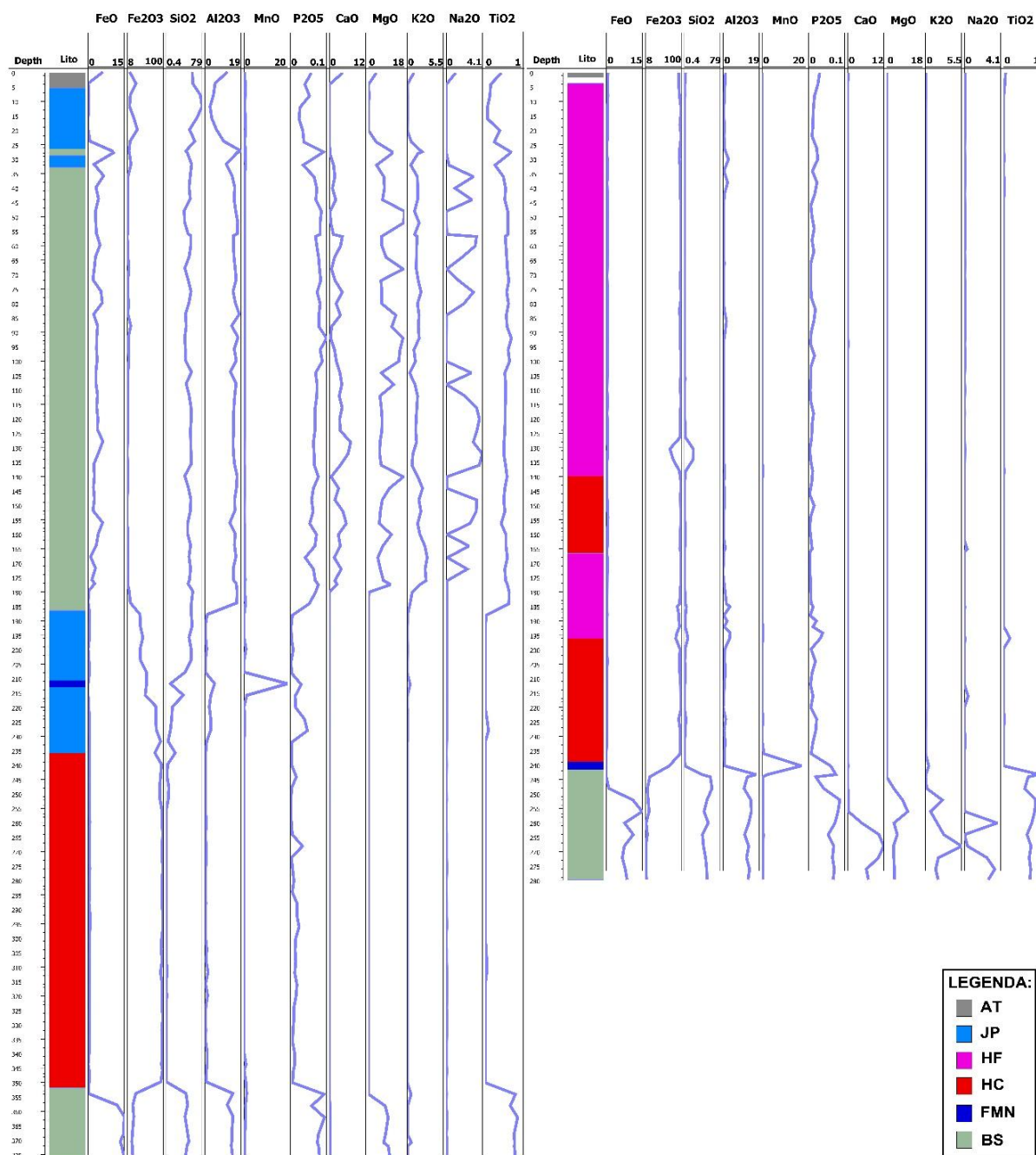


Figura 58. Perfis litológicos dos furos SN4-FD00021 e SN4-FD00144, acompanhados da distribuição dos elementos maiores e menores ao longo dos furos. As concentrações dos óxidos estão representadas em porcentagem em peso (%), e os dados são provenientes de aquisições realizadas no laboratório ALS. AT = aterro, JP = jaspilito, HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganêsífera, BS = basalto são.

5.5.2. Urânio e tório

A análise de elementos químicos por Fluorescência de Raios-X (XRF), revela que urânio (U) e tório (Th) apresentam concentrações relativamente altas na formação ferrífera, especialmente no hematitito compacto (HC), em comparação com as rochas máficas

encaixantes. As concentrações desses elementos são menores no basalto em relação ao jaspilito que, por sua vez, apresenta valores inferiores aos obtidos para o hematítico compacto (figura 59).

Os elementos urânio e tório, juntamente com ferro, sílica e alumina ressaltam o contraste entre os litotipos encaixante (basalto), hospedeiro (jaspilito) e minério (hematítico). É fundamental ressaltar que Fe, Si e Al, ocorrem em concentrações de elementos maiores, enquanto U e Th ocorrem apenas em concentração de elementos traço.

Na figura 59 estão representados os gráficos com os teores dos elementos de interesse (ppm), associados ao perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00021. Seguem também gráficos de correlação entre alguns dos elementos de interesse.

SN4-FD00021

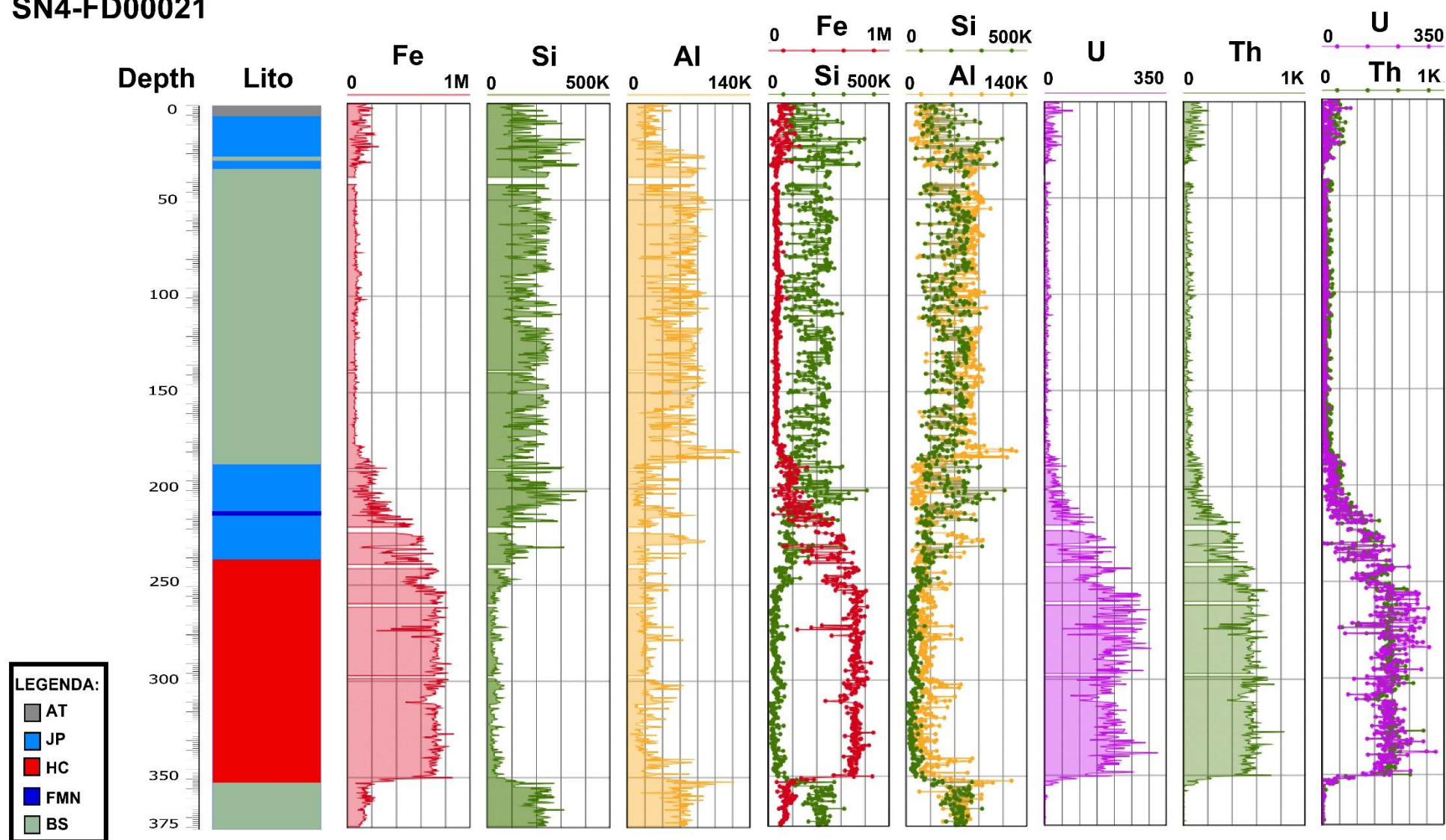


Figura 59. Perfil litológico do furo SN4-FD00021, acompanhado das plotagens das concentrações e correlações entre alguns elementos seleccionados. Teores representados em parte por milhão (ppm). A aquisição foi realizada por XRF, no laboratório Vale. AT = aterro, JP = jaspilito, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganésifera, BS = basalto são.

5.5.3. Anomalias de európio

No presente trabalho, o cálculo das anomalias de európio normalizadas pelo PASS (*Post-Archean Australian Shale*), realizado a partir dos resultados de 168 amostras (48 de HC, 43 de HF, 17 de JP, 58 de BS e 2 de BD), coletadas nos furos de sonda SN4-FD00021 e SN4-FD00144, resultou nos valores médios de $[(Eu/Eu^*)_{SN}]$, por litotipo, apresentados na tabela 10.

Tabela 10. Anomalia média de európio para os diferentes litotipos analisados.

Litotipo	$(Eu/Eu^*)_{SN}$
Hematitito Compacto	2,11
Hematitito Friável	2,97
Jaspilito	1,83
Basalto São	1,47
Basalto Decomposto	1,87

O índice “SN” subscripto representa a normalização a partir do PAAS. Os valores de európio foram obtidos nas amostras, a partir das dosagens quantitativas (ME-MS81 – *Trace Elements and REEs by Lithium Borate Fusion*) realizadas no laboratório ALS.

5.5.4. Horizontes polimetálicos

No intuito de observar padrões e contrastes que viabilizem o modelamento geoquímico do hematitito compacto (HC), foram identificadas ocorrências anômalas de concentrações de alguns metais (figura 60). Embora essas ocorrências, absolutamente distintas e inesperadas, não apresentem, a princípio, uma correlação direta com a parametrização geoquímica do HC, elas revelam relações interessantes do ponto de vista dos estudos metalogenéticos.

As concentrações anômalas de elementos metálicos foram identificadas em três horizontes estratigráficos distintos (figura 60). O primeiro e o segundo horizontes estão localizados nos contatos entre os derrames basálticos e a formação ferrífera (figura 60 a, c, d), enquanto o terceiro é representado por um nível polimetálico dentro do jaspilito (figura 60 b). Esses horizontes apresentam espessura métrica, variando geralmente de 1 a poucos metros. As concentrações e associações dos metais são distintas em cada um dos horizontes identificados. Para uma compreensão geral das ordens de grandeza, observa-se que os teores atingem as seguintes concentrações: 3.530 ppm de Cu, 9.970 ppm de Ba, 4.470 ppm de Zn, 676 ppm de Pb, 903 ppm de Sr e 22 ppm de Ag, entre outros. Dentre os elementos analisados, o Mn se

destaca por ocorrer em concentrações consistentemente elevadas, chegando a superar o limite de detecção, que é de 50.000 ppm.

Na figura 60 estão destacados os elementos de ocorrência anômala – em partes por milhão (ppm), à exceção do enxofre (S), que está em porcentagem (%) – nos dois furos de sondagem analisados. Os horizontes polimetálicos estão destacados nos gráficos, e as concentrações de cada elemento estão apresentadas em tabela adjunta.

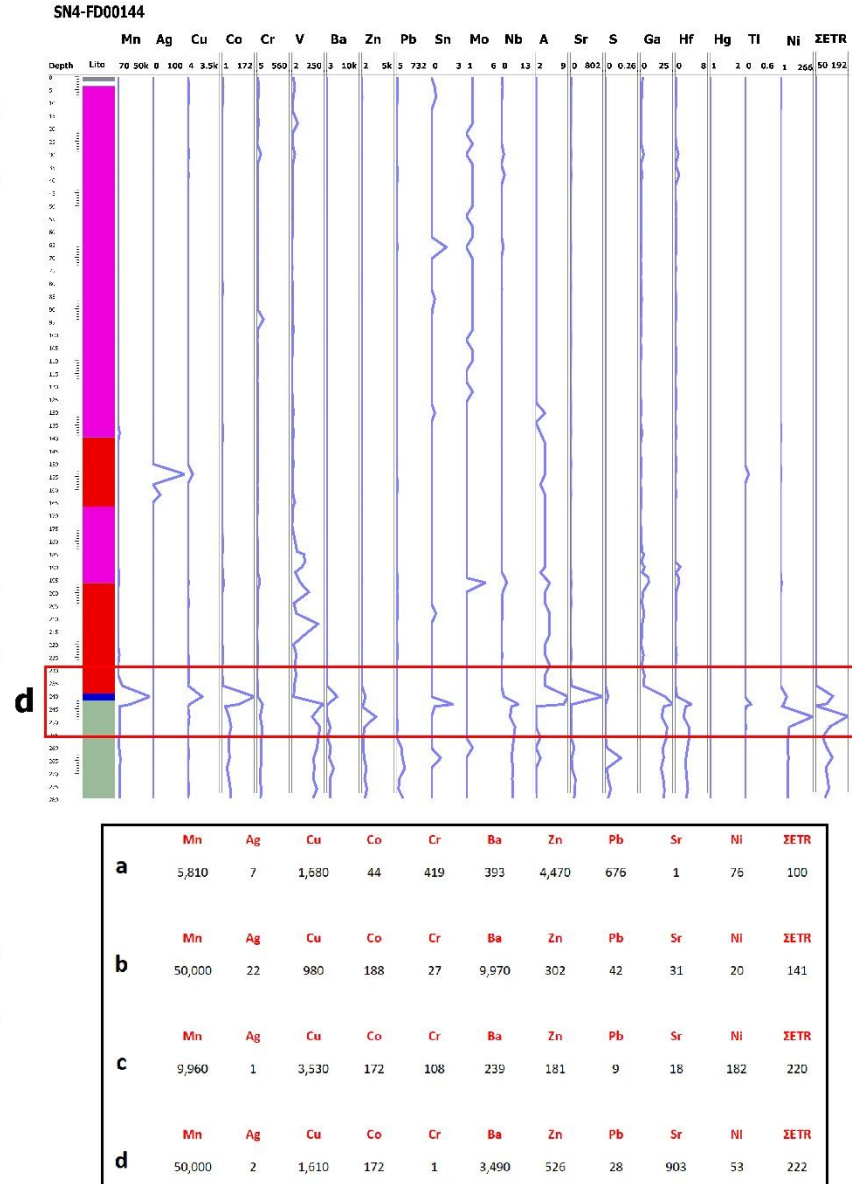
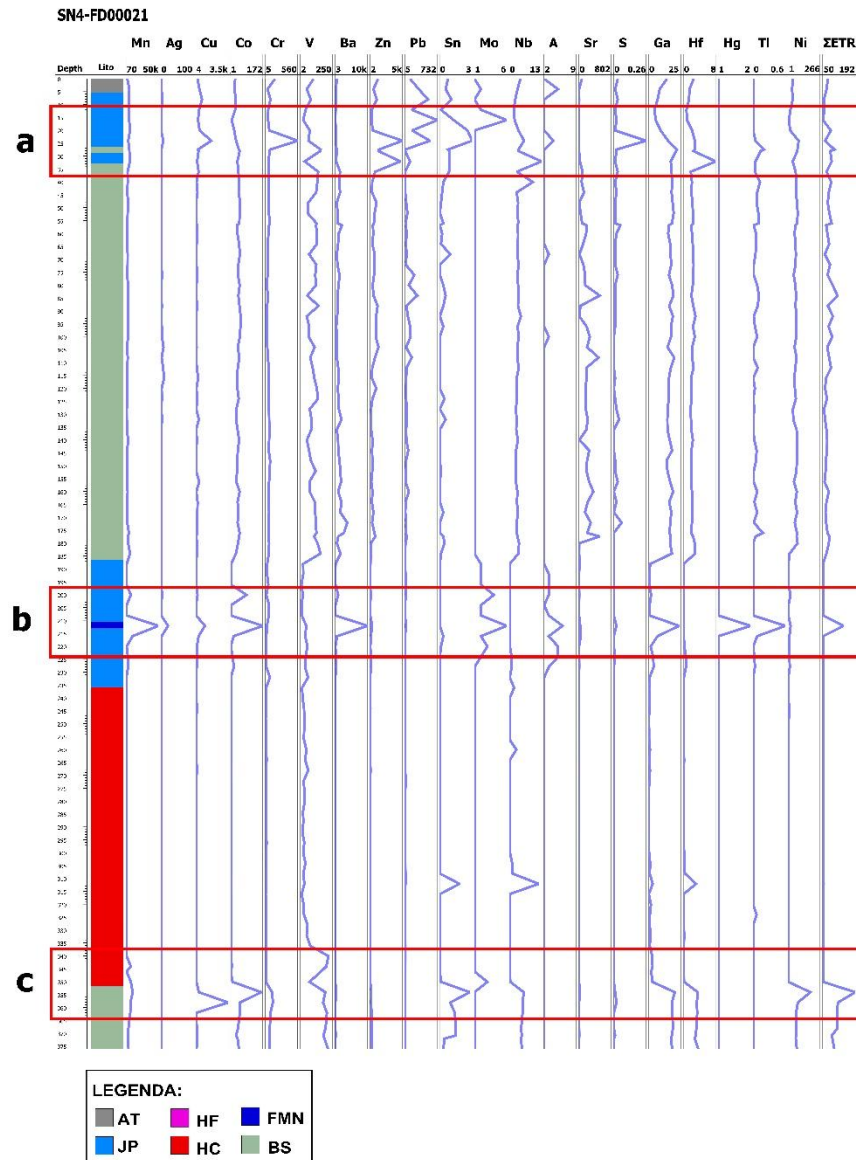


Figura 60. Perfis litológicos dos furos SN4-FD00021 e SN4-FD00144, acompanhados das plotagens de ocorrência de cada elemento. Destaque para os horizontes polimetálicos, cujos teores analisados estão expostos na tabela adjunta (canto inferior direito). Teores representados em parte por milhão (ppm), à exceção do S, que está em (%), provenientes de dosagens quantitativas realizadas no laboratório ALS. AT = aterro, JP = jaspilito, HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, FMN = formação manganesífera, BS = basalto são.

6. DISCUSSÕES

6.1. Evolução textural da hematita

O estudo petrográfico detalhado da formação ferrífera, especialmente do hematitito compacto, viabilizou a identificação de cinco tipos texturais de hematita, além da magnetita, relacionados a pelo menos quatro distintas gerações genéticas.

A hematita microcristalina representa a geração primária, presente nas bandas de óxido dos jaspilitos e nas bandas reliquias dos hematititos. Essa primeira geração de hematita está mais bem preservada nos jaspilitos e ocorre frequentemente sobreposta pelas gerações posteriores, que apresentam aspectos texturais distintos. A partir do consumo da hematita primária, ocorre o aparecimento de cristais de magnetita que, por sua vez são substituídos por hematita, formando cristais de martita (figura 61), principalmente na base do pacote de formação ferrífera.

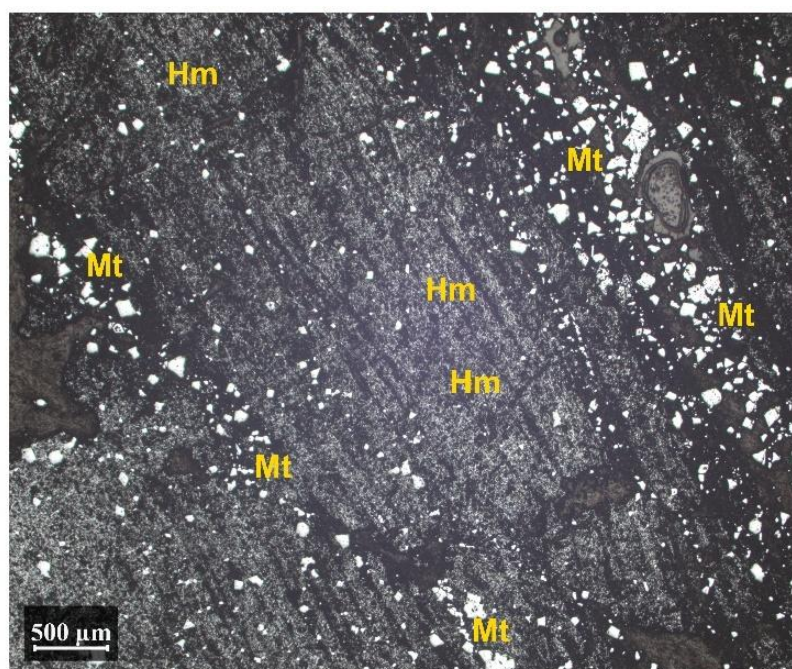


Figura 61. Cristais de magnetita (martita) superpostos às bandas de hematita microcristalina. Fotomicrografia em luz refletida.

Às custas do consumo da hematita microcristalina, podem se desenvolver também cristais de hematita microlamelar (figura 62 a) que, quando há mais espaço para a evolução no desenvolvimento de suas placas, constituem cristais de hematita lamelar (figura 62 b). É importante ressaltar que a cristalização de hematita microlamelar e lamelar está diretamente relacionada à disponibilidade de espaço. Os espaços deixados pela saída disseminada da sílica,

assim como os espaços performados em zonas de fraturas, são as condições principais para a viabilização da recristalização da hematita no formato de lamelas.

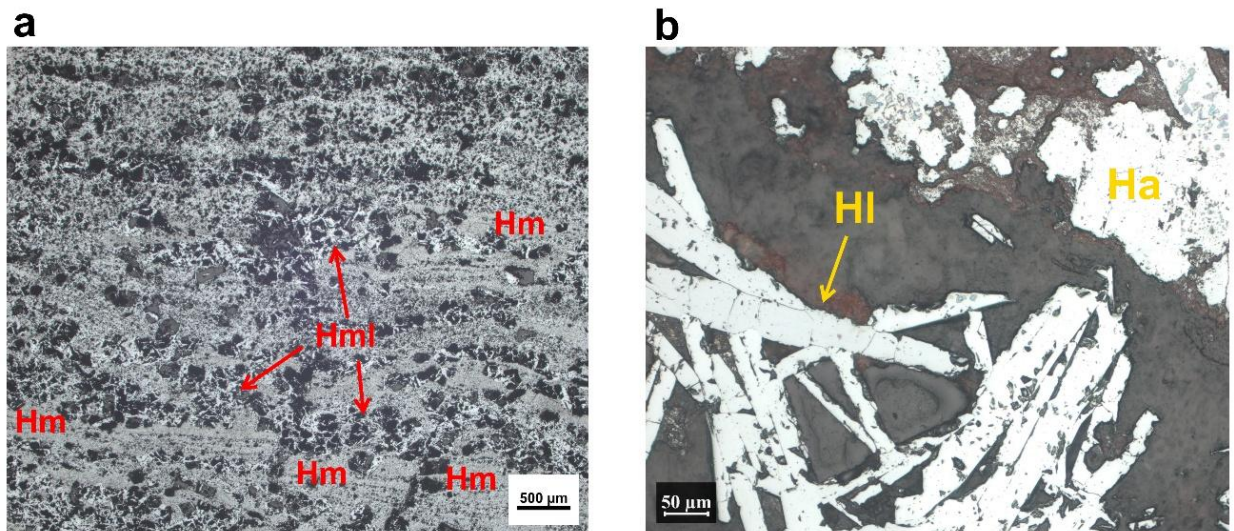


Figura 62. (a) hematita microlamelar (Hml) sobrepondo banda de hematita microcristalina (Hm); (b) placas de hematita lamelar (Hl) bem desenvolvidas e euhedrais. Fotomicrografias em luz refletida.

A hematita microlamelar e lamelar também pode ser gerada a partir do consumo dos cristais de martita, tanto individualmente quanto coalescidos e transformados para hematita anédrica e tabular (figuras 63 a, b, c, d).

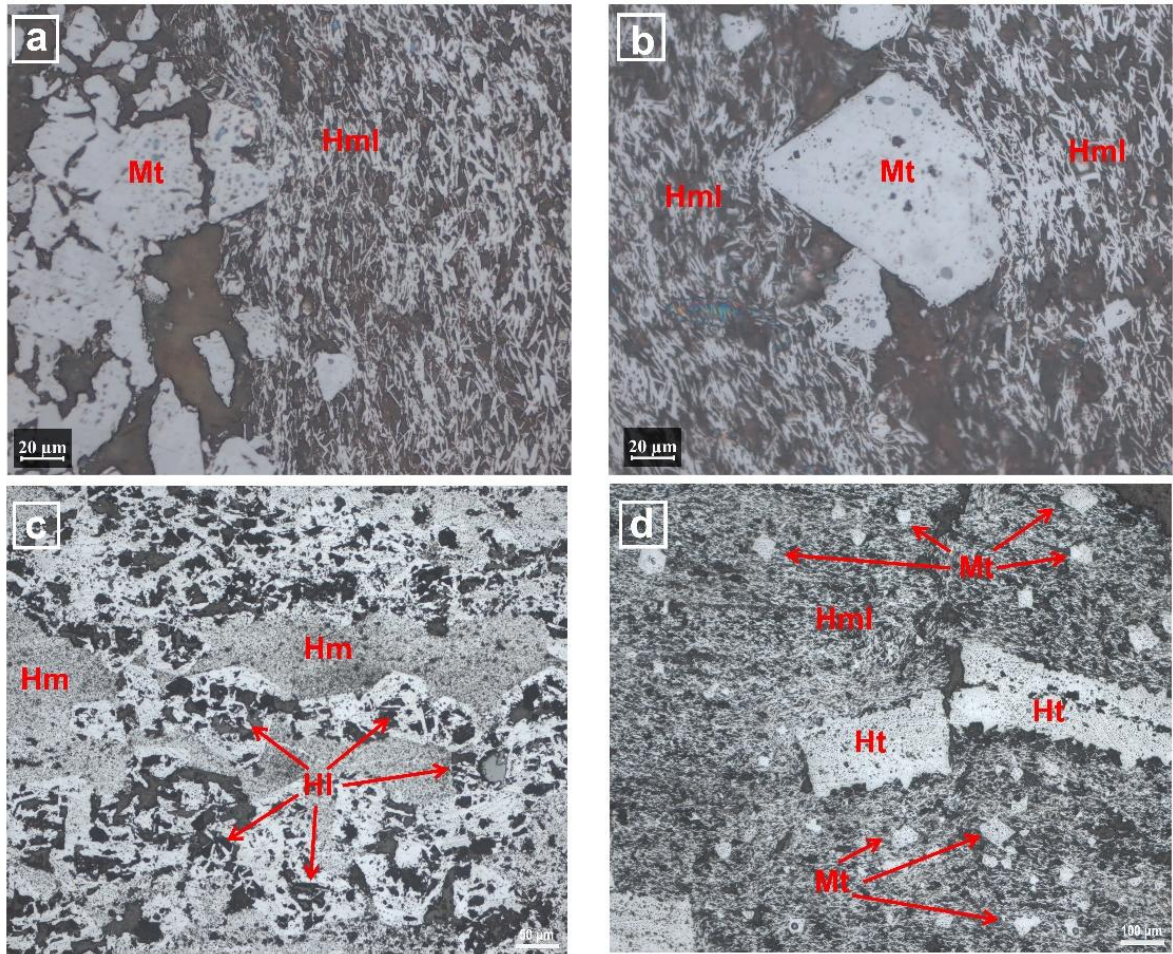


Figura 63. (a, b) cristais de martita (Mt) sendo consumidos na constituição de cristais de hematita microlamelar (Hml); (c) cristais de hematita lamelar (Hl) sobrecrecendo cristais de martita (observar moldes reliquias); (d) cristais de martita (Mt), tanto individuais quanto coalescidos em hematita tabular (Ht), sendo consumidos na geração de hematita microlamelar (Hml). Fotomicrografias em luz refletida.

A aglomeração e coalescência dos cristais de martita incide na constituição de amplos domínios, relativamente isonômicos de hematita anédrica, conforme evidenciado pelos moldes das gerações anteriores (figura 64).

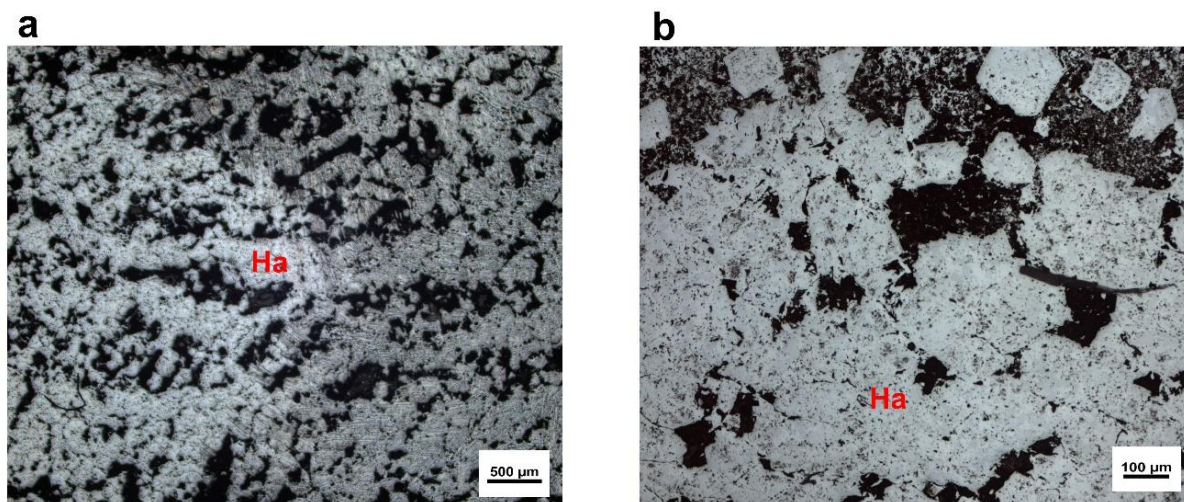


Figura 64. Cristais de martita coalescidos, constituindo hematita anédrica (Ha). Fotomicrografias em luz refletida.

A progressão da aglomeração, promovida pela compactação dos domínios de hematita anédrica, incide na constituição de domínios de hematita tabular, substituindo por completo as bandas reliquias (figuras 65 a, b). Em última instância ocorre a brechação do hematitito compacto (figura 65 b).

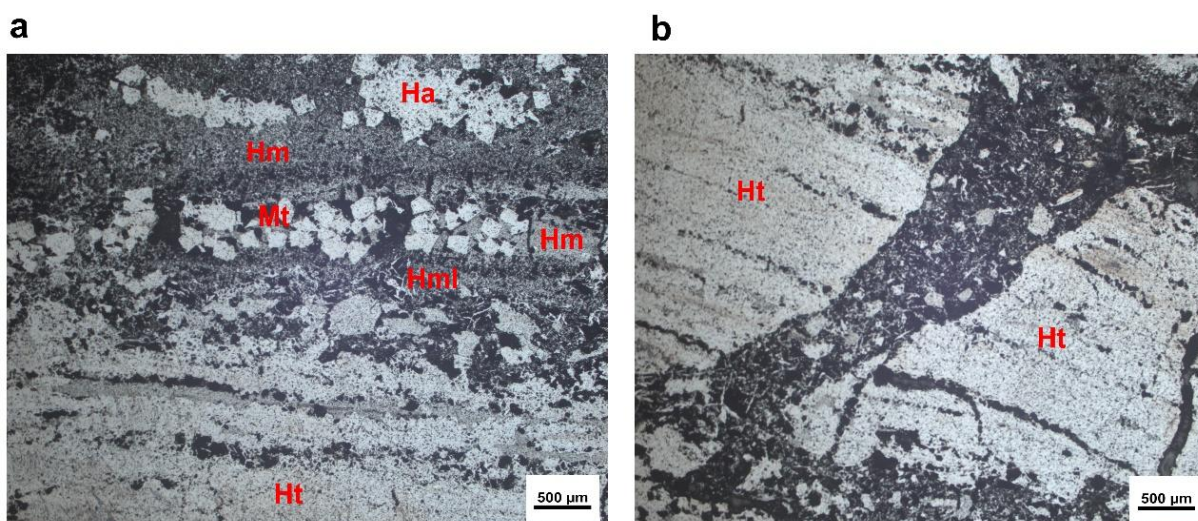


Figura 65. (a) diferentes gerações de hematita, culminando na constituição de bandas contínuas de hematita tabular (Ht); (b) bandas de hematita tabular (Ht) rompidas em processo de brechação. Fotomicrografias em luz refletida.

A figura 66 apresenta um fluxograma esquemático que sintetiza a evolução textural do hematitito compacto, a partir de dois caminhos distintos. No primeiro caminho, a hematita microlamelar (ou lamelar) cresce a partir do consumo da hematita microcristalina (primária), e pode evoluir para hematita anédrica e tabular, por coalescência e compactação. No segundo caminho, cristais de magnetita crescem sobre as bandas de hematita microcristalina e são

oxidados para formar martita. A coalescência desses cristais de martita pode gerar bandas ou domínios de hematita anédrica que, com a compactação, originam a hematita tabular. Existe ainda a possibilidade de que os cristais de martita sejam consumidos, na formação de cristais de hematita microlamelar/lamelar.

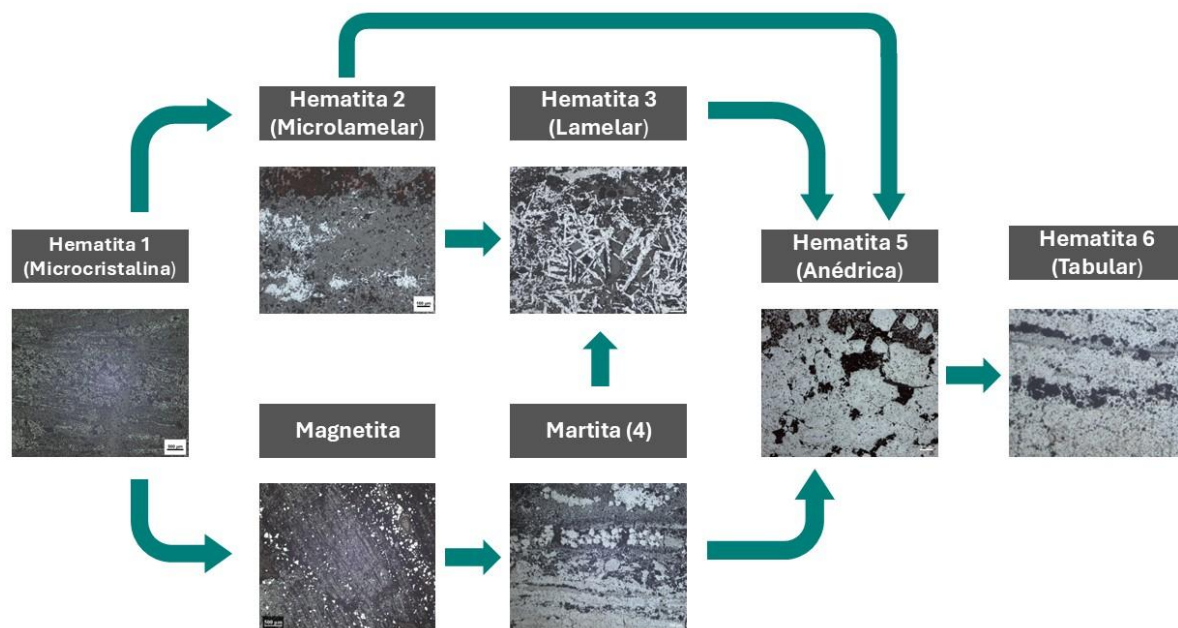


Figura 66. Fluxograma apresentando as diferenças na evolução textural do hematitito compacto, com fotomicrografias (luz refletida) representativas de cada tipo de textura identificada.

Nesse contexto, a sucessão de gerações da hematita pode ser entendida na seguinte sequência:

- Primeira geração: hematita microcristalina;
- Segunda geração: hematita microlamelar/lamelar, ou magnetita/martita;
- Terceira geração: hematita anédrica;
- Quarta geração: hematita tabular.

As hematitas microlamelar e lamelar foram consideradas na mesma geração, uma vez que não há consumo ou descaracterização do hábito de uma, para a formação da outra. A diferença se dá na disponibilidade de espaço para o desenvolvimento das lamelas. De forma

análoga, martita e magnetita foram consideradas na mesma geração, porque a diferença entre elas se dá apenas pela oxidação dos cristais, passando de magnetita à hematita (martita).

Todas as texturas e gerações de hematita observadas no presente estudo, ocorrem em maior ou menor proporção, no jaspilito, no hematitito friável e no hematitito compacto. As feições texturais distintas, no entanto, observadas no hematitito compacto, são a ampla ocorrência de domínios de hematita microlamelar/lamelar, ou de martita (figuras 62; 63; 67), que são em sequência frequentemente substituídas por hematitas anédrica e tabular. No jaspilito, assim como no minério friável, são observados cristais e até bandas de hematitas lamelares e martita, todavia sempre em ocorrência subordinada e, aumentando gradativamente a ocorrência, à medida que se aproxima do contato com o minério compacto. Ressalta-se também o predomínio de hematita microcristalina no jaspilito e no hematitito friável.

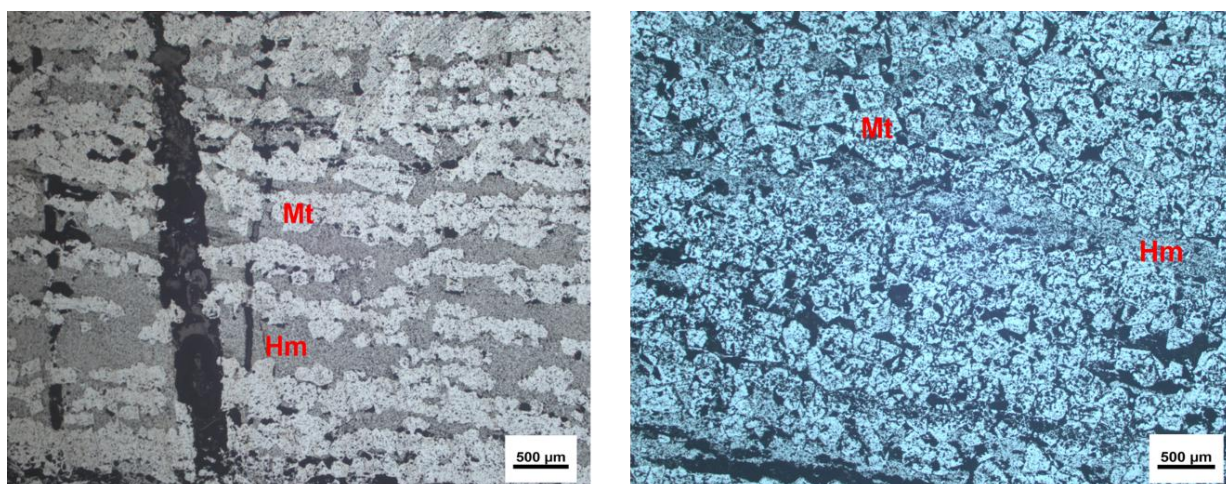


Figura 67. Ambas as imagens apresentam domínios de ocorrência extremamente densa de martita (Mt), constituindo o bandamento principal do HC, sobre domínios reliquiais de hematita microcristalina (Hm).

6.2. Formação da magnetita/martita

O estudo petrográfico permitiu observar, conforme explanado, que o minério compacto (HC) apresenta em sua assembleia mineralógica expressiva ocorrência de martita. As relações texturais indicam que a magnetita foi constituída a partir do consumo da hematita primária (microcristalina), ou seja, é um mineral secundário (figura 67). Essa observação suscita, naturalmente, a necessidade do entendimento da gênese da magnetita estudada.

No corpo N4E, a magnetita (martita) é consideravelmente mais abundante no hematitito compacto, em comparação à quantidade observada nos outros litotipos da Formação Carajás. No protominério, assim como no minério friável, são observados cristais e até bandas de martita, porém em ocorrência restrita nas porções mais superficiais do pacote de formação

ferrífera e, aumentando gradativamente à medida que se aproxima do contato com o minério compacto (o que é equivalente a se aproximar da base da Formação Carajás).

Martins *et al.* (2022) observaram relações de ocorrência de magnetita (martita) análogas às apresentadas na presente pesquisa, ao estudarem um furo de sondagem do corpo N4WS, também em Serra Norte. Entretanto, o testemunho do furo estudado apresenta 451 metros de jaspilito, sem ocorrências de minério compacto ou friável. O domínio basal do jaspilito, ou seja, aquele imediatamente sobre o basalto da Formação Parauapebas, também apresenta ocorrência anômala de magnetita, quando comparada à ocorrência em níveis mais rasos. Os autores ressaltam ainda as concentrações anômalas de FeO na base do pacote de jaspilito. A observação dos autores encontra uma repetição de padrão na presente pesquisa, e viabiliza uma conclusão extremamente importante: a magnetita recristalizada não tem relação direta (exclusiva) com o HC, e parece estar muito mais relacionada à posição estratigráfica (base do pacote sedimentar), do que à gênese do minério compacto. Assim, não há de se associar a ocorrência de magnetita/martita à existência do hematítico compacto, uma vez que a magnetita ocorre em condições de concentração e abundância análogas no jaspilito.

A cristalização da magnetita ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$), demanda a atuação de um sistema de mineralização que proporcione condições de temperatura, pressão e fugacidade de oxigênio específicas (figura 68). Essas condições para a estabilidade da magnetita precisam viabilizar a coexistência, tanto do ferro ferroso (Fe^{2+}) quanto do ferro férrico (Fe^{3+}).

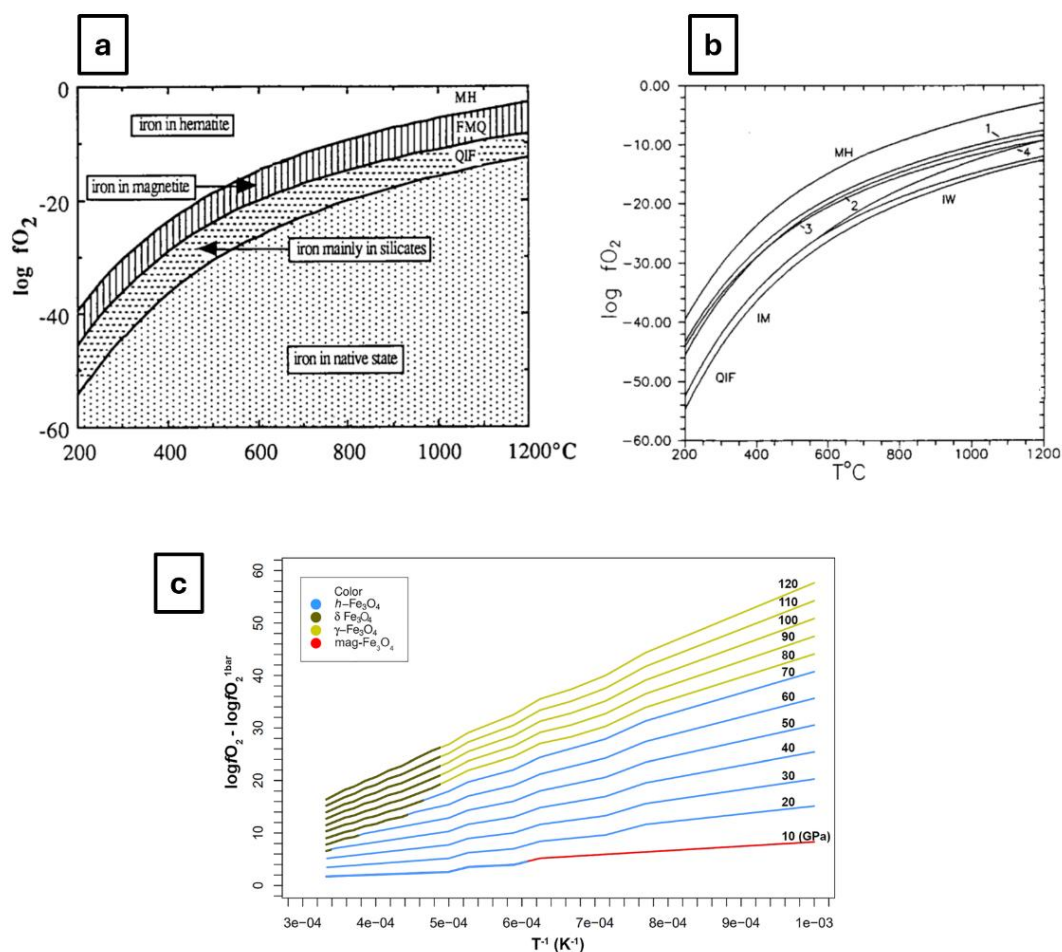


Figura 68. (a, b): diagramas que expressam a relação entre fugacidade de oxigênio ($\log fO_2$) e temperatura ($^{\circ}C$), para diferentes buffers redox: MH = magnetita-hematita; FMQ = faialita-magnetita-quartzo; QIF = óxidos de quartzo; IW = ferro-wüstita; IM = ilmenita-magnetita (Frost, 1991); (c): diagrama que expressa a variação da fugacidade de oxigênio ($\log fO_2 - \log fO_2$ em 1 bar) em relação à temperatura (T^{-1} (K^{-1})) e pressão (GPa), para estabilidade de diferentes polimorfos de Fe_3O_4 (Zurkowski *et al.*, 2022).

As figuras 68 a, b, apresentam as relações entre fugacidade de oxigênio (fO_2) e temperatura (Frost, 1991), enquanto a figura 68 c, expressa a mesma relação, porém com o acréscimo gradual de pressão (Zurkowski *et al.*, 2022). A magnetita (Fe_3O_4) é estável em um range de fO_2 que está entre os domínios de estabilidade da hematita (Fe_2O_3), no limite superior, e da wüstita (FeO), no limite inferior. É fundamental notar também que para que a magnetita seja estável em valores mais elevados de fugacidade de oxigênio, e não entre no campo de estabilidade da hematita, são necessários acréscimos razoáveis de temperatura (e/ou pressão). Como o metamorfismo regional em Carajás é nulo a incipiente, haveria a necessidade da atuação de um sistema distinto, que alterasse as variáveis: fugacidade de oxigênio e/ou temperatura e/ou pressão, para a constatada recristalização da magnetita.

Robb (2005) explana que sítios hidrotermais marinhos são caracterizados por populações microbianas, depositadoras de ferro em abundância. O autor expõe também que os oceanos pré-cambrianos eram caracterizados por bactérias, capazes de ligar ferro férrico e sílica, e que esse processo mediado biologicamente, contribuiu para a constituição de *BIF's*. De acordo com Posth *et al.* (2013), vários autores (como Konhouser *et al.*, 2007; Planavsky *et al.*, 2009) assumem que a deposição de *BIF's* esteja intimamente associada à atividade microbiana, e que o estado médio de oxidação de *BIF's* sugere deposições simultâneas de Fe (II) e Fe (III), ou alterações diagenéticas pós-deposicionais. Macambira (2003) explica que a ocorrência de esferulitos de possível origem orgânica (Meirelles, 1986; Macambira, 1992) nos jaspilitos de Carajás, pode representar o mecanismo (atividade orgânica) de oxidação do ferro. Macambira (2003) assume também concordância com LaBerge *et al.* (1987), reverberando a ideia de que no Arqueano, formações ferríferas com hematita e magnetita formaram-se sem a necessidade de matéria orgânica excessiva. As explicações dos três trabalhos (Macambira, 2003; Robb, 2005; Posth *et al.*, 2013) sobre a ocorrência de material orgânico junto à deposição das *BIF's*, indicam a possibilidade da redução da fugacidade de oxigênio (fO_2), o que proporcionaria um ambiente suscetível à cristalização de magnetita, necessitando apenas de acréscimos discretos de pressão e temperatura proporcionados, por exemplo, pela diagênese. Macambira (2003) propõe, a partir da observação de amplos domínios de ocorrência de cristais de magnetita, em amostras de jaspilito da Formação Carajás, que a presença de restos de *chert* dentro de megacristais ("*porphirotopes*") de magnetita, indique o desenvolvimento *in situ* dos cristais, possivelmente durante a diagênese.

Os dados obtidos neste trabalho indicam, em consonância com Macambira (2003), que a atuação de processos diagenéticos promoveram mudanças na assembleia mineralógica primária (deposicional) da formação ferrífera em Serra Norte, a partir da redução da fugacidade de oxigênio, viabilizada pela participação/presença de material orgânico. A combinação do ambiente potencialmente redutor, com sutis incrementos de temperatura e pressão estabelecidos pelo peso do pacote sedimentar, são condições suficientes para a promoção da recristalização da magnetita, diretamente na matriz sedimentar, substituindo a hematita e se preservando como um mineral diagenético secundário.

6.3. Remobilização de ferro

O fato do intemperismo e a consequente lixiviação de sílica serem os processos responsáveis por grande parte da mineralização de ferro em Carajás, sobretudo do minério

friável, remete à ideia de que não há mobilidade/transporte de ferro, apenas enriquecimento residual. Todavia, a variabilidade textural do minério e as relações de evolução e sobrecrecimento, eventualmente associadas a estruturas discordantes observadas no hematitito compacto (figura 69 a), assim como o padrão de hematitização do basalto próximo ao contato com o HC (figura 69 b), são compatíveis com a atuação de processos adicionais de enriquecimento envolvendo transporte de ferro.

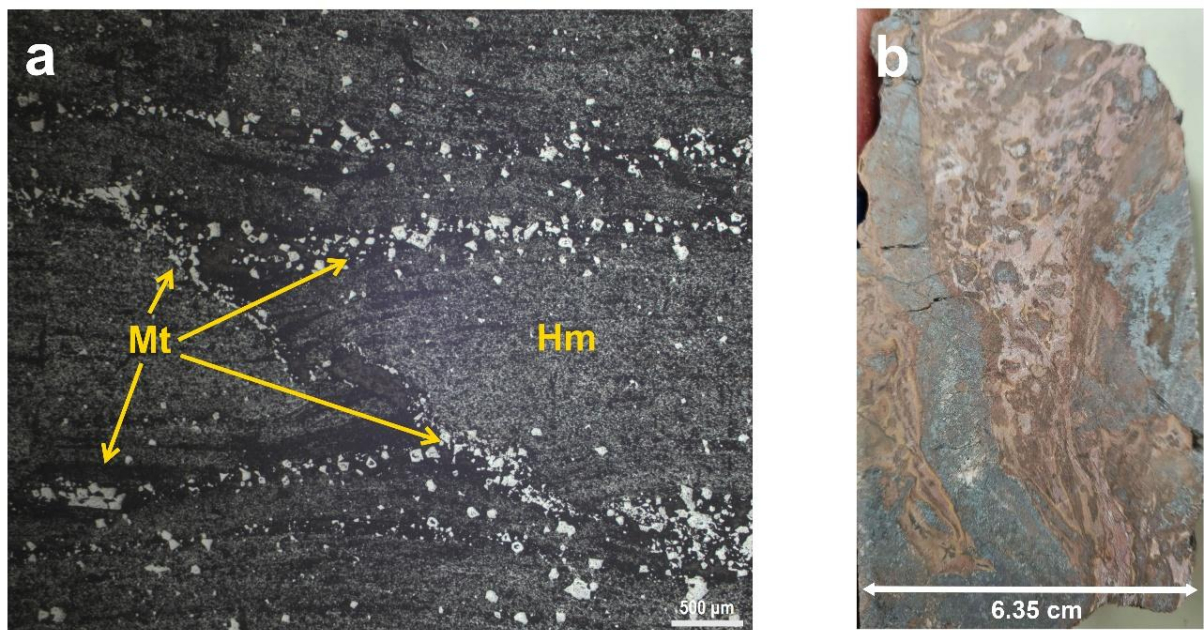


Figura 69. (a) fotomicrografia (luz refletida) do hematitito compacto mostrando cristais de martita (Mt) em estruturas concordantes e discordantes do bandamento principal, que é constituído por hematita microcristalina (Hm); (b) amostra de basalto em avançado estágio de hematitização.

A figura 69 a, obtida a partir de uma amostra de hematitito compacto, apresenta cristais neoformados de magnetita/martita, tanto ocupando estruturas discordantes, quanto estruturas concordantes, nos locais onde há espaços vazios em meio à matriz de hematita microcristalina que compõem o bandamento primário. A recristalização evidencia a remobilização de ferro ao longo de fraturas/falhas. A figura 69 b apresenta uma amostra do basalto de base (Formação Parauapebas) intensamente hematitizado, muito próximo ao contato com o minério de ferro compacto. A presença de espessas vênulas de hematita assim como de vesículas totalmente preenchidas por hematita, indicam a atuação de processos secundários de remobilização e reconcentração de ferro.

6.4. Sobreposição de processos

O contato entre os hematititos friável (HF) e compacto (HC) configura um horizonte obscuro, no sentido de distinção de processos. As relações texturais observadas em campo e na análise petrográfica, indicam que o HF em contato direto com o HC provavelmente se formou a partir da degradação do próprio HC. Essa observação tem especial importância, uma vez que significa a aceitação de que o HC pode ter ocorrido em domínios mais amplos, do que hoje é possível observar. A análise evidencia também que o intemperismo, processo responsável pela gênese do minério friável, eventualmente também atua em relação de sobreposição e sobrescrição ao processo formador do minério compacto, qualquer que seja a natureza genética do hematitito compacto.

Existe uma outra relação de sobreposição que é claramente observada nos testemunhos estudados, também dada por um processo posterior: a alteração goethítica (figura 70). A associação da petrografia com o mapeamento espectral, viabilizou o entendimento de que a alteração goethítica ocorre em profundidade e, apesar da diminuição de observação com o aumento da profundidade, não deixa de ser eventualmente constatada em domínios profundos da formação ferrífera. A alteração se apresenta proveniente de estruturas absolutamente discordantes do bandamento principal (figura 70 a). Uma vez estabelecido o “*feed*” de alteração, a goethita passa a se disseminar também em níveis concordantes, aproveitando a estrutura do bandamento principal (figura 70 b). Dessa forma, há constituição de um halo goethítico, tardio, que dissemina a alteração, com gradativo abrandamento conforme os domínios se distanciam dos corredores principais (discordantes). A alteração goethítica sobrepõe, em última instância, todas as alterações observadas em gerações anteriores. Portanto, essa alteração é a mais recente e, em alguns casos, oblitera as texturas e estruturas originais do minério de ferro.



Figura 70. Amostras do HC goethitizado.

6.5. Contribuição específica da espectroscopia de reflectância

A partir do estudo espectral realizado, foi possível identificar a ocorrência de biotita (ou stilpnomelano) no basalto de base (Formação Parauapebas) (figuras 45 e 46). A biotita não havia sido identificada nos estudos petrográficos dos basaltos. Essa observação tem especial importância, uma vez que pode significar a interação do basalto com um fluido hidrotermal potássico. Como as feições de absorção espectral da biotita ($K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$) e do stilpnomelano ($K(Fe^{2+},Mg,Fe^{3+})_8(Si,Al)_{12}(O,OH)_{27}$) são muito parecidas (especialmente devido às absorções relacionadas ao Fe ao OH), o mineral que foi mapeado como biotita, pode ser stilpnomelano. De toda forma, ambos minerais são portadores de K, e comumente portam também Fe^{2+} . É importante ressaltar que os domínios nos quais foram mapeadas as ocorrências de biotita, nos testemunhos de sondagem dos furos N4E-FR01968 e SN4-FD00144, correspondem aos de altos valores de K e parâmetro F, identificados no estudo petrofísico (figura 53), assim como aos anômalos valores de K_2O observados no estudo geoquímico. A figura 71 apresenta o perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00144, seguido, em sequência, pelos gráficos de ocorrência da biotita (espectroscopia de reflectância), da contagem de K (gamaespectrometria), do parâmetro F (gamaespectrometria) e da concentração de K_2O em % (geoquímica de rocha total). É fundamental notar que as diferentes metodologias apontam para

a uma zona de ocorrência anômala de potássio, provavelmente associada a um processo de alteração hidrotermal.

SN4-FD00144

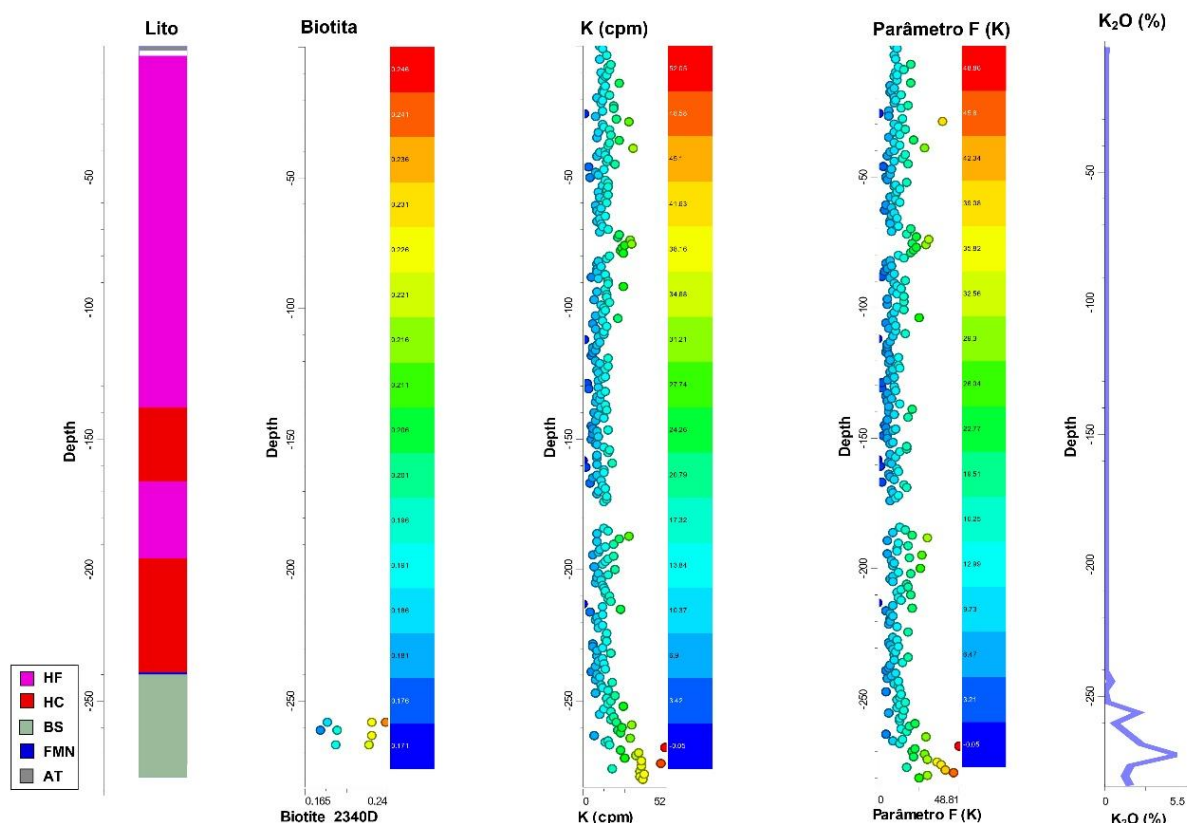


Figura 71. Perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00144, seguido pelos gráficos de ocorrência da biotita (espectroscopia de refletância), da contagem de K (gamaespectrometria), do parâmetro F (gamaespectrometria) e da concentração de K₂O em % (geoquímica de rocha total).

Outra contribuição importante do mapeamento espectral realizado, foi a detecção de concentrações anômalas dos minerais caulinita e talco, no contato entre o basalto e o hematítico compacto (Formação Parauapebas e Formação Carajás, respectivamente) (figura 72). O talco pode ser produto da alteração dos minerais ferromagnesianos em contato com a água no mar, na zona de espilitização, ou da interação com fluidos hidrotermais. Já a caulinita provavelmente seja proveniente de uma alteração argílica sobre o basalto; embora também possa representar a alteração supergênica/intempérica promovida na estrutura do contato estratigráfico.

O contato geológico entre duas unidades de competência distintas (basalto e hematítico compacto) funcionou como uma zona de fraqueza, ao longo da qual a deformação se instalou, gerando zonas de cisalhamento localizadas. Cabe ressaltar que o topo da Formação Parauapebas

é marcado por zonas de espilitização que provavelmente promoveram a formação de clorita, epidoto e carbonato (figuras 45 e 46). Essa assembleia mineralógica associada à caulinita e talco, potencialmente favoreceu o escorregamento intraestatal, que pode ter atuado como um facilitador de uma posterior migração de fluidos.

SN4-FD00144

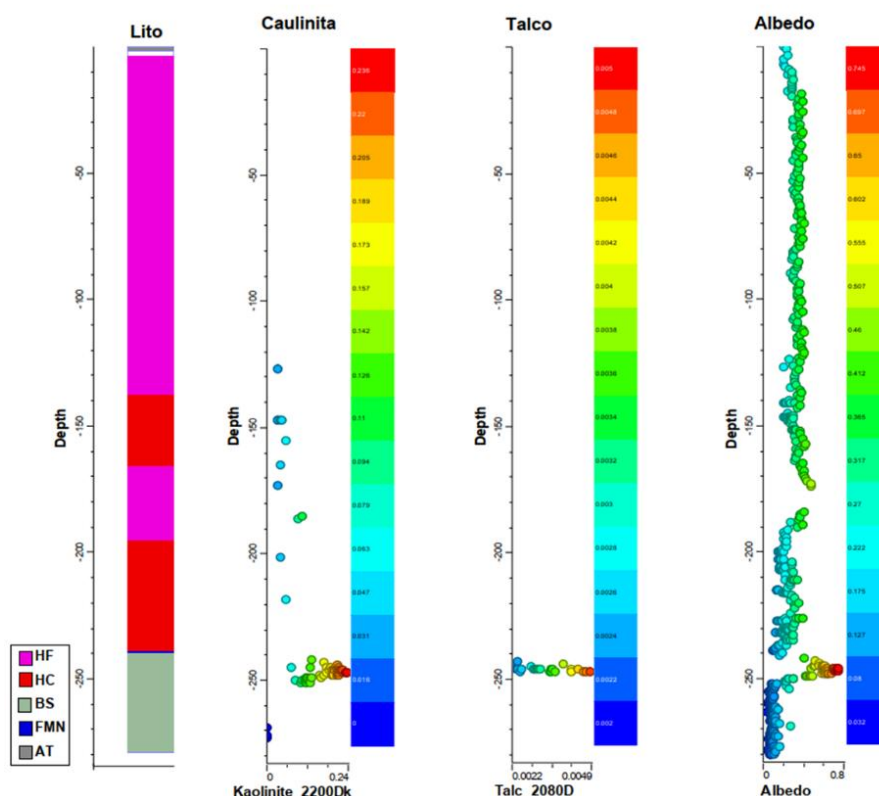


Figura 72. Perfil litológico do furo de sonda SN4-FD00144, acompanhado dos parâmetros de ocorrência e abundância dos minerais caulinita e talco (SWIR), assim como a medida do albedo. HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, FMN = formação manganésífera, AT = aterro.

Por fim, uma última e extremamente importante contribuição da espectroscopia de reflectância, foi a viabilização da caracterização e diferenciação dos tipos de minério de ferro – friável (HF) e compacto (HC) – em dois domínios distintos. O HC é constituído predominantemente por hematita especular, enquanto o HF é constituído essencialmente por hematita não especular (microcristalina). A associação com o estudo petrográfico realizado, permite concluir que a predominância da hematita microcristalina no minério friável, em cristais muito pequenos e consideravelmente intemperizados (figura 73 b), é a condição responsável pela feição diagnóstica aferida (hematita não especular) para esse tipo de minério. Em sentido contrário, a intensa recristalização observada para o HC, marcada pela ampla ocorrência de domínios de hematita microlamelar, assim como a ocorrência de cristais

euhedrais de hematita lamelar, consideravelmente maiores (figura 73 c), é responsável pela medida da feição diagnóstica como hematita especular. O *footprint* espectral do minério de ferro estudado, culmina na definição do domínio da hematita-martita, representado pelo HF, e do domínio da especularita, representado pelo HC (figura 73 a).

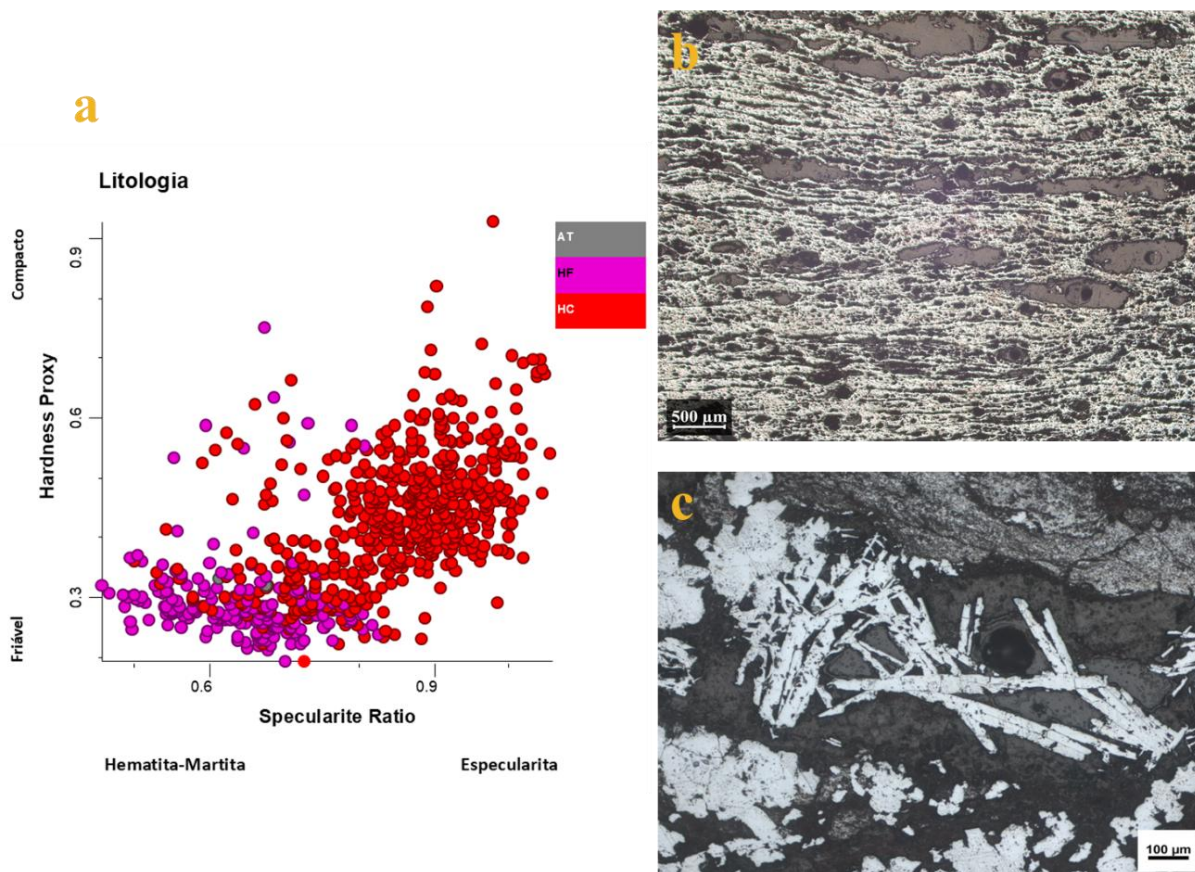


Figura 73. (a) gráfico da relação entre *proxy* de dureza e razão da especularita, apresentando a dispersão das amostras dos hematititos, dos furos de sonda N4E-FR001968 e SN4-FD00144; (b) fotomicrografia (luz refletida) da hematita microcristalina, responsável pela razão de especularita diagnóstica do hematitito friável (HF); (c) fotomicrografia da hematita lamelar (luz refletida), responsável pela razão de especularita diagnóstica do hematitito compacto (HC).

6.6. Espectroscopia de reflectância pontual x Escaneamento hiperespectral

Como o roteiro de processamento e a geração de produtos foram distintos, para as duas técnicas de espectroscopia de reflectância (ER) utilizadas na presente pesquisa, a discussão sobre a eficiência absoluta de uma metodologia em razão da outra, se torna inviável. De toda forma, algumas considerações a respeito da aplicação destas duas metodologias podem ser ressaltadas.

Embora no escaneamento hiperespectral a aquisição de dados tenha sido realizada em resolução consideravelmente superior (mais de 100 vezes), em relação à aquisição pontual, o

processamento dos dados realizado para as medidas do escaneamento, culminou na geração de produtos semiquantitativos de pouca clareza em relação à abundância mineral. Em relação à identificação dos minerais, ambas as técnicas mapearam a ocorrência de praticamente os mesmos minerais, de modo que não houve uma melhor precisão de uma metodologia em detrimento da outra. Já em relação às análises de abundância mineral – embora ambas as técnicas sejam semiquantitativas – a aquisição pontual sucedida pelo processamento com maior ênfase no caráter de abundância, resultou na entrega de produtos muito claros nesse aspecto. Assim, os produtos gerados a partir do escaneamento hiperespectral, foram úteis para a identificação dos minerais e para as análises qualitativas gerais. Já os produtos provenientes da aquisição pontual, foram mais eficazes na amplitude do mapeamento mineral: tanto na identificação dos minerais quanto do entendimento das abundâncias relativas.

No escaneamento hiperespectral o ganho se deu na resolução. Na espectroscopia de reflectância pontual o ganho se deu no processamento dos dados, com melhor definição das abundâncias relativas dos minerais. Em trabalhos futuros seria muito interessante a assimilação dos pontos fortes de cada vertente utilizada: um escaneamento hiperespectral processado com maior ênfase na abundância mineral, sempre balizado pela análise petrográfica. Esse parece ser o caminho de maior sucesso.

6.7. Petrofísica

A propriedade física mais importante para a distinção do hematitito compacto (HC) em relação às demais litologias é a densidade, com valores que frequentemente superam 4 g/cm^3 , sendo o valor médio obtido de $3,95 \text{ g/cm}^3$. Em relação à susceptibilidade magnética, os valores são em média, baixos, conforme o esperado. As análises petrográficas evidenciaram o fato de que a maior parte da magnetita anteriormente presente na formação ferrífera, já foi alterada e substituída por hematita, compondo cristais de martita. Os baixos valores de FeO para a formação ferrífera, observados na geoquímica de rocha total, reverberam essa constatação. Há um pico de susceptibilidade magnética, no entanto, no contato entre o hematitito compacto e o basalto. Essa interessante feição indica a concentração anômala de magnetita, com as propriedades magnéticas ainda relativamente preservadas, na base do HC. Essa mesma relação foi observada por Martins *et al.* (2017) nos jaspilitos que compõem a base da Formação Carajás em N4WS. Os demais altos valores de susceptibilidade magnética no hematitito compacto, representam a assinatura das raras ocorrências de maghemita, sendo este mineral,

provavelmente, proveniente da alteração (oxidação) incompleta da magnetita, configurando domínios reliquiais com magnetismo residual moderadamente preservado.

Na análise da geração de vetores prospectivos, no sentido da utilização de metodologias de investigação indireta, gravimetria e sísmica são os dois métodos geofísicos de maior potencial para a identificação da ocorrência de corpos de HC em profundidade. Conforme explanado, a elevada densidade do minério compacto configura um contraste singular, tanto em relação ao jaspilito (JP), quanto em relação ao minério friável (HF), quanto ainda mais expressivamente em relação às rochas máficas encaixantes. Por essa razão, contrastes de densidade viabilizam a delimitação de expressivas anomalias gravimétricas.

A relação da elevada densidade do hematitito compacto com as velocidades de propagação das ondas sísmicas (V_p e V_s), também pode ser explorada como um vetor prospectivo viável. A equação da velocidade de propagação das ondas sísmicas, se dá em função da razão entre os módulos elásticos (rigidez da rocha) e a densidade: $\text{velocidade} = \text{módulo elástico} / \text{densidade}$. Geralmente o aumento de densidade nas rochas é acompanhado por um aumento ainda mais expressivo dos módulos elásticos (ou rigidez). A tendência é que a rigidez da rocha aumente no mesmo sentido, porém em maior intensidade que a densidade. Assim, o esperado é que com o aumento da densidade, também ocorra o aumento da velocidade. Todavia, conforme evidenciado na presente pesquisa, o grau de fraturamento da rocha interfere absolutamente nos valores das velocidades de propagação. Quanto maior o nível de fragmentação da rocha, menor a rigidez (módulo elástico) e, por consequência, menor a velocidade de propagação das ondas P e S. Por esse motivo, embora a sísmica seja um método de investigação indireta de alto potencial para a prospecção do hematitito compacto, é fundamental que seja utilizada observando todas as variáveis de reologia envolvidas na investigação.

Em relação à susceptibilidade magnética, a magnetometria foi constatada como um método de baixo potencial para a prospecção do minério compacto, uma vez que os domínios magnéticos (provenientes da magnetita) são pontuais (reliquiais) e ocorrem indistintamente, em todas as rochas da Formação Carajás (hematititos compacto e friável, e jaspilito) e, inclusive, ocorrem em maior intensidade nas rochas máficas encaixantes (onde a magnetita é um mineral ígneo nos basaltos).

6.8. Horizontes polimetálicos e hidrotermalismo de fundo oceânico

Os horizontes de concentração anômala de elementos metálicos, presentes no contato entre o basalto e a formação ferrífera, e dentro do pacote de jaspilito (figura 60), estão associados a níveis de formação ferrífera manganésífera (FMN) e podem ter duas gênese distintas: remobilização a partir de estruturas (falhas/cisalhamentos) comumente observadas, nos contatos entre as rochas vulcânicas e a formação ferrífera; ou circulação de fluidos hidrotermais, culminando na constituição de delgados “exalitos”, como consequência da atuação das fumarolas ao final dos períodos de atividade vulcânica.

A primeira hipótese, sobre a remobilização tardia a partir de estruturas, é menos provável, devido à presença de elementos de baixa mobilidade, especialmente os ETR associados a esses horizontes. Além disso, os horizontes polimetálicos são sempre concordantes com o bandamento principal.

A segunda hipótese, portanto, de que esses horizontes polimetálicos representam níveis exalativos, decorrentes da atividade hidrotermal de fundo oceânico, desponta como a hipótese mais provável para a origem dos horizontes polimetálicos identificados. O fato de ocorrerem preferencialmente no topo de derrames basálticos e base das formações ferríferas, em níveis estratigráficos distintos (figura 60), é um forte indício da atividade das fumarolas. Esses centros exalativos lançam metais na água do mar, após o cessar de expressivos períodos de atividade vulcânica. O nível polimetálico identificado no meio da formação ferrífera (Formação Carajás), pode ser oriundo de fontes distais, uma vez que a descarga de fluidos hidrotermais pode ser transportada por distâncias significativas, até a deposição final (Mello e Quental, 2000). Pode representar também um “solução” das fumarolas, ou seja, uma descarga pontual de fluidos ricos em elementos metálicos.

Outro aspecto que pode indicar a circulação de fluidos hidrotermais nesses horizontes, são as ocorrências anômalas de clorita, carbonato, caulinita e epidoto, além de talco (figuras 45 e 46), nos domínios do basalto da Formação Parauapebas, especialmente no horizonte estabelecido sobre o topo dos derrames basálticos, e que é paralelo aos horizontes polimetálicos. Embora a cloritização e a albitização (gerando clorita, carbonato e epidoto) sejam processos de alteração possíveis e relativamente comuns em zonas de espilitização, como resultado da interação dos derrames vulcânicos com a água do mar, a formação de clorita, carbonato e epidoto a partir de uma alteração propilítica/carbonática, assim como a formação de caulinita a partir de uma alteração argílica, são processos hidrotermais comumente observados em horizontes VMS (*Volcanogenic Massive Sulfide*) (Bonnet e Corriveau, 2007). Assim, a

presença de zonas de espilitização significativas no topo dos derrames da Formação Parauapebas, indicam a circulação da água do mar e a interação com fluidos hidrotermais.

6.9. Implicações para a gênese do hematitito compacto

Embora o estudo da gênese do hematitito compacto (HC) não seja o objetivo central da presente pesquisa, os dados adquiridos para a caracterização do HC, assim como das rochas encaixantes, trouxeram informações relevantes – e que têm implicações diretas – para a compreensão da gênese do minério compacto, conforme será discutido nos próximos itens.

6.9.1 Posicionamento estratigráfico e circunstâncias de ocorrência do hematitito compacto em Serra Norte

A investigação realizada acerca do posicionamento e ocorrência geral (relações estratigráficas e/ou tectônicas) do hematitito compacto (HC), e das demais unidades da Formação Carajás, assim como do basalto da Formação Parauapebas, permite tecer as seguintes conclusões:

(i) Em Serra Norte o hematitito compacto ocorre em duas condições distintas e exclusivas: na base da formação ferrífera, nos corpos N4E e N5E (N5E é uma mina exaurida, na qual havia também ampla ocorrência de HC) e, de forma extremamente restrita, no contato com diques máficos;

(ii) Nas demais minas de Serra Norte o contato basal da Formação Carajás com a Formação Parauapebas, é marcado pelo jaspilito ou pelo hematitito friável, quando o intemperismo atinge essa posição estratigráfica. Exclusivamente nas cavas N4E e N5E, esse contato é caracterizado pela ocorrência de extensos domínios de hematitito compacto (figura 24);

(iii) A estrutura que controla a geometria dos corpos de hematitito compacto em N4E, é o contato de base da formação ferrífera, ou seja, o contato com o basalto da Formação Parauapebas. O HC ocorre em continuidade lateral, precisamente sobre o contato estratigráfico (Formação Carajás / Formação Parauapebas) (figuras 21; 22; 23; 24);

(iv) Em N4E o HC não está posicionado na zona de charneira de dobras, conforme sugerido por alguns autores. Embora a mina N4E represente a geometria de uma dobra, com zona de charneira NW-SE, o minério compacto ocorre no que seriam os flancos da dobra (SW-NE na parte sul da cava e NW-SE na parte norte da cava), estando predominantemente concentrado na parte sul da mina (figura 76). Conforme explanado, a ocorrência do minério

está associada ao contato estratigráfico de base da Formação Carajás e não à charneira de dobras;

(v) O hematitito compacto ocorre em N4E em posições que ultrapassam o horizonte de atuação do intemperismo (alteração supergênica) (figuras 21; 23);

(vi) A principal estrutura observada no HC, tanto macro quanto microscopicamente, é o bandamento principal (figura 75), que é concordante com o bandamento primário do jaspilito e do hematitito friável (HF);

(vii) Próximo ao contato basal, o HC ocorre frequentemente brechado. A brechação é posterior à formação do hematitito compacto (figuras 65 b; 74);

(viii) O HC apresenta em sua assembleia mineralógica, expressiva ocorrência de martita, que é proveniente da alteração (consumo) da hematita primária (microcristalina) (figura 67).

É fundamental reforçar que a ocorrência do HC discutida, diz respeito aos grandes corpos, à constituição de grandes domínios de hematitito compacto. Não está em discussão no presente trabalho, a ocorrência extremamente restrita/pontual, de corpos de HC associados aos diques máficos. Estes, provavelmente ocorram em função de processos metassomáticos, decorrentes da geração de calor proveniente da própria colocação, tardia, dos diques.

6.9.2 Considerações sobre a hipótese de gênese supergênica para o hematitito compacto

A predominância de ocorrência do minério friável (HF) em relação ao minério compacto (HC), expressa uma relação inevitável: o intemperismo é o processo formador de minério de ferro predominante em Serra Norte. Segundo Macambira (2003), referenciando Beisiegel (1982), os depósitos de minério de ferro hematítico são produtos de enriquecimento supergênico sobre os jaspilitos da Formação Carajás; o processo causou a lixiviação preferencial da sílica e elevou os teores de ferro de cerca de 36-45% para 64-68%. Ainda segundo Macambira (2003), então referenciando Vasconcelos (1996), o processo supergênico teria ocorrido desde pelo menos 70 Ma, de forma episódica, até o presente. Além de predominante, o intemperismo é também o último processo genético formador de minério de ferro que atuou sobre o protominério (jaspilito). As feições texturais e mineralógicas estudadas no presente trabalho expressam claramente essa relação. Todavia, a alteração supergênica é inviável, como processo formador do hematitito compacto.

Conforme explanado anteriormente, o HC ocorre em N4E, em muitos domínios que ultrapassam o horizonte de atuação do intemperismo, ou seja, em posições onde não há evidência de atuação supergênica (figuras 21; 23). Se o HC ocorre em regiões que estão além do alcance do intemperismo, este não pode ser o processo formador desse tipo de minério. Outro aspecto relevante é que, considerando o intemperismo como o principal processo mineralizador de Carajás, responsável pela formação do minério de ferro friável (HF), seria esperado que, caso esse também fosse o processo genético do HC, o minério compacto ocorresse em Serra Norte em proporção significativamente maior, tanto em termos de volume quanto em termos de distribuição espacial. No entanto, conforme previamente discutido, a ocorrência do hematitito compacto é limitada em ambos os aspectos.

6.9.3 Considerações sobre a hipótese de gênese hidrotermal tardia para o hematitito compacto

Uma proposta hipogênica para o hematitito compacto de Serra Norte, a princípio parece ser o caminho mais viável. Todavia, é fundamental distinguir os tipos de hidrotermalismo passíveis de participação na constituição do minério compacto: hidrotermalismo de fundo oceânico e hidrotermalismo tardio. Na presente seção será discutido o segundo tipo de hidrotermalismo, ou seja, a viabilidade da atuação de um processo hipogênico tardio (pós-deposicional).

Diferente da possibilidade supergênica, a atuação de um sistema hidrotermal posterior seria possível, a princípio, para a formação do HC. A percolação tardia de fluidos hidrotermais quentes e redutores, é uma hipótese genética razoavelmente viável e já defendida por alguns pesquisadores, conforme será discutido na presente seção. Diferentes eventos tectônicos podem ter propiciado as condições físicas necessárias (*feeds*), para a ascensão de fluidos mineralizantes. Embora a análise estrutural não seja o objetivo da presente pesquisa, é necessário entender que a segmentação dos corpos de Serra Norte é configurada por falhamentos, especialmente a partir de *splays* com transcorrências e cavalgamentos, do Sistema Transcorrente Carajás / Falha Carajás, em torno de 2,6 Ga (Rosière e Chemale, 2000; Holdsworth e Pinheiro, 2000). Houve também a reativação da Falha Carajás, entre 2,6 e 1,9 Ga (Holdsworth e Pinheiro, 2000). O conhecimento desses eventos, assim como da colocação regional de batólitos e *stocks* graníticos em torno de 1,88 Ga (Machado *et al.*, 1991), que podem ter fornecido o calor e inclusive as próprias soluções hidrotermais (Macambira, 2003), são evidências que viabilizam pertinentemente, hipóteses genéticas hipogênicas tardias, para o

hematitito compacto de Serra Norte. Algumas relações observadas no presente estudo, no entanto, expõem pontos de atenção para as propostas evolutivas.

O fato de o domínio do hematitito compacto que ocorre imediatamente sobre o basalto, apresentar-se intensamente brechado, assim como o domínio do basalto que ocorre imediatamente sob o HC, apresentar-se extremamente fragmentado, e associado à ocorrência de talco e caulinita exatamente na superfície de contato, indicam a existência de uma zona de cisalhamento neste contato basal. Aparentemente a deformação se concentrou neste horizonte que já era uma zona fraqueza, em função do contato entre camadas de competências distintas. Além disso, o topo do derrame vulcânico da Formação Parauapebas, interagiu com a água do mar (e possivelmente com fluidos hidrotermais) gerando as zonas de espilitização previamente mencionadas, favorecendo a alteração de plagioclásio e piroxênio, para a formação de clorita, carbonato, caulinita e talco. Esses minerais de baixa dureza e alta “untuosidade” podem ter favorecido um escorregamento/cisalhamento interestratal, na superfície de contato do basalto com a Formação Carajás. Essa estrutura poderia ter sido, em primeira análise, o principal “*feed*” de percolação de fluidos hidrotermais, caso o sistema mineralizante tenha sido tardio, ou seja, relacionado à remobilização de ferro durante a deformação.

Uma questão fundamental e dificultadora para essa hipótese, no entanto, é o fato de que a brechação observada nas imediações do contato entre o hematitito compacto e o basalto, é posterior à própria formação do hematitito compacto. O estudo petrográfico viabilizou a constatação da existência das bandas do HC, pretérita à brechação (figura 65 b); o que é possível observar também em escala macroscópica (figura 74). O cisalhamento da porção superior do basalto espilitizado e a brechação do HC sobrejacente ocorreram, portanto, tardios à formação do próprio hematitito compacto.



Figura 74. Amostra de HC brechado. Notar as bandas reliquias rotacionadas.

À medida que se afasta do contato basal, a estrutura principal observada no hematitito compacto, tanto na escala macro quanto microscopicamente, é o bandamento principal (figura 75). As bandas são milimétricas a centimétricas, monominerálicas (constituídas por hematita), e alternam diferentes tonalidades de cinza. A relação mais intrigante é a de que o bandamento principal do HC, ocorre concordante ao bandamento principal do jaspilito e do hematitito friável, apresentando as mesmas atitudes. Assim, quaisquer que sejam os processos genéticos envolvidos, não houve obliteração da estrutura principal da rocha, com exceção da região do contato basal. Macambira (2003), descrevendo esse tipo de acamamento no jaspilito, explana que essa feição é interpretada pela maioria dos autores, como deposicional primária. Já Majunder (1990) apresenta o bandamento principal como resultado da diagênese, configurando a remobilização do óxido de ferro, das incipientes bandas primárias.



Figura 75. Amostras de testemunho de HC, apresentando o bandamento principal preservado.

De toda forma, é difícil conjecturar a percolação tardia de um fluido hidrotermal, potencialmente lixiviando a sílica e remobilizando o ferro, sem obliterar o bandamento principal.

É importante ressaltar, no entanto, a recrystalização de magnetita em estruturas concordantes e discordantes do bandamento principal. Conforme discutido anteriormente, a recrystalização pode ter ocorrido, tanto partindo das estruturas discordantes e posteriormente alcançando o bandamento principal, quanto no sentido contrário, tendo iniciado no bandamento principal e posteriormente migrado para fraturas e estruturas em geral, com espaços vazios. Ou seja, as feições de recrystalização de hematita/magnetita, viabilizam tanto a vertente de alteração hidrotermal tardia, quanto a vertente de remobilização de ferro por diagênese (que também é um processo tardio).

Alguns autores aventam a possibilidade da formação do hematitito compacto, a partir de um sistema hidrotermal tardio (pós-deposicional). A ideia a partir deste ponto, é discutir duas das propostas entendidas como mais pertinentes, escolhidas para uma explanação à luz do conhecimento apresentado na presente pesquisa.

Figueiredo e Silva *et al.* (2008) propõem uma idade paleoproterozoica (Lobato *et al.*, 2005b, 2008), para a formação do minério de ferro em Serra Norte, e argumentam que essa idade está diretamente relacionada à idade dos granitos do tipo A, da região de Carajás, como o Granito Serra dos Carajás. Os autores consideram que um arcabouço estrutural arqueano herdado, viabilizou as condições para a atuação de fluidos hidrotermais mineralizantes, que promoveram a lixiviação da sílica e a concentração de ferro, uma vez que, segundo os autores, os corpos de minério de ferro compacto se formaram principalmente na zona de charneira de grandes dobras (onde o fluido se concentraria), e associados a falhas ramificadas de zonas de cisalhamento pré-existentes. Ainda segundo os autores, referenciando o trabalho anterior de Figueiredo e Silva *et al.* (2005), o principal fluxo de fluido hidrotermal provavelmente se concentrou ao longo do contato original entre o jaspilito e o basalto, com uma difusão lateral intensa através da sequência de jaspilitos, e uma difusão menos intensa através das rochas basálticas, uma vez que estas apresentam uma estrutura mais isotrópica, em comparação aos jaspilitos bandados (Lobato *et al.*, 2005). Por fim, Figueiredo e Silva *et al.* (2008) explanam que fluidos ricos em ferro foram provavelmente canalizados preferencialmente para regiões intensamente dobradas, segmentadas e desmembradas, bem como ao longo do contato entre o jaspilito e o basalto, que foi interceptado por falhas ramificadas (Rosière *et al.*, 2006). Essas falhas, geralmente em altos ângulos em relação às zonas de cisalhamento regionais, teriam atuado como canais para os fluidos hidrotermais.

A proposta genética de Figueiredo e Silva *et al.* (2008) encontra no presente trabalho, algumas observações que corroboram com essa hipótese. Contudo, encontra também algumas características que não estão em consonância com a evolução genética proposta pelos autores. Conforme discutido no presente trabalho, a estrutura que controla a ocorrência espacial e geométrica dos corpos de hematitito compacto em N4E, é o contato de base entre o hematitito compacto e o basalto. Essa constatação corrobora razoavelmente com a ideia de Figueiredo e Silva *et al.* (2008), de que o principal fluxo do potencial fluido hidrotermal mineralizante, tenha ocorrido ao longo do contato original entre o jaspilito e o basalto. Uma questão pertinente, no entanto, não contemplada por essa proposta genética é: se o fluido hidrotermal percolou o jaspilito precursor do HC ao longo do contato basal, sendo o processo responsável pela mineralização do minério compacto, por que a ocorrência de hematitito compacto é tão restrita, estando na base de apenas dois corpos/minas (N4E e N5E), dos treze corpos/minas lavrados em Serra Norte?

Na sequência do questionamento, uma vez que o jaspilito ocorre predominantemente na base da Formação Carajás em Serra Norte, a ascensão do possível fluido mineralizador estaria restrita a estruturas existentes apenas nesses dois domínios do depósito (N4E e N5E)?

É importante ressaltar ainda, conforme discutido, que a brechação observada na base do hematitito compacto, é posterior à formação do HC. O cisalhamento basal, portanto, não pode ser a estrutura viabilizadora da percolação de fluidos hidrotermais tardios, responsáveis pela constituição (gênese) dos amplos domínios de hematitito compacto. Embora o cisalhamento basal possa ter propiciado, pertinentemente, a percolação de fluidos hidrotermais tardios, em diferentes momentos/eventos em Serra Norte.

Por fim, os dados levantados no presente trabalho dificultam, em parte, a hipótese de Figueiredo e Silva *et al.* (2008), de que os corpos de minério de ferro compacto se formaram principalmente na zona de charneira de grandes dobras, e associados a falhas ramificadas de zonas de cisalhamento pré-existent. Embora o corpo N4E configure a geometria de uma dobra (sinclinal assimétrico, com eixo mergulhando para NW – Macambira e Borges, 1994), a disposição espacial do hematitito compacto, conforme discutido, se dá precisamente no contato de base, ou seja, sobre o basalto da Formação Parauapebas, paralelo ao contato estratigráfico e ao bandamento principal do próprio hematitito; sem concentração específica na zona de charneira (figura 76). O HC não ocorre, portanto, na zona de charneira da referida dobra.

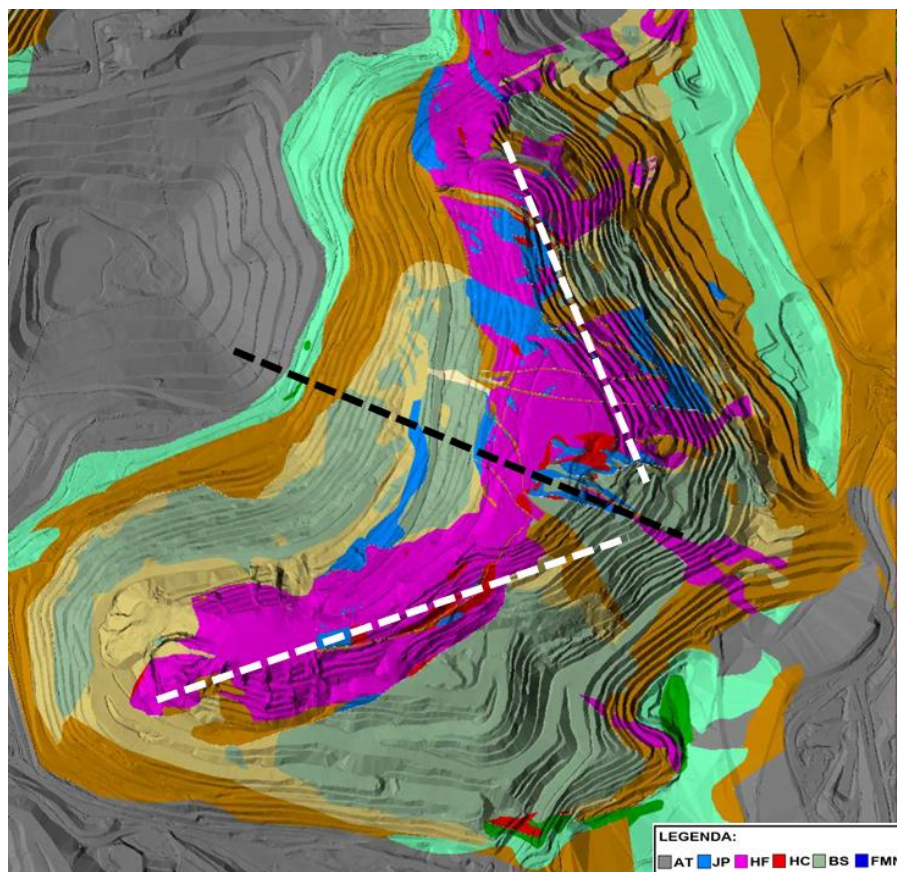


Figura 76. Mapa litológico da mina N4E, com destaque em linha pontilhada preta para a direção da charneira do sinclinal, e em linhas pontilhadas brancas, para as direções de ocorrência do HC. AT = aterro, JP = jaspilito, HF = hematitito friável, HC = hematitito compacto, BS = basalto são, BSA = basalto semi-alterado, BA = basalto alterado, FMN = formação manganêsífera.

No mapa litológico é possível observar a configuração do sinclinal N4E (figura 76). Na linha pontilhada preta está a direção da charneira (NW-SE), enquanto o minério compacto ocorre nas direções representadas pelas linhas pontilhadas brancas. É importante observar que o hematitito compacto ocorre no que seriam os flancos da dobra (SW-NE na parte sul da cava e NW-SE na parte norte da cava), estando mais concentrado na parte sul da mina. Conforme explanado, a ocorrência do minério está associada ao contato estratigráfico de base da formação ferrífera.

Dalstra e Guedes (2004) propõem uma gênese hipogênica tardia para ambos os hematititos: friável e compacto. Segundo os autores, também a partir do estudo do corpo N4E, as rochas vulcânicas máficas subjacentes ao minério de ferro, foram quimicamente modificadas por alteração metassomática, constituindo uma assembleia mineralógica hidrotermal dominada por clorita-carbonato-hematita. De acordo com os autores, que utilizaram o trabalho de Guedes *et al.* (2002) como referência de partida, nos domínios mais profundos da zona mineralizada de N4E, os hematititos (compacto e friável) apresentam gradação para protominérios ricos em

carbonato (45% Fe), sendo observado inclusive um material bandado de dolomita-hematita. Dalstra e Guedes (2004) explanam que os depósitos de hematita de alto teor hospedados em *BIF*'s, constituem um grupo genético coerente com protominérios se formando sob condições relativamente oxidantes, em temperaturas baixas perto da superfície, e em condições reduzidas, em temperaturas acima de 500 °C, em profundidade. Por fim, os autores concluem que é a presença dos protominérios ricos em carbonato, que facilitou a mineralização final do hematitito de valor econômico; tendo os processos supergênicos ocorrido muito tempo depois que os precursores foram formados, a partir do sistema hidrotermal pós-deposicional.

Macambira (2003) também ressaltou a ocorrência do carbonato anômalo na formação ferrífera em N4E. Segundo o autor, uma carbonatação hidrotermal localizada afetou o jaspilito, promovendo a substituição da sílica pelo carbonato. A presença de falhas transcorrentes e de empurrão, assim como de veios decimétricos de carbonato nos basaltos, na área de ocorrência dessa *BIF* carbonática, evidenciam a atuação de alteração hidrotermal tardia. Figueiredo e Silva *et al.* (2008) também consideraram, a partir de trabalhos anteriores (Figueiredo e Silva, 2004; Lobato *et al.*, 2005; Zucchetti, 2007) sobre a alteração hidrotermal associada à formação de minério de ferro compacto em Serra Norte, que a maioria do carbonato (dolomita, kutnahorita e calcita) ocorre na forma de veios discordantes e brechas, e que texturas de substituição de *chert* ou quartzo por carbonato são observadas apenas localmente. Portanto, o carbonato não poderia ser considerado como essencial na gênese do minério em Serra Norte (Figueiredo e Silva *et al.*, 2008).

Dalstra e Guedes (2004) apresentam uma hipótese genética relevante para a gênese do minério compacto. Contudo, o ponto de atenção para a evolução proposta pelos autores, a partir da presente pesquisa, e em consonância com as observações anteriores de Macambira (2003) e Figueiredo e Silva *et al.* (2008), é que a ocorrência de formação ferrífera bandada dolomítica observada por Dalstra e Guedes (2004), assim como a presença anômala de carbonato em geral, na formação ferrífera em Serra Norte, é pontual/restrita. O hidrotermalismo tardio proposto, provavelmente ocorreu em escala consideravelmente reduzida, em relação ao tamanho do depósito Serra Norte. As feições descritas pelos autores não são observadas nas demais minas em lavra, além de ocorrerem apenas na porção central de N4E, em um domínio restrito, em relação ao tamanho do próprio corpo de minério N4E.

Na presente pesquisa foram estudadas centenas de amostras do hematitito compacto e dezenas de amostras do jaspilito, de diferentes furos de sondagem provenientes de N4E. Não foi observada relação mineralógica alguma que passe pela ocorrência ou substituição de

carbonato, na assembleia mineralógica do minério compacto (assim como na do jaspilito). Embora tenha sido constatada a presença de carbonato nos diferentes grupos de basalto estudados – preenchendo vênulas e amígdalas, eventualmente inclusive cimentando brechas – tanto para o hematitito compacto quanto para o jaspilito, o carbonato não foi identificado na petrografia, nem na espectroscopia de reflectância, e tão pouco apresentou indícios nas análises geoquímicas. Mesmo os vários domínios brechados estudados no HC (e no jaspilito), não apresentaram qualquer feição de ocorrência residual/reliquiar de carbonato. Assim, a presente pesquisa permite concluir também que, embora haja ocorrência anômala e tardia de carbonato na formação ferrífera em N4E, conforme observado e detalhado por Dalstra e Guedes (2004), o carbonato de fato não é essencial e não participa do processo genético do hematitito compacto.

Para encerrar a presente seção de discussões, sobre a possível gênese hidrotermal tardia para o hematitito compacto de Serra Norte, ressalta-se que os dados obtidos nesta pesquisa indicam a provável atuação de sistemas de hidrotermais tardios. Todavia, esses sistemas são absolutamente restritos espacialmente, não sendo responsáveis pela constituição dos amplos domínios de hematitito compacto estudados, uma vez entendidas as características de ocorrência espacial e geométrica do minério de ferro compacto.

6.9.4 Hipótese evolutiva para o hematitito compacto de Serra Norte

Discutidas previamente as possibilidades genéticas para o hematitito compacto, nas hipóteses supergênica e hipogênica tardia, segue agora, na presente seção, a proposta da hipótese evolutiva para o hematitito compacto, com base nos dados e considerações desta pesquisa.

Conforme discutido anteriormente, a estrutura que controla a ocorrência espacial e geométrica dos corpos de hematitito compacto, em N4E, é o contato de base da formação ferrífera, ou seja, o contato entre Formação Parauapebas e Formação Carajás. As seções modeladas a partir das informações de sondagem, demonstram a ocorrência do hematitito compacto em continuidade lateral, precisamente sobre o contato basal (figuras 21; 22; 23; 24). A ocorrência dos horizontes polimetálicos exatamente no mesmo contato (figura 60), indica a atuação de um sistema hidrotermal de fundo oceânico nesta região, antes e durante a deposição da Formação Carajás.

Outra observação que indica a participação de processos hidrotermais de fundo oceânico na constituição da formação ferrífera de Carajás, são as anomalias positivas de európio. Na

presente pesquisa as anomalias de európio normalizadas pelo PAAS ((Eu/Eu*)_{SN}), representam valores positivos, variando entre 1,83 e 2,97 para a Formação Carajás (jaspilito, HC e HF).

As anomalias positivas de Eu, recorrentemente encontradas nas rochas da formação ferrífera em Carajás, por vários pesquisadores (Lindemayer *et al.*, 2001; Macambira, 2003; Fabre *et al.*, 2011; Justo *et al.*, 2020, Martins *et al.*, 2022), têm sido continuamente associadas à expressiva contribuição hidrotermal para a Bacia Carajás, durante a deposição da formação ferrífera.

Lindemayer *et al.* (2001), ao estudarem amostras do jaspilito de Serra Norte, observaram um trend de enriquecimento relativo em ETRL, assim como uma anomalia positiva de Eu (Eu/Eu* = 1,16 a 2,5). Segundo os autores, ambas as relações estudadas são evidências da participação de fumarolas hidrotermais e soluções de fundo oceânico, na constituição da formação ferrífera de Carajás. Fabre *et al.* (2011), também no estudo de jaspilitos de Serra Norte, encontraram anomalias isotópica com valores distintamente positivos de ⁵⁷Fe (2,06 ± 0,34 ‰). Segundo os autores, os valores obtidos podem corresponder à mistura de Fe²⁺ parcialmente oxidado na água do oceano, com águas marinhas anóxicas, provenientes de ressurgência hidrotermal. Macambira (2003) apresenta a formação ferrífera de Carajás como resultado da precipitação de Fe e Si, a partir de águas de ressurgência, tendo a base da formação recebido maior contribuição de águas de fontes hidrotermais (ΣREE = 6,66; Eu/Eu* = 3,54; (La/Yb) = 1,52) que o topo (ΣREE = 3,89; Eu/Eu* = 3,18; (La/Yb) = 0,66). Justo (2018) explica que as anomalias positivas de Eu das formações ferríferas de Carajás (1,52 a 5,88), estão entre as mais elevadas já registradas em formações ferríferas de todo o mundo, e sugerem a associação com fontes hidrotermais de alta intensidade e soluções de fundo marinho.

Martins *et al.* (2022), ao estudarem um furo de sondagem do corpo N4WS (também na Serra Norte), a partir de análises geoquímicas e de isótopos de Fe do protominério (jaspilito), também observaram valores elevados de ⁵⁶Fe (1,34 ± 0,03 ‰), e anomalias positivas elevadas de Eu ((Eu/Eu*)_{SN}) = 1,86 a 5,05). Os autores interpretam esses dados como uma entrada extremamente alta na Bacia Carajás, de fluidos derivados de fontes hidrotermais, durante a deposição da formação ferrífera. Ainda segundo os autores, o fluxo crescente de materiais derivados do manto, durante o período de gênese da formação ferrífera, esteve provavelmente relacionado a uma extensa atividade vulcânica associada à rifteamento (~ 2,75 Ga). Por fim, Martins *et al.* (2022) propõem que as variações observadas nos valores isotópicos de ⁵⁶Fe, obtidos em bandas de hematita do jaspilito, possam representar um ciclo heterogêneo de ferro

durante o neoarqueano, com variação nas concentrações de ferro causadas pela competição entre a precipitação de óxido de ferro e o aporte de ferro de fontes hidrotermais.

Tendo em vista a evidente atuação do hidrotermalismo de fundo oceânico, é pertinente conjecturar que N4E tenha ocorrido muito próximo a um centro exalativo, no qual a intensa atividade de fumarolas, ao fim do período de atividade vulcânica, tenha propiciado o lançamento distinto e generoso de ferro na água mar. A deposição desse ferro teria constituído o hematitito precursor do HC. Assim, embora a todo momento o jaspilito seja tratado como o protominério do minério de ferro de Carajás, essa relação pode não ser válida para o minério compacto. O hematitito compacto pode ter sido originalmente mais enriquecido em ferro, em função de sua proximidade com centros exalativos.

Isso explica por que a base da Formação Carajás em N4E é consideravelmente representada por hematitito compacto, enquanto nas demais porções de Serra Norte (com excesso de N5E) a base é representada pelo jaspilito. Segundo Macambira (2003) a deposição do Si ocorre por supersaturação, de forma lenta e quase contínua, enquanto a precipitação do Fe ocorre por oxidação, de forma rápida, porém intermitente, o que resulta no bandamento. Ainda segundo o autor, a água do mar, enriquecida em Fe e Si provenientes de soluções hidrotermais, teria sido levada para regiões mais rasas e oxigenadas, onde a precipitação do Si teria ocorrido por supersaturação, de forma quase ininterrupta, o que é evidenciado pelos teores de Si, de pelo menos 6%, na banda ferruginosa do jaspilito.

A região de N4E representaria de fato, portanto, uma parte da Bacia Carajás muito próxima à atuação das fumarolas, de modo que o lançamento generoso de Fe^{2+} na água do mar, teria favorecido uma disponibilidade local anômala que, em rápida oxidação, precipitou Fe^{3+} em camadas contínuas, de vários metros, sem que houvesse tempo para a lenta deposição da sílica (por supersaturação de Si), em quantidade suficiente para a constituição de bandas distintas. À medida que se afasta de N4E e, portanto, do centro exalativo, a disponibilidade de ferro diminuiria, e haveria tempo para a deposição intercalada das bandas de Fe e Si, que constituem o jaspilito.

É fundamental ressaltar que houve deposição de Si no hematitito precursor do HC. O próprio estudo petrográfico evidenciou tanto a existência (pontual) reliquiar de sílica no hematitito compacto, quanto a ocorrência de vacâncias (espaços vazios) constituídos pela saída da sílica. Conforme explicado por Macambira (2003), a deposição da sílica ocorre de forma quase contínua, e (baixas) concentrações de Si são observadas mesmo nas bandas de hematita dos jaspilitos. O que não teria ocorrido no caso do hematitito compacto em N4E, é deposição

de sílica em quantidade suficiente para a constituição de bandas específicas, como ocorre nos jaspilitos.

Outra importante observação é que, embora o corpo N4E esteja sendo interpretado no presente trabalho como proveniente de uma posição da bacia próxima à centros exalativos, com intensa atividade de fumarolas, pode ter representado também (tanto N4E quanto N5E) uma posição onde houve fraturas no assoalho oceânico, viabilizando a ascensão de soluções submarinas que podem ter ofertado de forma anômala tanto ferro, quanto os elementos metálicos observados na base do hematitito compacto.

Em continuação à hipótese evolutiva, posteriormente à deposição do hematitito precursor do minério compacto, por processos de hidrotermalismo de fundo oceânico, teria ocorrido a atuação de processos diagenéticos. O peso do pacote sedimentar (que no corpo N4E supera 300 metros de espessura), é suficiente para a promoção de um processo diagenético clássico, com compactação, dissolução, recristalização e autigênese.

Minérios sedimentares químicos de margens continentais passivas, tais quais as formações ferríferas bandadas, refletem processos genéticos que prevalecem em configurações cratônicas, nas quais há estabilidade prolongada e alta energia deposicional, o que viabiliza o retrabalho da carga sedimentar (diagênese) (Robb, 2005). Macambira (2003) discute a possibilidade de que o bandamento principal da *BIF* de Carajás, seja resultado da diagênese, configurando a remobilização do óxido de ferro, das incipientes bandas primárias. É imprescindível reforçar que o bandamento principal do hematitito compacto de Serra Norte, ocorre em direção paralela à do bandamento principal dos jaspilitos, apresentando as mesmas atitudes.

A diagênese seria, portanto, o processo responsável pela compactação do hematitito, incidindo em sua feição final de ocorrência, com hematita tabular e formação de magnetita. A mesma relação é observada para o jaspilito, nas demais porções do depósito Serra Norte: ocorre de forma compacta no contato de base com as rochas máficas – exceto nos domínios alcançados pelo intemperismo – e apresenta ocorrência anômala de magnetita na base do pacote. A diferença entre o minério de ferro friável e o compacto, é que a rocha precursora do hematitito friável seria o jaspilito (que foi submetido ao intemperismo), enquanto a rocha precursora do hematitito compacto já seria, conforme proposto, um hematitito (constituído sem a formação das bandas ricas em sílica).

Por fim, o que se propõe como hipótese genética para o hematitito compacto de Serra Norte, estudado no corpo N4E, é a associação de dois processos distintos: hidrotermalismo de fundo oceânico sucedido por diagênese.

7. CONCLUSÕES

O estudo do hematitito compacto de Serra Norte, no corpo de minério N4E, a partir da integração de dados petrográficos, geoquímicos, petrofísicos e espectrais, permitiu o delineamento do *footprint* do minério de ferro compacto.

Em relação ao posicionamento estratigráfico e à geometria de ocorrência do hematitito compacto (HC), foi entendido que a estrutura que controla os corpos em N4E, é o contato de base da formação ferrífera, ou seja, o contato estratigráfico com o basalto da Formação Parauapebas. O HC ocorre em continuidade lateral, precisamente sobre o basalto. Logo, o controle do minério de ferro compacto não é tectônico, e não está associado a enriquecimento preferencial em zonas de charneiras de dobras, ou a estruturas rúpteis específicas.

No que diz respeito à mineralogia e às feições texturais, o estudo petrográfico revelou a existência de cinco tipos texturais de hematita no HC: hematita microcristalina (primária), hematita microlamelar a lamelar, hematita anédrica, hematita tabular e martita. O estudo permitiu observar também a ocorrência expressiva de martita (magnetita oxidada) na base do pacote de hematitito compacto. Essa martita/magnetita foi entendida como um mineral secundário diagenético, cuja recristalização ocorreu diretamente na matriz sedimentar, substituindo a hematita primária (microcristalina). A espectroscopia de reflectância associada à petrografia, demonstrou que o hematitito compacto é constituído predominantemente por hematita especular (microlamelar e lamelar), enquanto o hematitito friável é constituído essencialmente por hematita não especular (microcristalina).

O estudo petrográfico evidenciou que a principal estrutura observada no hematitito compacto, tanto macro quanto microscopicamente, é o bandamento primário. Esta estrutura ocorre paralela ao bandamento primário do jaspilito e do hematitito friável, e concordante com o contato estratigráfico de base, não tendo sido obliterada pela diagênese. Próximo ao contato com o basalto de base (Formação Parauapebas), frequentemente o HC ocorre brechado. A brechagem é tardia à própria formação do minério compacto, uma vez que fragmentos de hematita tabular (a última textura em termos de evolução) são frequentemente observados preservados e rotacionados, nos domínios brechados. Os domínios brechados são

monominerálicos, de modo que tanto os fragmentos quanto a matriz são constituídos por hematita, em diferentes texturas de ocorrência.

A espectroscopia de reflectância demonstrou a existência de concentrações anômalas de clorita, carbonato, caulinita e talco, no contato entre o basalto e o hematitito compacto (Formação Parauapebas e Formação Carajás, respectivamente). O contato geológico entre duas unidades de competência distintas (basalto e hematitito compacto), associado à ocorrência desses minerais de baixa dureza e alta “untuosidade”, provavelmente funcionou como uma zona de fraqueza, favorecendo o escorregamento/cisalhamento interestratal que incidiu na brechação, tanto do basalto quanto do hematitito compacto, nas proximidades ao contato litológico/estratigráfico. Nesse horizonte frequentemente o basalto ocorre hematitizado.

O *footprint* espectral permitiu a teste de duas concepções, que se demonstraram extremamente eficientes na distinção dos tipos de minério de ferro, friável e compacto. Apesar da equivalência nas composições mineralógicas e químicas, utilizando o *proxy* de dureza foi possível separar os hematititos friável (HF) e compacto (HC), uma vez que foram obtidas curvas espectrais distintas para cada rocha. As curvas ressaltam diferentes características de absorção, em função do comprimento de onda. A outra concepção testada foi a razão de especularita, com a utilização do mapeamento mineral para separar o HC, que possui alta razão de especularita (em função da elevada proporção de hematita microlamelar e lamelar), do HF, que possui baixa razão de especularita (em função da elevada proporção de hematita microcristalina).

A associação do estudo geoquímico com a petrografia e com a espectroscopia de reflectância, permitiu observar concentrações relevantes de FeO nos basaltos encaixantes da formação ferrífera, especialmente no basalto de base (Formação Parauapebas), relacionadas à ocorrência de magnetita ígnea. Em contrapartida, FeO ocorre em concentrações baixíssimas nas rochas da formação ferrífera, uma vez que cristais reliquias de magnetita nos jaspilitos e hematititos são raros e, quando ocorrem, geralmente apresentam apenas o núcleo preservado da oxidação. Em relação inversa, praticamente não se observa ocorrência de Fe₂O₃ nos basaltos (com exceção dos domínios hematitizados), ao passo de que as concentrações são elevadas na formação ferrífera, estando em maiores valores nos hematititos em relação ao jaspilito. Não há contraste nos valores de Fe₂O₃ entre os hematititos friável e compacto.

U e Th são elementos traço que se demonstraram extremamente eficientes, como indicadores da ocorrência de formação ferrífera, especialmente do minério de ferro compacto. A análise por XRF apresentou contrastes expressivos nos valores desses dois elementos. As

concentrações são menores no basalto em relação ao jaspilito que, por sua vez, apresenta valores inferiores aos obtidos para o hematitito compacto.

A propriedade física mais importante para a distinção do hematitito compacto em relação às demais litologias é a densidade, com valor médio próximo a 4 g/cm³, muito superior à densidade de todos os outros litotipos. Em relação à susceptibilidade magnética, os valores para o HC são, em média, baixos, em função da transformação quase absoluta dos cristais de magnetita em hematita (martita).

Horizontes de ocorrência anômala de elementos metálicos (3.530 ppm de Cu, 3.490 ppm de Ba, 4.470 ppm de Zn, 676 ppm de Pb, 903 ppm de Sr, 7 ppm de Ag, 50.000 ppm de Mn, entre outros), associados aos contatos entre as rochas da formação ferrífera e os basaltos, foram identificados a partir do estudo geoquímico. Os horizontes foram interpretados como resultado do hidrotermalismo de fundo oceânico. O processo proporcionou a circulação de fluidos hidrotermais, como consequência da atuação de fumarolas ao final dos períodos de atividade vulcânica, resultando na constituição de delgados “exalitos”. Um horizonte polimetálico interno à formação ferrífera, alojado no jaspilito, também foi identificado. Este último horizonte estaria relacionado a fontes distais, uma vez que a descarga de fluidos hidrotermais pode ser transportada por distâncias significativas, até a deposição final; ou ainda, representaria um “solução” das fumarolas, uma descarga pontual de fluidos ricos em elementos metálicos.

A partir da espectroscopia de reflectância, foram identificadas ocorrências anômalas de clorita, carbonato, caulinita e epidoto, em alguns domínios do basalto da Formação Parauapebas, especialmente no horizonte estabelecido sobre o topo dos derrames basálticos, paralelo aos horizontes polimetálicos identificados. A formação de clorita, carbonato e epidoto a partir de uma alteração propilítica/carbonática, assim como a formação de caulinita a partir de uma alteração argílica, são processos hidrotermais comumente observados em horizontes VMS. Por esse motivo, a presença de zonas de espilitização significativas no topo dos derrames da Formação Parauapebas, provavelmente indicam a circulação da água do mar em interação com fluidos hidrotermais.

A ocorrência de expressivas anomalias positivas de Eu, obtidas para as rochas da formação ferrífera – como o valor médio obtido para hematitito compacto ($(Eu/Eu^*)_{SN} = 2,11$) – é mais uma evidência da atuação do hidrotermalismo de fundo oceânico, na constituição das rochas da Formação Carajás.

Evidências da atuação de possível hidrotermalismo tardio também foram observadas. No basalto da formação Parauapebas foi identificada, a partir da espectroscopia de reflectância,

ocorrência anômala de biotita. O intervalo da ocorrência de biotita coincide com picos anômalos de K e parâmetro F, identificados no estudo radiométrico, e com teor anômalo de K₂O identificado na geoquímica. Essa observação pode significar a interação do basalto com um fluido hidrotermal potássico. De toda forma, como a associação anômala combinada, mineralógica, radiométrica e química, foi observada em apenas um dos três conjuntos de testemunhos estudados, a possível alteração hidrotermal tardia deve ser pontual.

Sobre as implicações genéticas entendidas, o estudo do corpo N4E inviabilizou a proposta da atuação de um sistema supergênico, como responsável pela gênese do hematitito compacto. O intemperismo, embora processo fundamental (e predominante) para a constituição dos hematititos de Serra Norte, definitivamente não foi o processo formador do minério de ferro compacto, uma vez que o HC ocorre em posições que ultrapassam o horizonte de atuação da alteração supergênica. Um sistema hipogênico tardio também foi entendido como um processo improvável, como responsável pela formação dos amplos domínios de hematitito compacto, observados na base da Formação Carajás. Esta pesquisa, em soma com vários trabalhos anteriores, encontrou um número expressivo de evidências que comprovam a ocorrência de hidrotermalismo tardio, assim como remobilização tardia de ferro em Serra Norte. Todavia, a associação das relações estudadas com as ocorrências explanadas na literatura atual, aponta sistemas hidrotermais tardios atuando de forma localizada/restrita, e posterior à constituição do hematitito compacto.

O presente estudo propõe como hipótese evolutiva para o hematitito compacto de Serra Norte, a associação de dois processos: hidrotermalismo de fundo oceânico e diagênese. A região de N4E, e potencialmente a região de N5E, representariam domínios da Bacia Carajás muito próximos à intensa atuação das fumarolas, de modo que o lançamento generoso de Fe²⁺ na água do mar, teria favorecido uma disponibilidade local anômala que, em rápida oxidação, precipitou Fe³⁺ em camadas contínuas, de vários metros, sem que houvesse tempo para a lenta deposição da sílica em camadas segregadas. À medida que se afasta de N4E e, portanto, do centro exalativo, a disponibilidade de ferro diminuiria e haveria tempo para a deposição intercalada das bandas de Fe e Si, que constituem o jaspilito. Posteriormente à deposição do hematitito precursor do minério compacto, por processos de hidrotermalismo de fundo oceânico, teria ocorrido a atuação de processos diagenéticos. O peso do pacote sedimentar é suficiente para a promoção de um processo diagenético clássico, com compactação, dissolução, recristalização e autigênese.

Com relação à geração de vetores prospectivos para o minério de ferro compacto, o mapeamento mineral mostrou, a partir da espectroscopia de reflectância, que tanto o *proxy* de dureza quanto a razão de especularita, são técnicas eficientes para a diferenciação dos tipos de minério de ferro, friável e compacto. Em contraste, a magnetita/martita foi entendida como um mineral que não apresenta relação direta com o hematitito compacto, e que ocorre de forma análoga nos demais litotipos da formação ferrífera, não delineando feição de interesse para a prospecção do hematitito compacto.

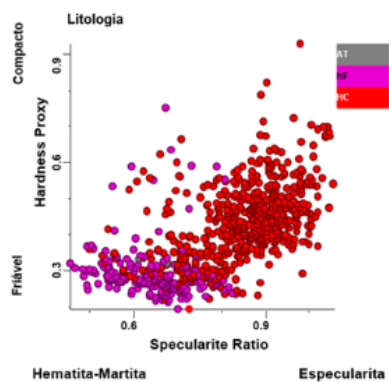
O *footprint* geoquímico mostrou que U e Th são os melhores elementos para a pesquisa exploratória de formação ferrífera, especialmente de hematitito compacto. No sentido contrário, FeO foi entendido como um composto que não gera contrastes de interesse, uma vez que ocorre pontualmente e indistintamente, em todos os litotipos da formação ferrífera, e em maior concentração nos basaltos encaixantes. O estudo geoquímico evidenciou também a ocorrência sistemática de horizontes polimetálicos, na base do minério de ferro compacto (contato basal).

A partir do *footprint* petrofísico, foi possível entender que gravimetria e sísmica são os dois métodos geofísicos de maior potencial, para a identificação da ocorrência de corpos de hematitito compacto em profundidade. A elevada densidade do minério compacto configura um contraste singular, tanto em relação ao jaspilito, quanto em relação ao minério friável, quanto ainda mais expressivamente em relação às rochas máficas encaixantes. Por essa razão, contrastes de densidade devem delinear expressivas anomalias gravimétricas. A relação da elevada densidade do HC com as velocidades de propagação das ondas sísmicas (V_p e V_s), também pode ser explorada como vetor prospectivo, porém com maior parcimônia. O hematitito compacto frequentemente ocorre fraturado, e o grau de fraturamento da rocha interfere, absolutamente, nos valores das velocidades de propagação das ondas P e S. Assim, a sísmica pode e deve ser utilizada, no entanto, pertinentemente associada aos estudos reológicos. No sentido contrário, a magnetometria foi entendida como um método de baixo potencial para a prospecção do minério de ferro compacto, uma vez que os domínios magnéticos são pontuais e ocorrem indistintamente em todas as rochas da formação ferrífera (hematititos compacto e friável, e jaspilito), assim como nas rochas máficas encaixantes.

A figura 77 apresenta um quadro resumo dos principais vetores prospectivos investigados e testados no presente trabalho.

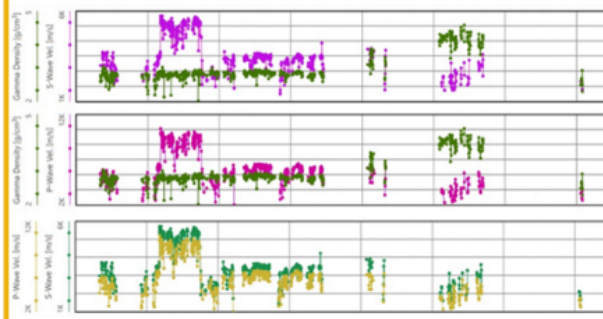
Mapeamento mineral:

- ✓ Proxy de dureza;
- ✓ Razão de especularita;
- x Magnetita/martita.



Petrofísica:

- ✓ Densidade;
- ✓ Vp e Vs;
- x Susceptibilidade magnética.



Geoquímica:

- ✓ U e Th;
- ✓ Horizontes polimetálicos;
- x FeO.

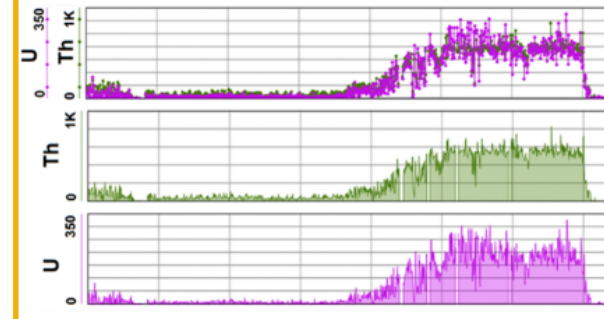


Figura 77. Quadro esquemático dos principais vetores para a prospecção de hematitito compacto em Serra Norte.

A caracterização sistemática de uma ocorrência mineral é o caminho mais eficiente, tanto para o entendimento dos processos formadores, quanto para a adequada proposta de vetores prospectivos. O *footprint* de uma mineralização, embora seja superficialmente entendida como uma proposta pragmática, em uma compreensão mais assertiva, diz respeito a uma estratégia de investigação geológica detalhada. Não há como interpretar coerentemente os processos formadores das rochas e, em especial, no caso do presente estudo, a metalogênese de um minério específico, se não, partindo da caracterização sistemática do minério/rocha estudado. O *footprint* é, em última instância, o caminho de convergência das ciências aplicadas à investigação geológica. Isoladas, pouco contribuiria cada disciplina, para o entendimento do minério estudado. Adequadamente concatenadas, constituem a chave para o amplo conhecimento de um sistema mineral. Por fim, o *footprint* do minério de interesse, é também a estratégia mais eficiente para a geração dos vetores prospectivos adequados, na busca de novos alvos da mineralização estudada.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, J. B. Interpretation of Visible and Near-Infrared Diffuse Reflectance Spectra of Pyroxenes and Other Rock Forming Minerals. In: KARR, C. (Ed.). *Infrared and Raman Spectroscopy of Lunar and Terrestrial Materials*. New York: Academic Press, 1975. p. 91–116.
- ADAMS, J. B. Visible and near-infrared diffuse reflectance: spectra of pyroxenes as applied to remote sensing of solid objects in the solar system. *J. Geophys. Res.*, v. 79, p. 4829–4836, 1974.
- ALMEIDA, J. A. C.; DALL'AGNOL, R.; DIAS, S. B.; ALTHOFF, F. J. Origin of the Archean leucogranodiorite–granite suites: Evidence from the Rio Maria terrane and implications for granite magmatism in the Archean. *Lithos*, v. 187, p. 201–221, 2010.
- ALMEIDA, J. A. C.; DALL'AGNOL, R.; OLIVEIRA, M. A.; MACAMBIRA, M. J. B.; PIMENTEL, M. M.; RÄMÖ, O. T.; GUIMARÃES, F. V.; LEITE, A. A. S. Zircon geochronology and geochemistry of the TTG suites of the Rio Maria granite-greenstone terrane: Implications for the growth of the Archean crust of Carajás Province, Brazil. *Precambrian Research*, v. 120, p. 235–257, 2011.
- ARAÚJO, O. J. B.; MAIA, R. G. N.; JORGE-JOÃO, X. S.; COSTA, J. B. S. A megaestruturação da folha Serra dos Carajás. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE GEOLOGIA, 7., 1988. Anais. [S.l.: s.n.], 1988. p. 324–333.
- ARAÚJO, O. J. B.; MAIA, R. G. N. Serra dos Carajás: folha SB.22-Z-A. Estado do Pará. Escala 1:250.000. Texto explicativo. Brasília: DNPM/CPRM, 1991. 164 p.
- AVELAR, V. G.; LAFON, J. M.; CORREIA, F. C. Jr.; MACAMBIRA, B. E. M. O magmatismo arqueano da região de Tucumã, Província Mineral de Carajás, Amazônia Oriental, Brasil: novos dados geocronológicos. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 29, p. 453–460, 1999.
- BARBOSA, I. G. Mina do Bonito: tipologia e geoquímica dos minérios de ferro - Jucurutu/RN - Brasil. 2016. 194 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Fortaleza, 2016. Orientador: Prof. Dr. César Ulisses Vieira Veríssimo. Coorientador: Prof. Dr. Clóvis Vaz Parente.
- BARROS, C. E. M.; SARDINHA, A. S.; BARBOSA, J. P. O.; MACAMBIRA, M. J. B. Structure, petrology, geochemistry and zircon U/Pb and Pb/Pb geochronology of the synkinematic Archean (2.7 Ga) A-type granites from the Carajás Metallogenic Province, northern Brazil. *Canadian Mineralogist*, v. 47, p. 1423–1440, 2009.
- BEISIEGEL, V. R.; BERNADELLI, A. L.; DRUMMOND, N. F.; RUFF, A. W.; TREMAINE, J. W. Geologia e recursos minerais da Serra dos Carajás. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 3, p. 215–242, 1973.

- BONNET, A. L.; CORRIVEAU, L. Alteration vectors to metamorphosed hydrothermal systems in gneissic terranes. *Economic Geology*, v. 102, n. 7, p. 1355, nov. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.102.7.1355>.
- BURNS, R. Mineralogical applications of crystal field theory. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. 551.
- CAMPOS, L. M. Caracterização das zonas de alteração hidrotermal associadas à mineralização de ouro no greenstone belt Crixás – GO. 2019. xix, 165 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.
- CARVALHO, R. F. de. Análise da eficiência da sondagem rotoperfuração na jazida de ferro de Serra Sul, Serra dos Carajás - Pará. 2014. 125 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Geotécnica) – Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Núcleo de Geotecnia, Ouro Preto, 2014.
- CLARK, R. N. Chapter 1: Spectroscopy of rocks and minerals, and principles of spectroscopy. In: RENCZ, A. N. (Ed.). *Manual of Remote Sensing. Volume 3, Remote Sensing for the Earth Sciences*. New York: John Wiley and Sons, 1999. p. 3-58.
- CLARK, R. N.; ROUSH, T. L. Reflectance spectroscopy-quantitative analysis techniques for remote-sensing applications. *J. Geophys. Res.*, v. 89, p. 6329–6340, 1984.
- CLARK, R. N.; SWAYZE, G. A.; LIVO, K. E.; KOKALY, R. F.; SUTLEY, S. J.; DALTON, J. B.; McDOUGAL, R. R.; GENT, C. A. Imaging spectroscopy: earth and planetary remote sensing with the USGS tetraorder and expert systems. *J. Geophys. Res.*, v. 108, 5-1–5-44, 2003.
- CHNSPEC. Qual é a diferença entre espectral, multiespectral e hiperespectral? Disponível em: <https://chnspec.net/pt/Portuguese/spectral-multispectral-hyperspectral.html>.
- COELHO, C. E. S. Depósitos de ferro da Serra dos Carajás, Pará. In: SCHOBENHAUS, C.; COELHO, C.E.S. (Coord.). *Principais depósitos minerais do Brasil*. Brasília: DNPM/CVRD, 1986. v. 2, p. 29-64.
- CORDEIRO, R. P.; GALLI, V. L. A perfilagem sísmica na determinação de módulos de elasticidade dinâmicos em rochas. In: *I Simpósio Regional da Sociedade Brasileira de Geofísica*, São Paulo, 2004.
- DALL'AGNOL, R.; COSTI, H. T.; LEITE, A. A.; MAGALHÃES, M. S.; TEIXEIRA, N. P. Rapakivi granites from Brazil and adjacent areas. *Precambrian Research*, v. 95, p. 9-39, 1999.
- DALL'AGNOL, R.; LAFON, J. M.; MACAMBIRA, M. J. B. Proterozoic anorogenic magmatism in the Central Amazonian Province, Amazonian Craton: geochronological, petrological and geochemical aspects. *Mineralogical and Petrological*, v. 50, p. 113-138, 1994.

- DALL'AGNOL, R.; OLIVEIRA, M. A.; ALMEIDA, J. A. C.; ALTHOFF, F. J.; LEITE, A. A. S.; OLIVEIRA, D. C.; BARROS, C. E. M. Archean and paleoproterozoic granitoids of the Carajás Metallogenic Province, eastern Amazonian craton. In: SYMPOSIUM ON MAGMATISM, CRUSTAL EVOLUTION AND METALLOGENESIS OF THE AMAZONIAN CRATON, Belém. Excursion Guide, 2006. p. 99-150.
- DALL'AGNOL, R.; TEIXEIRA, N. P.; RÄMÖ, O. T.; MOURA, C. A. V.; MACAMBIRA, M. J. B.; OLIVEIRA, D. C. Petrogenesis of the Paleoproterozoic, rapakivi, A-type granites of the Archean Carajás Metallogenic Province, Brazil. *Lithos*, v. 80, p. 101-129, 2005.
- DALSTRA, H.; GUEDES, S. Giant hydrothermal hematite deposits with Mg-Fe metasomatism: A comparison of the Carajás, Hamersley, and other iron ore. *Economic Geology*, v. 99, p. 1793-1800, 2004.
- DARDENNE, M. A.; FERREIRA FILHO, C.F.; MEIRELLES, M.R. The role of shoshonitic and calc-alkaline suites in the tectonic evolution of the Carajás district, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 1, p. 363-372, 1988.
- DENTITH, M.; ENKIN, R. J.; MORRIS, W.; ADAMS, C.; BOURNE, B. Petrophysics and mineral exploration: a workflow for data analysis and a new interpretation framework. *Geophysical Prospecting*, v. 68, n. 1, p. 178-199, jan. 2020. DOI: 10.1111/1365-2478.12882.
- DENTITH, M.; MUDGE, S. T. *Geophysics for the mineral exploration geoscientist*. 1. ed. Perth: Cambridge University Press, 2014.
- DIAS, G. S.; MACAMBIRA, M. B.; DALL'AGNOL, R.; SOARES, A. D. V.; BARROS, C. E. M. Datações de zircões de sill de metagabro: comprovação de idade arqueana da Formação Águas Claras, Carajás, Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 5., 1996, Belém. Anais. Belém: SBG, 1996. p. 376-378.
- DOCEGEO. Revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás – Litoestratigrafia e principais depósitos minerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., 1988, Belém. Anais. Belém: SBG, 1988. p. 11-54.
- DUURING, P.; HASSAN, L.; ZELIC, M.; GESSNER, K. Geochemical and spectral footprint of metamorphosed and deformed VMS-style mineralization in the Quinns District, Yilgarn Craton, Western Australia. *Economic Geology*, v. 111, n. 6, p. 1411-1438, 2016. DOI: 10.2113/econgeo.111.6.1411.
- EOS. Imagens hiperspectrais e multiespectrais: diferenças e aplicações. 2024. Disponível em: <https://eos.com/pt/blog/imagens-hiperspectrais-e-multiespectrais>.

- FABRE, S.; NÉDÉLEC, A.; POITRASSON, F.; STRAUSS, H.; THOMAZO, C.; NOGUEIRA, A. Iron and sulphur isotopes from the Carajás mining province (Pará, Brazil): Implications for the oxidation of the ocean and the atmosphere across the Archaean–Proterozoic transition. *Chemical Geology*, v. 289, n. 1-2, p. 124-139, 2011. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2011.07.019.
- FEIO, G. R. L. Magmatismo granitoide arqueano da área de Canaã dos Carajás: implicações para a evolução crustal da Província Carajás. 2011. 205 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.
- FEIO, G. R. L.; DALL’AGNOL, R.; DANTAS, E. L.; MACAMBIRA, M. J. B.; GOMES, A. S.; SARDINHA, D. C.; OLIVEIRA, D. C.; SANTOS, R. D.; SANTOS, P. A. Geochemistry, geochronology, and origin of the Neoproterozoic Planalto Granite suite, Carajás, Amazonian craton: A-type or hydrated charnockitic granites? *Lithos*, 2012. Disponível em: DOI: 10.1016/j.lithos.2012.02.020.
- FERREIRA FILHO, C. F.; CANÇADO, F.; CORREA, C.; MACAMBIRA, E. M. B.; JUNQUEIRA-BROD, T. C.; SIEPIERSKI, L. Mineralizações estratiformes de PGE-Ni associadas a complexos acamadados em Carajás: os exemplos de Luanga e Serra da Onça. In: ROSA-COSTA, L. T.; KLEIN, E. L.; VIGLIO, E. P. (Ed.). *Contribuições à geologia da Amazônia*. Belém: SBG-Núcleo Norte, 2007. v. 5, p. 1-14.
- FERREIRA, V. N.; SILVA, A. M.; TOLEDO, C. L. B.; JÁCOMO, M. R.; ASSIS, L. M.; PIRES, A. C. B. The use of alternative methods for differentiation of banded iron formations and iron ore in the body N4WS, Serra Norte - Carajás Mineral Province. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 34, n. 1, p. 1-15, 2016. DOI: 10.22564/rbgf.v34i1.784.
- FIGUEIREDO E SILVA, R. C. Caracterização petrográfica e geoquímica de jaspilitos e minérios de ferro dos depósitos N1, N4W, N4E e N5E, Província Mineral Carajás, Pará: Implicações para a mineralização de ferro. 2004. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.
- FIGUEIREDO E SILVA, R. C.; LOBATO, L. M.; ROSIÈRE, C. A.; HAGEMANN, S.; ZUCCHETTI, M.; BAARS, F. J.; MORAIS, R.; ANDRADE, I. A hydrothermal origin for the jaspilite-hosted, giant Serra Norte iron ore deposits in the Carajás Mineral Province, Pará State, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 15, n. 10, Jan. 2008. DOI: 10.5382/Rev.15.10.
- FIGUEIREDO E SILVA, R. C.; LOBATO, L. M.; ROSIÈRE, C. A. Petrografia e geoquímica em jaspilitos e minérios hidrotermais de ferro dos depósitos da Serra Norte (N1, N4E, N4W e N5E), Província Mineral Carajás, Pará. In: SIMPÓSIO DE METALOGÊNIA, 1., Gramado. Anais... Gramado: SBG, 2005.

- FROST, B. R. Introduction to oxygen fugacity and its petrologic importance. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, v. 25, n. 1, p. 1-9, 1991.
- FRYER, B. J.; FYFE, W. S.; KERRICH, R. Archean volcanogenic oceans. *Chemical Geology*, n. 24, p. 25-33, 1979.
- FRYER, B. J. Rare earth elements in iron-formation. In: TRENDAL, A. F.; MORRIS, R. C. (Eds.). *Iron-Formation: Facts and Problems*. Amsterdam: Elsevier, 1983. p. 345-358.
- GIBBS, A. K.; WIRTH, K. R.; HIRATA, W. K.; OLSZEWSKI Jr., W. J. Age and composition of the Grão Pará Group volcanics, Serra dos Carajás. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 16, p. 201-211, 1986.
- GOMES, A. C. B. Geologia, petrografia e geoquímica dos granitoides de Canaã dos Carajás, SE do Estado do Pará. 2003. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2003.
- GRAF, J. L. Rare earth elements, iron formations and sea water. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, n. 42, p. 1845-1850, 1978.
- GUEDES, S. C.; ROSIÈRE, C. A.; BARLEY, M.; LOBATO, L. M. Carbonate alteration associated with the Carajás high-grade hematite deposits. *Australasian Institute of Mining and Metallurgy Publications Series*, v. 7, p. 63-66, 2002.
- HEARST, J. R.; NELSON, P. H.; PAILLETT, F. L. Well logging for physical properties: a handbook for geophysicists, geologists, and engineers. 2nd ed. New York: Wiley, 2000.
- HIRATA, W. K.; RIGON, J. C.; KADEKARU, K.; CORDEIRO, A. A. C.; MEIRELES, E. A. Geologia regional da Província Mineral de Carajás. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1., 1982, Belém. Anais. Belém: SBG, 1982. p. 100-110.
- HOLDSWORTH, R.; PINHEIRO, R. The anatomy of shallow-crustal transpressional structures: insights from the Archean Carajás fault zone, Amazon, Brazil. *Journal of Structural Geology*, v. 22, p. 1105-1123, 2000.
- HUHN, S. B.; MACAMBIRA, M. J. B.; DALL'AGNOL, R. Geologia e geocronologia Pb-Pb do Granito Alcalino Planalto, Região da Serra do Rabo, Carajás-PA. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6. Boletim de Resumos, 1999. p. 463-466.
- HUNT, C. P.; MOSKOWITZ, B. M.; BANERJEE, S. K. Magnetic properties of rocks and minerals. In: *ROCK PHYSICS & PHASE RELATIONS*. 3. ed. 1995.
- HUNT, G. R. Spectral signatures of particulate minerals in the visible and near infrared. *Geophysics*, v. 42, n. 3, p. 501-513, 1977. DOI: 10.1190/1.1440721.
- HYSPEX. Hyperspectral imaging cameras. 2024. Disponível em: <https://www.hyspex.com>.

- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data. Vienna: IAEA, 2003. (IAEA-TECDOC-1363). ISBN 92-0-108303-3.
- JUSTO, A. P. As formações ferríferas bandadas (BIFs) e a evolução paleoambiental e geodinâmica da Bacia de Carajás. 2018. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Brasília, 2018. Orientador: E. L. Dantas.
- JUSTO, A. P.; DANTAS, E. L.; BAU, M.; FREITAS-SILVA, F. H.; SANTOS, R. V.; SCHORSCHER, J. H. D. Paleobasinal to band-scale REE+Y distribution in iron formations from Carajás, Amazon Craton, Brazil. *Ore Geology Reviews*, v. 127, p. 103750, 2020. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2020.103750.
- JUSTO, A. P.; LOPES, E. S. Programa Geologia do Brasil - PGB: Serra dos Carajás, Folha SB.22-Z-A-II. Estado do Pará. Carta Geológica. Belém: CPRM, 2014. 1 mapa colorido, 103 x 77 cm. Escala 1:100.000.
- KEAREY, P.; BROOKS, M.; HILL, I. Geofísica de exploração. Tradução Maria Cristina Moreira Coelho. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. Originalmente publicado como *An introduction to geophysical exploration*.
- KLEIN, C.; BEUKES, N. J. Proterozoic Iron-Formations. In: KONDIE, K. C. (Ed.). *Proterozoic Crustal Evolution*. Amsterdam-New York-Tokyo: Elsevier Science Publishers, 1992. p. 383-418.
- KLEIN, C.; LADEIRA, E. A. Petrography and geochemistry of the least altered banded iron-formation of the Archean Carajás Formation, Northern Brazil. *Economic Geology*, v. 97, p. 643-651, 2002.
- KONHAUSER, K. O.; AMSKOLD, L.; POSTH, N. R.; KAPPLER, A.; ANBAR, A. Decoupling photochemical Fe(II) oxidation from shallow-water BIF deposition. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 258, p. 87–100, 2007a.
- KONHAUSER, K. O.; LALONDE, S.; AMSKOLD, L.; HOLLAND, H. D. Was there really an Archean phosphate crisis? *Science*, v. 315, p. 1234, 2007b.
- KONHAUSER, K.; NEWMAN, D. K.; KAPPLER, A. The potential significance of microbial Fe(III) reduction during deposition of Precambrian banded iron formations. *Geobiology*, v. 3, p. 167–177, 2005.

- LINDENMAYER, Z. G.; LAUX, J. H.; TEIXEIRA, J. B. G. Considerações sobre a origem das formações ferríferas da Formação Carajás, Serra dos Carajás. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 31, p. 21-28, 2001.
- LOBATO, L. M.; ROSIÈRE, C. A.; FUIGUEIREDO E SILVA, R. C.; ZUCCHETTI, M.; BAARS, F. J.; SEDANE, J. C. S.; JAVIER RIOS, F.; PIMENTEL, M.; MENDES, G. E.; MONTEIRO, A. M. A mineralização hidrotermal de ferro da Província Mineral de Carajás – controle estrutural e contexto na evolução metalogenética da província. In: MARINI, O. J.; QUEIROZ, E. T.; RAMOS, B. W. (Eds.). *Caracterização de Depósitos Minerais em Distritos Mineiros da Amazônia*. Brasília: DNPM-CT-Mineral-FINEP-ADIMB, 2005. p. 25-92.
- MACAMBIRA, J. B.; BORGES, A. W. G. Arranjo estrutural da Formação Carajás na Jazida N4E. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4., 1994, Belém. *Boletim de Resumos Expandidos*. Belém: SBG-NO, 1994. p. 331-334.
- MACAMBIRA, J. B. O ambiente deposicional da Formação Carajás e uma proposta de modelo evolutivo para a Bacia Grão Pará. 2003. 217 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- MACAMBIRA, J. B. Os possíveis microfósseis da Formação Carajás - Pará. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 37., São Paulo: SBG, 1992. v. 2, p. 483-484.
- MACHADO, N.; LINDENMAYER, D. H.; KROUGH, T. E.; LINDENMAYER, Z. G. U-Pb geochronology of Archean magmatism and basement reactivation in the Carajás area, Amazon Shield, Brazil. *Precambrian Research*, v. 49, p. 329-354, 1991.
- MARTINS, P. L. G.; TOLEDO, C. L. B.; SILVA, A. M.; CHEMALE JR, F.; SANTOS, J. O. S.; ASSIS, L. M. Neoproterozoic magmatism in the southeastern Amazonian Craton, Brazil: Petrology, geochemistry and tectonic significance of basalts from the Carajás Basin. *Precambrian Research*, v. 302, p. 340-357, 2017.
- MARTINS, P. L. G.; TOLEDO, C. L. B.; SILVA, A. M.; CHEMALE JR., F.; ARCHER, C.; ASSIS, L. M. Chemostratigraphy of the Carajás banded iron formation, Brazil: A record of Neoproterozoic Ocean chemistry. *Gondwana Research*, v. 105, p. 217-242, 2022.
- MEDEIROS, V. C.; DUARTE, T. B.; WANDERLEY, A. A.; SANTOS, P. A.; LIMA, E. S.; MOREIRA JUNIOR, A. S. Instrução Técnica DIGEOB 06 – 01.07.2020: Símbolos de elementos químicos e abreviaturas de minerais e rochas utilizados em mapas e relatórios. Serviço Geológico do Brasil – CPRM, Divisão de Geologia Básica, 2020.

- MEIRELLES, M. R.; DARDENNE, M. A. Vulcanismo basáltico de afinidade shoshonítica em ambiente de arco arqueano, Grupo Grão Pará, Serra dos Carajás, PA. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 21, p. 41-50, 1991.
- MEIRELLES, M. R. Geoquímica e petrologia dos jaspilitos e rochas vulcânicas associadas, Grupo Grão-Pará, Serra dos Carajás. 1986. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 1986.
- MELLO, S. L. M.; QUENTAL, S. H. A. J. Depósitos de sulfetos metálicos no fundo dos oceanos. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 18, n. 3, p. 411-425, 2000. DOI: 10.1590/S0102-261X2000000300014.
- MELO, J. Jazida N4E: Geologia e Reservas, Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás. Rio de Janeiro: Amazônia Mineração S/A, 1981. v. 4.
- MONTEIRO, L. V. S.; XAVIER, R. P.; SOUZA FILHO, C. R.; MORETO, C. P. N. Metalogênese da Província Carajás. In: SILVA, M. G.; ROCHA NETO, M. B.; JOST, H.; KUYUMJIAN, R. M. Metalogênese das Províncias Tectônicas Brasileiras. Brasília: CPRM, 2014. p. 43-84.
- MORETO, C. P. N. O depósito de óxido de ferro-cobre-ouro Bacaba, Província Mineral de Carajás: geocronologia U-Pb das rochas hospedeiras. 2010. 85 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.
- MORETO, C. P. N.; MONTEIRO, L. V. S.; XAVIER, R. P.; AMARAL, W. S.; SANTOS, T. J. S.; JULIANI, C.; SOUZA FILHO, C. R. Mesoarchean (3.0 and 2.86 Ga) host rocks of the iron oxide–Cu–Au Bacaba deposit, Carajás Mineral Province: U–Pb geochronology and metallogenetic implications. *Mineralium Deposita*, v. 46, p. 789-811, 2011.
- MOUGEOT, R.; RESPAUT, J. P.; BRIQUEU, L.; LEDRU, P.; MILESI, J. P.; MACAMBIRA, M. J. B.; HUHN, S. B. Geochronological constraints for the age of the Águas Claras Formation (Carajás Province, Pará, Brazil). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., 1996, Salvador. Anais. Salvador: SBG, 1996. v. 6, p. 579-581.
- NANCE, W. B.; TAYLOR, S. R. Rare earth element patterns and crustal evolution—I. Australian post-Archean sedimentary rocks. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 40, n. 12, p. 1539–1551, 1976. DOI: 10.1016/0016-7037(76)90093-4.
- NOGUEIRA, A. C. R.; TRUCKENBRODT, W.; PINHEIRO, R. V. L. Formação Águas Claras, Pré-Cambriano da Serra dos Carajás: redescritção e redefinição litoestratigráfica. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, v. 7, p. 177-277, 1995.

- OLIVEIRA, M. A.; DALL'AGNOL, R.; ALTHOFF, F. J.; LEITE, A. A. S. Mesoarchean sanukitoid rocks of the Rio Maria Granite-Greenstone Terrane, Amazonian craton, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 27, p. 146-160, 2009.
- OLIVEIRA, M. A.; DALL'AGNOL, R.; SCAILLET, B. Petrological constraints on crystallization conditions of Mesoarchean Sanukitoid Rocks, southeastern Amazonian craton, Brazil. *Journal of Petrology*, v. 51, p. 2121-2148, 2010.
- PIDGEON, R. T.; MACAMBIRA, M. J. B.; LAFON, J. M. Th–U–Pb isotopic systems and internal structures of complex zircons from an enderbite from the Pium Complex, Carajás Province, Brazil: evidence for the ages of granulite facies metamorphism and the protolith of the enderbite. *Chemical Geology*, v. 166, p. 159-171, 2000.
- PINHEIRO, R. V. L.; HOLDSWORTH, R. E. Reactivation of Archaean strike-slip fault systems, Amazon region, Brazil. *Journal of the Geological Society of London*, v. 154, p. 99-103, 1997.
- PINHEIRO, R. V. L.; NOGUEIRA, A. C. R. Carajás: bacia transtensiva invertida em fl or positiva ou segmento de bacia extensional localmente invertida por transpressão? In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 8., 2003, Belém. Resumos Expandidos. Belém: SBG, 2003.
- PLANAVSKY, N.; ROUXEL, O.; BEKKER, A.; SHAPIRO, R.; FRALICK, P.; KNUDSEN, A. Iron-oxidizing microbial ecosystems thrived in late Paleoproterozoic redox-stratified oceans. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 286, n. 1-2, p. 230–242, 2009.
- POSTH, N. R.; KÖHLER, I.; SWANNER, E. D.; SCHRÖDER, C.; WELLMANN, E.; BINDER, B.; KONHAUSER, K. O.; NEUMANN, U.; BERTHOLD, C.; NOWAK, M.; KAPPLER, A. Simulating Precambrian banded iron formation diagenesis. *Chemical Geology*, v. 362, p. 66-73, 2013. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2013.05.035.
- PRADO, E. M. G.; SILVA, A. M.; DUCART, D. F.; TOLEDO, C. L. B.; ASSIS, L. M. Reflectance spectroradiometry applied to a semi-quantitative analysis of the mineralogy of the N4ws deposit, Carajás Mineral Province, Pará, Brazil. *Ore Geology Reviews*, v. 78, p. 101-119, 2016.
- REZENDE, N. P.; BARBOSA, A. L. M. Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás, Estado do Pará. Companhia Vale do Rio Doce, Companhia Meridional de Mineração. Relatório Técnico entregue ao Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM). Rio de Janeiro, 1972. Vol. I: Texto, 250 p.; Vol. II: Mapas e Seções Geológicas, p. 119.
- ROBB, L. J. Introduction to ore-forming processes. Malden: Blackwell Publishing, 2005.
- ROSIERE, C. A.; BAARS, F. J.; SEOANE, J. C. S.; LOBATO, L. M.; SILVA, L. L.; MENDES, G. E. Structure and iron mineralization of the Carajás Province. *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy*, v. B115, p. 126-133, 2006.

- ROSIÈRE, C. A.; CHEMALE JR, F. Brazilian iron formations and their geological setting. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 30, n. 2, p. 274-278, jun. 2000.
- SANTOS, J. O. S. Geotectônica do Escudo das Guianas e Brasil-Central. In: BIZZI, L. A. (Ed.). *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG*. Brasília: CPRM, 2003. p. 169-226.
- SANTOS, J. O. S.; HARTMANN, L. A.; GAUDETTE, H. E.; GROVES, D. I.; McNAUGHTON, N. J.; FLETCHER, I. R. New understanding of the Amazon Craton provinces, based on field work and radiogenic isotope data. *Gondwana Research*, v. 3, p. 453-488, 2000.
- SILVA, M. G.; TEIXEIRA, J. B. G.; PIMENTEL, M. M.; VASCONCELOS, P. M.; ARIELO, A.; ROCHA, W. J. S. F. Geologia e mineralizações de Fe-Cu-Au do Alvo GT46 (Igarapé Cinzento, Carajás). In: MARINI, O. J.; QUEIROZ, E. T.; RAMOS, B. W. (Ed.). *Caracterização de Depósitos Minerais em Distritos Mineiros da Amazônia*. Brasília: DNPM-CT-Mineral-FINEP-ADIMB, 2005. p. 94-151.
- SPECIM. Hyperspectral cameras. 2024. Disponível em: <https://www.specim.com/hyperspectral-cameras>.
- TALLARICO, F. H. B.; FIGUEIREDO, B. R.; GROVES, D. I.; KOSTICIN, N.; MCNAUGHTON, N. J.; FLETCHER, I. R.; REGO, J. L. Geology and SHRIMP U-Pb geochronology of the Igarapé Bahia deposit, Carajás copper-gold belt, Brazil: an Archean (2.57 Ga) example of iron-oxide Cu-Au-(U-REE) mineralization. *Economic Geology*, v. 100, p. 7-28, 2005.
- TALLARICO, F. H. B. O cinturão cupro-aurífero de Carajás, Brasil. 2003. 229 f. Tese (Doutorado em Ciências, área de Metalogênese) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, 2003.
- TASSINARI, C. C. G.; MACAMBIRA, M. J. B. A evolução tectônica do Cráton Amazônico. In: MANTESSO NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO NEVES, B. B. de (Org.). *Geologia do continente Sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca, 2004. p. 471-485.
- TAYLOR, S. R.; McLENNAN, S. M. *The continental crust: its composition and evolution*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1985. 312 p.
- TEIXEIRA, J. B. G. Geochemistry, petrology, and tectonic setting of archean basaltic and dioritic rocks from the N4 Iron deposit, Serra dos Carajás, Pará, Brazil. 1994. 161 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Departamento de Geociências, Penn State University, 1994.

- TEIXEIRA, J. B. G.; LINDENMAYER, Z. G.; SILVA, M. G. Depósitos de óxido de Fe, Cu-Au de Carajás. In: BRITO, R. S. C.; SILVA, M. G.; KUYUMJIAN, R. M. (Org.). Modelos de depósitos de cobre do Brasil e sua resposta ao intemperismo. Brasília: CPRM, 2010. p. 15-48.
- TOLBERT, G. E.; TREMAINE, J. W.; MELCHER, G. C.; GOMES, C. B. The recently discovered Serra dos Carajás iron deposits, Northern Brazil. *Economic Geology*, v. 66, p. 985-994, 1971.
- TRENDALL, A. F.; BASEI, M. A. S.; DE LAETER, J. R.; NELSON, D. R. SHRIMP U-Pb constraints on the age of the Carajás Formation, Grão Pará Group, Amazon Craton. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 11, p. 265-277, 1998.
- VAN DER MEER, F. Analysis of spectral absorption features in hyperspectral imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 5, n. 1, p. 55-68, 2004. DOI: 10.1016/j.jag.2003.09.001.
- VASQUEZ, M. L.; ROSA-COSTA, L. T.; SILVA, C. G.; RICCI, P. F.; BARBOSA, J. O.; KLEIN, E. L.; LOPES, E. S.; MACAMBIRA, E. B.; CHAVES, C. L.; CARVALHO, J. M.; OLIVEIRA, J. G.; ANJOS, G. C.; SILVA, H. R. Geologia e recursos minerais do Estado do Pará: sistema de informações geográficas – SIG. Texto explicativo dos mapas geológico e tectônico e de recursos minerais do Estado do Pará. Belém: CPRM, 2008. Escala 1:1.000.000.
- WIRTH, K. R.; GIBBS, A. K.; OLSZEWSKI, W. J. JR. U-Pb ages of zircons from the Grão Pará Group and Serra dos Carajás granite, Pará, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 16, p. 195-200, 1986.
- ZUCCHETTI, M. Rochas máficas do Grupo Grão Pará e sua relação com a mineralização de ferro dos depósitos N4E e N5, Carajás, PA. 2007. 165 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- ZURKOWSKI, C. C.; YANG, J.; CHARITON, S.; PRAKAPENKA, V. B.; FEI, Y. Synthesis and stability of an eight-coordinated Fe₃O₄ high-pressure phase: Implications for the mantle structure of super-Earths. *JGR Planets*, v. 127, n. 4, 2022. Disponível em: DOI: 10.1029/2022JE007344.

ANEXOS

Seguem as tabelas com os resultados integrais das análises geoquímicas, realizadas nas amostras dos testemunhos de sondagem dos furos SN4-FD00021 e SN4-FD00144.

METHOD CODE						ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06
UNIT						pct	pct	pct	pct	pct	pct
LOWER LIMIT						0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
UPPER LIMIT						100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Al2O3	BaO	CaO	Cr2O3	Fe2O3	K2O
SN4-FD00021	0.00	0.20	SN4-FD00021-01	0.2	AT	11.71	0.06	4.54	0.02	14.93	1.01
SN4-FD00021	4.00	"	SN4-FD00021-02	0.2	AT	5.32	0.01	0.03	0.01	30.99	0.01
SN4-FD00021	8.00	8.20	SN4-FD00021-03	0.2	JP	4.47	0.01	0.03	0.01	16.71	0.02
SN4-FD00021	12.00	12.20	SN4-FD00021-04	0.2	JP	2.71	0.01	0.02	0.01	14.71	0.02
SN4-FD00021	16.00	16.20	SN4-FD00021-05	0.2	JP	3.56	0.01	0.01	0.01	25.62	0.02
SN4-FD00021	20.00	20.20	SN4-FD00021-06	0.2	JP	6.05	0.01	0.01	0.01	34.38	0.01
SN4-FD00021	24.00	24.20	SN4-FD00021-07	0.2	JP	9.80	0.01	0.01	0.07	16.11	0.63
SN4-FD00021	27.45	27.55	SN4-FD00021-08	0.1	BS	18.90	0.05	0.16	0.01	13.07	2.26
SN4-FD00021	28.00	28.20	SN4-FD00021-09	0.2	BS	16.84	0.05	0.15	0.01	14.04	1.63
SN4-FD00021	32.00	32.20	SN4-FD00021-10	0.2	JP	11.17	0.03	1.43	0.01	18.17	0.54
SN4-FD00021	36.00	36.20	SN4-FD00021-11	0.2	BS	14.21	0.16	1.86	0.01	11.19	1.55
SN4-FD00021	40.00	40.20	SN4-FD00021-12	0.2	BS	15.65	0.13	1.04	0.01	10.38	1.59
SN4-FD00021	44.00	44.20	SN4-FD00021-13	0.2	BS	15.27	0.16	2.15	0.01	9.96	1.58
SN4-FD00021	48.00	48.20	SN4-FD00021-14	0.2	BS	16.07	0.05	0.21	0.01	10.80	1.11
SN4-FD00021	52.00	52.20	SN4-FD00021-15	0.2	BS	17.16	0.08	0.48	0.01	11.02	1.82
SN4-FD00021	56.00	56.20	SN4-FD00021-16	0.2	BS	17.10	0.08	1.35	0.01	10.52	1.14
SN4-FD00021	56.80	56.90	SN4-FD00021-17	0.1	BS	15.06	0.24	4.40	0.01	8.84	1.53
SN4-FD00021	60.00	60.20	SN4-FD00021-18	0.2	BS	14.92	0.12	3.79	0.01	9.77	1.44
SN4-FD00021	64.00	64.20	SN4-FD00021-19	0.2	BS	15.21	0.10	1.75	0.01	10.53	1.41
SN4-FD00021	68.00	68.20	SN4-FD00021-20	0.2	BS	15.84	0.06	0.71	0.01	13.16	1.39
SN4-FD00021	72.00	72.20	SN4-FD00021-21	0.2	BS	16.36	0.08	1.93	0.01	10.47	1.69
SN4-FD00021	76.00	76.20	SN4-FD00021-22	0.2	BS	14.73	0.15	4.37	0.01	10.16	2.11
SN4-FD00021	80.00	80.20	SN4-FD00021-23	0.2	BS	15.92	0.12	2.31	0.01	11.87	1.57
SN4-FD00021	84.00	84.20	SN4-FD00021-24	0.2	BS	17.99	0.08	3.73	0.01	10.79	1.81
SN4-FD00021	88.00	88.20	SN4-FD00021-25	0.2	BS	14.00	0.09	0.72	0.01	17.65	1.69
SN4-FD00021	92.00	92.20	SN4-FD00021-26	0.2	BS	17.31	0.07	0.43	0.01	11.47	1.82
SN4-FD00021	96.00	96.20	SN4-FD00021-27	0.2	BS	15.35	0.04	1.77	0.01	12.30	1.02
SN4-FD00021	100.00	100.20	SN4-FD00021-28	0.2	BS	16.42	0.06	2.37	0.01	12.73	1.24

METHOD CODE						ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06
UNIT						pct	pct	pct	pct	pct	pct
LOWER LIMIT						0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
UPPER LIMIT						100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Al2O3	BaO	CaO	Cr2O3	Fe2O3	K2O
SN4-FD00021	104.00	104.20	SN4-FD00021-29	0.2	BS	13.34	0.05	3.60	0.01	10.76	0.37
SN4-FD00021	108.00	108.20	SN4-FD00021-30	0.2	BS	16.32	0.05	4.23	0.01	10.95	1.18
SN4-FD00021	112.00	112.20	SN4-FD00021-31	0.2	BS	15.65	0.09	3.36	0.01	9.97	1.58
SN4-FD00021	116.00	116.20	SN4-FD00021-32	0.2	BS	15.20	0.13	4.34	0.01	9.98	1.47
SN4-FD00021	120.00	120.20	SN4-FD00021-33	0.2	BS	14.94	0.09	3.48	0.01	9.98	1.36
SN4-FD00021	124.00	124.20	SN4-FD00021-34	0.2	BS	15.08	0.12	3.71	0.02	10.33	1.29
SN4-FD00021	128.00	128.20	SN4-FD00021-35	0.2	BS	14.73	0.12	7.25	0.01	9.40	1.42
SN4-FD00021	132.00	132.20	SN4-FD00021-36	0.2	BS	14.92	0.22	6.37	0.01	9.07	0.87
SN4-FD00021	136.00	136.20	SN4-FD00021-37	0.2	BS	15.52	0.06	3.72	0.01	9.52	0.73
SN4-FD00021	140.00	140.20	SN4-FD00021-38	0.2	BS	16.85	0.09	0.58	0.01	9.65	1.62
SN4-FD00021	144.00	144.20	SN4-FD00021-39	0.2	BS	16.54	0.11	3.13	0.01	9.62	2.34
SN4-FD00021	148.00	148.20	SN4-FD00021-40	0.2	BS	15.58	0.14	1.88	0.01	9.04	1.78
SN4-FD00021	152.00	152.20	SN4-FD00021-41	0.2	BS	15.71	0.19	4.63	0.01	8.94	2.09
SN4-FD00021	156.20	156.40	SN4-FD00021-42	0.2	BS	13.06	0.17	5.75	0.01	8.38	1.59
SN4-FD00021	160.00	160.20	SN4-FD00021-43	0.2	BS	15.80	0.10	3.06	0.01	10.80	1.94
SN4-FD00021	164.00	164.20	SN4-FD00021-44	0.2	BS	15.51	0.23	3.71	0.01	9.72	2.70
SN4-FD00021	168.00	168.20	SN4-FD00021-45	0.2	BS	16.23	0.17	1.62	0.01	9.56	3.05
SN4-FD00021	172.00	172.20	SN4-FD00021-46	0.2	BS	14.86	0.41	4.02	0.01	9.53	2.73
SN4-FD00021	176.00	176.20	SN4-FD00021-47	0.2	BS	14.87	0.30	1.87	0.01	10.56	2.89
SN4-FD00021	177.40	177.50	SN4-FD00021-48	0.1	BS	16.40	0.10	2.58	0.01	9.71	1.94
SN4-FD00021	180.00	180.20	SN4-FD00021-49	0.2	BA	16.86	0.05	0.03	0.01	13.76	0.76
SN4-FD00021	184.00	184.20	SN4-FD00021-50	0.2	BA	16.68	0.17	0.02	0.01	16.75	0.42
SN4-FD00021	188.00	188.20	SN4-FD00021-51	0.2	JP	1.20	0.01	0.05	0.01	41.02	0.03
SN4-FD00021	192.00	192.05	SN4-FD00021-52	0.05	JP	0.21	0.01	0.03	0.01	41.81	0.01
SN4-FD00021	196.00	196.20	SN4-FD00021-53	0.2	JP	0.35	0.01	0.04	0.01	48.43	0.01
SN4-FD00021	200.00	200.20	SN4-FD00021-54	0.2	JP	0.98	0.09	0.02	0.01	41.58	0.02
SN4-FD00021	204.00	204.20	SN4-FD00021-55	0.2	JP	0.19	0.01	0.02	0.01	42.48	0.01
SN4-FD00021	208.00	208.20	SN4-FD00021-56	0.2	JP	0.18	0.01	0.01	0.01	57.27	0.01

METHOD CODE						ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06
UNIT						pct	pct	pct	pct	pct	pct
LOWER LIMIT						0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
UPPER LIMIT						100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Al2O3	BaO	CaO	Cr2O3	Fe2O3	K2O
SN4-FD00021	212.00	212.20	SN4-FD00021-57	0.2	FMN	5.05	1.20	0.01	0.01	57.78	0.44
SN4-FD00021	216.00	216.20	SN4-FD00021-58	0.2	JP	3.09	0.05	0.02	0.01	54.49	0.01
SN4-FD00021	220.00	220.20	SN4-FD00021-59	0.2	JP	2.30	0.01	0.01	0.01	82.06	0.01
SN4-FD00021	224.00	224.20	SN4-FD00021-60	0.2	JP	3.01	0.02	0.02	0.01	81.51	0.07
SN4-FD00021	228.00	228.20	SN4-FD00021-61	0.2	JP	3.11	0.02	0.04	0.01	82.67	0.12
SN4-FD00021	232.00	232.20	SN4-FD00021-62	0.2	JP	0.95	0.01	0.01	0.01	93.61	0.01
SN4-FD00021	236.00	236.20	SN4-FD00021-63	0.2	HC	0.38	0.01	0.01	0.01	78.98	0.01
SN4-FD00021	240.00	240.20	SN4-FD00021-64	0.2	HC	0.38	0.01	0.01	0.01	95.83	0.01
SN4-FD00021	244.00	244.20	SN4-FD00021-65	0.2	HC	0.20	0.01	0.01	0.01	93.61	0.01
SN4-FD00021	248.00	248.20	SN4-FD00021-66	0.2	HC	0.31	0.01	0.02	0.01	91.01	0.01
SN4-FD00021	252.00	252.20	SN4-FD00021-67	0.2	HC	0.25	0.01	0.01	0.01	91.89	0.01
SN4-FD00021	256.00	256.20	SN4-FD00021-68	0.2	HC	0.33	0.01	0.01	0.01	96.99	0.01
SN4-FD00021	260.00	260.20	SN4-FD00021-69	0.2	HC	0.68	0.01	0.01	0.01	97.57	0.01
SN4-FD00021	264.00	264.20	SN4-FD00021-70	0.2	HC	0.39	0.01	0.01	0.01	98.55	0.01
SN4-FD00021	268.00	268.20	SN4-FD00021-71	0.2	HC	0.52	0.01	0.01	0.01	97.80	0.01
SN4-FD00021	272.00	272.20	SN4-FD00021-72	0.2	HC	0.62	0.01	0.01	0.01	96.68	0.01
SN4-FD00021	276.00	276.20	SN4-FD00021-73	0.2	HC	0.44	0.01	0.01	0.01	99.47	0.01
SN4-FD00021	280.00	280.20	SN4-FD00021-74	0.2	HC	0.23	0.01	0.01	0.01	96.81	0.01
SN4-FD00021	284.00	284.20	SN4-FD00021-75	0.2	HC	0.16	0.01	0.01	0.01	96.91	0.01
SN4-FD00021	288.00	288.20	SN4-FD00021-76	0.2	HC	0.50	0.01	0.01	0.01	97.31	0.01
SN4-FD00021	292.00	292.20	SN4-FD00021-77	0.2	HC	0.25	0.01	0.01	0.01	98.84	0.01
SN4-FD00021	296.00	296.20	SN4-FD00021-78	0.2	HC	0.13	0.01	0.01	0.01	100.00	0.01
SN4-FD00021	300.00	300.20	SN4-FD00021-79	0.2	HC	0.32	0.01	0.01	0.01	96.35	0.01
SN4-FD00021	304.00	304.20	SN4-FD00021-80	0.2	HC	1.00	0.01	0.01	0.01	94.89	0.01
SN4-FD00021	308.00	308.20	SN4-FD00021-81	0.2	HC	0.57	0.01	0.01	0.01	97.45	0.01
SN4-FD00021	312.00	312.20	SN4-FD00021-82	0.2	HC	1.64	0.01	0.01	0.01	93.26	0.01
SN4-FD00021	316.00	316.20	SN4-FD00021-83	0.2	HC	0.33	0.01	0.01	0.01	97.47	0.01
SN4-FD00021	320.00	320.20	SN4-FD00021-84	0.2	HC	1.43	0.01	0.01	0.01	96.57	0.01

METHOD CODE						ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06
UNIT						pct	pct	pct	pct	pct	pct
LOWER LIMIT						0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
UPPER LIMIT						100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Al2O3	BaO	CaO	Cr2O3	Fe2O3	K2O
SN4-FD00021	324.00	324.20	SN4-FD00021-85	0.2	HC	0.49	0.01	0.01	0.01	97.17	0.01
SN4-FD00021	328.00	328.20	SN4-FD00021-86	0.2	HC	0.34	0.01	0.01	0.01	99.17	0.01
SN4-FD00021	332.00	332.20	SN4-FD00021-87	0.2	HC	0.49	0.01	0.01	0.01	96.30	0.01
SN4-FD00021	336.00	336.20	SN4-FD00021-88	0.2	HC	0.38	0.01	0.01	0.01	97.19	0.01
SN4-FD00021	340.00	340.20	SN4-FD00021-89	0.2	HC	1.27	0.01	0.01	0.01	97.44	0.01
SN4-FD00021	344.00	344.20	SN4-FD00021-90	0.2	HC	1.16	0.01	0.01	0.01	95.94	0.01
SN4-FD00021	346.00	346.20	SN4-FD00021-91	0.2	HC	0.81	0.01	0.01	0.01	98.56	0.01
SN4-FD00021	350.00	350.20	SN4-FD00021-92	0.2	HC	0.67	0.01	0.01	0.01	94.04	0.01
SN4-FD00021	354.00	354.20	SN4-FD00021-93	0.2	BS	14.69	0.02	0.03	0.02	30.57	0.58
SN4-FD00021	358.00	358.20	SN4-FD00021-94	0.2	BS	11.68	0.01	0.13	0.01	22.87	0.07
SN4-FD00021	362.00	362.20	SN4-FD00021-95	0.2	BS	14.68	0.01	0.18	0.02	25.37	0.11
SN4-FD00021	368.00	368.20	SN4-FD00021-96	0.2	BS	14.04	0.01	0.14	0.02	21.76	0.06
SN4-FD00021	370.80	370.90	SN4-FD00021-99	0.1	BS	14.05	0.02	0.27	0.02	20.42	0.63
SN4-FD00021	372.00	372.20	SN4-FD00021-97	0.2	BS	13.81	0.02	0.17	0.03	21.31	0.09
SN4-FD00021	376.00	376.15	SN4-FD00021-98	0.15	BS	14.50	0.02	0.17	0.02	22.75	0.08

METHOD CODE						ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06
UNIT						pct	pct	pct	pct	pct	pct
LOWER LIMIT						0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
UPPER LIMIT						100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	MgO	MnO	Na2O	P2O5	SiO2	SrO
SN4-FD00021	0.00	0.20	SN4-FD00021-01	0.2	AT	4.20	0.27	1.08	0.07	58.21	0.01
SN4-FD00021	4.00	"	SN4-FD00021-02	0.2	AT	0.13	0.65	0.02	0.05	58.90	0.01
SN4-FD00021	8.00	8.20	SN4-FD00021-03	0.2	JP	0.41	0.58	0.01	0.06	75.55	0.01
SN4-FD00021	12.00	12.20	SN4-FD00021-04	0.2	JP	0.07	0.45	0.01	0.03	79.46	0.01
SN4-FD00021	16.00	16.20	SN4-FD00021-05	0.2	JP	0.06	0.62	0.01	0.03	67.91	0.01
SN4-FD00021	20.00	20.20	SN4-FD00021-06	0.2	JP	0.09	0.78	0.01	0.04	51.95	0.01
SN4-FD00021	24.00	24.20	SN4-FD00021-07	0.2	JP	4.19	0.42	0.03	0.05	63.45	0.01
SN4-FD00021	27.45	27.55	SN4-FD00021-08	0.1	BS	12.52	0.66	0.03	0.11	43.90	0.01
SN4-FD00021	28.00	28.20	SN4-FD00021-09	0.2	BS	12.37	0.67	0.03	0.10	47.02	0.01
SN4-FD00021	32.00	32.20	SN4-FD00021-10	0.2	JP	4.25	0.79	0.32	0.04	56.49	0.01
SN4-FD00021	36.00	36.20	SN4-FD00021-11	0.2	BS	8.11	0.33	3.10	0.08	53.53	0.01
SN4-FD00021	40.00	40.20	SN4-FD00021-12	0.2	BS	8.44	0.32	0.99	0.09	51.03	0.01
SN4-FD00021	44.00	44.20	SN4-FD00021-13	0.2	BS	7.43	0.28	2.94	0.09	53.56	0.02
SN4-FD00021	48.00	48.20	SN4-FD00021-14	0.2	BS	18.87	0.37	0.03	0.10	40.41	0.01
SN4-FD00021	52.00	52.20	SN4-FD00021-15	0.2	BS	18.42	0.33	0.03	0.10	41.10	0.01
SN4-FD00021	56.00	56.20	SN4-FD00021-16	0.2	BS	8.66	0.27	0.05	0.10	48.55	0.01
SN4-FD00021	56.80	56.90	SN4-FD00021-17	0.1	BS	6.88	0.23	3.45	0.08	54.50	0.03
SN4-FD00021	60.00	60.20	SN4-FD00021-18	0.2	BS	7.10	0.26	3.30	0.09	54.91	0.03
SN4-FD00021	64.00	64.20	SN4-FD00021-19	0.2	BS	9.32	0.26	1.78	0.09	51.25	0.02
SN4-FD00021	68.00	68.20	SN4-FD00021-20	0.2	BS	18.25	0.32	0.06	0.10	41.69	0.01
SN4-FD00021	72.00	72.20	SN4-FD00021-21	0.2	BS	6.62	0.30	1.43	0.10	48.82	0.02
SN4-FD00021	76.00	76.20	SN4-FD00021-22	0.2	BS	7.04	0.31	3.10	0.09	55.19	0.02
SN4-FD00021	80.00	80.20	SN4-FD00021-23	0.2	BS	7.04	0.38	2.01	0.10	50.80	0.02
SN4-FD00021	84.00	84.20	SN4-FD00021-24	0.2	BS	14.39	0.41	0.04	0.10	42.95	0.07
SN4-FD00021	88.00	88.20	SN4-FD00021-25	0.2	BS	12.28	0.42	0.04	0.10	44.74	0.01
SN4-FD00021	92.00	92.20	SN4-FD00021-26	0.2	BS	18.07	0.40	0.03	0.12	41.52	0.01
SN4-FD00021	96.00	96.20	SN4-FD00021-27	0.2	BS	16.55	0.37	0.02	0.10	43.03	0.03
SN4-FD00021	100.00	100.20	SN4-FD00021-28	0.2	BS	15.91	0.45	0.02	0.11	43.00	0.04

METHOD CODE						ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06
UNIT						pct	pct	pct	pct	pct	pct
LOWER LIMIT						0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
UPPER LIMIT						100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	MgO	MnO	Na2O	P2O5	SiO2	SrO
SN4-FD00021	104.00	104.20	SN4-FD00021-29	0.2	BS	6.76	0.21	2.88	0.08	56.43	0.03
SN4-FD00021	108.00	108.20	SN4-FD00021-30	0.2	BS	13.28	0.41	0.02	0.09	44.47	0.06
SN4-FD00021	112.00	112.20	SN4-FD00021-31	0.2	BS	6.08	0.27	2.14	0.09	50.93	0.02
SN4-FD00021	116.00	116.20	SN4-FD00021-32	0.2	BS	6.77	0.24	3.45	0.08	55.03	0.03
SN4-FD00021	120.00	120.20	SN4-FD00021-33	0.2	BS	7.20	0.25	3.78	0.08	55.69	0.02
SN4-FD00021	124.00	124.20	SN4-FD00021-34	0.2	BS	7.09	0.23	3.50	0.08	54.16	0.03
SN4-FD00021	128.00	128.20	SN4-FD00021-35	0.2	BS	6.10	0.20	3.08	0.08	54.57	0.02
SN4-FD00021	132.00	132.20	SN4-FD00021-36	0.2	BS	5.91	0.19	4.11	0.08	55.16	0.03
SN4-FD00021	136.00	136.20	SN4-FD00021-37	0.2	BS	6.73	0.19	3.76	0.08	55.25	0.03
SN4-FD00021	140.00	140.20	SN4-FD00021-38	0.2	BS	18.33	0.38	0.09	0.09	41.55	0.01
SN4-FD00021	144.00	144.20	SN4-FD00021-39	0.2	BS	11.03	0.28	0.08	0.08	49.30	0.03
SN4-FD00021	148.00	148.20	SN4-FD00021-40	0.2	BS	7.28	0.20	3.46	0.07	54.70	0.02
SN4-FD00021	152.00	152.20	SN4-FD00021-41	0.2	BS	6.29	0.18	3.42	0.08	53.98	0.03
SN4-FD00021	156.20	156.40	SN4-FD00021-42	0.2	BS	5.75	0.19	2.70	0.07	48.19	0.03
SN4-FD00021	160.00	160.20	SN4-FD00021-43	0.2	BS	12.04	0.34	0.09	0.09	47.80	0.05
SN4-FD00021	164.00	164.20	SN4-FD00021-44	0.2	BS	7.58	0.26	2.60	0.08	54.26	0.03
SN4-FD00021	168.00	168.20	SN4-FD00021-45	0.2	BS	4.95	0.28	0.14	0.05	50.88	0.02
SN4-FD00021	172.00	172.20	SN4-FD00021-46	0.2	BS	6.29	0.27	2.40	0.08	54.13	0.04
SN4-FD00021	176.00	176.20	SN4-FD00021-47	0.2	BS	7.89	0.58	0.12	0.08	51.98	0.03
SN4-FD00021	177.40	177.50	SN4-FD00021-48	0.1	BS	11.77	0.40	0.09	0.09	48.77	0.07
SN4-FD00021	180.00	180.20	SN4-FD00021-49	0.2	BA	0.32	0.38	0.07	0.08	59.13	0.01
SN4-FD00021	184.00	184.20	SN4-FD00021-50	0.2	BA	0.20	0.82	0.06	0.06	56.12	0.01
SN4-FD00021	188.00	188.20	SN4-FD00021-51	0.2	JP	0.24	0.11	0.06	0.01	55.87	0.01
SN4-FD00021	192.00	192.05	SN4-FD00021-52	0.05	JP	0.08	0.04	0.07	0.00	57.68	0.01
SN4-FD00021	196.00	196.20	SN4-FD00021-53	0.2	JP	0.09	0.07	0.08	0.01	50.88	0.01
SN4-FD00021	200.00	200.20	SN4-FD00021-54	0.2	JP	0.06	1.00	0.06	0.01	55.47	0.01
SN4-FD00021	204.00	204.20	SN4-FD00021-55	0.2	JP	0.06	0.08	0.06	0.00	55.10	0.01
SN4-FD00021	208.00	208.20	SN4-FD00021-56	0.2	JP	0.06	0.10	0.06	0.01	42.50	0.01

METHOD CODE						ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06
UNIT						pct	pct	pct	pct	pct	pct
LOWER LIMIT						0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
UPPER LIMIT						100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	MgO	MnO	Na2O	P2O5	SiO2	SrO
SN4-FD00021	212.00	212.20	SN4-FD00021-57	0.2	FMN	0.06	20.12	0.10	0.04	10.11	0.01
SN4-FD00021	216.00	216.20	SN4-FD00021-58	0.2	JP	0.06	1.38	0.06	0.02	38.59	0.01
SN4-FD00021	220.00	220.20	SN4-FD00021-59	0.2	JP	0.06	0.10	0.08	0.02	14.42	0.01
SN4-FD00021	224.00	224.20	SN4-FD00021-60	0.2	JP	0.10	0.39	0.09	0.05	12.86	0.01
SN4-FD00021	228.00	228.20	SN4-FD00021-61	0.2	JP	0.12	0.41	0.06	0.06	10.18	0.01
SN4-FD00021	232.00	232.20	SN4-FD00021-62	0.2	JP	0.04	0.05	0.04	0.01	4.97	0.01
SN4-FD00021	236.00	236.20	SN4-FD00021-63	0.2	HC	0.04	0.05	0.03	0.01	20.65	0.01
SN4-FD00021	240.00	240.20	SN4-FD00021-64	0.2	HC	0.04	0.06	0.04	0.01	4.06	0.01
SN4-FD00021	244.00	244.20	SN4-FD00021-65	0.2	HC	0.04	0.05	0.03	0.02	2.59	0.01
SN4-FD00021	248.00	248.20	SN4-FD00021-66	0.2	HC	0.05	0.04	0.03	0.01	6.69	0.01
SN4-FD00021	252.00	252.20	SN4-FD00021-67	0.2	HC	0.03	0.08	0.04	0.00	5.46	0.01
SN4-FD00021	256.00	256.20	SN4-FD00021-68	0.2	HC	0.03	0.08	0.01	0.00	0.85	0.01
SN4-FD00021	260.00	260.20	SN4-FD00021-69	0.2	HC	0.04	0.05	0.02	0.01	1.43	0.01
SN4-FD00021	264.00	264.20	SN4-FD00021-70	0.2	HC	0.05	0.04	0.04	0.01	1.00	0.01
SN4-FD00021	268.00	268.20	SN4-FD00021-71	0.2	HC	0.04	0.07	0.04	0.04	1.18	0.01
SN4-FD00021	272.00	272.20	SN4-FD00021-72	0.2	HC	0.04	0.05	0.04	0.01	1.17	0.01
SN4-FD00021	276.00	276.20	SN4-FD00021-73	0.2	HC	0.04	0.04	0.05	0.01	0.88	0.01
SN4-FD00021	280.00	280.20	SN4-FD00021-74	0.2	HC	0.04	0.04	0.03	0.01	0.65	0.01
SN4-FD00021	284.00	284.20	SN4-FD00021-75	0.2	HC	0.04	0.04	0.03	0.01	0.56	0.01
SN4-FD00021	288.00	288.20	SN4-FD00021-76	0.2	HC	0.05	0.08	0.04	0.02	0.98	0.01
SN4-FD00021	292.00	292.20	SN4-FD00021-77	0.2	HC	0.05	0.03	0.04	0.02	0.99	0.01
SN4-FD00021	296.00	296.20	SN4-FD00021-78	0.2	HC	0.04	0.02	0.05	0.03	0.57	0.01
SN4-FD00021	300.00	300.20	SN4-FD00021-79	0.2	HC	0.05	0.02	0.01	0.02	0.87	0.01
SN4-FD00021	304.00	304.20	SN4-FD00021-80	0.2	HC	0.04	0.04	0.04	0.02	1.58	0.01
SN4-FD00021	308.00	308.20	SN4-FD00021-81	0.2	HC	0.06	0.04	0.04	0.02	1.29	0.01
SN4-FD00021	312.00	312.20	SN4-FD00021-82	0.2	HC	0.16	0.06	0.05	0.02	2.79	0.01
SN4-FD00021	316.00	316.20	SN4-FD00021-83	0.2	HC	0.05	0.09	0.05	0.02	0.73	0.01
SN4-FD00021	320.00	320.20	SN4-FD00021-84	0.2	HC	0.05	0.10	0.05	0.02	2.04	0.01

METHOD CODE						ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06
UNIT						pct	pct	pct	pct	pct	pct
LOWER LIMIT						0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
UPPER LIMIT						100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	MgO	MnO	Na2O	P2O5	SiO2	SrO
SN4-FD00021	324.00	324.20	SN4-FD00021-85	0.2	HC	0.06	0.13	0.04	0.01	1.06	0.01
SN4-FD00021	328.00	328.20	SN4-FD00021-86	0.2	HC	0.06	0.09	0.06	0.01	0.93	0.01
SN4-FD00021	332.00	332.20	SN4-FD00021-87	0.2	HC	0.07	0.10	0.05	0.01	1.16	0.01
SN4-FD00021	336.00	336.20	SN4-FD00021-88	0.2	HC	0.05	0.11	0.04	0.01	0.82	0.01
SN4-FD00021	340.00	340.20	SN4-FD00021-89	0.2	HC	0.04	0.12	0.04	0.02	1.71	0.01
SN4-FD00021	344.00	344.20	SN4-FD00021-90	0.2	HC	0.05	1.01	0.04	0.02	1.66	0.01
SN4-FD00021	346.00	346.20	SN4-FD00021-91	0.2	HC	0.05	0.13	0.05	0.01	1.27	0.01
SN4-FD00021	350.00	350.20	SN4-FD00021-92	0.2	HC	0.10	0.92	0.02	0.01	1.38	0.01
SN4-FD00021	354.00	354.20	SN4-FD00021-93	0.2	BS	0.19	1.32	0.04	0.11	44.27	0.01
SN4-FD00021	358.00	358.20	SN4-FD00021-94	0.2	BS	8.80	0.77	0.02	0.07	47.78	0.01
SN4-FD00021	362.00	362.20	SN4-FD00021-95	0.2	BS	10.36	0.85	0.07	0.11	42.11	0.01
SN4-FD00021	368.00	368.20	SN4-FD00021-96	0.2	BS	8.96	0.46	0.03	0.09	47.98	0.01
SN4-FD00021	370.80	370.90	SN4-FD00021-99	0.1	BS	8.01	0.47	0.08	0.09	50.59	0.01
SN4-FD00021	372.00	372.20	SN4-FD00021-97	0.2	BS	10.46	0.43	0.05	0.09	46.73	0.01
SN4-FD00021	376.00	376.15	SN4-FD00021-98	0.15	BS	11.24	0.45	0.04	0.10	42.96	0.01

METHOD CODE						ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	Fe-VOL05	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						pct	pct	pct	pct	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.01	0.01	0.01	0.01	0.50	0.10	0.50
UPPER LIMIT						100.00	110.00	100.00	100.00	10000.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	TiO2	Total	LOI	FeO	Ba	Ce	Co
SN4-FD00021	0.00	0.20	SN4-FD00021-01	0.2	AT	0.46	100.35	3.78	6.27	537.00	23.50	36.60
SN4-FD00021	4.00	"	SN4-FD00021-02	0.2	AT	0.16	100.05	3.78	0.01	92.80	34.20	23.30
SN4-FD00021	8.00	8.20	SN4-FD00021-03	0.2	JP	0.14	100.95	2.96	0.36	112.00	26.40	29.30
SN4-FD00021	12.00	12.20	SN4-FD00021-04	0.2	JP	0.07	99.29	1.73	0.22	76.00	20.00	25.20
SN4-FD00021	16.00	16.20	SN4-FD00021-05	0.2	JP	0.08	100.15	2.25	0.01	31.40	21.90	7.30
SN4-FD00021	20.00	20.20	SN4-FD00021-06	0.2	JP	0.41	98.10	4.38	0.01	126.50	35.10	21.40
SN4-FD00021	24.00	24.20	SN4-FD00021-07	0.2	JP	0.26	99.82	4.81	0.80	82.50	29.30	29.30
SN4-FD00021	27.45	27.55	SN4-FD00021-08	0.1	BS	0.71	100.35	7.97	10.15	393.00	43.40	44.20
SN4-FD00021	28.00	28.20	SN4-FD00021-09	0.2	BS	0.68	101.35	7.75	10.65	372.00	30.50	48.90
SN4-FD00021	32.00	32.20	SN4-FD00021-10	0.2	JP	0.28	100.00	6.48	2.47	290.00	24.00	42.30
SN4-FD00021	36.00	36.20	SN4-FD00021-11	0.2	BS	0.51	99.10	4.45	6.53	1450.00	27.60	47.40
SN4-FD00021	40.00	40.20	SN4-FD00021-12	0.2	BS	0.57	99.99	9.74	3.32	1205.00	36.40	49.70
SN4-FD00021	44.00	44.20	SN4-FD00021-13	0.2	BS	0.55	99.94	5.95	4.36	1460.00	29.30	47.50
SN4-FD00021	48.00	48.20	SN4-FD00021-14	0.2	BS	0.63	99.60	10.95	3.18	463.00	23.40	50.30
SN4-FD00021	52.00	52.20	SN4-FD00021-15	0.2	BS	0.63	100.95	9.74	3.23	700.00	35.00	50.10
SN4-FD00021	56.00	56.20	SN4-FD00021-16	0.2	BS	0.63	100.60	12.15	3.46	683.00	29.40	49.70
SN4-FD00021	56.80	56.90	SN4-FD00021-17	0.1	BS	0.56	99.78	3.97	3.82	2050.00	29.10	39.10
SN4-FD00021	60.00	60.20	SN4-FD00021-18	0.2	BS	0.58	100.20	3.88	5.01	1030.00	30.90	42.20
SN4-FD00021	64.00	64.20	SN4-FD00021-19	0.2	BS	0.60	99.90	7.57	3.12	849.00	32.80	48.40
SN4-FD00021	68.00	68.20	SN4-FD00021-20	0.2	BS	0.62	101.40	9.18	2.62	465.00	17.80	52.00
SN4-FD00021	72.00	72.20	SN4-FD00021-21	0.2	BS	0.66	99.63	11.15	2.01	658.00	32.10	42.90
SN4-FD00021	76.00	76.20	SN4-FD00021-22	0.2	BS	0.60	101.55	3.65	5.41	1300.00	30.80	47.60
SN4-FD00021	80.00	80.20	SN4-FD00021-23	0.2	BS	0.65	101.10	8.28	5.97	1005.00	33.20	49.30
SN4-FD00021	84.00	84.20	SN4-FD00021-24	0.2	BS	0.59	100.90	7.92	2.32	654.00	48.00	42.70
SN4-FD00021	88.00	88.20	SN4-FD00021-25	0.2	BS	0.61	99.90	7.56	4.00	840.00	35.30	48.40
SN4-FD00021	92.00	92.20	SN4-FD00021-26	0.2	BS	0.73	101.65	9.69	3.62	557.00	35.10	58.10
SN4-FD00021	96.00	96.20	SN4-FD00021-27	0.2	BS	0.64	100.10	8.87	3.55	292.00	32.50	53.30
SN4-FD00021	100.00	100.20	SN4-FD00021-28	0.2	BS	0.68	101.50	8.47	3.78	455.00	36.30	53.50

METHOD CODE						ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	Fe-VOL05	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						pct	pct	pct	pct	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.01	0.01	0.01	0.01	0.50	0.10	0.50
UPPER LIMIT						100.00	110.00	100.00	100.00	10000.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	TiO2	Total	LOI	FeO	Ba	Ce	Co
SN4-FD00021	104.00	104.20	SN4-FD00021-29	0.2	BS	0.55	99.25	4.19	3.26	443.00	29.90	41.20
SN4-FD00021	108.00	108.20	SN4-FD00021-30	0.2	BS	0.57	99.31	7.68	3.30	469.00	30.50	47.50
SN4-FD00021	112.00	112.20	SN4-FD00021-31	0.2	BS	0.57	98.37	7.62	3.97	891.00	33.30	47.20
SN4-FD00021	116.00	116.20	SN4-FD00021-32	0.2	BS	0.56	100.90	3.63	3.59	1040.00	27.20	40.90
SN4-FD00021	120.00	120.20	SN4-FD00021-33	0.2	BS	0.56	100.95	3.53	4.08	770.00	25.90	43.10
SN4-FD00021	124.00	124.20	SN4-FD00021-34	0.2	BS	0.55	100.95	4.77	3.92	983.00	28.70	49.30
SN4-FD00021	128.00	128.20	SN4-FD00021-35	0.2	BS	0.53	100.20	2.71	6.22	1070.00	26.50	45.00
SN4-FD00021	132.00	132.20	SN4-FD00021-36	0.2	BS	0.52	100.45	2.99	4.37	1910.00	26.50	41.50
SN4-FD00021	136.00	136.20	SN4-FD00021-37	0.2	BS	0.57	100.80	4.61	2.39	446.00	27.70	43.10
SN4-FD00021	140.00	140.20	SN4-FD00021-38	0.2	BS	0.61	99.71	9.86	2.65	844.00	20.80	49.40
SN4-FD00021	144.00	144.20	SN4-FD00021-39	0.2	BS	0.55	99.76	6.66	2.23	905.00	26.40	41.80
SN4-FD00021	148.00	148.20	SN4-FD00021-40	0.2	BS	0.52	98.99	4.31	2.67	1285.00	27.10	38.50
SN4-FD00021	152.00	152.20	SN4-FD00021-41	0.2	BS	0.55	101.25	5.17	2.03	1565.00	25.10	40.20
SN4-FD00021	156.20	156.40	SN4-FD00021-42	0.2	BS	0.45	99.24	12.90	6.10	1755.00	26.90	42.00
SN4-FD00021	160.00	160.20	SN4-FD00021-43	0.2	BS	0.58	99.95	7.25	4.27	868.00	34.90	52.20
SN4-FD00021	164.00	164.20	SN4-FD00021-44	0.2	BS	0.58	101.50	4.21	3.45	1870.00	28.80	45.40
SN4-FD00021	168.00	168.20	SN4-FD00021-45	0.2	BS	0.62	99.18	11.60	1.02	1530.00	22.70	44.50
SN4-FD00021	172.00	172.20	SN4-FD00021-46	0.2	BS	0.55	98.87	3.55	3.09	3670.00	27.50	44.80
SN4-FD00021	176.00	176.20	SN4-FD00021-47	0.2	BS	0.57	100.35	8.62	1.58	2630.00	32.10	49.90
SN4-FD00021	177.40	177.50	SN4-FD00021-48	0.1	BS	0.62	99.95	7.40	2.74	888.00	32.70	49.20
SN4-FD00021	180.00	180.20	SN4-FD00021-49	0.2	BA	0.67	99.73	7.61	0.14	476.00	23.50	42.40
SN4-FD00021	184.00	184.20	SN4-FD00021-50	0.2	BA	0.66	99.35	7.38	0.01	1610.00	27.70	29.60
SN4-FD00021	188.00	188.20	SN4-FD00021-51	0.2	JP	0.03	99.15	0.53	0.68	74.90	6.70	4.60
SN4-FD00021	192.00	192.05	SN4-FD00021-52	0.05	JP	0.02	100.05	0.10	0.58	18.70	3.30	1.90
SN4-FD00021	196.00	196.20	SN4-FD00021-53	0.2	JP	0.01	100.15	0.19	0.58	35.10	16.40	3.10
SN4-FD00021	200.00	200.20	SN4-FD00021-54	0.2	JP	0.01	99.93	0.64	0.01	896.00	18.10	94.70
SN4-FD00021	204.00	204.20	SN4-FD00021-55	0.2	JP	0.01	98.12	0.12	0.36	27.70	2.90	5.10
SN4-FD00021	208.00	208.20	SN4-FD00021-56	0.2	JP	0.01	100.30	0.08	0.61	63.60	14.10	3.80

METHOD CODE						ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	Fe-VOL05	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						pct	pct	pct	pct	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.01	0.01	0.01	0.01	0.50	0.10	0.50
UPPER LIMIT						100.00	110.00	100.00	100.00	10000.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	TiO2	Total	LOI	FeO	Ba	Ce	Co
SN4-FD00021	212.00	212.20	SN4-FD00021-57	0.2	FMN	0.01	101.45	6.50	0.01	9970.00	82.80	187.50
SN4-FD00021	216.00	216.20	SN4-FD00021-58	0.2	JP	0.01	99.55	1.76	0.01	533.00	17.50	18.10
SN4-FD00021	220.00	220.20	SN4-FD00021-59	0.2	JP	0.01	100.60	1.54	0.29	21.10	15.00	3.20
SN4-FD00021	224.00	224.20	SN4-FD00021-60	0.2	JP	0.06	101.00	2.81	0.50	188.50	15.10	14.20
SN4-FD00021	228.00	228.20	SN4-FD00021-61	0.2	JP	0.10	100.30	3.41	0.58	260.00	13.50	14.90
SN4-FD00021	232.00	232.20	SN4-FD00021-62	0.2	JP	0.01	100.50	0.81	0.65	7.30	3.60	2.80
SN4-FD00021	236.00	236.20	SN4-FD00021-63	0.2	HC	0.01	100.80	0.66	0.58	21.00	6.90	2.30
SN4-FD00021	240.00	240.20	SN4-FD00021-64	0.2	HC	0.01	101.65	1.19	0.58	5.70	4.20	3.70
SN4-FD00021	244.00	244.20	SN4-FD00021-65	0.2	HC	0.01	98.63	2.08	0.43	7.10	11.00	8.20
SN4-FD00021	248.00	248.20	SN4-FD00021-66	0.2	HC	0.01	98.94	0.77	0.54	7.00	3.80	0.50
SN4-FD00021	252.00	252.20	SN4-FD00021-67	0.2	HC	0.01	98.38	0.62	0.57	7.30	6.80	1.10
SN4-FD00021	256.00	256.20	SN4-FD00021-68	0.2	HC	0.01	98.96	0.66	0.50	6.10	2.90	1.40
SN4-FD00021	260.00	260.20	SN4-FD00021-69	0.2	HC	0.01	100.65	0.83	0.72	11.60	9.20	2.90
SN4-FD00021	264.00	264.20	SN4-FD00021-70	0.2	HC	0.01	100.90	0.79	0.43	12.50	10.00	2.50
SN4-FD00021	268.00	268.20	SN4-FD00021-71	0.2	HC	0.01	101.30	1.57	0.43	9.30	18.90	3.90
SN4-FD00021	272.00	272.20	SN4-FD00021-72	0.2	HC	0.01	99.44	0.84	0.43	10.70	10.20	0.80
SN4-FD00021	276.00	276.20	SN4-FD00021-73	0.2	HC	0.01	101.70	0.76	0.72	10.50	7.80	1.70
SN4-FD00021	280.00	280.20	SN4-FD00021-74	0.2	HC	0.01	98.65	0.83	0.50	8.50	8.00	2.50
SN4-FD00021	284.00	284.20	SN4-FD00021-75	0.2	HC	0.01	98.36	0.60	0.57	8.60	4.90	2.40
SN4-FD00021	288.00	288.20	SN4-FD00021-76	0.2	HC	0.01	99.86	0.87	0.36	15.60	10.30	3.20
SN4-FD00021	292.00	292.20	SN4-FD00021-77	0.2	HC	0.01	101.00	0.76	0.80	6.20	3.60	2.90
SN4-FD00021	296.00	296.20	SN4-FD00021-78	0.2	HC	0.01	101.80	0.67	0.79	7.30	4.00	1.30
SN4-FD00021	300.00	300.20	SN4-FD00021-79	0.2	HC	0.01	98.28	0.64	0.58	4.00	6.70	1.60
SN4-FD00021	304.00	304.20	SN4-FD00021-80	0.2	HC	0.04	98.63	0.97	0.65	8.50	9.80	1.70
SN4-FD00021	308.00	308.20	SN4-FD00021-81	0.2	HC	0.05	100.50	0.95	0.43	13.40	9.20	1.70
SN4-FD00021	312.00	312.20	SN4-FD00021-82	0.2	HC	0.05	99.45	1.40	0.43	14.20	151.50	7.00
SN4-FD00021	316.00	316.20	SN4-FD00021-83	0.2	HC	0.01	99.52	0.76	0.58	3.80	6.00	1.70
SN4-FD00021	320.00	320.20	SN4-FD00021-84	0.2	HC	0.01	101.45	1.17	0.57	5.50	6.30	2.50

METHOD CODE						ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	Fe-VOL05	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						pct	pct	pct	pct	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.01	0.01	0.01	0.01	0.50	0.10	0.50
UPPER LIMIT						100.00	110.00	100.00	100.00	10000.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	TiO2	Total	LOI	FeO	Ba	Ce	Co
SN4-FD00021	324.00	324.20	SN4-FD00021-85	0.2	HC	0.01	99.78	0.81	0.65	9.60	11.00	3.00
SN4-FD00021	328.00	328.20	SN4-FD00021-86	0.2	HC	0.01	101.25	0.57	0.44	9.10	5.00	3.50
SN4-FD00021	332.00	332.20	SN4-FD00021-87	0.2	HC	0.01	98.86	0.67	0.50	7.50	6.70	3.50
SN4-FD00021	336.00	336.20	SN4-FD00021-88	0.2	HC	0.01	99.20	0.60	0.43	10.80	7.50	2.70
SN4-FD00021	340.00	340.20	SN4-FD00021-89	0.2	HC	0.01	101.65	1.01	0.43	15.80	7.60	1.80
SN4-FD00021	344.00	344.20	SN4-FD00021-90	0.2	HC	0.01	101.05	1.16	0.01	29.10	11.90	10.40
SN4-FD00021	346.00	346.20	SN4-FD00021-91	0.2	HC	0.01	101.65	0.76	0.43	11.80	7.30	3.60
SN4-FD00021	350.00	350.20	SN4-FD00021-92	0.2	HC	0.01	98.11	0.97	0.43	11.40	11.70	24.60
SN4-FD00021	354.00	354.20	SN4-FD00021-93	0.2	BS	0.84	100.60	7.92	0.01	239.00	36.20	172.50
SN4-FD00021	358.00	358.20	SN4-FD00021-94	0.2	BS	0.70	99.41	6.51	12.15	38.70	36.50	52.30
SN4-FD00021	362.00	362.20	SN4-FD00021-95	0.2	BS	0.90	101.95	7.18	15.20	37.50	32.20	53.10
SN4-FD00021	368.00	368.20	SN4-FD00021-96	0.2	BS	0.80	100.90	6.58	14.95	28.20	47.20	42.90
SN4-FD00021	370.80	370.90	SN4-FD00021-99	0.1	BS	0.82	101.40	5.93	13.50	111.50	26.20	31.50
SN4-FD00021	372.00	372.20	SN4-FD00021-97	0.2	BS	0.81	100.65	6.66	14.05	40.00	25.50	40.50
SN4-FD00021	376.00	376.15	SN4-FD00021-98	0.15	BS	0.84	100.10	6.94	15.15	45.00	26.40	44.80

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						5.00	0.01	0.05	0.03	0.02	0.10	0.05
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Cr	Cs	Dy	Er	Eu	Ga	Gd
SN4-FD00021	0.00	0.20	SN4-FD00021-01	0.2	AT	165.00	0.29	3.67	2.14	0.69	14.10	2.80
SN4-FD00021	4.00	"	SN4-FD00021-02	0.2	AT	38.00	0.06	2.43	1.29	0.66	8.60	2.17
SN4-FD00021	8.00	8.20	SN4-FD00021-03	0.2	JP	87.00	0.09	1.69	0.88	0.57	7.00	1.83
SN4-FD00021	12.00	12.20	SN4-FD00021-04	0.2	JP	49.00	0.03	2.37	1.34	0.44	4.70	2.18
SN4-FD00021	16.00	16.20	SN4-FD00021-05	0.2	JP	47.00	0.02	1.34	0.88	0.55	5.60	1.67
SN4-FD00021	20.00	20.20	SN4-FD00021-06	0.2	JP	68.00	0.04	2.72	1.76	1.37	9.30	2.70
SN4-FD00021	24.00	24.20	SN4-FD00021-07	0.2	JP	560.00	0.24	1.77	1.30	0.43	15.00	1.78
SN4-FD00021	27.45	27.55	SN4-FD00021-08	0.1	BS	80.00	0.66	3.62	2.10	1.65	21.70	3.78
SN4-FD00021	28.00	28.20	SN4-FD00021-09	0.2	BS	72.00	0.40	3.35	2.11	1.04	21.00	2.90
SN4-FD00021	32.00	32.20	SN4-FD00021-10	0.2	JP	56.00	0.26	4.79	3.44	0.53	17.00	3.90
SN4-FD00021	36.00	36.20	SN4-FD00021-11	0.2	BS	62.00	0.33	2.36	1.56	0.70	17.60	2.39
SN4-FD00021	40.00	40.20	SN4-FD00021-12	0.2	BS	62.00	0.29	2.93	1.70	1.00	18.10	2.78
SN4-FD00021	44.00	44.20	SN4-FD00021-13	0.2	BS	58.00	0.45	2.51	1.66	0.67	17.60	2.54
SN4-FD00021	48.00	48.20	SN4-FD00021-14	0.2	BS	57.00	0.40	2.50	1.66	0.42	18.40	2.19
SN4-FD00021	52.00	52.20	SN4-FD00021-15	0.2	BS	61.00	0.69	2.49	1.91	0.64	19.20	2.79
SN4-FD00021	56.00	56.20	SN4-FD00021-16	0.2	BS	75.00	0.13	3.27	1.83	0.87	17.90	3.23
SN4-FD00021	56.80	56.90	SN4-FD00021-17	0.1	BS	64.00	0.35	2.31	1.35	0.76	15.60	2.29
SN4-FD00021	60.00	60.20	SN4-FD00021-18	0.2	BS	52.00	0.16	2.51	1.40	0.64	15.00	2.27
SN4-FD00021	64.00	64.20	SN4-FD00021-19	0.2	BS	44.00	0.28	2.90	1.51	0.75	16.60	2.69
SN4-FD00021	68.00	68.20	SN4-FD00021-20	0.2	BS	40.00	0.72	2.03	1.39	0.53	16.80	1.73
SN4-FD00021	72.00	72.20	SN4-FD00021-21	0.2	BS	42.00	0.18	2.71	1.79	0.96	17.40	2.85
SN4-FD00021	76.00	76.20	SN4-FD00021-22	0.2	BS	39.00	0.37	2.71	1.48	0.64	15.60	2.40
SN4-FD00021	80.00	80.20	SN4-FD00021-23	0.2	BS	22.00	0.31	2.89	1.84	0.94	18.00	2.99
SN4-FD00021	84.00	84.20	SN4-FD00021-24	0.2	BS	46.00	0.62	3.27	1.88	1.34	19.00	4.22
SN4-FD00021	88.00	88.20	SN4-FD00021-25	0.2	BS	31.00	0.78	2.36	1.47	0.55	15.80	2.36
SN4-FD00021	92.00	92.20	SN4-FD00021-26	0.2	BS	28.00	0.42	2.99	1.83	0.75	18.60	3.07
SN4-FD00021	96.00	96.20	SN4-FD00021-27	0.2	BS	23.00	0.23	2.50	1.55	0.57	17.10	2.23
SN4-FD00021	100.00	100.20	SN4-FD00021-28	0.2	BS	27.00	0.32	2.83	1.65	0.84	17.20	2.87

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						5.00	0.01	0.05	0.03	0.02	0.10	0.05
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Cr	Cs	Dy	Er	Eu	Ga	Gd
SN4-FD00021	104.00	104.20	SN4-FD00021-29	0.2	BS	34.00	0.08	2.64	1.50	0.80	14.50	2.49
SN4-FD00021	108.00	108.20	SN4-FD00021-30	0.2	BS	41.00	0.27	2.65	1.66	0.86	19.60	3.09
SN4-FD00021	112.00	112.20	SN4-FD00021-31	0.2	BS	61.00	0.36	2.70	1.59	0.74	17.00	2.79
SN4-FD00021	116.00	116.20	SN4-FD00021-32	0.2	BS	56.00	0.29	2.29	1.47	0.62	15.60	2.19
SN4-FD00021	120.00	120.20	SN4-FD00021-33	0.2	BS	63.00	0.19	2.14	1.48	0.64	15.20	1.96
SN4-FD00021	124.00	124.20	SN4-FD00021-34	0.2	BS	61.00	0.18	2.32	1.39	0.66	15.40	2.43
SN4-FD00021	128.00	128.20	SN4-FD00021-35	0.2	BS	63.00	0.23	2.12	1.28	0.67	14.70	2.24
SN4-FD00021	132.00	132.20	SN4-FD00021-36	0.2	BS	65.00	0.15	2.43	1.23	0.72	14.40	2.28
SN4-FD00021	136.00	136.20	SN4-FD00021-37	0.2	BS	68.00	0.15	2.12	1.52	0.67	14.50	2.18
SN4-FD00021	140.00	140.20	SN4-FD00021-38	0.2	BS	65.00	0.51	2.17	1.42	0.52	16.20	1.98
SN4-FD00021	144.00	144.20	SN4-FD00021-39	0.2	BS	58.00	0.78	2.35	1.43	0.72	18.00	2.48
SN4-FD00021	148.00	148.20	SN4-FD00021-40	0.2	BS	82.00	0.24	1.94	1.19	0.57	13.80	2.19
SN4-FD00021	152.00	152.20	SN4-FD00021-41	0.2	BS	75.00	0.22	2.03	1.33	0.55	14.50	1.86
SN4-FD00021	156.20	156.40	SN4-FD00021-42	0.2	BS	64.00	0.16	2.47	1.42	0.60	16.50	2.26
SN4-FD00021	160.00	160.20	SN4-FD00021-43	0.2	BS	51.00	0.37	2.87	1.69	0.95	18.80	2.94
SN4-FD00021	164.00	164.20	SN4-FD00021-44	0.2	BS	61.00	0.20	2.37	1.56	0.56	15.80	2.35
SN4-FD00021	168.00	168.20	SN4-FD00021-45	0.2	BS	64.00	0.35	2.09	1.32	0.37	17.40	1.60
SN4-FD00021	172.00	172.20	SN4-FD00021-46	0.2	BS	58.00	0.15	2.32	1.35	0.74	16.60	2.05
SN4-FD00021	176.00	176.20	SN4-FD00021-47	0.2	BS	61.00	0.27	2.39	1.31	0.83	16.10	2.43
SN4-FD00021	177.40	177.50	SN4-FD00021-48	0.1	BS	55.00	0.40	3.04	2.01	0.75	17.00	2.55
SN4-FD00021	180.00	180.20	SN4-FD00021-49	0.2	BA	65.00	0.19	2.81	1.79	0.85	16.40	2.75
SN4-FD00021	184.00	184.20	SN4-FD00021-50	0.2	BA	59.00	0.07	2.31	1.68	0.84	17.90	2.05
SN4-FD00021	188.00	188.20	SN4-FD00021-51	0.2	JP	32.00	0.10	0.67	0.37	0.20	1.50	0.75
SN4-FD00021	192.00	192.05	SN4-FD00021-52	0.05	JP	29.00	0.08	0.29	0.20	0.13	0.60	0.34
SN4-FD00021	196.00	196.20	SN4-FD00021-53	0.2	JP	51.00	0.08	0.41	0.30	0.30	0.90	0.67
SN4-FD00021	200.00	200.20	SN4-FD00021-54	0.2	JP	16.00	0.07	1.24	0.58	0.64	2.10	1.28
SN4-FD00021	204.00	204.20	SN4-FD00021-55	0.2	JP	64.00	0.06	0.71	0.42	0.21	1.00	0.44
SN4-FD00021	208.00	208.20	SN4-FD00021-56	0.2	JP	58.00	0.08	0.55	0.23	0.33	1.00	0.71

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						5.00	0.01	0.05	0.03	0.02	0.10	0.05
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Cr	Cs	Dy	Er	Eu	Ga	Gd
SN4-FD00021	212.00	212.20	SN4-FD00021-57	0.2	FMN	27.00	0.04	6.65	3.01	3.07	23.30	7.99
SN4-FD00021	216.00	216.20	SN4-FD00021-58	0.2	JP	18.00	0.09	1.48	0.87	0.76	7.00	2.01
SN4-FD00021	220.00	220.20	SN4-FD00021-59	0.2	JP	12.00	0.08	0.85	0.51	0.38	1.80	0.88
SN4-FD00021	224.00	224.20	SN4-FD00021-60	0.2	JP	17.00	0.22	1.28	0.75	0.52	3.70	1.24
SN4-FD00021	228.00	228.20	SN4-FD00021-61	0.2	JP	17.00	0.24	1.08	0.62	0.34	4.00	1.13
SN4-FD00021	232.00	232.20	SN4-FD00021-62	0.2	JP	77.00	0.11	0.36	0.22	0.15	1.00	0.50
SN4-FD00021	236.00	236.20	SN4-FD00021-63	0.2	HC	14.00	0.04	0.34	0.15	0.23	0.60	0.56
SN4-FD00021	240.00	240.20	SN4-FD00021-64	0.2	HC	10.00	0.04	0.31	0.16	0.14	0.70	0.27
SN4-FD00021	244.00	244.20	SN4-FD00021-65	0.2	HC	13.00	0.03	0.99	0.47	0.38	0.90	1.07
SN4-FD00021	248.00	248.20	SN4-FD00021-66	0.2	HC	5.00	0.04	0.43	0.16	0.16	0.40	0.45
SN4-FD00021	252.00	252.20	SN4-FD00021-67	0.2	HC	13.00	0.05	0.38	0.17	0.19	0.60	0.38
SN4-FD00021	256.00	256.20	SN4-FD00021-68	0.2	HC	8.00	0.04	0.28	0.12	0.11	0.60	0.45
SN4-FD00021	260.00	260.20	SN4-FD00021-69	0.2	HC	15.00	0.04	0.38	0.19	0.22	1.30	0.57
SN4-FD00021	264.00	264.20	SN4-FD00021-70	0.2	HC	22.00	0.09	0.59	0.35	0.25	0.60	0.69
SN4-FD00021	268.00	268.20	SN4-FD00021-71	0.2	HC	9.00	0.06	1.53	0.72	0.56	1.30	1.77
SN4-FD00021	272.00	272.20	SN4-FD00021-72	0.2	HC	7.00	0.14	0.66	0.31	0.23	0.80	0.77
SN4-FD00021	276.00	276.20	SN4-FD00021-73	0.2	HC	12.00	0.14	0.81	0.32	0.34	0.40	1.17
SN4-FD00021	280.00	280.20	SN4-FD00021-74	0.2	HC	8.00	0.15	0.75	0.34	0.27	0.40	0.79
SN4-FD00021	284.00	284.20	SN4-FD00021-75	0.2	HC	11.00	0.13	0.56	0.25	0.26	0.30	0.73
SN4-FD00021	288.00	288.20	SN4-FD00021-76	0.2	HC	11.00	0.11	0.47	0.29	0.24	0.40	0.66
SN4-FD00021	292.00	292.20	SN4-FD00021-77	0.2	HC	10.00	0.09	0.22	0.13	0.12	0.50	0.32
SN4-FD00021	296.00	296.20	SN4-FD00021-78	0.2	HC	22.00	0.11	0.30	0.13	0.16	0.30	0.35
SN4-FD00021	300.00	300.20	SN4-FD00021-79	0.2	HC	12.00	0.07	0.42	0.17	0.14	0.60	0.36
SN4-FD00021	304.00	304.20	SN4-FD00021-80	0.2	HC	18.00	0.18	0.79	0.39	0.25	1.40	0.73
SN4-FD00021	308.00	308.20	SN4-FD00021-81	0.2	HC	12.00	0.36	0.84	0.49	0.31	1.10	0.98
SN4-FD00021	312.00	312.20	SN4-FD00021-82	0.2	HC	18.00	0.16	2.00	1.64	0.46	3.30	1.81
SN4-FD00021	316.00	316.20	SN4-FD00021-83	0.2	HC	5.00	0.06	0.35	0.21	0.17	0.40	0.48
SN4-FD00021	320.00	320.20	SN4-FD00021-84	0.2	HC	12.00	0.05	0.43	0.28	0.19	2.00	0.54

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						5.00	0.01	0.05	0.03	0.02	0.10	0.05
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Cr	Cs	Dy	Er	Eu	Ga	Gd
SN4-FD00021	324.00	324.20	SN4-FD00021-85	0.2	HC	6.00	0.10	0.56	0.40	0.25	1.20	0.73
SN4-FD00021	328.00	328.20	SN4-FD00021-86	0.2	HC	9.00	0.12	0.52	0.17	0.18	1.10	0.37
SN4-FD00021	332.00	332.20	SN4-FD00021-87	0.2	HC	10.00	0.14	0.46	0.33	0.22	1.60	0.47
SN4-FD00021	336.00	336.20	SN4-FD00021-88	0.2	HC	8.00	0.14	0.57	0.30	0.29	1.10	0.63
SN4-FD00021	340.00	340.20	SN4-FD00021-89	0.2	HC	7.00	0.11	0.58	0.29	0.30	2.90	0.81
SN4-FD00021	344.00	344.20	SN4-FD00021-90	0.2	HC	7.00	0.10	1.21	0.62	0.64	3.20	1.53
SN4-FD00021	346.00	346.20	SN4-FD00021-91	0.2	HC	8.00	0.11	0.73	0.40	0.37	2.20	0.76
SN4-FD00021	350.00	350.20	SN4-FD00021-92	0.2	HC	9.00	0.04	0.85	0.45	0.38	3.10	1.03
SN4-FD00021	354.00	354.20	SN4-FD00021-93	0.2	BS	115.00	0.13	8.77	4.72	2.74	20.00	10.10
SN4-FD00021	358.00	358.20	SN4-FD00021-94	0.2	BS	130.00	0.11	4.62	3.02	1.17	17.90	4.32
SN4-FD00021	362.00	362.20	SN4-FD00021-95	0.2	BS	87.00	0.04	4.33	3.15	0.94	18.20	3.45
SN4-FD00021	368.00	368.20	SN4-FD00021-96	0.2	BS	77.00	0.13	3.55	2.34	1.01	18.60	3.65
SN4-FD00021	370.80	370.90	SN4-FD00021-99	0.1	BS	72.00	0.28	4.36	2.70	0.58	17.80	3.51
SN4-FD00021	372.00	372.20	SN4-FD00021-97	0.2	BS	75.00	0.13	3.86	2.42	0.70	17.20	3.41
SN4-FD00021	376.00	376.15	SN4-FD00021-98	0.15	BS	78.00	0.13	4.14	2.81	1.08	18.00	3.45

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.05	0.01	0.10	0.01	2.00	0.05	0.10
UPPER LIMIT						10000.00	1000.00	10000.00	1000.00	10000.00	2500.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Hf	Ho	La	Lu	Mo	Nb	Nd
SN4-FD00021	0.00	0.20	SN4-FD00021-01	0.2	AT	2.49	0.73	13.10	0.42	2.00	4.60	10.40
SN4-FD00021	4.00	"	SN4-FD00021-02	0.2	AT	1.49	0.48	18.20	0.21	4.00	3.41	13.50
SN4-FD00021	8.00	8.20	SN4-FD00021-03	0.2	JP	1.37	0.31	17.90	0.10	3.00	2.47	9.90
SN4-FD00021	12.00	12.20	SN4-FD00021-04	0.2	JP	0.75	0.54	13.40	0.17	2.00	1.86	8.30
SN4-FD00021	16.00	16.20	SN4-FD00021-05	0.2	JP	0.89	0.31	9.20	0.13	7.00	2.24	7.40
SN4-FD00021	20.00	20.20	SN4-FD00021-06	0.2	JP	2.13	0.60	18.80	0.36	2.00	3.80	13.70
SN4-FD00021	24.00	24.20	SN4-FD00021-07	0.2	JP	2.78	0.43	15.30	0.18	3.00	6.12	12.40
SN4-FD00021	27.45	27.55	SN4-FD00021-08	0.1	BS	2.76	0.68	21.90	0.23	2.00	3.82	16.60
SN4-FD00021	28.00	28.20	SN4-FD00021-09	0.2	BS	2.45	0.68	14.80	0.24	2.00	3.84	12.40
SN4-FD00021	32.00	32.20	SN4-FD00021-10	0.2	JP	7.85	1.15	16.70	0.63	2.00	13.35	13.90
SN4-FD00021	36.00	36.20	SN4-FD00021-11	0.2	BS	1.80	0.48	13.90	0.21	2.00	3.15	11.90
SN4-FD00021	40.00	40.20	SN4-FD00021-12	0.2	BS	2.08	0.55	19.40	0.20	2.00	9.76	15.70
SN4-FD00021	44.00	44.20	SN4-FD00021-13	0.2	BS	1.94	0.48	14.70	0.23	2.00	3.06	11.90
SN4-FD00021	48.00	48.20	SN4-FD00021-14	0.2	BS	2.21	0.45	10.70	0.25	2.00	3.66	8.90
SN4-FD00021	52.00	52.20	SN4-FD00021-15	0.2	BS	2.31	0.63	14.70	0.23	2.00	3.47	12.20
SN4-FD00021	56.00	56.20	SN4-FD00021-16	0.2	BS	2.44	0.65	17.60	0.26	2.00	3.73	15.00
SN4-FD00021	56.80	56.90	SN4-FD00021-17	0.1	BS	1.92	0.52	14.50	0.19	2.00	3.31	11.80
SN4-FD00021	60.00	60.20	SN4-FD00021-18	0.2	BS	2.09	0.50	14.50	0.23	2.00	3.64	12.80
SN4-FD00021	64.00	64.20	SN4-FD00021-19	0.2	BS	2.27	0.54	17.00	0.27	2.00	3.60	13.50
SN4-FD00021	68.00	68.20	SN4-FD00021-20	0.2	BS	2.34	0.46	10.40	0.19	2.00	3.35	8.80
SN4-FD00021	72.00	72.20	SN4-FD00021-21	0.2	BS	2.48	0.64	18.20	0.30	2.00	3.88	14.50
SN4-FD00021	76.00	76.20	SN4-FD00021-22	0.2	BS	2.42	0.53	15.10	0.25	2.00	3.40	13.20
SN4-FD00021	80.00	80.20	SN4-FD00021-23	0.2	BS	2.28	0.63	16.70	0.27	2.00	3.66	15.60
SN4-FD00021	84.00	84.20	SN4-FD00021-24	0.2	BS	1.95	0.64	30.30	0.24	2.00	3.74	21.20
SN4-FD00021	88.00	88.20	SN4-FD00021-25	0.2	BS	2.41	0.50	15.30	0.28	2.00	3.63	12.80
SN4-FD00021	92.00	92.20	SN4-FD00021-26	0.2	BS	2.93	0.59	16.30	0.32	2.00	4.80	15.10
SN4-FD00021	96.00	96.20	SN4-FD00021-27	0.2	BS	2.34	0.56	13.80	0.21	2.00	3.47	10.70
SN4-FD00021	100.00	100.20	SN4-FD00021-28	0.2	BS	2.77	0.54	19.50	0.30	2.00	3.90	16.20

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.05	0.01	0.10	0.01	2.00	0.05	0.10
UPPER LIMIT						10000.00	1000.00	10000.00	1000.00	10000.00	2500.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Hf	Ho	La	Lu	Mo	Nb	Nd
SN4-FD00021	104.00	104.20	SN4-FD00021-29	0.2	BS	2.13	0.55	15.10	0.24	2.00	3.35	12.70
SN4-FD00021	108.00	108.20	SN4-FD00021-30	0.2	BS	2.12	0.63	16.20	0.27	2.00	3.34	14.60
SN4-FD00021	112.00	112.20	SN4-FD00021-31	0.2	BS	2.49	0.56	16.90	0.24	2.00	3.90	14.60
SN4-FD00021	116.00	116.20	SN4-FD00021-32	0.2	BS	1.85	0.50	14.10	0.23	2.00	3.09	11.70
SN4-FD00021	120.00	120.20	SN4-FD00021-33	0.2	BS	2.03	0.50	12.50	0.20	2.00	2.99	11.00
SN4-FD00021	124.00	124.20	SN4-FD00021-34	0.2	BS	1.96	0.54	14.40	0.23	2.00	3.10	11.60
SN4-FD00021	128.00	128.20	SN4-FD00021-35	0.2	BS	1.76	0.50	13.30	0.17	2.00	2.80	10.70
SN4-FD00021	132.00	132.20	SN4-FD00021-36	0.2	BS	1.85	0.47	13.10	0.18	2.00	3.02	10.50
SN4-FD00021	136.00	136.20	SN4-FD00021-37	0.2	BS	1.94	0.53	13.70	0.21	2.00	2.90	12.10
SN4-FD00021	140.00	140.20	SN4-FD00021-38	0.2	BS	2.31	0.49	10.90	0.28	2.00	3.57	10.00
SN4-FD00021	144.00	144.20	SN4-FD00021-39	0.2	BS	1.96	0.49	15.60	0.21	2.00	2.83	12.80
SN4-FD00021	148.00	148.20	SN4-FD00021-40	0.2	BS	2.00	0.46	13.60	0.18	2.00	2.64	10.30
SN4-FD00021	152.00	152.20	SN4-FD00021-41	0.2	BS	1.95	0.49	12.50	0.20	2.00	2.89	10.60
SN4-FD00021	156.20	156.40	SN4-FD00021-42	0.2	BS	1.90	0.49	13.40	0.24	2.00	2.76	10.90
SN4-FD00021	160.00	160.20	SN4-FD00021-43	0.2	BS	2.08	0.60	17.00	0.25	2.00	3.39	14.10
SN4-FD00021	164.00	164.20	SN4-FD00021-44	0.2	BS	2.09	0.49	14.30	0.18	2.00	3.18	12.10
SN4-FD00021	168.00	168.20	SN4-FD00021-45	0.2	BS	2.25	0.42	8.30	0.20	2.00	3.54	8.40
SN4-FD00021	172.00	172.20	SN4-FD00021-46	0.2	BS	2.08	0.42	13.90	0.17	2.00	3.13	11.10
SN4-FD00021	176.00	176.20	SN4-FD00021-47	0.2	BS	1.88	0.53	14.20	0.24	2.00	3.08	11.40
SN4-FD00021	177.40	177.50	SN4-FD00021-48	0.1	BS	2.36	0.63	15.80	0.24	2.00	3.43	13.30
SN4-FD00021	180.00	180.20	SN4-FD00021-49	0.2	BA	2.76	0.58	11.90	0.26	2.00	4.04	13.30
SN4-FD00021	184.00	184.20	SN4-FD00021-50	0.2	BA	2.82	0.46	9.60	0.27	2.00	3.81	9.80
SN4-FD00021	188.00	188.20	SN4-FD00021-51	0.2	JP	0.12	0.10	2.70	0.06	2.00	0.22	2.70
SN4-FD00021	192.00	192.05	SN4-FD00021-52	0.05	JP	0.09	0.06	1.30	0.01	5.00	0.26	1.30
SN4-FD00021	196.00	196.20	SN4-FD00021-53	0.2	JP	0.13	0.07	10.10	0.01	3.00	0.36	6.50
SN4-FD00021	200.00	200.20	SN4-FD00021-54	0.2	JP	0.05	0.20	16.40	0.09	6.00	0.15	9.20
SN4-FD00021	204.00	204.20	SN4-FD00021-55	0.2	JP	0.05	0.17	1.60	0.03	3.00	0.33	1.50
SN4-FD00021	208.00	208.20	SN4-FD00021-56	0.2	JP	0.06	0.10	7.70	0.03	5.00	0.38	4.80

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.05	0.01	0.10	0.01	2.00	0.05	0.10
UPPER LIMIT						10000.00	1000.00	10000.00	1000.00	10000.00	2500.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Hf	Ho	La	Lu	Mo	Nb	Nd
SN4-FD00021	212.00	212.20	SN4-FD00021-57	0.2	FMN	0.11	1.16	28.50	0.40	11.00	0.22	37.00
SN4-FD00021	216.00	216.20	SN4-FD00021-58	0.2	JP	0.10	0.33	6.90	0.10	5.00	0.23	8.60
SN4-FD00021	220.00	220.20	SN4-FD00021-59	0.2	JP	0.25	0.19	3.30	0.06	2.00	0.29	4.00
SN4-FD00021	224.00	224.20	SN4-FD00021-60	0.2	JP	0.64	0.28	6.80	0.12	3.00	1.01	6.10
SN4-FD00021	228.00	228.20	SN4-FD00021-61	0.2	JP	0.62	0.22	6.70	0.07	2.00	1.02	4.80
SN4-FD00021	232.00	232.20	SN4-FD00021-62	0.2	JP	0.15	0.07	4.00	0.02	2.00	0.23	2.30
SN4-FD00021	236.00	236.20	SN4-FD00021-63	0.2	HC	0.10	0.08	4.00	0.02	3.00	2.01	2.80
SN4-FD00021	240.00	240.20	SN4-FD00021-64	0.2	HC	0.11	0.06	1.80	0.02	2.00	0.24	1.60
SN4-FD00021	244.00	244.20	SN4-FD00021-65	0.2	HC	0.11	0.20	3.70	0.09	3.00	0.13	4.20
SN4-FD00021	248.00	248.20	SN4-FD00021-66	0.2	HC	0.09	0.08	1.90	0.03	3.00	0.14	1.70
SN4-FD00021	252.00	252.20	SN4-FD00021-67	0.2	HC	0.07	0.04	2.90	0.03	2.00	0.09	2.10
SN4-FD00021	256.00	256.20	SN4-FD00021-68	0.2	HC	0.10	0.07	1.70	0.02	2.00	0.10	1.40
SN4-FD00021	260.00	260.20	SN4-FD00021-69	0.2	HC	0.08	0.08	3.20	0.03	5.00	2.93	3.10
SN4-FD00021	264.00	264.20	SN4-FD00021-70	0.2	HC	0.18	0.14	2.40	0.04	2.00	0.25	2.80
SN4-FD00021	268.00	268.20	SN4-FD00021-71	0.2	HC	0.09	0.27	3.90	0.07	3.00	0.19	6.40
SN4-FD00021	272.00	272.20	SN4-FD00021-72	0.2	HC	0.14	0.14	2.60	0.04	3.00	0.35	2.70
SN4-FD00021	276.00	276.20	SN4-FD00021-73	0.2	HC	0.09	0.17	2.50	0.05	2.00	0.29	2.80
SN4-FD00021	280.00	280.20	SN4-FD00021-74	0.2	HC	0.09	0.14	2.00	0.04	2.00	0.19	2.70
SN4-FD00021	284.00	284.20	SN4-FD00021-75	0.2	HC	0.05	0.10	2.00	0.02	3.00	0.22	2.00
SN4-FD00021	288.00	288.20	SN4-FD00021-76	0.2	HC	0.06	0.11	2.50	0.03	5.00	0.08	2.30
SN4-FD00021	292.00	292.20	SN4-FD00021-77	0.2	HC	0.07	0.04	1.50	0.02	2.00	0.21	1.30
SN4-FD00021	296.00	296.20	SN4-FD00021-78	0.2	HC	0.10	0.07	1.40	0.01	2.00	0.12	1.20
SN4-FD00021	300.00	300.20	SN4-FD00021-79	0.2	HC	0.19	0.06	1.50	0.02	2.00	0.33	1.30
SN4-FD00021	304.00	304.20	SN4-FD00021-80	0.2	HC	0.19	0.13	4.20	0.03	2.00	1.22	3.00
SN4-FD00021	308.00	308.20	SN4-FD00021-81	0.2	HC	0.39	0.16	3.80	0.05	2.00	1.29	3.60
SN4-FD00021	312.00	312.20	SN4-FD00021-82	0.2	HC	3.08	0.47	12.50	0.30	2.00	12.20	8.80
SN4-FD00021	316.00	316.20	SN4-FD00021-83	0.2	HC	0.05	0.09	2.10	0.01	4.00	0.13	1.60
SN4-FD00021	320.00	320.20	SN4-FD00021-84	0.2	HC	0.13	0.09	2.50	0.03	3.00	0.16	2.10

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.05	0.01	0.10	0.01	2.00	0.05	0.10
UPPER LIMIT						10000.00	1000.00	10000.00	1000.00	10000.00	2500.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Hf	Ho	La	Lu	Mo	Nb	Nd
SN4-FD00021	324.00	324.20	SN4-FD00021-85	0.2	HC	0.07	0.12	3.80	0.03	2.00	0.33	2.90
SN4-FD00021	328.00	328.20	SN4-FD00021-86	0.2	HC	0.12	0.07	3.00	0.04	2.00	0.27	2.00
SN4-FD00021	332.00	332.20	SN4-FD00021-87	0.2	HC	0.19	0.10	2.90	0.04	2.00	0.38	2.10
SN4-FD00021	336.00	336.20	SN4-FD00021-88	0.2	HC	0.13	0.12	3.80	0.04	3.00	0.15	3.20
SN4-FD00021	340.00	340.20	SN4-FD00021-89	0.2	HC	0.07	0.12	4.30	0.04	2.00	0.10	3.40
SN4-FD00021	344.00	344.20	SN4-FD00021-90	0.2	HC	0.09	0.23	9.00	0.07	2.00	0.14	6.40
SN4-FD00021	346.00	346.20	SN4-FD00021-91	0.2	HC	0.13	0.11	3.40	0.05	3.00	0.33	2.50
SN4-FD00021	350.00	350.20	SN4-FD00021-92	0.2	HC	0.17	0.14	4.50	0.05	8.00	0.43	4.70
SN4-FD00021	354.00	354.20	SN4-FD00021-93	0.2	BS	3.50	1.80	50.50	0.69	2.00	6.00	48.80
SN4-FD00021	358.00	358.20	SN4-FD00021-94	0.2	BS	3.26	1.08	20.00	0.39	2.00	5.54	15.90
SN4-FD00021	362.00	362.20	SN4-FD00021-95	0.2	BS	3.35	1.06	17.50	0.44	2.00	5.51	14.60
SN4-FD00021	368.00	368.20	SN4-FD00021-96	0.2	BS	3.14	0.75	24.30	0.41	2.00	4.94	18.40
SN4-FD00021	370.80	370.90	SN4-FD00021-99	0.1	BS	3.02	0.89	13.20	0.35	2.00	5.16	11.70
SN4-FD00021	372.00	372.20	SN4-FD00021-97	0.2	BS	2.76	0.81	12.40	0.40	2.00	4.93	11.10
SN4-FD00021	376.00	376.15	SN4-FD00021-98	0.15	BS	3.59	0.94	12.20	0.33	2.00	5.19	11.60

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						5.00	0.02	0.20	0.03	0.50	0.10	0.10
UPPER LIMIT						10000.00	1000.00	10000.00	1000.00	10000.00	10000.00	2500.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Pb	Pr	Rb	Sm	Sn	Sr	Ta
SN4-FD00021	0.00	0.20	SN4-FD00021-01	0.2	AT	119.00	2.86	44.20	2.53	1.20	71.90	0.50
SN4-FD00021	4.00	"	SN4-FD00021-02	0.2	AT	315.00	3.63	0.90	2.61	1.00	2.10	0.40
SN4-FD00021	8.00	8.20	SN4-FD00021-03	0.2	JP	522.00	3.01	1.00	1.91	1.50	4.70	0.40
SN4-FD00021	12.00	12.20	SN4-FD00021-04	0.2	JP	157.00	2.18	0.70	1.52	0.60	2.60	0.30
SN4-FD00021	16.00	16.20	SN4-FD00021-05	0.2	JP	732.00	2.05	0.90	1.63	1.70	2.20	0.40
SN4-FD00021	20.00	20.20	SN4-FD00021-06	0.2	JP	166.00	3.83	0.50	2.51	2.90	3.00	0.40
SN4-FD00021	24.00	24.20	SN4-FD00021-07	0.2	JP	567.00	3.21	22.70	2.53	3.30	2.70	0.60
SN4-FD00021	27.45	27.55	SN4-FD00021-08	0.1	BS	8.00	4.99	79.40	3.45	1.20	2.30	0.40
SN4-FD00021	28.00	28.20	SN4-FD00021-09	0.2	BS	6.00	3.65	58.30	3.03	1.30	1.60	0.40
SN4-FD00021	32.00	32.20	SN4-FD00021-10	0.2	JP	119.00	3.62	23.00	2.86	1.30	22.30	1.20
SN4-FD00021	36.00	36.20	SN4-FD00021-11	0.2	BS	9.00	3.20	43.80	2.32	1.30	86.80	0.40
SN4-FD00021	40.00	40.20	SN4-FD00021-12	0.2	BS	8.00	4.55	50.30	2.82	0.80	64.50	0.70
SN4-FD00021	44.00	44.20	SN4-FD00021-13	0.2	BS	10.00	3.33	51.70	2.33	0.70	124.00	0.40
SN4-FD00021	48.00	48.20	SN4-FD00021-14	0.2	BS	32.00	2.55	42.80	1.99	0.60	5.50	0.40
SN4-FD00021	52.00	52.20	SN4-FD00021-15	0.2	BS	59.00	3.39	71.90	2.49	0.50	38.50	0.40
SN4-FD00021	56.00	56.20	SN4-FD00021-16	0.2	BS	17.00	4.13	30.80	3.14	0.80	78.60	0.40
SN4-FD00021	56.80	56.90	SN4-FD00021-17	0.1	BS	23.00	3.17	50.00	2.30	0.50	192.00	0.40
SN4-FD00021	60.00	60.20	SN4-FD00021-18	0.2	BS	42.00	3.36	43.60	2.61	0.70	177.00	0.40
SN4-FD00021	64.00	64.20	SN4-FD00021-19	0.2	BS	23.00	3.67	50.70	2.48	0.60	101.00	0.40
SN4-FD00021	68.00	68.20	SN4-FD00021-20	0.2	BS	42.00	2.29	54.80	1.78	1.40	12.50	0.40
SN4-FD00021	72.00	72.20	SN4-FD00021-21	0.2	BS	19.00	3.89	38.80	2.94	0.50	109.50	0.40
SN4-FD00021	76.00	76.20	SN4-FD00021-22	0.2	BS	214.00	3.26	64.20	2.78	0.50	152.50	0.40
SN4-FD00021	80.00	80.20	SN4-FD00021-23	0.2	BS	91.00	3.44	48.70	2.68	0.80	155.50	0.40
SN4-FD00021	84.00	84.20	SN4-FD00021-24	0.2	BS	281.00	5.86	66.20	4.68	1.00	514.00	0.40
SN4-FD00021	88.00	88.20	SN4-FD00021-25	0.2	BS	37.00	3.63	59.00	2.71	0.80	34.60	0.40
SN4-FD00021	92.00	92.20	SN4-FD00021-26	0.2	BS	69.00	3.92	78.50	2.70	0.50	8.30	0.40
SN4-FD00021	96.00	96.20	SN4-FD00021-27	0.2	BS	121.00	2.95	40.90	2.04	0.80	189.00	0.30
SN4-FD00021	100.00	100.20	SN4-FD00021-28	0.2	BS	131.00	4.29	47.70	2.99	0.50	269.00	0.40

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						5.00	0.02	0.20	0.03	0.50	0.10	0.10
UPPER LIMIT						10000.00	1000.00	10000.00	1000.00	10000.00	10000.00	2500.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Pb	Pr	Rb	Sm	Sn	Sr	Ta
SN4-FD00021	104.00	104.20	SN4-FD00021-29	0.2	BS	29.00	3.26	11.20	2.34	0.50	200.00	0.30
SN4-FD00021	108.00	108.20	SN4-FD00021-30	0.2	BS	157.00	3.52	40.00	3.02	0.50	486.00	0.40
SN4-FD00021	112.00	112.20	SN4-FD00021-31	0.2	BS	39.00	3.93	68.00	2.63	0.50	185.00	0.40
SN4-FD00021	116.00	116.20	SN4-FD00021-32	0.2	BS	31.00	3.02	49.60	2.37	0.50	190.00	0.30
SN4-FD00021	120.00	120.20	SN4-FD00021-33	0.2	BS	25.00	2.58	41.30	1.82	0.50	158.00	0.30
SN4-FD00021	124.00	124.20	SN4-FD00021-34	0.2	BS	27.00	3.32	44.10	2.51	0.90	172.50	0.30
SN4-FD00021	128.00	128.20	SN4-FD00021-35	0.2	BS	47.00	2.89	56.60	2.09	0.50	169.00	0.30
SN4-FD00021	132.00	132.20	SN4-FD00021-36	0.2	BS	45.00	2.81	39.70	2.07	1.00	216.00	0.30
SN4-FD00021	136.00	136.20	SN4-FD00021-37	0.2	BS	30.00	3.04	32.00	2.13	0.50	183.00	0.30
SN4-FD00021	140.00	140.20	SN4-FD00021-38	0.2	BS	35.00	2.71	66.30	2.01	0.50	6.90	0.40
SN4-FD00021	144.00	144.20	SN4-FD00021-39	0.2	BS	78.00	3.56	88.10	2.47	0.50	254.00	0.30
SN4-FD00021	148.00	148.20	SN4-FD00021-40	0.2	BS	28.00	2.98	53.20	1.85	0.50	200.00	0.30
SN4-FD00021	152.00	152.20	SN4-FD00021-41	0.2	BS	21.00	2.81	70.20	2.25	0.60	187.50	0.30
SN4-FD00021	156.20	156.40	SN4-FD00021-42	0.2	BS	17.00	2.88	55.30	2.48	0.50	253.00	0.30
SN4-FD00021	160.00	160.20	SN4-FD00021-43	0.2	BS	90.00	3.81	64.50	2.96	0.50	356.00	0.40
SN4-FD00021	164.00	164.20	SN4-FD00021-44	0.2	BS	18.00	3.16	86.00	2.81	0.50	215.00	0.30
SN4-FD00021	168.00	168.20	SN4-FD00021-45	0.2	BS	12.00	2.22	94.10	1.76	0.80	150.00	0.40
SN4-FD00021	172.00	172.20	SN4-FD00021-46	0.2	BS	30.00	3.05	83.20	2.30	0.50	291.00	0.30
SN4-FD00021	176.00	176.20	SN4-FD00021-47	0.2	BS	16.00	3.10	82.80	2.43	0.50	205.00	0.30
SN4-FD00021	177.40	177.50	SN4-FD00021-48	0.1	BS	50.00	3.42	72.50	3.01	0.80	510.00	0.30
SN4-FD00021	180.00	180.20	SN4-FD00021-49	0.2	BA	15.00	3.20	40.50	2.74	0.90	5.20	0.40
SN4-FD00021	184.00	184.20	SN4-FD00021-50	0.2	BA	8.00	2.70	18.90	2.14	0.60	4.20	0.50
SN4-FD00021	188.00	188.20	SN4-FD00021-51	0.2	JP	8.00	0.72	1.20	0.53	0.50	10.00	0.10
SN4-FD00021	192.00	192.05	SN4-FD00021-52	0.05	JP	15.00	0.29	0.30	0.26	0.50	2.60	0.10
SN4-FD00021	196.00	196.20	SN4-FD00021-53	0.2	JP	21.00	1.66	0.80	0.87	0.50	3.50	0.20
SN4-FD00021	200.00	200.20	SN4-FD00021-54	0.2	JP	23.00	2.78	0.20	1.88	0.50	5.60	0.10
SN4-FD00021	204.00	204.20	SN4-FD00021-55	0.2	JP	5.00	0.37	0.40	0.46	0.50	3.20	0.10
SN4-FD00021	208.00	208.20	SN4-FD00021-56	0.2	JP	6.00	1.24	0.30	0.93	0.50	1.90	0.10

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						5.00	0.02	0.20	0.03	0.50	0.10	0.10
UPPER LIMIT						10000.00	1000.00	10000.00	1000.00	10000.00	10000.00	2500.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Pb	Pr	Rb	Sm	Sn	Sr	Ta
SN4-FD00021	212.00	212.20	SN4-FD00021-57	0.2	FMN	27.00	8.35	4.80	8.47	0.50	30.10	0.10
SN4-FD00021	216.00	216.20	SN4-FD00021-58	0.2	JP	6.00	1.92	0.60	2.19	0.80	43.30	0.20
SN4-FD00021	220.00	220.20	SN4-FD00021-59	0.2	JP	6.00	0.87	0.30	1.18	0.60	1.60	0.10
SN4-FD00021	224.00	224.20	SN4-FD00021-60	0.2	JP	12.00	1.44	4.50	1.45	0.50	4.40	0.20
SN4-FD00021	228.00	228.20	SN4-FD00021-61	0.2	JP	12.00	1.32	5.70	0.92	0.50	5.40	0.10
SN4-FD00021	232.00	232.20	SN4-FD00021-62	0.2	JP	9.00	0.67	0.60	0.44	0.50	1.40	0.10
SN4-FD00021	236.00	236.20	SN4-FD00021-63	0.2	HC	5.00	0.73	0.50	0.59	0.50	3.00	0.10
SN4-FD00021	240.00	240.20	SN4-FD00021-64	0.2	HC	5.00	0.40	0.30	0.27	0.50	0.90	0.10
SN4-FD00021	244.00	244.20	SN4-FD00021-65	0.2	HC	7.00	0.97	0.30	1.00	0.50	1.90	0.10
SN4-FD00021	248.00	248.20	SN4-FD00021-66	0.2	HC	8.00	0.37	0.20	0.31	0.50	1.70	0.10
SN4-FD00021	252.00	252.20	SN4-FD00021-67	0.2	HC	5.00	0.49	0.30	0.34	0.50	1.00	0.10
SN4-FD00021	256.00	256.20	SN4-FD00021-68	0.2	HC	5.00	0.34	0.20	0.28	0.50	0.80	0.10
SN4-FD00021	260.00	260.20	SN4-FD00021-69	0.2	HC	7.00	0.71	0.30	0.52	0.50	3.10	0.10
SN4-FD00021	264.00	264.20	SN4-FD00021-70	0.2	HC	11.00	0.56	0.30	0.84	0.50	1.70	0.10
SN4-FD00021	268.00	268.20	SN4-FD00021-71	0.2	HC	10.00	1.13	0.30	1.59	0.50	1.40	0.10
SN4-FD00021	272.00	272.20	SN4-FD00021-72	0.2	HC	20.00	0.61	0.40	0.64	0.50	2.20	0.10
SN4-FD00021	276.00	276.20	SN4-FD00021-73	0.2	HC	11.00	0.65	0.30	0.74	0.50	2.00	0.10
SN4-FD00021	280.00	280.20	SN4-FD00021-74	0.2	HC	9.00	0.58	0.20	0.57	0.50	2.00	0.10
SN4-FD00021	284.00	284.20	SN4-FD00021-75	0.2	HC	9.00	0.42	0.30	0.42	0.50	1.50	0.10
SN4-FD00021	288.00	288.20	SN4-FD00021-76	0.2	HC	8.00	0.48	0.20	0.61	0.50	1.60	0.10
SN4-FD00021	292.00	292.20	SN4-FD00021-77	0.2	HC	5.00	0.31	0.40	0.30	0.50	1.10	0.10
SN4-FD00021	296.00	296.20	SN4-FD00021-78	0.2	HC	8.00	0.26	0.30	0.44	0.50	1.50	0.10
SN4-FD00021	300.00	300.20	SN4-FD00021-79	0.2	HC	8.00	0.37	0.30	0.39	0.50	1.00	0.10
SN4-FD00021	304.00	304.20	SN4-FD00021-80	0.2	HC	12.00	0.87	0.50	0.79	0.50	1.90	0.10
SN4-FD00021	308.00	308.20	SN4-FD00021-81	0.2	HC	14.00	0.88	0.80	1.02	0.50	2.70	0.10
SN4-FD00021	312.00	312.20	SN4-FD00021-82	0.2	HC	14.00	2.75	1.30	1.70	2.20	2.20	0.90
SN4-FD00021	316.00	316.20	SN4-FD00021-83	0.2	HC	5.00	0.37	0.30	0.41	0.50	1.10	0.10
SN4-FD00021	320.00	320.20	SN4-FD00021-84	0.2	HC	6.00	0.47	0.40	0.36	0.50	1.30	0.10

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						5.00	0.02	0.20	0.03	0.50	0.10	0.10
UPPER LIMIT						10000.00	1000.00	10000.00	1000.00	10000.00	10000.00	2500.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Pb	Pr	Rb	Sm	Sn	Sr	Ta
SN4-FD00021	324.00	324.20	SN4-FD00021-85	0.2	HC	6.00	0.63	0.80	0.71	0.50	1.30	0.10
SN4-FD00021	328.00	328.20	SN4-FD00021-86	0.2	HC	12.00	0.55	0.20	0.42	0.50	1.10	0.20
SN4-FD00021	332.00	332.20	SN4-FD00021-87	0.2	HC	10.00	0.50	0.40	0.51	0.50	1.20	0.20
SN4-FD00021	336.00	336.20	SN4-FD00021-88	0.2	HC	13.00	0.73	0.60	0.74	0.50	1.80	0.20
SN4-FD00021	340.00	340.20	SN4-FD00021-89	0.2	HC	13.00	0.85	0.20	0.72	0.50	2.30	0.20
SN4-FD00021	344.00	344.20	SN4-FD00021-90	0.2	HC	12.00	1.88	0.40	1.42	0.50	3.30	0.20
SN4-FD00021	346.00	346.20	SN4-FD00021-91	0.2	HC	11.00	0.68	0.30	0.71	0.50	2.90	0.20
SN4-FD00021	350.00	350.20	SN4-FD00021-92	0.2	HC	11.00	1.26	0.20	1.51	0.60	1.50	0.20
SN4-FD00021	354.00	354.20	SN4-FD00021-93	0.2	BS	10.00	11.95	15.20	9.44	3.10	20.90	0.30
SN4-FD00021	358.00	358.20	SN4-FD00021-94	0.2	BS	7.00	4.24	2.40	3.69	1.40	2.20	0.30
SN4-FD00021	362.00	362.20	SN4-FD00021-95	0.2	BS	5.00	3.70	3.10	2.87	1.80	1.80	0.40
SN4-FD00021	368.00	368.20	SN4-FD00021-96	0.2	BS	5.00	5.49	2.40	4.13	1.90	4.20	0.40
SN4-FD00021	370.80	370.90	SN4-FD00021-99	0.1	BS	6.00	3.19	26.10	2.66	1.90	5.90	0.50
SN4-FD00021	372.00	372.20	SN4-FD00021-97	0.2	BS	5.00	2.72	2.90	2.89	0.90	3.90	0.40
SN4-FD00021	376.00	376.15	SN4-FD00021-98	0.15	BS	5.00	3.15	3.00	2.90	0.80	3.90	0.40

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.01	0.05	0.05	0.01	0.05	5.00	0.50
UPPER LIMIT						1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Tb	Th	Tl	Tm	U	V	W
SN4-FD00021	0.00	0.20	SN4-FD00021-01	0.2	AT	0.52	4.73	0.05	0.31	1.71	181.00	3.40
SN4-FD00021	4.00	"	SN4-FD00021-02	0.2	AT	0.40	4.14	0.05	0.22	2.26	60.00	2.10
SN4-FD00021	8.00	8.20	SN4-FD00021-03	0.2	JP	0.27	3.18	0.05	0.12	1.80	97.00	4.50
SN4-FD00021	12.00	12.20	SN4-FD00021-04	0.2	JP	0.42	2.49	0.05	0.21	1.10	47.00	4.40
SN4-FD00021	16.00	16.20	SN4-FD00021-05	0.2	JP	0.23	4.23	0.05	0.12	1.40	27.00	6.00
SN4-FD00021	20.00	20.20	SN4-FD00021-06	0.2	JP	0.47	4.28	0.05	0.28	1.52	104.00	3.10
SN4-FD00021	24.00	24.20	SN4-FD00021-07	0.2	JP	0.33	7.64	0.09	0.21	3.29	73.00	2.50
SN4-FD00021	27.45	27.55	SN4-FD00021-08	0.1	BS	0.61	4.41	0.24	0.26	1.09	226.00	1.00
SN4-FD00021	28.00	28.20	SN4-FD00021-09	0.2	BS	0.48	4.28	0.18	0.29	1.07	206.00	2.00
SN4-FD00021	32.00	32.20	SN4-FD00021-10	0.2	JP	0.65	13.10	0.09	0.60	3.85	59.00	3.50
SN4-FD00021	36.00	36.20	SN4-FD00021-11	0.2	BS	0.34	3.37	0.08	0.22	0.87	184.00	1.30
SN4-FD00021	40.00	40.20	SN4-FD00021-12	0.2	BS	0.46	3.89	0.17	0.25	1.11	190.00	2.10
SN4-FD00021	44.00	44.20	SN4-FD00021-13	0.2	BS	0.40	3.59	0.12	0.21	0.89	169.00	2.20
SN4-FD00021	48.00	48.20	SN4-FD00021-14	0.2	BS	0.43	4.04	0.11	0.22	1.94	73.00	2.00
SN4-FD00021	52.00	52.20	SN4-FD00021-15	0.2	BS	0.42	4.10	0.14	0.26	1.83	74.00	1.00
SN4-FD00021	56.00	56.20	SN4-FD00021-16	0.2	BS	0.46	4.32	0.14	0.29	1.08	179.00	1.70
SN4-FD00021	56.80	56.90	SN4-FD00021-17	0.1	BS	0.39	3.51	0.06	0.20	0.99	181.00	0.50
SN4-FD00021	60.00	60.20	SN4-FD00021-18	0.2	BS	0.41	3.71	0.10	0.26	1.02	188.00	0.70
SN4-FD00021	64.00	64.20	SN4-FD00021-19	0.2	BS	0.42	4.00	0.10	0.22	1.22	175.00	0.50
SN4-FD00021	68.00	68.20	SN4-FD00021-20	0.2	BS	0.32	4.13	0.09	0.21	2.59	88.00	1.00
SN4-FD00021	72.00	72.20	SN4-FD00021-21	0.2	BS	0.44	4.37	0.06	0.24	1.11	174.00	0.50
SN4-FD00021	76.00	76.20	SN4-FD00021-22	0.2	BS	0.45	3.87	0.06	0.24	1.00	193.00	0.70
SN4-FD00021	80.00	80.20	SN4-FD00021-23	0.2	BS	0.50	4.16	0.12	0.27	0.91	164.00	0.70
SN4-FD00021	84.00	84.20	SN4-FD00021-24	0.2	BS	0.60	3.81	0.15	0.27	2.24	79.00	0.50
SN4-FD00021	88.00	88.20	SN4-FD00021-25	0.2	BS	0.39	4.11	0.13	0.26	1.34	173.00	0.50
SN4-FD00021	92.00	92.20	SN4-FD00021-26	0.2	BS	0.42	6.77	0.06	0.29	2.93	75.00	0.50
SN4-FD00021	96.00	96.20	SN4-FD00021-27	0.2	BS	0.42	4.11	0.08	0.20	2.29	77.00	1.20
SN4-FD00021	100.00	100.20	SN4-FD00021-28	0.2	BS	0.46	4.53	0.12	0.27	2.15	80.00	0.50

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.01	0.05	0.05	0.01	0.05	5.00	0.50
UPPER LIMIT						1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Tb	Th	Tl	Tm	U	V	W
SN4-FD00021	104.00	104.20	SN4-FD00021-29	0.2	BS	0.39	3.77	0.05	0.21	1.01	152.00	1.30
SN4-FD00021	108.00	108.20	SN4-FD00021-30	0.2	BS	0.42	3.66	0.05	0.27	1.97	125.00	0.50
SN4-FD00021	112.00	112.20	SN4-FD00021-31	0.2	BS	0.43	4.23	0.13	0.26	1.03	167.00	0.80
SN4-FD00021	116.00	116.20	SN4-FD00021-32	0.2	BS	0.33	3.43	0.05	0.19	0.97	171.00	0.60
SN4-FD00021	120.00	120.20	SN4-FD00021-33	0.2	BS	0.32	3.59	0.08	0.22	0.93	177.00	0.50
SN4-FD00021	124.00	124.20	SN4-FD00021-34	0.2	BS	0.37	3.50	0.05	0.21	0.90	180.00	0.70
SN4-FD00021	128.00	128.20	SN4-FD00021-35	0.2	BS	0.38	3.30	0.07	0.21	0.88	175.00	1.00
SN4-FD00021	132.00	132.20	SN4-FD00021-36	0.2	BS	0.38	3.32	0.05	0.26	0.85	175.00	1.00
SN4-FD00021	136.00	136.20	SN4-FD00021-37	0.2	BS	0.34	3.51	0.05	0.22	0.98	120.00	0.50
SN4-FD00021	140.00	140.20	SN4-FD00021-38	0.2	BS	0.35	4.24	0.07	0.22	2.13	64.00	0.70
SN4-FD00021	144.00	144.20	SN4-FD00021-39	0.2	BS	0.34	3.30	0.11	0.24	1.45	101.00	0.50
SN4-FD00021	148.00	148.20	SN4-FD00021-40	0.2	BS	0.37	3.60	0.10	0.20	1.56	118.00	0.80
SN4-FD00021	152.00	152.20	SN4-FD00021-41	0.2	BS	0.29	3.39	0.06	0.17	0.88	161.00	1.80
SN4-FD00021	156.20	156.40	SN4-FD00021-42	0.2	BS	0.35	3.37	0.06	0.20	0.94	175.00	2.30
SN4-FD00021	160.00	160.20	SN4-FD00021-43	0.2	BS	0.48	3.82	0.12	0.26	1.79	121.00	1.50
SN4-FD00021	164.00	164.20	SN4-FD00021-44	0.2	BS	0.39	3.67	0.07	0.20	0.94	176.00	0.90
SN4-FD00021	168.00	168.20	SN4-FD00021-45	0.2	BS	0.28	3.91	0.12	0.19	0.94	165.00	2.70
SN4-FD00021	172.00	172.20	SN4-FD00021-46	0.2	BS	0.34	3.35	0.06	0.23	0.86	180.00	2.10
SN4-FD00021	176.00	176.20	SN4-FD00021-47	0.2	BS	0.40	3.62	0.22	0.25	0.85	173.00	2.30
SN4-FD00021	177.40	177.50	SN4-FD00021-48	0.1	BS	0.45	3.97	0.09	0.25	1.30	156.00	1.20
SN4-FD00021	180.00	180.20	SN4-FD00021-49	0.2	BA	0.41	4.63	0.05	0.26	1.59	168.00	53.50
SN4-FD00021	184.00	184.20	SN4-FD00021-50	0.2	BA	0.33	4.50	0.05	0.26	1.84	185.00	0.80
SN4-FD00021	188.00	188.20	SN4-FD00021-51	0.2	JP	0.11	0.13	0.05	0.04	1.51	32.00	1.70
SN4-FD00021	192.00	192.05	SN4-FD00021-52	0.05	JP	0.04	0.11	0.05	0.01	1.40	39.00	5.50
SN4-FD00021	196.00	196.20	SN4-FD00021-53	0.2	JP	0.09	0.12	0.05	0.05	1.33	14.00	1.50
SN4-FD00021	200.00	200.20	SN4-FD00021-54	0.2	JP	0.20	0.08	0.05	0.09	1.29	31.00	2.00
SN4-FD00021	204.00	204.20	SN4-FD00021-55	0.2	JP	0.11	0.09	0.05	0.06	0.99	18.00	23.60
SN4-FD00021	208.00	208.20	SN4-FD00021-56	0.2	JP	0.09	0.13	0.05	0.04	2.62	25.00	10.00

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.01	0.05	0.05	0.01	0.05	5.00	0.50
UPPER LIMIT						1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Tb	Th	Tl	Tm	U	V	W
SN4-FD00021	212.00	212.20	SN4-FD00021-57	0.2	FMN	1.25	0.12	0.62	0.52	1.64	65.00	1.50
SN4-FD00021	216.00	216.20	SN4-FD00021-58	0.2	JP	0.23	0.22	0.12	0.12	1.53	68.00	3.20
SN4-FD00021	220.00	220.20	SN4-FD00021-59	0.2	JP	0.14	0.56	0.05	0.07	1.81	71.00	1.50
SN4-FD00021	224.00	224.20	SN4-FD00021-60	0.2	JP	0.23	1.54	0.07	0.10	4.64	58.00	6.60
SN4-FD00021	228.00	228.20	SN4-FD00021-61	0.2	JP	0.16	1.45	0.08	0.09	3.24	47.00	2.70
SN4-FD00021	232.00	232.20	SN4-FD00021-62	0.2	JP	0.06	0.26	0.05	0.03	3.08	112.00	4.20
SN4-FD00021	236.00	236.20	SN4-FD00021-63	0.2	HC	0.06	0.18	0.05	0.02	2.57	25.00	2.90
SN4-FD00021	240.00	240.20	SN4-FD00021-64	0.2	HC	0.05	0.22	0.05	0.02	1.05	36.00	6.00
SN4-FD00021	244.00	244.20	SN4-FD00021-65	0.2	HC	0.15	0.13	0.05	0.08	2.59	69.00	2.70
SN4-FD00021	248.00	248.20	SN4-FD00021-66	0.2	HC	0.08	0.28	0.05	0.03	2.24	30.00	1.10
SN4-FD00021	252.00	252.20	SN4-FD00021-67	0.2	HC	0.07	0.10	0.05	0.02	1.80	66.00	3.40
SN4-FD00021	256.00	256.20	SN4-FD00021-68	0.2	HC	0.06	0.13	0.05	0.03	1.19	72.00	4.00
SN4-FD00021	260.00	260.20	SN4-FD00021-69	0.2	HC	0.07	0.27	0.05	0.03	2.99	125.00	2.80
SN4-FD00021	264.00	264.20	SN4-FD00021-70	0.2	HC	0.10	0.45	0.05	0.05	1.75	72.00	2.90
SN4-FD00021	268.00	268.20	SN4-FD00021-71	0.2	HC	0.26	0.37	0.05	0.10	2.61	87.00	1.60
SN4-FD00021	272.00	272.20	SN4-FD00021-72	0.2	HC	0.11	0.39	0.05	0.04	2.38	58.00	1.60
SN4-FD00021	276.00	276.20	SN4-FD00021-73	0.2	HC	0.17	0.11	0.05	0.06	2.23	58.00	2.20
SN4-FD00021	280.00	280.20	SN4-FD00021-74	0.2	HC	0.13	0.16	0.05	0.04	2.00	58.00	1.40
SN4-FD00021	284.00	284.20	SN4-FD00021-75	0.2	HC	0.08	0.12	0.05	0.03	3.19	44.00	1.80
SN4-FD00021	288.00	288.20	SN4-FD00021-76	0.2	HC	0.10	0.11	0.05	0.02	2.52	61.00	7.90
SN4-FD00021	292.00	292.20	SN4-FD00021-77	0.2	HC	0.04	0.06	0.05	0.01	1.04	33.00	2.00
SN4-FD00021	296.00	296.20	SN4-FD00021-78	0.2	HC	0.05	0.06	0.05	0.01	1.58	87.00	1.80
SN4-FD00021	300.00	300.20	SN4-FD00021-79	0.2	HC	0.05	0.23	0.05	0.03	1.35	43.00	1.80
SN4-FD00021	304.00	304.20	SN4-FD00021-80	0.2	HC	0.13	0.81	0.05	0.05	5.11	94.00	1.90
SN4-FD00021	308.00	308.20	SN4-FD00021-81	0.2	HC	0.15	1.47	0.05	0.07	2.94	50.00	1.80
SN4-FD00021	312.00	312.20	SN4-FD00021-82	0.2	HC	0.31	10.30	0.05	0.23	5.84	91.00	35.60
SN4-FD00021	316.00	316.20	SN4-FD00021-83	0.2	HC	0.05	0.40	0.05	0.03	1.27	17.00	2.80
SN4-FD00021	320.00	320.20	SN4-FD00021-84	0.2	HC	0.09	0.40	0.05	0.04	2.79	62.00	6.70

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.01	0.05	0.05	0.01	0.05	5.00	0.50
UPPER LIMIT						1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Tb	Th	Tl	Tm	U	V	W
SN4-FD00021	324.00	324.20	SN4-FD00021-85	0.2	HC	0.10	0.63	0.11	0.04	4.59	60.00	4.30
SN4-FD00021	328.00	328.20	SN4-FD00021-86	0.2	HC	0.06	0.32	0.05	0.04	10.50	163.00	2.70
SN4-FD00021	332.00	332.20	SN4-FD00021-87	0.2	HC	0.09	0.95	0.05	0.05	5.13	131.00	2.50
SN4-FD00021	336.00	336.20	SN4-FD00021-88	0.2	HC	0.10	0.17	0.05	0.07	6.04	218.00	4.20
SN4-FD00021	340.00	340.20	SN4-FD00021-89	0.2	HC	0.10	0.15	0.05	0.05	7.58	510.00	10.40
SN4-FD00021	344.00	344.20	SN4-FD00021-90	0.2	HC	0.22	0.15	0.05	0.10	6.11	538.00	11.40
SN4-FD00021	346.00	346.20	SN4-FD00021-91	0.2	HC	0.13	0.26	0.05	0.08	11.50	349.00	9.10
SN4-FD00021	350.00	350.20	SN4-FD00021-92	0.2	HC	0.19	0.44	0.05	0.07	7.12	132.00	7.40
SN4-FD00021	354.00	354.20	SN4-FD00021-93	0.2	BS	1.43	7.50	0.05	0.69	2.80	256.00	1.20
SN4-FD00021	358.00	358.20	SN4-FD00021-94	0.2	BS	0.75	6.97	0.05	0.44	2.51	237.00	1.80
SN4-FD00021	362.00	362.20	SN4-FD00021-95	0.2	BS	0.71	7.53	0.05	0.55	2.47	256.00	2.30
SN4-FD00021	368.00	368.20	SN4-FD00021-96	0.2	BS	0.62	6.45	0.05	0.36	2.03	248.00	1.50
SN4-FD00021	370.80	370.90	SN4-FD00021-99	0.1	BS	0.54	6.42	0.05	0.40	2.23	233.00	2.10
SN4-FD00021	372.00	372.20	SN4-FD00021-97	0.2	BS	0.65	6.44	0.05	0.39	2.57	238.00	1.00
SN4-FD00021	376.00	376.15	SN4-FD00021-98	0.15	BS	0.61	6.93	0.05	0.39	2.98	254.00	1.80

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	pct	ppm
LOWER LIMIT						0.10	0.03	5.00	1.00	0.20	0.01	2.00
UPPER LIMIT						10000.00	1000.00	10000.00	10000.00	100.00	25.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Y	Yb	Zn	Zr	Ag	Al	As
SN4-FD00021	0.00	0.20	SN4-FD00021-01	0.2	AT	23.60	2.18	1170.00	92.00	0.30	2.90	2.00
SN4-FD00021	4.00	"	SN4-FD00021-02	0.2	AT	15.30	1.36	562.00	50.00	1.40	0.98	5.00
SN4-FD00021	8.00	8.20	SN4-FD00021-03	0.2	JP	11.20	0.85	969.00	48.00	3.70	1.10	2.00
SN4-FD00021	12.00	12.20	SN4-FD00021-04	0.2	JP	19.10	1.08	250.00	26.00	0.80	0.51	2.00
SN4-FD00021	16.00	16.20	SN4-FD00021-05	0.2	JP	10.40	0.83	245.00	31.00	1.10	0.55	2.00
SN4-FD00021	20.00	20.20	SN4-FD00021-06	0.2	JP	25.40	1.82	440.00	77.00	0.20	1.30	2.00
SN4-FD00021	24.00	24.20	SN4-FD00021-07	0.2	JP	12.20	1.26	4470.00	112.00	6.70	4.10	4.00
SN4-FD00021	27.45	27.55	SN4-FD00021-08	0.1	BS	19.30	1.77	1215.00	103.00	1.10	6.57	2.00
SN4-FD00021	28.00	28.20	SN4-FD00021-09	0.2	BS	17.00	1.75	1160.00	96.00	1.40	6.43	2.00
SN4-FD00021	32.00	32.20	SN4-FD00021-10	0.2	JP	28.70	3.60	4300.00	279.00	1.20	3.99	2.00
SN4-FD00021	36.00	36.20	SN4-FD00021-11	0.2	BS	11.80	1.19	709.00	78.00	1.50	3.30	2.00
SN4-FD00021	40.00	40.20	SN4-FD00021-12	0.2	BS	14.40	1.50	279.00	86.00	0.30	4.01	2.00
SN4-FD00021	44.00	44.20	SN4-FD00021-13	0.2	BS	11.90	1.41	267.00	82.00	0.90	3.21	2.00
SN4-FD00021	48.00	48.20	SN4-FD00021-14	0.2	BS	12.00	1.44	847.00	91.00	0.20	6.84	2.00
SN4-FD00021	52.00	52.20	SN4-FD00021-15	0.2	BS	14.60	1.78	625.00	91.00	0.20	6.21	2.00
SN4-FD00021	56.00	56.20	SN4-FD00021-16	0.2	BS	15.30	1.86	545.00	95.00	0.20	4.61	2.00
SN4-FD00021	56.80	56.90	SN4-FD00021-17	0.1	BS	12.50	1.41	383.00	80.00	1.20	2.43	2.00
SN4-FD00021	60.00	60.20	SN4-FD00021-18	0.2	BS	13.40	1.36	435.00	82.00	1.20	2.74	2.00
SN4-FD00021	64.00	64.20	SN4-FD00021-19	0.2	BS	13.40	1.37	311.00	85.00	0.30	3.65	2.00
SN4-FD00021	68.00	68.20	SN4-FD00021-20	0.2	BS	10.70	1.25	606.00	84.00	0.20	6.04	3.00
SN4-FD00021	72.00	72.20	SN4-FD00021-21	0.2	BS	13.50	1.67	582.00	90.00	0.60	3.42	2.00
SN4-FD00021	76.00	76.20	SN4-FD00021-22	0.2	BS	13.60	1.39	552.00	84.00	3.10	2.39	2.00
SN4-FD00021	80.00	80.20	SN4-FD00021-23	0.2	BS	15.40	1.47	347.00	88.00	0.70	4.03	2.00
SN4-FD00021	84.00	84.20	SN4-FD00021-24	0.2	BS	16.10	1.78	464.00	85.00	0.20	5.63	2.00
SN4-FD00021	88.00	88.20	SN4-FD00021-25	0.2	BS	13.30	1.57	1020.00	89.00	2.50	5.12	2.00
SN4-FD00021	92.00	92.20	SN4-FD00021-26	0.2	BS	15.90	2.17	901.00	121.00	0.40	6.36	2.00
SN4-FD00021	96.00	96.20	SN4-FD00021-27	0.2	BS	13.10	1.38	754.00	90.00	2.20	6.29	2.00
SN4-FD00021	100.00	100.20	SN4-FD00021-28	0.2	BS	14.20	1.59	769.00	95.00	2.90	6.09	3.00

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	pct	ppm
LOWER LIMIT						0.10	0.03	5.00	1.00	0.20	0.01	2.00
UPPER LIMIT						10000.00	1000.00	10000.00	10000.00	100.00	25.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Y	Yb	Zn	Zr	Ag	Al	As
SN4-FD00021	104.00	104.20	SN4-FD00021-29	0.2	BS	12.80	1.53	1150.00	80.00	7.50	3.10	2.00
SN4-FD00021	108.00	108.20	SN4-FD00021-30	0.2	BS	16.20	1.44	659.00	79.00	1.80	5.32	2.00
SN4-FD00021	112.00	112.20	SN4-FD00021-31	0.2	BS	14.10	1.56	315.00	91.00	6.40	3.24	2.00
SN4-FD00021	116.00	116.20	SN4-FD00021-32	0.2	BS	11.80	1.23	237.00	73.00	9.20	2.26	2.00
SN4-FD00021	120.00	120.20	SN4-FD00021-33	0.2	BS	11.20	1.33	821.00	74.00	1.90	2.58	2.00
SN4-FD00021	124.00	124.20	SN4-FD00021-34	0.2	BS	12.00	1.37	322.00	76.00	2.40	2.74	2.00
SN4-FD00021	128.00	128.20	SN4-FD00021-35	0.2	BS	11.60	1.18	131.00	72.00	1.00	2.10	2.00
SN4-FD00021	132.00	132.20	SN4-FD00021-36	0.2	BS	10.90	1.39	164.00	70.00	3.10	1.90	2.00
SN4-FD00021	136.00	136.20	SN4-FD00021-37	0.2	BS	12.00	1.24	144.00	75.00	0.30	2.61	2.00
SN4-FD00021	140.00	140.20	SN4-FD00021-38	0.2	BS	11.70	1.40	341.00	88.00	0.30	6.16	2.00
SN4-FD00021	144.00	144.20	SN4-FD00021-39	0.2	BS	13.70	1.39	257.00	71.00	0.20	4.17	2.00
SN4-FD00021	148.00	148.20	SN4-FD00021-40	0.2	BS	11.70	1.24	333.00	74.00	0.60	2.87	2.00
SN4-FD00021	152.00	152.20	SN4-FD00021-41	0.2	BS	11.70	1.30	310.00	71.00	0.40	2.15	2.00
SN4-FD00021	156.20	156.40	SN4-FD00021-42	0.2	BS	12.20	1.54	166.00	68.00	1.10	2.22	2.00
SN4-FD00021	160.00	160.20	SN4-FD00021-43	0.2	BS	14.80	1.52	339.00	81.00	0.20	4.67	2.00
SN4-FD00021	164.00	164.20	SN4-FD00021-44	0.2	BS	12.10	1.32	256.00	77.00	0.90	2.52	2.00
SN4-FD00021	168.00	168.20	SN4-FD00021-45	0.2	BS	9.20	1.21	444.00	87.00	0.30	3.51	2.00
SN4-FD00021	172.00	172.20	SN4-FD00021-46	0.2	BS	12.30	1.20	270.00	74.00	0.30	2.26	2.00
SN4-FD00021	176.00	176.20	SN4-FD00021-47	0.2	BS	14.50	1.62	578.00	77.00	0.40	3.82	2.00
SN4-FD00021	177.40	177.50	SN4-FD00021-48	0.1	BS	19.70	1.69	708.00	85.00	0.20	4.50	2.00
SN4-FD00021	180.00	180.20	SN4-FD00021-49	0.2	BA	13.90	1.71	118.00	104.00	0.30	1.89	2.00
SN4-FD00021	184.00	184.20	SN4-FD00021-50	0.2	BA	13.20	1.85	65.00	99.00	0.40	0.97	2.00
SN4-FD00021	188.00	188.20	SN4-FD00021-51	0.2	JP	2.90	0.30	66.00	3.00	0.60	0.24	2.00
SN4-FD00021	192.00	192.05	SN4-FD00021-52	0.05	JP	2.20	0.16	33.00	2.00	0.50	0.05	3.00
SN4-FD00021	196.00	196.20	SN4-FD00021-53	0.2	JP	2.90	0.27	40.00	2.00	0.20	0.08	3.00
SN4-FD00021	200.00	200.20	SN4-FD00021-54	0.2	JP	4.60	0.55	95.00	2.00	3.30	0.17	3.00
SN4-FD00021	204.00	204.20	SN4-FD00021-55	0.2	JP	8.40	0.40	51.00	2.00	0.20	0.04	2.00
SN4-FD00021	208.00	208.20	SN4-FD00021-56	0.2	JP	3.40	0.29	43.00	2.00	0.40	0.05	3.00

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	pct	ppm
LOWER LIMIT						0.10	0.03	5.00	1.00	0.20	0.01	2.00
UPPER LIMIT						10000.00	1000.00	10000.00	10000.00	100.00	25.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Y	Yb	Zn	Zr	Ag	Al	As
SN4-FD00021	212.00	212.20	SN4-FD00021-57	0.2	FMN	23.20	3.08	302.00	2.00	21.70	1.15	6.00
SN4-FD00021	216.00	216.20	SN4-FD00021-58	0.2	JP	6.50	0.68	117.00	3.00	1.80	0.50	3.00
SN4-FD00021	220.00	220.20	SN4-FD00021-59	0.2	JP	4.10	0.41	37.00	7.00	0.40	0.34	5.00
SN4-FD00021	224.00	224.20	SN4-FD00021-60	0.2	JP	7.60	0.78	101.00	21.00	0.20	0.55	5.00
SN4-FD00021	228.00	228.20	SN4-FD00021-61	0.2	JP	7.00	0.59	119.00	26.00	0.20	0.59	3.00
SN4-FD00021	232.00	232.20	SN4-FD00021-62	0.2	JP	3.00	0.17	13.00	7.00	0.20	0.17	2.00
SN4-FD00021	236.00	236.20	SN4-FD00021-63	0.2	HC	2.70	0.13	11.00	5.00	0.20	0.06	2.00
SN4-FD00021	240.00	240.20	SN4-FD00021-64	0.2	HC	2.20	0.11	10.00	5.00	0.20	0.07	2.00
SN4-FD00021	244.00	244.20	SN4-FD00021-65	0.2	HC	5.30	0.52	56.00	4.00	0.20	0.05	2.00
SN4-FD00021	248.00	248.20	SN4-FD00021-66	0.2	HC	2.80	0.15	7.00	4.00	0.20	0.06	2.00
SN4-FD00021	252.00	252.20	SN4-FD00021-67	0.2	HC	2.30	0.15	5.00	3.00	0.20	0.06	2.00
SN4-FD00021	256.00	256.20	SN4-FD00021-68	0.2	HC	2.30	0.15	6.00	4.00	0.20	0.07	2.00
SN4-FD00021	260.00	260.20	SN4-FD00021-69	0.2	HC	3.20	0.18	17.00	5.00	0.20	0.13	2.00
SN4-FD00021	264.00	264.20	SN4-FD00021-70	0.2	HC	4.70	0.36	30.00	7.00	0.20	0.08	2.00
SN4-FD00021	268.00	268.20	SN4-FD00021-71	0.2	HC	7.80	0.71	76.00	3.00	0.20	0.14	2.00
SN4-FD00021	272.00	272.20	SN4-FD00021-72	0.2	HC	4.60	0.33	29.00	4.00	0.20	0.11	2.00
SN4-FD00021	276.00	276.20	SN4-FD00021-73	0.2	HC	6.60	0.29	12.00	4.00	0.20	0.09	2.00
SN4-FD00021	280.00	280.20	SN4-FD00021-74	0.2	HC	4.40	0.30	13.00	3.00	0.20	0.06	2.00
SN4-FD00021	284.00	284.20	SN4-FD00021-75	0.2	HC	4.20	0.20	7.00	4.00	0.20	0.04	2.00
SN4-FD00021	288.00	288.20	SN4-FD00021-76	0.2	HC	4.40	0.20	19.00	3.00	0.20	0.09	2.00
SN4-FD00021	292.00	292.20	SN4-FD00021-77	0.2	HC	2.10	0.13	21.00	3.00	0.20	0.07	2.00
SN4-FD00021	296.00	296.20	SN4-FD00021-78	0.2	HC	2.90	0.09	17.00	3.00	0.30	0.04	2.00
SN4-FD00021	300.00	300.20	SN4-FD00021-79	0.2	HC	2.50	0.19	14.00	7.00	0.20	0.10	2.00
SN4-FD00021	304.00	304.20	SN4-FD00021-80	0.2	HC	5.20	0.36	26.00	10.00	0.20	0.19	2.00
SN4-FD00021	308.00	308.20	SN4-FD00021-81	0.2	HC	5.60	0.33	18.00	14.00	0.20	0.10	2.00
SN4-FD00021	312.00	312.20	SN4-FD00021-82	0.2	HC	17.40	1.64	26.00	92.00	0.20	0.27	2.00
SN4-FD00021	316.00	316.20	SN4-FD00021-83	0.2	HC	3.40	0.17	14.00	3.00	0.20	0.07	2.00
SN4-FD00021	320.00	320.20	SN4-FD00021-84	0.2	HC	4.40	0.22	18.00	7.00	0.20	0.20	2.00

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	pct	ppm
LOWER LIMIT						0.10	0.03	5.00	1.00	0.20	0.01	2.00
UPPER LIMIT						10000.00	1000.00	10000.00	10000.00	100.00	25.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Y	Yb	Zn	Zr	Ag	Al	As
SN4-FD00021	324.00	324.20	SN4-FD00021-85	0.2	HC	4.10	0.34	10.00	4.00	0.20	0.12	2.00
SN4-FD00021	328.00	328.20	SN4-FD00021-86	0.2	HC	3.40	0.14	12.00	5.00	0.20	0.08	2.00
SN4-FD00021	332.00	332.20	SN4-FD00021-87	0.2	HC	4.00	0.28	15.00	6.00	0.20	0.10	2.00
SN4-FD00021	336.00	336.20	SN4-FD00021-88	0.2	HC	4.10	0.22	13.00	2.00	0.20	0.08	2.00
SN4-FD00021	340.00	340.20	SN4-FD00021-89	0.2	HC	5.20	0.36	13.00	2.00	0.20	0.25	2.00
SN4-FD00021	344.00	344.20	SN4-FD00021-90	0.2	HC	8.50	0.45	23.00	2.00	0.30	0.19	2.00
SN4-FD00021	346.00	346.20	SN4-FD00021-91	0.2	HC	4.60	0.31	14.00	4.00	0.20	0.17	2.00
SN4-FD00021	350.00	350.20	SN4-FD00021-92	0.2	HC	4.20	0.28	21.00	6.00	0.30	0.19	2.00
SN4-FD00021	354.00	354.20	SN4-FD00021-93	0.2	BS	42.50	4.63	181.00	131.00	0.60	2.02	2.00
SN4-FD00021	358.00	358.20	SN4-FD00021-94	0.2	BS	30.10	2.70	128.00	119.00	1.00	6.53	2.00
SN4-FD00021	362.00	362.20	SN4-FD00021-95	0.2	BS	28.40	3.19	221.00	126.00	0.20	7.53	2.00
SN4-FD00021	368.00	368.20	SN4-FD00021-96	0.2	BS	19.80	2.41	218.00	116.00	0.20	7.04	2.00
SN4-FD00021	370.80	370.90	SN4-FD00021-99	0.1	BS	21.30	2.48	202.00	109.00	0.20	6.16	2.00
SN4-FD00021	372.00	372.20	SN4-FD00021-97	0.2	BS	22.10	2.49	249.00	114.00	0.20	6.79	2.00
SN4-FD00021	376.00	376.15	SN4-FD00021-98	0.15	BS	23.40	2.42	277.00	119.00	0.20	7.88	2.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	pet	ppm	ppm
LOWER LIMIT						10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	1000.00	10000.00	25.00	1000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co
SN4-FD00021	0.00	0.20	SN4-FD00021-01	0.2	AT	10.00	350.00	0.50	2.00	1.00	0.80	24.00
SN4-FD00021	4.00	"	SN4-FD00021-02	0.2	AT	10.00	80.00	0.80	2.00	0.02	1.30	20.00
SN4-FD00021	8.00	8.20	SN4-FD00021-03	0.2	JP	10.00	110.00	0.70	2.00	0.02	2.30	28.00
SN4-FD00021	12.00	12.20	SN4-FD00021-04	0.2	JP	10.00	70.00	0.60	2.00	0.02	0.80	24.00
SN4-FD00021	16.00	16.20	SN4-FD00021-05	0.2	JP	10.00	30.00	0.60	2.00	0.01	1.70	6.00
SN4-FD00021	20.00	20.20	SN4-FD00021-06	0.2	JP	10.00	110.00	1.00	2.00	0.01	1.40	19.00
SN4-FD00021	24.00	24.20	SN4-FD00021-07	0.2	JP	10.00	20.00	1.20	2.00	0.01	45.00	29.00
SN4-FD00021	27.45	27.55	SN4-FD00021-08	0.1	BS	10.00	30.00	0.70	2.00	0.12	0.70	44.00
SN4-FD00021	28.00	28.20	SN4-FD00021-09	0.2	BS	10.00	40.00	0.50	2.00	0.11	0.50	48.00
SN4-FD00021	32.00	32.20	SN4-FD00021-10	0.2	JP	10.00	130.00	1.00	2.00	0.31	6.90	36.00
SN4-FD00021	36.00	36.20	SN4-FD00021-11	0.2	BS	10.00	560.00	0.50	2.00	0.53	0.70	41.00
SN4-FD00021	40.00	40.20	SN4-FD00021-12	0.2	BS	10.00	170.00	0.50	2.00	0.47	1.60	46.00
SN4-FD00021	44.00	44.20	SN4-FD00021-13	0.2	BS	10.00	350.00	0.50	2.00	0.65	1.40	42.00
SN4-FD00021	48.00	48.20	SN4-FD00021-14	0.2	BS	10.00	140.00	1.80	2.00	0.15	1.60	51.00
SN4-FD00021	52.00	52.20	SN4-FD00021-15	0.2	BS	10.00	80.00	1.50	2.00	0.24	0.50	48.00
SN4-FD00021	56.00	56.20	SN4-FD00021-16	0.2	BS	10.00	70.00	0.50	2.00	0.60	0.50	46.00
SN4-FD00021	56.80	56.90	SN4-FD00021-17	0.1	BS	10.00	1270.00	0.50	2.00	1.35	0.50	33.00
SN4-FD00021	60.00	60.20	SN4-FD00021-18	0.2	BS	10.00	140.00	0.50	2.00	1.02	0.90	36.00
SN4-FD00021	64.00	64.20	SN4-FD00021-19	0.2	BS	10.00	190.00	0.60	2.00	0.55	0.50	45.00
SN4-FD00021	68.00	68.20	SN4-FD00021-20	0.2	BS	10.00	100.00	1.20	2.00	0.37	0.50	49.00
SN4-FD00021	72.00	72.20	SN4-FD00021-21	0.2	BS	10.00	90.00	0.50	2.00	0.70	0.50	41.00
SN4-FD00021	76.00	76.20	SN4-FD00021-22	0.2	BS	10.00	340.00	0.50	2.00	0.87	2.00	39.00
SN4-FD00021	80.00	80.20	SN4-FD00021-23	0.2	BS	10.00	150.00	0.50	2.00	0.72	0.90	48.00
SN4-FD00021	84.00	84.20	SN4-FD00021-24	0.2	BS	10.00	80.00	1.30	2.00	1.02	1.60	41.00
SN4-FD00021	88.00	88.20	SN4-FD00021-25	0.2	BS	10.00	190.00	0.80	2.00	0.36	0.50	47.00
SN4-FD00021	92.00	92.20	SN4-FD00021-26	0.2	BS	10.00	90.00	1.50	2.00	0.29	0.50	53.00
SN4-FD00021	96.00	96.20	SN4-FD00021-27	0.2	BS	10.00	80.00	1.40	2.00	0.71	0.50	52.00
SN4-FD00021	100.00	100.20	SN4-FD00021-28	0.2	BS	10.00	130.00	1.30	2.00	0.79	0.50	49.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	pet	ppm	ppm
LOWER LIMIT						10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	1000.00	10000.00	25.00	1000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co
SN4-FD00021	104.00	104.20	SN4-FD00021-29	0.2	BS	10.00	240.00	0.50	2.00	1.35	0.50	38.00
SN4-FD00021	108.00	108.20	SN4-FD00021-30	0.2	BS	10.00	80.00	1.00	2.00	0.91	0.70	46.00
SN4-FD00021	112.00	112.20	SN4-FD00021-31	0.2	BS	10.00	150.00	0.50	2.00	0.86	0.50	38.00
SN4-FD00021	116.00	116.20	SN4-FD00021-32	0.2	BS	10.00	430.00	0.50	2.00	0.80	0.50	34.00
SN4-FD00021	120.00	120.20	SN4-FD00021-33	0.2	BS	20.00	160.00	0.50	2.00	0.89	0.50	36.00
SN4-FD00021	124.00	124.20	SN4-FD00021-34	0.2	BS	10.00	380.00	0.50	2.00	1.45	0.50	43.00
SN4-FD00021	128.00	128.20	SN4-FD00021-35	0.2	BS	10.00	550.00	0.50	2.00	1.18	0.50	30.00
SN4-FD00021	132.00	132.20	SN4-FD00021-36	0.2	BS	10.00	1490.00	0.50	2.00	1.17	0.50	29.00
SN4-FD00021	136.00	136.20	SN4-FD00021-37	0.2	BS	10.00	220.00	0.50	2.00	1.25	0.50	37.00
SN4-FD00021	140.00	140.20	SN4-FD00021-38	0.2	BS	10.00	280.00	1.40	2.00	0.38	0.50	45.00
SN4-FD00021	144.00	144.20	SN4-FD00021-39	0.2	BS	10.00	110.00	0.80	2.00	0.83	1.60	38.00
SN4-FD00021	148.00	148.20	SN4-FD00021-40	0.2	BS	10.00	370.00	0.50	2.00	0.58	0.50	36.00
SN4-FD00021	152.00	152.20	SN4-FD00021-41	0.2	BS	10.00	640.00	0.50	2.00	2.05	0.50	34.00
SN4-FD00021	156.20	156.40	SN4-FD00021-42	0.2	BS	10.00	1030.00	0.50	2.00	0.80	0.50	30.00
SN4-FD00021	160.00	160.20	SN4-FD00021-43	0.2	BS	20.00	140.00	0.60	2.00	0.78	0.60	48.00
SN4-FD00021	164.00	164.20	SN4-FD00021-44	0.2	BS	10.00	760.00	0.50	2.00	0.80	0.50	37.00
SN4-FD00021	168.00	168.20	SN4-FD00021-45	0.2	BS	10.00	490.00	0.50	2.00	0.44	0.50	41.00
SN4-FD00021	172.00	172.20	SN4-FD00021-46	0.2	BS	10.00	2270.00	0.50	2.00	0.97	0.50	37.00
SN4-FD00021	176.00	176.20	SN4-FD00021-47	0.2	BS	10.00	820.00	0.50	2.00	0.50	1.00	48.00
SN4-FD00021	177.40	177.50	SN4-FD00021-48	0.1	BS	10.00	180.00	0.70	2.00	0.45	1.80	45.00
SN4-FD00021	180.00	180.20	SN4-FD00021-49	0.2	BA	10.00	290.00	0.70	2.00	0.02	0.50	39.00
SN4-FD00021	184.00	184.20	SN4-FD00021-50	0.2	BA	10.00	1370.00	0.50	2.00	0.01	0.50	28.00
SN4-FD00021	188.00	188.20	SN4-FD00021-51	0.2	JP	10.00	60.00	0.50	2.00	0.02	0.50	3.00
SN4-FD00021	192.00	192.05	SN4-FD00021-52	0.05	JP	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	196.00	196.20	SN4-FD00021-53	0.2	JP	10.00	20.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	200.00	200.20	SN4-FD00021-54	0.2	JP	10.00	850.00	0.50	2.00	0.01	0.50	84.00
SN4-FD00021	204.00	204.20	SN4-FD00021-55	0.2	JP	10.00	20.00	0.50	2.00	0.01	0.50	2.00
SN4-FD00021	208.00	208.20	SN4-FD00021-56	0.2	JP	10.00	50.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	pet	ppm	ppm
LOWER LIMIT						10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	1000.00	10000.00	25.00	1000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co
SN4-FD00021	212.00	212.20	SN4-FD00021-57	0.2	FMN	10.00	9870.00	0.90	10.00	0.01	2.90	171.00
SN4-FD00021	216.00	216.20	SN4-FD00021-58	0.2	JP	10.00	520.00	0.50	2.00	0.01	0.50	16.00
SN4-FD00021	220.00	220.20	SN4-FD00021-59	0.2	JP	10.00	20.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	224.00	224.20	SN4-FD00021-60	0.2	JP	10.00	160.00	0.70	2.00	0.01	0.50	11.00
SN4-FD00021	228.00	228.20	SN4-FD00021-61	0.2	JP	10.00	230.00	0.70	2.00	0.03	0.50	17.00
SN4-FD00021	232.00	232.20	SN4-FD00021-62	0.2	JP	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	236.00	236.20	SN4-FD00021-63	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	240.00	240.20	SN4-FD00021-64	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	244.00	244.20	SN4-FD00021-65	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	5.00
SN4-FD00021	248.00	248.20	SN4-FD00021-66	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.02	0.50	1.00
SN4-FD00021	252.00	252.20	SN4-FD00021-67	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	256.00	256.20	SN4-FD00021-68	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	260.00	260.20	SN4-FD00021-69	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	264.00	264.20	SN4-FD00021-70	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	268.00	268.20	SN4-FD00021-71	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	3.00
SN4-FD00021	272.00	272.20	SN4-FD00021-72	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	276.00	276.20	SN4-FD00021-73	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	280.00	280.20	SN4-FD00021-74	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	284.00	284.20	SN4-FD00021-75	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	288.00	288.20	SN4-FD00021-76	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	292.00	292.20	SN4-FD00021-77	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	296.00	296.20	SN4-FD00021-78	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	300.00	300.20	SN4-FD00021-79	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	304.00	304.20	SN4-FD00021-80	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	308.00	308.20	SN4-FD00021-81	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	312.00	312.20	SN4-FD00021-82	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	3.00
SN4-FD00021	316.00	316.20	SN4-FD00021-83	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	320.00	320.20	SN4-FD00021-84	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	pct	ppm	ppm
LOWER LIMIT						10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	1000.00	10000.00	25.00	1000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co
SN4-FD00021	324.00	324.20	SN4-FD00021-85	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	328.00	328.20	SN4-FD00021-86	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	332.00	332.20	SN4-FD00021-87	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	336.00	336.20	SN4-FD00021-88	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	340.00	340.20	SN4-FD00021-89	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	344.00	344.20	SN4-FD00021-90	0.2	HC	10.00	20.00	0.50	2.00	0.01	0.50	7.00
SN4-FD00021	346.00	346.20	SN4-FD00021-91	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50	1.00
SN4-FD00021	350.00	350.20	SN4-FD00021-92	0.2	HC	10.00	10.00	0.50	3.00	0.01	0.50	10.00
SN4-FD00021	354.00	354.20	SN4-FD00021-93	0.2	BS	10.00	110.00	1.70	2.00	0.03	0.50	163.00
SN4-FD00021	358.00	358.20	SN4-FD00021-94	0.2	BS	10.00	20.00	0.70	2.00	0.09	0.50	50.00
SN4-FD00021	362.00	362.20	SN4-FD00021-95	0.2	BS	10.00	10.00	0.60	2.00	0.12	0.50	49.00
SN4-FD00021	368.00	368.20	SN4-FD00021-96	0.2	BS	10.00	10.00	0.60	2.00	0.09	0.50	39.00
SN4-FD00021	370.80	370.90	SN4-FD00021-99	0.1	BS	10.00	30.00	1.20	2.00	0.17	0.50	29.00
SN4-FD00021	372.00	372.20	SN4-FD00021-97	0.2	BS	20.00	20.00	0.60	2.00	0.10	0.50	37.00
SN4-FD00021	376.00	376.15	SN4-FD00021-98	0.15	BS	20.00	20.00	0.70	2.00	0.11	0.50	44.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	pct	ppm	ppm	pct	ppm
LOWER LIMIT						1.00	1.00	0.01	10.00	1.00	0.01	10.00
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	50.00	10000.00	10000.00	10.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Cr	Cu	Fe	Ga	Hg	K	La
SN4-FD00021	0.00	0.20	SN4-FD00021-01	0.2	AT	70.00	172.00	8.62	10.00	1.00	0.16	10.00
SN4-FD00021	4.00	"	SN4-FD00021-02	0.2	AT	25.00	386.00	20.90	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	8.00	8.20	SN4-FD00021-03	0.2	JP	67.00	665.00	10.80	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	12.00	12.20	SN4-FD00021-04	0.2	JP	44.00	340.00	9.09	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	16.00	16.20	SN4-FD00021-05	0.2	JP	19.00	233.00	17.20	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	20.00	20.20	SN4-FD00021-06	0.2	JP	38.00	400.00	20.70	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	24.00	24.20	SN4-FD00021-07	0.2	JP	419.00	1680.00	11.20	10.00	1.00	0.10	10.00
SN4-FD00021	27.45	27.55	SN4-FD00021-08	0.1	BS	58.00	214.00	8.82	10.00	1.00	0.17	10.00
SN4-FD00021	28.00	28.20	SN4-FD00021-09	0.2	BS	53.00	287.00	9.40	20.00	1.00	0.15	10.00
SN4-FD00021	32.00	32.20	SN4-FD00021-10	0.2	JP	18.00	134.00	11.75	10.00	1.00	0.08	10.00
SN4-FD00021	36.00	36.20	SN4-FD00021-11	0.2	BS	44.00	294.00	6.56	10.00	1.00	0.09	10.00
SN4-FD00021	40.00	40.20	SN4-FD00021-12	0.2	BS	49.00	71.00	5.79	10.00	1.00	0.06	10.00
SN4-FD00021	44.00	44.20	SN4-FD00021-13	0.2	BS	39.00	176.00	5.76	10.00	1.00	0.08	10.00
SN4-FD00021	48.00	48.20	SN4-FD00021-14	0.2	BS	48.00	13.00	7.30	10.00	1.00	0.07	10.00
SN4-FD00021	52.00	52.20	SN4-FD00021-15	0.2	BS	48.00	29.00	6.95	10.00	1.00	0.10	10.00
SN4-FD00021	56.00	56.20	SN4-FD00021-16	0.2	BS	55.00	64.00	6.07	10.00	1.00	0.04	10.00
SN4-FD00021	56.80	56.90	SN4-FD00021-17	0.1	BS	41.00	159.00	4.52	10.00	1.00	0.10	10.00
SN4-FD00021	60.00	60.20	SN4-FD00021-18	0.2	BS	35.00	124.00	5.27	10.00	1.00	0.07	10.00
SN4-FD00021	64.00	64.20	SN4-FD00021-19	0.2	BS	35.00	81.00	5.93	10.00	1.00	0.10	10.00
SN4-FD00021	68.00	68.20	SN4-FD00021-20	0.2	BS	33.00	14.00	8.44	10.00	1.00	0.09	10.00
SN4-FD00021	72.00	72.20	SN4-FD00021-21	0.2	BS	34.00	60.00	6.06	10.00	1.00	0.04	10.00
SN4-FD00021	76.00	76.20	SN4-FD00021-22	0.2	BS	17.00	165.00	4.95	10.00	1.00	0.11	10.00
SN4-FD00021	80.00	80.20	SN4-FD00021-23	0.2	BS	17.00	59.00	7.40	10.00	1.00	0.07	10.00
SN4-FD00021	84.00	84.20	SN4-FD00021-24	0.2	BS	31.00	13.00	6.20	10.00	1.00	0.10	20.00
SN4-FD00021	88.00	88.20	SN4-FD00021-25	0.2	BS	24.00	152.00	11.25	10.00	1.00	0.17	10.00
SN4-FD00021	92.00	92.20	SN4-FD00021-26	0.2	BS	20.00	9.00	7.44	10.00	1.00	0.10	10.00
SN4-FD00021	96.00	96.20	SN4-FD00021-27	0.2	BS	23.00	36.00	8.10	10.00	1.00	0.09	10.00
SN4-FD00021	100.00	100.20	SN4-FD00021-28	0.2	BS	20.00	17.00	7.78	10.00	1.00	0.09	10.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	pct	ppm	ppm	pct	ppm
LOWER LIMIT						1.00	1.00	0.01	10.00	1.00	0.01	10.00
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	50.00	10000.00	10000.00	10.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Cr	Cu	Fe	Ga	Hg	K	La
SN4-FD00021	104.00	104.20	SN4-FD00021-29	0.2	BS	25.00	83.00	6.59	10.00	1.00	0.03	10.00
SN4-FD00021	108.00	108.20	SN4-FD00021-30	0.2	BS	30.00	25.00	6.17	10.00	1.00	0.09	10.00
SN4-FD00021	112.00	112.20	SN4-FD00021-31	0.2	BS	36.00	99.00	5.59	10.00	1.00	0.11	10.00
SN4-FD00021	116.00	116.20	SN4-FD00021-32	0.2	BS	25.00	243.00	5.00	10.00	1.00	0.09	10.00
SN4-FD00021	120.00	120.20	SN4-FD00021-33	0.2	BS	33.00	56.00	5.42	10.00	1.00	0.09	10.00
SN4-FD00021	124.00	124.20	SN4-FD00021-34	0.2	BS	47.00	151.00	5.84	10.00	1.00	0.09	10.00
SN4-FD00021	128.00	128.20	SN4-FD00021-35	0.2	BS	22.00	47.00	3.94	10.00	1.00	0.10	10.00
SN4-FD00021	132.00	132.20	SN4-FD00021-36	0.2	BS	24.00	325.00	3.81	10.00	1.00	0.08	10.00
SN4-FD00021	136.00	136.20	SN4-FD00021-37	0.2	BS	56.00	13.00	5.40	10.00	1.00	0.08	10.00
SN4-FD00021	140.00	140.20	SN4-FD00021-38	0.2	BS	50.00	122.00	6.12	10.00	1.00	0.09	10.00
SN4-FD00021	144.00	144.20	SN4-FD00021-39	0.2	BS	46.00	20.00	5.29	10.00	1.00	0.16	10.00
SN4-FD00021	148.00	148.20	SN4-FD00021-40	0.2	BS	65.00	48.00	5.55	10.00	1.00	0.06	10.00
SN4-FD00021	152.00	152.20	SN4-FD00021-41	0.2	BS	58.00	37.00	4.89	10.00	1.00	0.12	10.00
SN4-FD00021	156.20	156.40	SN4-FD00021-42	0.2	BS	27.00	352.00	4.10	10.00	1.00	0.09	10.00
SN4-FD00021	160.00	160.20	SN4-FD00021-43	0.2	BS	40.00	45.00	6.11	10.00	1.00	0.16	10.00
SN4-FD00021	164.00	164.20	SN4-FD00021-44	0.2	BS	37.00	183.00	5.11	10.00	1.00	0.17	10.00
SN4-FD00021	168.00	168.20	SN4-FD00021-45	0.2	BS	55.00	161.00	5.71	10.00	1.00	0.11	10.00
SN4-FD00021	172.00	172.20	SN4-FD00021-46	0.2	BS	33.00	111.00	5.02	10.00	1.00	0.16	10.00
SN4-FD00021	176.00	176.20	SN4-FD00021-47	0.2	BS	47.00	155.00	6.25	10.00	1.00	0.11	10.00
SN4-FD00021	177.40	177.50	SN4-FD00021-48	0.1	BS	42.00	17.00	5.06	10.00	1.00	0.14	10.00
SN4-FD00021	180.00	180.20	SN4-FD00021-49	0.2	BA	56.00	151.00	9.05	10.00	1.00	0.14	10.00
SN4-FD00021	184.00	184.20	SN4-FD00021-50	0.2	BA	45.00	108.00	10.70	10.00	1.00	0.05	10.00
SN4-FD00021	188.00	188.20	SN4-FD00021-51	0.2	JP	12.00	34.00	17.55	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	192.00	192.05	SN4-FD00021-52	0.05	JP	21.00	17.00	18.40	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	196.00	196.20	SN4-FD00021-53	0.2	JP	18.00	23.00	17.15	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	200.00	200.20	SN4-FD00021-54	0.2	JP	7.00	179.00	16.60	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	204.00	204.20	SN4-FD00021-55	0.2	JP	45.00	12.00	15.10	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	208.00	208.20	SN4-FD00021-56	0.2	JP	34.00	25.00	22.50	10.00	1.00	0.01	10.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	pct	ppm	ppm	pct	ppm
LOWER LIMIT						1.00	1.00	0.01	10.00	1.00	0.01	10.00
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	50.00	10000.00	10000.00	10.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Cr	Cu	Fe	Ga	Hg	K	La
SN4-FD00021	212.00	212.20	SN4-FD00021-57	0.2	FMN	6.00	980.00	19.70	10.00	2.00	0.35	20.00
SN4-FD00021	216.00	216.20	SN4-FD00021-58	0.2	JP	9.00	292.00	20.40	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	220.00	220.20	SN4-FD00021-59	0.2	JP	3.00	111.00	23.00	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	224.00	224.20	SN4-FD00021-60	0.2	JP	9.00	176.00	29.60	10.00	1.00	0.02	10.00
SN4-FD00021	228.00	228.20	SN4-FD00021-61	0.2	JP	13.00	87.00	34.20	10.00	1.00	0.03	10.00
SN4-FD00021	232.00	232.20	SN4-FD00021-62	0.2	JP	42.00	21.00	28.90	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	236.00	236.20	SN4-FD00021-63	0.2	HC	7.00	11.00	23.70	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	240.00	240.20	SN4-FD00021-64	0.2	HC	4.00	13.00	26.40	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	244.00	244.20	SN4-FD00021-65	0.2	HC	6.00	152.00	22.60	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	248.00	248.20	SN4-FD00021-66	0.2	HC	4.00	11.00	24.40	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	252.00	252.20	SN4-FD00021-67	0.2	HC	3.00	7.00	26.90	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	256.00	256.20	SN4-FD00021-68	0.2	HC	3.00	7.00	26.50	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	260.00	260.20	SN4-FD00021-69	0.2	HC	7.00	14.00	31.50	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	264.00	264.20	SN4-FD00021-70	0.2	HC	8.00	57.00	30.10	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	268.00	268.20	SN4-FD00021-71	0.2	HC	4.00	111.00	33.40	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	272.00	272.20	SN4-FD00021-72	0.2	HC	3.00	33.00	29.80	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	276.00	276.20	SN4-FD00021-73	0.2	HC	4.00	30.00	31.40	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	280.00	280.20	SN4-FD00021-74	0.2	HC	4.00	19.00	30.40	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	284.00	284.20	SN4-FD00021-75	0.2	HC	3.00	7.00	27.10	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	288.00	288.20	SN4-FD00021-76	0.2	HC	3.00	22.00	29.60	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	292.00	292.20	SN4-FD00021-77	0.2	HC	3.00	12.00	29.50	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	296.00	296.20	SN4-FD00021-78	0.2	HC	7.00	25.00	26.30	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	300.00	300.20	SN4-FD00021-79	0.2	HC	6.00	4.00	30.80	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	304.00	304.20	SN4-FD00021-80	0.2	HC	8.00	16.00	31.00	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	308.00	308.20	SN4-FD00021-81	0.2	HC	5.00	20.00	29.70	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	312.00	312.20	SN4-FD00021-82	0.2	HC	7.00	23.00	30.50	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	316.00	316.20	SN4-FD00021-83	0.2	HC	2.00	11.00	32.50	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	320.00	320.20	SN4-FD00021-84	0.2	HC	6.00	19.00	32.40	10.00	1.00	0.01	10.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	pct	ppm	ppm	pct	ppm
LOWER LIMIT						1.00	1.00	0.01	10.00	1.00	0.01	10.00
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	50.00	10000.00	10000.00	10.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Cr	Cu	Fe	Ga	Hg	K	La
SN4-FD00021	324.00	324.20	SN4-FD00021-85	0.2	HC	5.00	22.00	34.60	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	328.00	328.20	SN4-FD00021-86	0.2	HC	3.00	5.00	31.90	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	332.00	332.20	SN4-FD00021-87	0.2	HC	3.00	7.00	32.20	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	336.00	336.20	SN4-FD00021-88	0.2	HC	3.00	11.00	29.70	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	340.00	340.20	SN4-FD00021-89	0.2	HC	1.00	15.00	34.10	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	344.00	344.20	SN4-FD00021-90	0.2	HC	1.00	59.00	25.70	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	346.00	346.20	SN4-FD00021-91	0.2	HC	1.00	9.00	33.70	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	350.00	350.20	SN4-FD00021-92	0.2	HC	4.00	56.00	29.90	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	354.00	354.20	SN4-FD00021-93	0.2	BS	81.00	322.00	20.00	10.00	1.00	0.08	40.00
SN4-FD00021	358.00	358.20	SN4-FD00021-94	0.2	BS	108.00	3530.00	15.65	20.00	1.00	0.01	20.00
SN4-FD00021	362.00	362.20	SN4-FD00021-95	0.2	BS	70.00	24.00	16.90	20.00	1.00	0.02	20.00
SN4-FD00021	368.00	368.20	SN4-FD00021-96	0.2	BS	62.00	99.00	14.40	20.00	1.00	0.01	20.00
SN4-FD00021	370.80	370.90	SN4-FD00021-99	0.1	BS	51.00	138.00	13.15	10.00	1.00	0.13	10.00
SN4-FD00021	372.00	372.20	SN4-FD00021-97	0.2	BS	61.00	161.00	13.60	20.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	376.00	376.15	SN4-FD00021-98	0.15	BS	71.00	67.00	16.00	20.00	1.00	0.01	10.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						pct	ppm	ppm	pct	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.01	5.00	1.00	0.01	1.00	10.00	2.00
UPPER LIMIT						25.00	50000.00	10000.00	10.00	10000.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb
SN4-FD00021	0.00	0.20	SN4-FD00021-01	0.2	AT	1.35	1600.00	1.00	0.11	38.00	280.00	104.00
SN4-FD00021	4.00	"	SN4-FD00021-02	0.2	AT	0.05	4810.00	2.00	0.02	32.00	160.00	284.00
SN4-FD00021	8.00	8.20	SN4-FD00021-03	0.2	JP	0.22	4380.00	1.00	0.02	37.00	260.00	503.00
SN4-FD00021	12.00	12.20	SN4-FD00021-04	0.2	JP	0.02	3560.00	2.00	0.02	18.00	120.00	170.00
SN4-FD00021	16.00	16.20	SN4-FD00021-05	0.2	JP	0.02	4580.00	6.00	0.02	6.00	100.00	699.00
SN4-FD00021	20.00	20.20	SN4-FD00021-06	0.2	JP	0.02	5810.00	1.00	0.02	16.00	150.00	142.00
SN4-FD00021	24.00	24.20	SN4-FD00021-07	0.2	JP	2.43	3120.00	1.00	0.02	86.00	160.00	676.00
SN4-FD00021	27.45	27.55	SN4-FD00021-08	0.1	BS	7.35	4820.00	1.00	0.02	76.00	460.00	8.00
SN4-FD00021	28.00	28.20	SN4-FD00021-09	0.2	BS	7.25	4850.00	1.00	0.02	75.00	420.00	6.00
SN4-FD00021	32.00	32.20	SN4-FD00021-10	0.2	JP	2.10	5690.00	1.00	0.05	37.00	160.00	129.00
SN4-FD00021	36.00	36.20	SN4-FD00021-11	0.2	BS	4.38	2150.00	1.00	0.09	61.00	330.00	10.00
SN4-FD00021	40.00	40.20	SN4-FD00021-12	0.2	BS	4.92	2260.00	1.00	0.03	69.00	370.00	8.00
SN4-FD00021	44.00	44.20	SN4-FD00021-13	0.2	BS	3.99	1790.00	1.00	0.05	63.00	350.00	10.00
SN4-FD00021	48.00	48.20	SN4-FD00021-14	0.2	BS	11.35	2720.00	1.00	0.02	73.00	430.00	41.00
SN4-FD00021	52.00	52.20	SN4-FD00021-15	0.2	BS	10.55	2200.00	1.00	0.02	78.00	410.00	55.00
SN4-FD00021	56.00	56.20	SN4-FD00021-16	0.2	BS	5.09	1900.00	1.00	0.02	74.00	400.00	14.00
SN4-FD00021	56.80	56.90	SN4-FD00021-17	0.1	BS	3.33	1310.00	1.00	0.10	58.00	350.00	17.00
SN4-FD00021	60.00	60.20	SN4-FD00021-18	0.2	BS	3.58	1585.00	1.00	0.06	53.00	360.00	42.00
SN4-FD00021	64.00	64.20	SN4-FD00021-19	0.2	BS	5.23	1685.00	1.00	0.04	60.00	380.00	19.00
SN4-FD00021	68.00	68.20	SN4-FD00021-20	0.2	BS	10.30	2210.00	1.00	0.02	63.00	400.00	43.00
SN4-FD00021	72.00	72.20	SN4-FD00021-21	0.2	BS	3.70	2140.00	1.00	0.02	60.00	410.00	14.00
SN4-FD00021	76.00	76.20	SN4-FD00021-22	0.2	BS	3.08	1735.00	1.00	0.09	45.00	380.00	240.00
SN4-FD00021	80.00	80.20	SN4-FD00021-23	0.2	BS	4.02	2600.00	1.00	0.04	59.00	410.00	94.00
SN4-FD00021	84.00	84.20	SN4-FD00021-24	0.2	BS	8.38	2290.00	1.00	0.02	65.00	380.00	125.00
SN4-FD00021	88.00	88.20	SN4-FD00021-25	0.2	BS	7.23	3090.00	1.00	0.02	60.00	380.00	31.00
SN4-FD00021	92.00	92.20	SN4-FD00021-26	0.2	BS	10.60	2790.00	1.00	0.02	69.00	490.00	55.00
SN4-FD00021	96.00	96.20	SN4-FD00021-27	0.2	BS	9.87	2460.00	1.00	0.02	65.00	410.00	86.00
SN4-FD00021	100.00	100.20	SN4-FD00021-28	0.2	BS	9.03	2670.00	1.00	0.01	66.00	430.00	76.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						pct	ppm	ppm	pct	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.01	5.00	1.00	0.01	1.00	10.00	2.00
UPPER LIMIT						25.00	50000.00	10000.00	10.00	10000.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb
SN4-FD00021	104.00	104.20	SN4-FD00021-29	0.2	BS	3.95	1390.00	1.00	0.05	52.00	350.00	23.00
SN4-FD00021	108.00	108.20	SN4-FD00021-30	0.2	BS	7.66	2310.00	1.00	0.01	69.00	330.00	71.00
SN4-FD00021	112.00	112.20	SN4-FD00021-31	0.2	BS	3.10	1755.00	1.00	0.04	58.00	340.00	28.00
SN4-FD00021	116.00	116.20	SN4-FD00021-32	0.2	BS	2.92	1305.00	1.00	0.06	51.00	320.00	22.00
SN4-FD00021	120.00	120.20	SN4-FD00021-33	0.2	BS	3.38	1410.00	1.00	0.09	55.00	330.00	18.00
SN4-FD00021	124.00	124.20	SN4-FD00021-34	0.2	BS	3.75	1475.00	1.00	0.07	63.00	320.00	16.00
SN4-FD00021	128.00	128.20	SN4-FD00021-35	0.2	BS	1.82	827.00	1.00	0.07	39.00	300.00	45.00
SN4-FD00021	132.00	132.20	SN4-FD00021-36	0.2	BS	1.92	862.00	1.00	0.05	42.00	310.00	44.00
SN4-FD00021	136.00	136.20	SN4-FD00021-37	0.2	BS	3.68	1270.00	1.00	0.06	69.00	320.00	25.00
SN4-FD00021	140.00	140.20	SN4-FD00021-38	0.2	BS	10.30	2790.00	1.00	0.01	76.00	380.00	32.00
SN4-FD00021	144.00	144.20	SN4-FD00021-39	0.2	BS	6.14	1620.00	1.00	0.01	74.00	300.00	40.00
SN4-FD00021	148.00	148.20	SN4-FD00021-40	0.2	BS	4.25	1395.00	1.00	0.05	71.00	300.00	19.00
SN4-FD00021	152.00	152.20	SN4-FD00021-41	0.2	BS	3.17	1075.00	1.00	0.06	68.00	300.00	16.00
SN4-FD00021	156.20	156.40	SN4-FD00021-42	0.2	BS	2.34	969.00	1.00	0.08	47.00	290.00	10.00
SN4-FD00021	160.00	160.20	SN4-FD00021-43	0.2	BS	6.61	2200.00	1.00	0.01	71.00	340.00	41.00
SN4-FD00021	164.00	164.20	SN4-FD00021-44	0.2	BS	3.61	1590.00	1.00	0.07	58.00	320.00	10.00
SN4-FD00021	168.00	168.20	SN4-FD00021-45	0.2	BS	2.83	2050.00	1.00	0.01	73.00	190.00	8.00
SN4-FD00021	172.00	172.20	SN4-FD00021-46	0.2	BS	3.02	1665.00	1.00	0.05	54.00	320.00	22.00
SN4-FD00021	176.00	176.20	SN4-FD00021-47	0.2	BS	4.56	4080.00	1.00	0.01	72.00	330.00	13.00
SN4-FD00021	177.40	177.50	SN4-FD00021-48	0.1	BS	6.75	2630.00	1.00	0.01	69.00	380.00	17.00
SN4-FD00021	180.00	180.20	SN4-FD00021-49	0.2	BA	0.08	2940.00	1.00	0.02	77.00	340.00	10.00
SN4-FD00021	184.00	184.20	SN4-FD00021-50	0.2	BA	0.05	5930.00	1.00	0.01	11.00	260.00	5.00
SN4-FD00021	188.00	188.20	SN4-FD00021-51	0.2	JP	0.10	785.00	2.00	0.01	2.00	20.00	7.00
SN4-FD00021	192.00	192.05	SN4-FD00021-52	0.05	JP	0.02	251.00	2.00	0.01	1.00	10.00	9.00
SN4-FD00021	196.00	196.20	SN4-FD00021-53	0.2	JP	0.02	422.00	2.00	0.01	1.00	10.00	8.00
SN4-FD00021	200.00	200.20	SN4-FD00021-54	0.2	JP	0.01	7090.00	4.00	0.01	19.00	30.00	13.00
SN4-FD00021	204.00	204.20	SN4-FD00021-55	0.2	JP	0.01	536.00	2.00	0.01	2.00	10.00	2.00
SN4-FD00021	208.00	208.20	SN4-FD00021-56	0.2	JP	0.01	618.00	2.00	0.01	1.00	10.00	3.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						pct	ppm	ppm	pct	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.01	5.00	1.00	0.01	1.00	10.00	2.00
UPPER LIMIT						25.00	50000.00	10000.00	10.00	10000.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb
SN4-FD00021	212.00	212.20	SN4-FD00021-57	0.2	FMN	0.01	50000.00	6.00	0.02	20.00	130.00	42.00
SN4-FD00021	216.00	216.20	SN4-FD00021-58	0.2	JP	0.01	9800.00	2.00	0.01	10.00	60.00	4.00
SN4-FD00021	220.00	220.20	SN4-FD00021-59	0.2	JP	0.01	666.00	3.00	0.01	8.00	60.00	10.00
SN4-FD00021	224.00	224.20	SN4-FD00021-60	0.2	JP	0.02	2580.00	2.00	0.02	10.00	170.00	11.00
SN4-FD00021	228.00	228.20	SN4-FD00021-61	0.2	JP	0.04	2850.00	1.00	0.01	13.00	200.00	10.00
SN4-FD00021	232.00	232.20	SN4-FD00021-62	0.2	JP	0.01	208.00	1.00	0.01	1.00	10.00	6.00
SN4-FD00021	236.00	236.20	SN4-FD00021-63	0.2	HC	0.01	211.00	1.00	0.01	1.00	10.00	3.00
SN4-FD00021	240.00	240.20	SN4-FD00021-64	0.2	HC	0.01	212.00	1.00	0.01	1.00	10.00	2.00
SN4-FD00021	244.00	244.20	SN4-FD00021-65	0.2	HC	0.01	221.00	1.00	0.01	9.00	60.00	2.00
SN4-FD00021	248.00	248.20	SN4-FD00021-66	0.2	HC	0.01	172.00	1.00	0.01	5.00	10.00	3.00
SN4-FD00021	252.00	252.20	SN4-FD00021-67	0.2	HC	0.01	302.00	1.00	0.01	1.00	10.00	4.00
SN4-FD00021	256.00	256.20	SN4-FD00021-68	0.2	HC	0.01	301.00	1.00	0.01	1.00	10.00	3.00
SN4-FD00021	260.00	260.20	SN4-FD00021-69	0.2	HC	0.01	252.00	1.00	0.01	1.00	10.00	4.00
SN4-FD00021	264.00	264.20	SN4-FD00021-70	0.2	HC	0.01	204.00	1.00	0.01	1.00	10.00	6.00
SN4-FD00021	268.00	268.20	SN4-FD00021-71	0.2	HC	0.01	389.00	1.00	0.01	1.00	150.00	8.00
SN4-FD00021	272.00	272.20	SN4-FD00021-72	0.2	HC	0.01	202.00	1.00	0.01	1.00	10.00	8.00
SN4-FD00021	276.00	276.20	SN4-FD00021-73	0.2	HC	0.01	184.00	1.00	0.01	1.00	20.00	6.00
SN4-FD00021	280.00	280.20	SN4-FD00021-74	0.2	HC	0.01	229.00	1.00	0.01	1.00	30.00	7.00
SN4-FD00021	284.00	284.20	SN4-FD00021-75	0.2	HC	0.01	136.00	1.00	0.01	1.00	20.00	4.00
SN4-FD00021	288.00	288.20	SN4-FD00021-76	0.2	HC	0.01	298.00	1.00	0.01	1.00	80.00	3.00
SN4-FD00021	292.00	292.20	SN4-FD00021-77	0.2	HC	0.01	99.00	1.00	0.01	1.00	60.00	2.00
SN4-FD00021	296.00	296.20	SN4-FD00021-78	0.2	HC	0.01	71.00	1.00	0.01	1.00	70.00	3.00
SN4-FD00021	300.00	300.20	SN4-FD00021-79	0.2	HC	0.01	192.00	1.00	0.01	1.00	60.00	3.00
SN4-FD00021	304.00	304.20	SN4-FD00021-80	0.2	HC	0.01	190.00	1.00	0.01	1.00	50.00	8.00
SN4-FD00021	308.00	308.20	SN4-FD00021-81	0.2	HC	0.01	196.00	1.00	0.01	1.00	60.00	6.00
SN4-FD00021	312.00	312.20	SN4-FD00021-82	0.2	HC	0.06	356.00	1.00	0.01	1.00	50.00	7.00
SN4-FD00021	316.00	316.20	SN4-FD00021-83	0.2	HC	0.01	339.00	1.00	0.01	1.00	70.00	4.00
SN4-FD00021	320.00	320.20	SN4-FD00021-84	0.2	HC	0.01	450.00	1.00	0.01	1.00	70.00	5.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						pct	ppm	ppm	pct	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.01	5.00	1.00	0.01	1.00	10.00	2.00
UPPER LIMIT						25.00	50000.00	10000.00	10.00	10000.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb
SN4-FD00021	324.00	324.20	SN4-FD00021-85	0.2	HC	0.01	546.00	1.00	0.01	1.00	40.00	3.00
SN4-FD00021	328.00	328.20	SN4-FD00021-86	0.2	HC	0.01	344.00	1.00	0.01	1.00	40.00	6.00
SN4-FD00021	332.00	332.20	SN4-FD00021-87	0.2	HC	0.01	433.00	1.00	0.01	1.00	30.00	5.00
SN4-FD00021	336.00	336.20	SN4-FD00021-88	0.2	HC	0.01	523.00	1.00	0.01	1.00	20.00	8.00
SN4-FD00021	340.00	340.20	SN4-FD00021-89	0.2	HC	0.01	552.00	1.00	0.01	1.00	50.00	7.00
SN4-FD00021	344.00	344.20	SN4-FD00021-90	0.2	HC	0.01	7050.00	1.00	0.01	1.00	50.00	6.00
SN4-FD00021	346.00	346.20	SN4-FD00021-91	0.2	HC	0.01	569.00	1.00	0.01	1.00	30.00	6.00
SN4-FD00021	350.00	350.20	SN4-FD00021-92	0.2	HC	0.01	7150.00	3.00	0.01	2.00	30.00	7.00
SN4-FD00021	354.00	354.20	SN4-FD00021-93	0.2	BS	0.05	9960.00	1.00	0.01	182.00	460.00	9.00
SN4-FD00021	358.00	358.20	SN4-FD00021-94	0.2	BS	5.64	6560.00	1.00	0.01	79.00	330.00	4.00
SN4-FD00021	362.00	362.20	SN4-FD00021-95	0.2	BS	5.98	6250.00	1.00	0.01	65.00	470.00	4.00
SN4-FD00021	368.00	368.20	SN4-FD00021-96	0.2	BS	5.10	3410.00	1.00	0.01	64.00	350.00	3.00
SN4-FD00021	370.80	370.90	SN4-FD00021-99	0.1	BS	4.38	3370.00	1.00	0.01	63.00	340.00	3.00
SN4-FD00021	372.00	372.20	SN4-FD00021-97	0.2	BS	5.72	3010.00	1.00	0.01	62.00	340.00	2.00
SN4-FD00021	376.00	376.15	SN4-FD00021-98	0.15	BS	6.80	3500.00	1.00	0.01	71.00	400.00	3.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						pct	ppm	ppm	ppm	ppm	pct	ppm
LOWER LIMIT						0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
UPPER LIMIT						10.00	10000.00	10000.00	10000.00	10000.00	10.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	S	Sb	Sc	Sr	Th	Ti	Tl
SN4-FD00021	0.00	0.20	SN4-FD00021-01	0.2	AT	0.04	2.00	5.00	25.00	20.00	0.08	10.00
SN4-FD00021	4.00	"	SN4-FD00021-02	0.2	AT	0.02	2.00	3.00	1.00	20.00	0.08	10.00
SN4-FD00021	8.00	8.20	SN4-FD00021-03	0.2	JP	0.04	2.00	3.00	2.00	20.00	0.04	10.00
SN4-FD00021	12.00	12.20	SN4-FD00021-04	0.2	JP	0.02	2.00	2.00	1.00	20.00	0.02	10.00
SN4-FD00021	16.00	16.20	SN4-FD00021-05	0.2	JP	0.03	2.00	2.00	1.00	20.00	0.05	10.00
SN4-FD00021	20.00	20.20	SN4-FD00021-06	0.2	JP	0.02	2.00	8.00	1.00	20.00	0.15	10.00
SN4-FD00021	24.00	24.20	SN4-FD00021-07	0.2	JP	0.26	2.00	6.00	1.00	20.00	0.02	10.00
SN4-FD00021	27.45	27.55	SN4-FD00021-08	0.1	BS	0.03	4.00	19.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	28.00	28.20	SN4-FD00021-09	0.2	BS	0.03	2.00	18.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	32.00	32.20	SN4-FD00021-10	0.2	JP	0.02	2.00	3.00	7.00	20.00	0.05	10.00
SN4-FD00021	36.00	36.20	SN4-FD00021-11	0.2	BS	0.04	2.00	13.00	15.00	20.00	0.25	10.00
SN4-FD00021	40.00	40.20	SN4-FD00021-12	0.2	BS	0.02	2.00	18.00	9.00	20.00	0.16	10.00
SN4-FD00021	44.00	44.20	SN4-FD00021-13	0.2	BS	0.03	2.00	21.00	12.00	20.00	0.20	10.00
SN4-FD00021	48.00	48.20	SN4-FD00021-14	0.2	BS	0.02	2.00	25.00	3.00	20.00	0.03	10.00
SN4-FD00021	52.00	52.20	SN4-FD00021-15	0.2	BS	0.02	3.00	19.00	15.00	20.00	0.06	10.00
SN4-FD00021	56.00	56.20	SN4-FD00021-16	0.2	BS	0.02	2.00	20.00	18.00	20.00	0.02	10.00
SN4-FD00021	56.80	56.90	SN4-FD00021-17	0.1	BS	0.06	2.00	10.00	50.00	20.00	0.21	10.00
SN4-FD00021	60.00	60.20	SN4-FD00021-18	0.2	BS	0.03	2.00	13.00	24.00	20.00	0.22	10.00
SN4-FD00021	64.00	64.20	SN4-FD00021-19	0.2	BS	0.02	2.00	16.00	14.00	20.00	0.23	10.00
SN4-FD00021	68.00	68.20	SN4-FD00021-20	0.2	BS	0.02	2.00	16.00	3.00	20.00	0.20	10.00
SN4-FD00021	72.00	72.20	SN4-FD00021-21	0.2	BS	0.02	2.00	16.00	17.00	20.00	0.16	10.00
SN4-FD00021	76.00	76.20	SN4-FD00021-22	0.2	BS	0.04	2.00	12.00	20.00	20.00	0.23	10.00
SN4-FD00021	80.00	80.20	SN4-FD00021-23	0.2	BS	0.02	2.00	27.00	25.00	20.00	0.24	10.00
SN4-FD00021	84.00	84.20	SN4-FD00021-24	0.2	BS	0.02	2.00	21.00	204.00	20.00	0.04	10.00
SN4-FD00021	88.00	88.20	SN4-FD00021-25	0.2	BS	0.02	2.00	14.00	12.00	20.00	0.20	10.00
SN4-FD00021	92.00	92.20	SN4-FD00021-26	0.2	BS	0.02	2.00	27.00	3.00	20.00	0.14	10.00
SN4-FD00021	96.00	96.20	SN4-FD00021-27	0.2	BS	0.02	2.00	22.00	92.00	20.00	0.22	10.00
SN4-FD00021	100.00	100.20	SN4-FD00021-28	0.2	BS	0.01	2.00	22.00	112.00	20.00	0.22	10.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						pct	ppm	ppm	ppm	ppm	pct	ppm
LOWER LIMIT						0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
UPPER LIMIT						10.00	10000.00	10000.00	10000.00	10000.00	10.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	S	Sb	Sc	Sr	Th	Ti	Tl
SN4-FD00021	104.00	104.20	SN4-FD00021-29	0.2	BS	0.01	2.00	12.00	41.00	20.00	0.26	10.00
SN4-FD00021	108.00	108.20	SN4-FD00021-30	0.2	BS	0.01	2.00	12.00	119.00	20.00	0.26	10.00
SN4-FD00021	112.00	112.20	SN4-FD00021-31	0.2	BS	0.01	2.00	22.00	21.00	20.00	0.25	10.00
SN4-FD00021	116.00	116.20	SN4-FD00021-32	0.2	BS	0.02	2.00	11.00	25.00	20.00	0.23	10.00
SN4-FD00021	120.00	120.20	SN4-FD00021-33	0.2	BS	0.01	2.00	11.00	19.00	20.00	0.24	10.00
SN4-FD00021	124.00	124.20	SN4-FD00021-34	0.2	BS	0.02	2.00	14.00	24.00	20.00	0.22	10.00
SN4-FD00021	128.00	128.20	SN4-FD00021-35	0.2	BS	0.03	2.00	5.00	23.00	20.00	0.19	10.00
SN4-FD00021	132.00	132.20	SN4-FD00021-36	0.2	BS	0.05	2.00	10.00	65.00	20.00	0.21	10.00
SN4-FD00021	136.00	136.20	SN4-FD00021-37	0.2	BS	0.01	2.00	13.00	26.00	20.00	0.23	10.00
SN4-FD00021	140.00	140.20	SN4-FD00021-38	0.2	BS	0.01	2.00	22.00	4.00	20.00	0.24	10.00
SN4-FD00021	144.00	144.20	SN4-FD00021-39	0.2	BS	0.01	2.00	10.00	49.00	20.00	0.18	10.00
SN4-FD00021	148.00	148.20	SN4-FD00021-40	0.2	BS	0.02	2.00	13.00	25.00	20.00	0.18	10.00
SN4-FD00021	152.00	152.20	SN4-FD00021-41	0.2	BS	0.02	2.00	13.00	29.00	20.00	0.19	10.00
SN4-FD00021	156.20	156.40	SN4-FD00021-42	0.2	BS	0.04	2.00	5.00	56.00	20.00	0.18	10.00
SN4-FD00021	160.00	160.20	SN4-FD00021-43	0.2	BS	0.01	2.00	11.00	81.00	20.00	0.22	10.00
SN4-FD00021	164.00	164.20	SN4-FD00021-44	0.2	BS	0.03	2.00	11.00	38.00	20.00	0.21	10.00
SN4-FD00021	168.00	168.20	SN4-FD00021-45	0.2	BS	0.01	2.00	23.00	33.00	20.00	0.08	10.00
SN4-FD00021	172.00	172.20	SN4-FD00021-46	0.2	BS	0.07	2.00	12.00	80.00	20.00	0.23	10.00
SN4-FD00021	176.00	176.20	SN4-FD00021-47	0.2	BS	0.01	2.00	14.00	61.00	20.00	0.07	10.00
SN4-FD00021	177.40	177.50	SN4-FD00021-48	0.1	BS	0.01	2.00	11.00	104.00	20.00	0.02	10.00
SN4-FD00021	180.00	180.20	SN4-FD00021-49	0.2	BA	0.01	2.00	19.00	1.00	20.00	0.02	10.00
SN4-FD00021	184.00	184.20	SN4-FD00021-50	0.2	BA	0.01	2.00	17.00	2.00	20.00	0.03	10.00
SN4-FD00021	188.00	188.20	SN4-FD00021-51	0.2	JP	0.01	2.00	1.00	2.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	192.00	192.05	SN4-FD00021-52	0.05	JP	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	196.00	196.20	SN4-FD00021-53	0.2	JP	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	200.00	200.20	SN4-FD00021-54	0.2	JP	0.01	2.00	2.00	2.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	204.00	204.20	SN4-FD00021-55	0.2	JP	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	208.00	208.20	SN4-FD00021-56	0.2	JP	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						pct	ppm	ppm	ppm	ppm	pct	ppm
LOWER LIMIT						0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
UPPER LIMIT						10.00	10000.00	10000.00	10000.00	10000.00	10.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	S	Sb	Sc	Sr	Th	Ti	Tl
SN4-FD00021	212.00	212.20	SN4-FD00021-57	0.2	FMN	0.03	2.00	8.00	31.00	20.00	0.01	40.00
SN4-FD00021	216.00	216.20	SN4-FD00021-58	0.2	JP	0.01	2.00	3.00	43.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	220.00	220.20	SN4-FD00021-59	0.2	JP	0.01	2.00	3.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	224.00	224.20	SN4-FD00021-60	0.2	JP	0.02	2.00	5.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	228.00	228.20	SN4-FD00021-61	0.2	JP	0.01	2.00	5.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	232.00	232.20	SN4-FD00021-62	0.2	JP	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	236.00	236.20	SN4-FD00021-63	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	240.00	240.20	SN4-FD00021-64	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	244.00	244.20	SN4-FD00021-65	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	248.00	248.20	SN4-FD00021-66	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	252.00	252.20	SN4-FD00021-67	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	256.00	256.20	SN4-FD00021-68	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	260.00	260.20	SN4-FD00021-69	0.2	HC	0.01	3.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	264.00	264.20	SN4-FD00021-70	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	268.00	268.20	SN4-FD00021-71	0.2	HC	0.01	2.00	3.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	272.00	272.20	SN4-FD00021-72	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	276.00	276.20	SN4-FD00021-73	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	280.00	280.20	SN4-FD00021-74	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	284.00	284.20	SN4-FD00021-75	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	288.00	288.20	SN4-FD00021-76	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	292.00	292.20	SN4-FD00021-77	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	296.00	296.20	SN4-FD00021-78	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	300.00	300.20	SN4-FD00021-79	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	304.00	304.20	SN4-FD00021-80	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	308.00	308.20	SN4-FD00021-81	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	312.00	312.20	SN4-FD00021-82	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	316.00	316.20	SN4-FD00021-83	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	320.00	320.20	SN4-FD00021-84	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						pct	ppm	ppm	ppm	ppm	pct	ppm
LOWER LIMIT						0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
UPPER LIMIT						10.00	10000.00	10000.00	10000.00	10000.00	10.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	S	Sb	Sc	Sr	Th	Ti	Tl
SN4-FD00021	324.00	324.20	SN4-FD00021-85	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	328.00	328.20	SN4-FD00021-86	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	332.00	332.20	SN4-FD00021-87	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	336.00	336.20	SN4-FD00021-88	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	340.00	340.20	SN4-FD00021-89	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	344.00	344.20	SN4-FD00021-90	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	346.00	346.20	SN4-FD00021-91	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	350.00	350.20	SN4-FD00021-92	0.2	HC	0.01	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00
SN4-FD00021	354.00	354.20	SN4-FD00021-93	0.2	BS	0.02	2.00	21.00	18.00	20.00	0.07	10.00
SN4-FD00021	358.00	358.20	SN4-FD00021-94	0.2	BS	0.03	2.00	23.00	1.00	20.00	0.05	10.00
SN4-FD00021	362.00	362.20	SN4-FD00021-95	0.2	BS	0.01	2.00	27.00	1.00	20.00	0.05	10.00
SN4-FD00021	368.00	368.20	SN4-FD00021-96	0.2	BS	0.01	2.00	26.00	4.00	20.00	0.02	10.00
SN4-FD00021	370.80	370.90	SN4-FD00021-99	0.1	BS	0.02	2.00	21.00	3.00	20.00	0.03	10.00
SN4-FD00021	372.00	372.20	SN4-FD00021-97	0.2	BS	0.01	2.00	25.00	4.00	20.00	0.02	10.00
SN4-FD00021	376.00	376.15	SN4-FD00021-98	0.15	BS	0.01	2.00	30.00	3.00	20.00	0.02	10.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						10.00	1.00	10.00	2.00
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	U	V	W	Zn
SN4-FD00021	0.00	0.20	SN4-FD00021-01	0.2	AT	10.00	102.00	10.00	1190.00
SN4-FD00021	4.00	"	SN4-FD00021-02	0.2	AT	10.00	50.00	10.00	502.00
SN4-FD00021	8.00	8.20	SN4-FD00021-03	0.2	JP	10.00	81.00	10.00	1000.00
SN4-FD00021	12.00	12.20	SN4-FD00021-04	0.2	JP	10.00	41.00	10.00	231.00
SN4-FD00021	16.00	16.20	SN4-FD00021-05	0.2	JP	10.00	23.00	10.00	213.00
SN4-FD00021	20.00	20.20	SN4-FD00021-06	0.2	JP	10.00	73.00	10.00	381.00
SN4-FD00021	24.00	24.20	SN4-FD00021-07	0.2	JP	10.00	63.00	10.00	4890.00
SN4-FD00021	27.45	27.55	SN4-FD00021-08	0.1	BS	10.00	156.00	10.00	1325.00
SN4-FD00021	28.00	28.20	SN4-FD00021-09	0.2	BS	10.00	153.00	10.00	1260.00
SN4-FD00021	32.00	32.20	SN4-FD00021-10	0.2	JP	10.00	34.00	10.00	4570.00
SN4-FD00021	36.00	36.20	SN4-FD00021-11	0.2	BS	10.00	137.00	10.00	767.00
SN4-FD00021	40.00	40.20	SN4-FD00021-12	0.2	BS	10.00	131.00	10.00	305.00
SN4-FD00021	44.00	44.20	SN4-FD00021-13	0.2	BS	10.00	122.00	10.00	285.00
SN4-FD00021	48.00	48.20	SN4-FD00021-14	0.2	BS	10.00	61.00	10.00	970.00
SN4-FD00021	52.00	52.20	SN4-FD00021-15	0.2	BS	10.00	56.00	10.00	672.00
SN4-FD00021	56.00	56.20	SN4-FD00021-16	0.2	BS	10.00	125.00	10.00	570.00
SN4-FD00021	56.80	56.90	SN4-FD00021-17	0.1	BS	10.00	121.00	10.00	410.00
SN4-FD00021	60.00	60.20	SN4-FD00021-18	0.2	BS	10.00	127.00	10.00	469.00
SN4-FD00021	64.00	64.20	SN4-FD00021-19	0.2	BS	10.00	127.00	10.00	333.00
SN4-FD00021	68.00	68.20	SN4-FD00021-20	0.2	BS	10.00	68.00	10.00	683.00
SN4-FD00021	72.00	72.20	SN4-FD00021-21	0.2	BS	10.00	123.00	10.00	653.00
SN4-FD00021	76.00	76.20	SN4-FD00021-22	0.2	BS	10.00	115.00	10.00	586.00
SN4-FD00021	80.00	80.20	SN4-FD00021-23	0.2	BS	10.00	120.00	10.00	379.00
SN4-FD00021	84.00	84.20	SN4-FD00021-24	0.2	BS	10.00	55.00	10.00	508.00
SN4-FD00021	88.00	88.20	SN4-FD00021-25	0.2	BS	10.00	140.00	10.00	1125.00
SN4-FD00021	92.00	92.20	SN4-FD00021-26	0.2	BS	10.00	50.00	10.00	906.00
SN4-FD00021	96.00	96.20	SN4-FD00021-27	0.2	BS	10.00	68.00	10.00	857.00
SN4-FD00021	100.00	100.20	SN4-FD00021-28	0.2	BS	10.00	65.00	10.00	853.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						10.00	1.00	10.00	2.00
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	U	V	W	Zn
SN4-FD00021	104.00	104.20	SN4-FD00021-29	0.2	BS	10.00	110.00	10.00	1265.00
SN4-FD00021	108.00	108.20	SN4-FD00021-30	0.2	BS	10.00	77.00	10.00	737.00
SN4-FD00021	112.00	112.20	SN4-FD00021-31	0.2	BS	10.00	95.00	10.00	311.00
SN4-FD00021	116.00	116.20	SN4-FD00021-32	0.2	BS	10.00	108.00	10.00	260.00
SN4-FD00021	120.00	120.20	SN4-FD00021-33	0.2	BS	10.00	127.00	10.00	926.00
SN4-FD00021	124.00	124.20	SN4-FD00021-34	0.2	BS	10.00	136.00	10.00	339.00
SN4-FD00021	128.00	128.20	SN4-FD00021-35	0.2	BS	10.00	73.00	10.00	129.00
SN4-FD00021	132.00	132.20	SN4-FD00021-36	0.2	BS	10.00	86.00	10.00	158.00
SN4-FD00021	136.00	136.20	SN4-FD00021-37	0.2	BS	10.00	84.00	10.00	154.00
SN4-FD00021	140.00	140.20	SN4-FD00021-38	0.2	BS	10.00	51.00	10.00	364.00
SN4-FD00021	144.00	144.20	SN4-FD00021-39	0.2	BS	10.00	67.00	10.00	287.00
SN4-FD00021	148.00	148.20	SN4-FD00021-40	0.2	BS	10.00	82.00	10.00	328.00
SN4-FD00021	152.00	152.20	SN4-FD00021-41	0.2	BS	10.00	118.00	10.00	318.00
SN4-FD00021	156.20	156.40	SN4-FD00021-42	0.2	BS	10.00	70.00	10.00	167.00
SN4-FD00021	160.00	160.20	SN4-FD00021-43	0.2	BS	10.00	72.00	10.00	353.00
SN4-FD00021	164.00	164.20	SN4-FD00021-44	0.2	BS	10.00	112.00	10.00	259.00
SN4-FD00021	168.00	168.20	SN4-FD00021-45	0.2	BS	10.00	115.00	10.00	489.00
SN4-FD00021	172.00	172.20	SN4-FD00021-46	0.2	BS	10.00	119.00	10.00	293.00
SN4-FD00021	176.00	176.20	SN4-FD00021-47	0.2	BS	10.00	124.00	10.00	648.00
SN4-FD00021	177.40	177.50	SN4-FD00021-48	0.1	BS	10.00	106.00	10.00	785.00
SN4-FD00021	180.00	180.20	SN4-FD00021-49	0.2	BA	10.00	133.00	30.00	99.00
SN4-FD00021	184.00	184.20	SN4-FD00021-50	0.2	BA	10.00	155.00	10.00	63.00
SN4-FD00021	188.00	188.20	SN4-FD00021-51	0.2	JP	10.00	22.00	10.00	44.00
SN4-FD00021	192.00	192.05	SN4-FD00021-52	0.05	JP	10.00	23.00	10.00	21.00
SN4-FD00021	196.00	196.20	SN4-FD00021-53	0.2	JP	10.00	9.00	10.00	18.00
SN4-FD00021	200.00	200.20	SN4-FD00021-54	0.2	JP	10.00	20.00	10.00	69.00
SN4-FD00021	204.00	204.20	SN4-FD00021-55	0.2	JP	10.00	10.00	10.00	24.00
SN4-FD00021	208.00	208.20	SN4-FD00021-56	0.2	JP	10.00	12.00	10.00	21.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						10.00	1.00	10.00	2.00
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	U	V	W	Zn
SN4-FD00021	212.00	212.20	SN4-FD00021-57	0.2	FMN	10.00	46.00	10.00	300.00
SN4-FD00021	216.00	216.20	SN4-FD00021-58	0.2	JP	10.00	38.00	10.00	107.00
SN4-FD00021	220.00	220.20	SN4-FD00021-59	0.2	JP	10.00	55.00	10.00	30.00
SN4-FD00021	224.00	224.20	SN4-FD00021-60	0.2	JP	10.00	40.00	10.00	87.00
SN4-FD00021	228.00	228.20	SN4-FD00021-61	0.2	JP	10.00	37.00	10.00	104.00
SN4-FD00021	232.00	232.20	SN4-FD00021-62	0.2	JP	10.00	60.00	10.00	6.00
SN4-FD00021	236.00	236.20	SN4-FD00021-63	0.2	HC	10.00	14.00	10.00	3.00
SN4-FD00021	240.00	240.20	SN4-FD00021-64	0.2	HC	10.00	18.00	10.00	5.00
SN4-FD00021	244.00	244.20	SN4-FD00021-65	0.2	HC	10.00	29.00	10.00	42.00
SN4-FD00021	248.00	248.20	SN4-FD00021-66	0.2	HC	10.00	31.00	10.00	3.00
SN4-FD00021	252.00	252.20	SN4-FD00021-67	0.2	HC	10.00	30.00	10.00	2.00
SN4-FD00021	256.00	256.20	SN4-FD00021-68	0.2	HC	10.00	28.00	10.00	2.00
SN4-FD00021	260.00	260.20	SN4-FD00021-69	0.2	HC	10.00	47.00	10.00	7.00
SN4-FD00021	264.00	264.20	SN4-FD00021-70	0.2	HC	10.00	38.00	10.00	14.00
SN4-FD00021	268.00	268.20	SN4-FD00021-71	0.2	HC	10.00	61.00	10.00	56.00
SN4-FD00021	272.00	272.20	SN4-FD00021-72	0.2	HC	10.00	27.00	10.00	8.00
SN4-FD00021	276.00	276.20	SN4-FD00021-73	0.2	HC	10.00	31.00	10.00	4.00
SN4-FD00021	280.00	280.20	SN4-FD00021-74	0.2	HC	10.00	35.00	10.00	6.00
SN4-FD00021	284.00	284.20	SN4-FD00021-75	0.2	HC	10.00	21.00	10.00	3.00
SN4-FD00021	288.00	288.20	SN4-FD00021-76	0.2	HC	10.00	24.00	10.00	12.00
SN4-FD00021	292.00	292.20	SN4-FD00021-77	0.2	HC	10.00	16.00	10.00	7.00
SN4-FD00021	296.00	296.20	SN4-FD00021-78	0.2	HC	10.00	31.00	10.00	3.00
SN4-FD00021	300.00	300.20	SN4-FD00021-79	0.2	HC	10.00	23.00	10.00	4.00
SN4-FD00021	304.00	304.20	SN4-FD00021-80	0.2	HC	10.00	40.00	10.00	12.00
SN4-FD00021	308.00	308.20	SN4-FD00021-81	0.2	HC	10.00	23.00	10.00	6.00
SN4-FD00021	312.00	312.20	SN4-FD00021-82	0.2	HC	10.00	32.00	20.00	17.00
SN4-FD00021	316.00	316.20	SN4-FD00021-83	0.2	HC	10.00	10.00	10.00	7.00
SN4-FD00021	320.00	320.20	SN4-FD00021-84	0.2	HC	10.00	26.00	10.00	16.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						10.00	1.00	10.00	2.00
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	U	V	W	Zn
SN4-FD00021	324.00	324.20	SN4-FD00021-85	0.2	HC	10.00	29.00	10.00	13.00
SN4-FD00021	328.00	328.20	SN4-FD00021-86	0.2	HC	10.00	56.00	10.00	5.00
SN4-FD00021	332.00	332.20	SN4-FD00021-87	0.2	HC	10.00	49.00	10.00	6.00
SN4-FD00021	336.00	336.20	SN4-FD00021-88	0.2	HC	10.00	77.00	10.00	5.00
SN4-FD00021	340.00	340.20	SN4-FD00021-89	0.2	HC	10.00	215.00	10.00	7.00
SN4-FD00021	344.00	344.20	SN4-FD00021-90	0.2	HC	10.00	200.00	10.00	18.00
SN4-FD00021	346.00	346.20	SN4-FD00021-91	0.2	HC	10.00	159.00	10.00	7.00
SN4-FD00021	350.00	350.20	SN4-FD00021-92	0.2	HC	10.00	71.00	10.00	11.00
SN4-FD00021	354.00	354.20	SN4-FD00021-93	0.2	BS	10.00	192.00	10.00	172.00
SN4-FD00021	358.00	358.20	SN4-FD00021-94	0.2	BS	10.00	175.00	10.00	128.00
SN4-FD00021	362.00	362.20	SN4-FD00021-95	0.2	BS	10.00	204.00	10.00	210.00
SN4-FD00021	368.00	368.20	SN4-FD00021-96	0.2	BS	10.00	194.00	10.00	220.00
SN4-FD00021	370.80	370.90	SN4-FD00021-99	0.1	BS	10.00	177.00	10.00	204.00
SN4-FD00021	372.00	372.20	SN4-FD00021-97	0.2	BS	10.00	185.00	10.00	249.00
SN4-FD00021	376.00	376.15	SN4-FD00021-98	0.15	BS	10.00	213.00	10.00	294.00

METHOD CODE						ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06
UNIT						pct	pct	pct	pct	pct	pct	pct	pct
LOWER LIMIT						0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
UPPER LIMIT						100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Al2O3	BaO	CaO	Cr2O3	Fe2O3	K2O	MgO	MnO
SN4-FD00144	0.00	0.20	SN4-FD00144-01	0.2	AT	1.21	0.01	0.27	0.01	93.96	0.11	0.31	0.11
SN4-FD00144	4.00	4.20	SN4-FD00144-02	0.2	HF	0.93	0.01	0.04	0.01	93.62	0.02	0.12	0.09
SN4-FD00144	8.00	8.20	SN4-FD00144-03	0.2	HF	0.70	0.01	0.04	0.01	95.36	0.02	0.15	0.07
SN4-FD00144	13.00	13.20	SN4-FD00144-04	0.2	HF	0.34	0.01	0.03	0.01	100.00	0.01	0.08	0.04
SN4-FD00144	18.00	18.20	SN4-FD00144-05	0.2	HF	0.57	0.01	0.01	0.01	96.24	0.01	0.05	0.04
SN4-FD00144	22.00	22.20	SN4-FD00144-06	0.2	HF	0.49	0.01	0.02	0.01	99.78	0.01	0.05	0.03
SN4-FD00144	26.00	26.20	SN4-FD00144-07	0.2	HF	0.62	0.01	0.01	0.01	96.24	0.01	0.05	0.05
SN4-FD00144	30.00	30.20	SN4-FD00144-08	0.2	HF	2.82	0.01	0.02	0.02	94.95	0.01	0.06	0.06
SN4-FD00144	34.00	34.20	SN4-FD00144-09	0.2	HF	0.43	0.01	0.02	0.01	98.15	0.01	0.05	0.03
SN4-FD00144	38.00	38.20	SN4-FD00144-10	0.2	HF	2.38	0.01	0.02	0.01	96.44	0.01	0.05	0.06
SN4-FD00144	42.00	42.20	SN4-FD00144-11	0.2	HF	0.69	0.01	0.01	0.01	97.28	0.01	0.05	0.05
SN4-FD00144	46.00	46.20	SN4-FD00144-12	0.2	HF	0.26	0.01	0.01	0.01	99.34	0.01	0.05	0.03
SN4-FD00144	50.00	50.20	SN4-FD00144-13	0.2	HF	0.34	0.01	0.01	0.01	100.00	0.01	0.04	0.03
SN4-FD00144	54.00	54.20	SN4-FD00144-14	0.2	HF	0.18	0.01	0.01	0.01	99.81	0.01	0.05	0.06
SN4-FD00144	58.00	58.20	SN4-FD00144-15	0.2	HF	0.28	0.01	0.02	0.02	100.00	0.01	0.06	0.05
SN4-FD00144	62.00	62.20	SN4-FD00144-16	0.2	HF	0.15	0.01	0.01	0.01	99.35	0.01	0.06	0.05
SN4-FD00144	66.00	66.20	SN4-FD00144-17	0.2	HF	0.55	0.01	0.02	0.03	99.87	0.01	0.09	0.05
SN4-FD00144	70.55	70.75	SN4-FD00144-18	0.2	HF	0.16	0.01	0.01	0.02	97.26	0.01	0.06	0.04
SN4-FD00144	74.10	74.45	SN4-FD00144-19	0.35	HF	0.34	0.01	0.02	0.01	97.83	0.01	0.07	0.04
SN4-FD00144	78.00	78.20	SN4-FD00144-20	0.2	HF	0.17	0.01	0.01	0.01	99.55	0.01	0.07	0.05
SN4-FD00144	82.00	82.20	SN4-FD00144-21	0.2	HF	0.59	0.01	0.01	0.01	95.60	0.01	0.10	0.10
SN4-FD00144	86.00	86.20	SN4-FD00144-22	0.2	HF	1.73	0.01	0.01	0.01	97.04	0.01	0.05	0.05
SN4-FD00144	90.00	90.20	SN4-FD00144-23	0.2	HF	1.00	0.01	0.04	0.01	97.78	0.01	0.08	0.03
SN4-FD00144	94.00	94.20	SN4-FD00144-24	0.2	HF	0.09	0.01	0.14	0.02	96.75	0.01	0.15	0.03
SN4-FD00144	98.00	98.20	SN4-FD00144-25	0.2	HF	0.18	0.01	0.03	0.01	99.76	0.01	0.07	0.05
SN4-FD00144	102.00	102.20	SN4-FD00144-26	0.2	HF	0.18	0.01	0.01	0.01	99.10	0.01	0.06	0.05
SN4-FD00144	106.00	106.20	SN4-FD00144-27	0.2	HF	0.35	0.01	0.02	0.01	98.23	0.01	0.06	0.04
SN4-FD00144	110.00	110.20	SN4-FD00144-28	0.2	HF	0.24	0.01	0.02	0.02	98.00	0.01	0.05	0.04
SN4-FD00144	114.00	114.20	SN4-FD00144-29	0.2	HF	0.11	0.01	0.01	0.01	98.95	0.01	0.06	0.03
SN4-FD00144	118.00	118.20	SN4-FD00144-30	0.2	HF	0.26	0.01	0.01	0.01	97.70	0.01	0.05	0.07
SN4-FD00144	122.00	122.20	SN4-FD00144-31	0.2	HF	0.22	0.01	0.01	0.01	97.92	0.01	0.06	0.04
SN4-FD00144	126.20	126.40	SN4-FD00144-32	0.2	HF	0.33	0.01	0.02	0.01	97.75	0.01	0.06	0.05

METHOD CODE						ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06
UNIT						pct	pct	pct	pct	pct	pct	pct	pct
LOWER LIMIT						0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
UPPER LIMIT						100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Al2O3	BaO	CaO	Cr2O3	Fe2O3	K2O	MgO	MnO
SN4-FD00144	130.30	130.50	SN4-FD00144-33	0.2	HF	0.25	0.01	0.02	0.01	71.12	0.01	0.04	0.07
SN4-FD00144	134.00	134.20	SN4-FD00144-34	0.2	HF	0.24	0.01	0.01	0.01	79.20	0.01	0.04	0.04
SN4-FD00144	138.00	138.20	SN4-FD00144-35	0.2	HF	0.88	0.01	0.02	0.01	95.21	0.02	0.16	0.40
SN4-FD00144	142.00	142.20	SN4-FD00144-36	0.2	HC	0.38	0.01	0.01	0.01	99.23	0.01	0.05	0.03
SN4-FD00144	146.00	146.20	SN4-FD00144-37	0.2	HC	0.75	0.01	0.01	0.01	98.16	0.01	0.05	0.03
SN4-FD00144	150.00	150.20	SN4-FD00144-38	0.2	HC	0.60	0.01	0.01	0.01	98.29	0.01	0.09	0.08
SN4-FD00144	154.00	154.20	SN4-FD00144-39	0.2	HC	0.26	0.01	0.01	0.01	98.61	0.01	0.06	0.05
SN4-FD00144	158.00	158.20	SN4-FD00144-40	0.2	HC	0.14	0.01	0.01	0.01	98.25	0.01	0.04	0.03
SN4-FD00144	162.00	162.20	SN4-FD00144-41	0.2	HC	0.50	0.01	0.01	0.01	97.18	0.01	0.08	0.06
SN4-FD00144	165.00	165.20	SN4-FD00144-42	0.2	HC	1.19	0.01	0.04	0.02	96.24	0.01	0.09	0.10
SN4-FD00144	166.00	166.20	SN4-FD00144-43	0.2	HC	0.13	0.01	0.01	0.01	99.02	0.01	0.07	0.11
SN4-FD00144	170.00	170.20	SN4-FD00144-44	0.2	HF	0.11	0.01	0.01	0.01	99.81	0.01	0.07	0.07
SN4-FD00144	174.00	174.20	SN4-FD00144-45	0.2	HF	0.02	0.01	0.01	0.01	100.00	0.01	0.06	0.07
SN4-FD00144	184.00	184.20	SN4-FD00144-46	0.2	HF	1.75	0.01	0.01	0.01	95.58	0.01	0.05	0.11
SN4-FD00144	185.00	185.20	SN4-FD00144-47	0.2	HF	3.56	0.01	0.01	0.01	89.91	0.01	0.06	0.14
SN4-FD00144	188.00	188.20	SN4-FD00144-48	0.2	HF	0.49	0.01	0.01	0.01	94.15	0.01	0.04	0.08
SN4-FD00144	190.00	190.20	SN4-FD00144-49	0.2	HF	2.10	0.01	0.01	0.01	94.23	0.01	0.06	0.13
SN4-FD00144	192.00	192.20	SN4-FD00144-50	0.2	HF	0.65	0.01	0.01	0.01	95.61	0.01	0.08	0.28
SN4-FD00144	194.15	194.35	SN4-FD00144-51	0.2	HF	3.71	0.01	0.01	0.01	88.61	0.01	0.09	0.31
SN4-FD00144	196.00	196.20	SN4-FD00144-52	0.2	HF	3.44	0.01	0.08	0.01	85.98	0.01	0.15	0.28
SN4-FD00144	199.70	199.90	SN4-FD00144-53	0.2	HC	0.91	0.01	0.01	0.01	96.68	0.01	0.05	0.05
SN4-FD00144	204.00	204.20	SN4-FD00144-54	0.2	HC	0.86	0.01	0.01	0.01	95.31	0.01	0.07	0.11
SN4-FD00144	208.00	208.20	SN4-FD00144-55	0.2	HC	1.15	0.01	0.01	0.01	96.22	0.01	0.05	0.08
SN4-FD00144	212.00	212.20	SN4-FD00144-56	0.2	HC	0.56	0.01	0.01	0.01	98.27	0.01	0.04	0.08
SN4-FD00144	216.00	216.20	SN4-FD00144-57	0.2	HC	0.42	0.01	0.01	0.01	98.41	0.01	0.05	0.08
SN4-FD00144	220.00	220.20	SN4-FD00144-58	0.2	HC	0.04	0.01	0.01	0.01	100.00	0.01	0.05	0.06
SN4-FD00144	224.00	224.20	SN4-FD00144-59	0.2	HC	1.36	0.01	0.01	0.01	93.33	0.03	0.13	0.36
SN4-FD00144	228.00	228.20	SN4-FD00144-60	0.2	HC	0.47	0.01	0.01	0.01	97.55	0.01	0.06	0.08
SN4-FD00144	231.90	232.10	SN4-FD00144-61	0.2	HC	1.10	0.01	0.01	0.01	97.65	0.01	0.04	0.11
SN4-FD00144	236.00	236.20	SN4-FD00144-62	0.2	HC	0.63	0.01	0.01	0.01	96.78	0.01	0.05	0.92
SN4-FD00144	240.20	240.40	SN4-FD00144-63	0.2	FMN	0.87	0.38	0.12	0.03	69.39	0.50	0.24	18.16
SN4-FD00144	243.20	243.40	SN4-FD00144-64	0.2	BS	17.33	0.02	0.04	0.01	29.94	0.07	0.07	2.42

METHOD CODE						ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06
UNIT						pct	pct	pct	pct	pct	pct	pct	pct
LOWER LIMIT						0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
UPPER LIMIT						100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Al2O3	BaO	CaO	Cr2O3	Fe2O3	K2O	MgO	MnO
SN4-FD00144	244.00	244.20	SN4-FD00144-65	0.2	BS	12.70	0.01	0.05	0.03	19.97	0.01	0.06	0.33
SN4-FD00144	248.00	248.20	SN4-FD00144-66	0.2	BS	10.98	0.01	0.09	0.02	13.88	0.19	3.84	0.38
SN4-FD00144	252.00	252.20	SN4-FD00144-67	0.2	BS	14.55	0.12	0.32	0.01	15.66	2.58	8.35	0.38
SN4-FD00144	256.00	256.20	SN4-FD00144-68	0.2	BS	14.81	0.03	0.27	0.02	18.24	0.79	11.14	0.33
SN4-FD00144	260.00	260.20	SN4-FD00144-69	0.2	BS	13.41	0.13	4.85	0.01	10.67	1.80	3.91	0.29
SN4-FD00144	264.00	264.20	SN4-FD00144-70	0.2	BS	11.31	0.09	10.71	0.01	13.92	2.81	5.64	0.58
SN4-FD00144	268.00	268.20	SN4-FD00144-71	0.2	BS	13.41	0.26	12.32	0.03	9.52	5.53	3.61	0.49
SN4-FD00144	272.00	272.20	SN4-FD00144-72	0.2	BS	12.30	0.12	10.53	0.03	10.10	1.99	3.83	0.46
SN4-FD00144	276.00	276.20	SN4-FD00144-73	0.2	BS	13.88	0.10	6.41	0.03	10.73	1.56	4.09	0.39
SN4-FD00144	279.70	279.80	SN4-FD00144-74	0.1	BS	13.06	0.13	7.10	0.02	11.49	1.95	4.27	0.48

METHOD CODE						ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	Fe-VOL05
UNIT						pct	pct	pct	pct	pct	pct	pct	pct
LOWER LIMIT						0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
UPPER LIMIT						100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	110.00	100.00	100.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Na2O	P2O5	SiO2	SrO	TiO2	Total	LOI	FeO
SN4-FD00144	0.00	0.20	SN4-FD00144-01	0.2	AT	0.13	0.04	3.63	0.01	0.07	101.55	1.68	0.72
SN4-FD00144	4.00	4.20	SN4-FD00144-02	0.2	HF	0.07	0.03	1.80	0.01	0.05	98.07	1.28	0.64
SN4-FD00144	8.00	8.20	SN4-FD00144-03	0.2	HF	0.07	0.02	1.87	0.01	0.02	99.31	0.98	0.72
SN4-FD00144	13.00	13.20	SN4-FD00144-04	0.2	HF	0.07	0.02	0.95	0.01	0.01	102.50	0.57	0.51
SN4-FD00144	18.00	18.20	SN4-FD00144-05	0.2	HF	0.05	0.02	0.65	0.01	0.01	99.81	2.16	0.43
SN4-FD00144	22.00	22.20	SN4-FD00144-06	0.2	HF	0.05	0.01	0.73	0.01	0.01	101.90	0.70	0.50
SN4-FD00144	26.00	26.20	SN4-FD00144-07	0.2	HF	0.04	0.03	0.71	0.01	0.02	98.81	1.03	0.22
SN4-FD00144	30.00	30.20	SN4-FD00144-08	0.2	HF	0.05	0.03	0.87	0.01	0.03	100.85	1.94	0.43
SN4-FD00144	34.00	34.20	SN4-FD00144-09	0.2	HF	0.05	0.01	1.04	0.01	0.01	100.40	0.60	0.57
SN4-FD00144	38.00	38.20	SN4-FD00144-10	0.2	HF	0.05	0.03	1.67	0.01	0.04	102.40	1.64	0.36
SN4-FD00144	42.00	42.20	SN4-FD00144-11	0.2	HF	0.04	0.02	0.77	0.01	0.03	99.68	0.74	0.43
SN4-FD00144	46.00	46.20	SN4-FD00144-12	0.2	HF	0.05	0.01	1.29	0.01	0.01	101.45	0.40	0.51
SN4-FD00144	50.00	50.20	SN4-FD00144-13	0.2	HF	0.05	0.01	0.90	0.01	0.01	102.05	0.52	0.50
SN4-FD00144	54.00	54.20	SN4-FD00144-14	0.2	HF	0.05	0.02	0.75	0.01	0.01	101.55	0.62	0.58
SN4-FD00144	58.00	58.20	SN4-FD00144-15	0.2	HF	0.08	0.01	0.88	0.01	0.01	103.50	0.53	0.50
SN4-FD00144	62.00	62.20	SN4-FD00144-16	0.2	HF	0.04	0.02	0.64	0.01	0.01	100.85	0.53	0.57
SN4-FD00144	66.00	66.20	SN4-FD00144-17	0.2	HF	0.05	0.01	0.85	0.01	0.01	102.15	0.61	0.43
SN4-FD00144	70.55	70.75	SN4-FD00144-18	0.2	HF	0.04	0.01	0.45	0.01	0.01	98.46	0.41	0.36
SN4-FD00144	74.10	74.45	SN4-FD00144-19	0.35	HF	0.06	0.01	0.75	0.01	0.01	99.72	0.57	0.43
SN4-FD00144	78.00	78.20	SN4-FD00144-20	0.2	HF	0.07	0.01	0.63	0.01	0.01	101.05	0.48	0.47
SN4-FD00144	82.00	82.20	SN4-FD00144-21	0.2	HF	0.05	0.02	1.51	0.01	0.02	98.98	0.96	0.58
SN4-FD00144	86.00	86.20	SN4-FD00144-22	0.2	HF	0.06	0.02	1.11	0.01	0.02	101.40	1.30	0.54
SN4-FD00144	90.00	90.20	SN4-FD00144-23	0.2	HF	0.06	0.01	1.37	0.01	0.01	101.25	0.85	0.54
SN4-FD00144	94.00	94.20	SN4-FD00144-24	0.2	HF	0.04	0.01	0.60	0.01	0.01	98.44	0.61	0.47
SN4-FD00144	98.00	98.20	SN4-FD00144-25	0.2	HF	0.06	0.02	0.61	0.01	0.01	101.35	0.56	0.54
SN4-FD00144	102.00	102.20	SN4-FD00144-26	0.2	HF	0.05	0.01	0.73	0.01	0.01	100.70	0.50	0.57
SN4-FD00144	106.00	106.20	SN4-FD00144-27	0.2	HF	0.03	0.01	2.04	0.01	0.02	101.25	0.46	0.40
SN4-FD00144	110.00	110.20	SN4-FD00144-28	0.2	HF	0.05	0.01	0.92	0.01	0.01	99.96	0.60	0.36
SN4-FD00144	114.00	114.20	SN4-FD00144-29	0.2	HF	0.03	0.01	1.70	0.01	0.01	101.30	0.37	0.47
SN4-FD00144	118.00	118.20	SN4-FD00144-30	0.2	HF	0.04	0.02	1.39	0.01	0.01	100.25	0.69	0.36
SN4-FD00144	122.00	122.20	SN4-FD00144-31	0.2	HF	0.03	0.01	2.14	0.01	0.01	100.95	0.53	0.47
SN4-FD00144	126.20	126.40	SN4-FD00144-32	0.2	HF	0.03	0.01	2.48	0.01	0.01	101.35	0.59	0.51

METHOD CODE						ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	Fe-VOL05
UNIT						pct	pct	pct	pct	pct	pct	pct	pct	pct
LOWER LIMIT						0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
UPPER LIMIT						100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	110.00	100.00	100.00	100.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Na2O	P2O5	SiO2	SrO	TiO2	Total	LOI	FeO	
SN4-FD00144	130.30	130.50	SN4-FD00144-33	0.2	HF	0.05	0.01	20.31	0.01	0.01	99.40	7.51	0.65	
SN4-FD00144	134.00	134.20	SN4-FD00144-34	0.2	HF	0.04	0.01	20.16	0.01	0.01	100.45	0.69	0.40	
SN4-FD00144	138.00	138.20	SN4-FD00144-35	0.2	HF	0.03	0.02	3.74	0.01	0.03	101.75	1.23	0.15	
SN4-FD00144	142.00	142.20	SN4-FD00144-36	0.2	HC	0.01	0.01	1.21	0.01	0.01	101.60	0.70	0.29	
SN4-FD00144	146.00	146.20	SN4-FD00144-37	0.2	HC	0.01	0.01	1.46	0.01	0.01	101.20	0.72	0.32	
SN4-FD00144	150.00	150.20	SN4-FD00144-38	0.2	HC	0.01	0.02	1.71	0.01	0.02	101.80	0.97	0.47	
SN4-FD00144	154.00	154.20	SN4-FD00144-39	0.2	HC	0.01	0.01	1.35	0.01	0.01	101.05	0.70	0.72	
SN4-FD00144	158.00	158.20	SN4-FD00144-40	0.2	HC	0.03	0.01	2.78	0.01	0.01	101.60	0.30	0.58	
SN4-FD00144	162.00	162.20	SN4-FD00144-41	0.2	HC	0.01	0.01	2.52	0.01	0.02	101.25	0.85	0.50	
SN4-FD00144	165.00	165.20	SN4-FD00144-42	0.2	HC	0.32	0.01	1.69	0.01	0.01	101.00	1.30	0.36	
SN4-FD00144	166.00	166.20	SN4-FD00144-43	0.2	HC	0.01	0.01	0.72	0.01	0.01	100.65	0.56	0.29	
SN4-FD00144	170.00	170.20	SN4-FD00144-44	0.2	HF	0.01	0.01	0.70	0.01	0.01	101.30	0.53	0.54	
SN4-FD00144	174.00	174.20	SN4-FD00144-45	0.2	HF	0.01	0.01	0.52	0.01	0.01	101.45	0.57	0.39	
SN4-FD00144	184.00	184.20	SN4-FD00144-46	0.2	HF	0.01	0.01	2.92	0.01	0.01	101.70	1.27	0.36	
SN4-FD00144	185.00	185.20	SN4-FD00144-47	0.2	HF	0.05	0.02	5.32	0.01	0.01	100.90	1.83	0.32	
SN4-FD00144	188.00	188.20	SN4-FD00144-48	0.2	HF	0.01	0.01	3.17	0.01	0.01	98.66	0.72	0.40	
SN4-FD00144	190.00	190.20	SN4-FD00144-49	0.2	HF	0.01	0.03	2.79	0.01	0.01	101.40	2.04	0.22	
SN4-FD00144	192.00	192.20	SN4-FD00144-50	0.2	HF	0.01	0.02	2.68	0.01	0.02	100.25	0.90	0.18	
SN4-FD00144	194.15	194.35	SN4-FD00144-51	0.2	HF	0.01	0.05	6.28	0.01	0.12	101.90	2.68	0.07	
SN4-FD00144	196.00	196.20	SN4-FD00144-52	0.2	HF	0.06	0.04	8.51	0.01	0.19	101.10	2.34	0.29	
SN4-FD00144	199.70	199.90	SN4-FD00144-53	0.2	HC	0.01	0.01	2.34	0.01	0.01	101.00	0.93	0.29	
SN4-FD00144	204.00	204.20	SN4-FD00144-54	0.2	HC	0.01	0.02	1.77	0.01	0.01	99.62	1.45	0.43	
SN4-FD00144	208.00	208.20	SN4-FD00144-55	0.2	HC	0.03	0.01	2.96	0.01	0.02	101.35	0.81	0.29	
SN4-FD00144	212.00	212.20	SN4-FD00144-56	0.2	HC	0.01	0.01	1.79	0.01	0.01	101.55	0.79	0.22	
SN4-FD00144	216.00	216.20	SN4-FD00144-57	0.2	HC	0.43	0.02	1.02	0.01	0.01	101.35	0.94	0.22	
SN4-FD00144	220.00	220.20	SN4-FD00144-58	0.2	HC	0.01	0.01	0.72	0.01	0.01	101.85	0.46	0.36	
SN4-FD00144	224.00	224.20	SN4-FD00144-59	0.2	HC	0.01	0.03	4.40	0.01	0.04	101.50	1.77	0.15	
SN4-FD00144	228.00	228.20	SN4-FD00144-60	0.2	HC	0.03	0.03	2.42	0.01	0.01	101.65	0.98	0.33	
SN4-FD00144	231.90	232.10	SN4-FD00144-61	0.2	HC	0.09	0.02	1.46	0.01	0.01	101.55	1.07	0.14	
SN4-FD00144	236.00	236.20	SN4-FD00144-62	0.2	HC	0.01	0.01	1.01	0.01	0.01	100.40	0.99	0.01	
SN4-FD00144	240.20	240.40	SN4-FD00144-63	0.2	FMN	0.03	0.07	2.14	0.10	0.02	99.01	6.96	0.01	
SN4-FD00144	243.20	243.40	SN4-FD00144-64	0.2	BS	0.01	0.09	39.54	0.01	1.00	100.20	9.65	0.01	

METHOD CODE						ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	ME-XRF06	Fe-VOL05
UNIT						pct	pct	pct	pct	pct	pct	pct	pct
LOWER LIMIT						0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
UPPER LIMIT						100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	110.00	100.00	100.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Na2O	P2O5	SiO2	SrO	TiO2	Total	LOI	FeO
SN4-FD00144	244.00	244.20	SN4-FD00144-65	0.2	BS	0.02	0.03	57.67	0.01	0.69	98.10	6.55	0.01
SN4-FD00144	248.00	248.20	SN4-FD00144-66	0.2	BS	0.02	0.05	61.43	0.01	0.60	98.57	7.08	1.08
SN4-FD00144	252.00	252.20	SN4-FD00144-67	0.2	BS	0.03	0.10	50.37	0.01	0.90	100.45	7.09	11.20
SN4-FD00144	256.00	256.20	SN4-FD00144-68	0.2	BS	0.04	0.10	43.96	0.01	0.87	98.81	8.21	15.10
SN4-FD00144	260.00	260.20	SN4-FD00144-69	0.2	BS	3.74	0.09	53.30	0.01	0.79	99.26	6.26	7.70
SN4-FD00144	264.00	264.20	SN4-FD00144-70	0.2	BS	0.01	0.07	40.54	0.01	0.66	98.36	12.00	11.35
SN4-FD00144	268.00	268.20	SN4-FD00144-71	0.2	BS	0.36	0.08	42.70	0.01	0.77	101.20	12.10	7.58
SN4-FD00144	272.00	272.20	SN4-FD00144-72	0.2	BS	2.57	0.08	47.30	0.02	0.72	100.30	10.25	6.76
SN4-FD00144	276.00	276.20	SN4-FD00144-73	0.2	BS	3.46	0.09	49.82	0.01	0.76	98.85	7.52	8.00
SN4-FD00144	279.70	279.80	SN4-FD00144-74	0.1	BS	2.73	0.08	50.22	0.01	0.74	99.28	7.00	8.75

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.50	0.10	0.50	5.00	0.01	0.05	0.03	0.02	0.10
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	10000.00	10000.00	10000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Ba	Ce	Co	Cr	Cs	Dy	Er	Eu	Ga
SN4-FD00144	0.00	0.20	SN4-FD00144-01	0.2	AT	58.80	13.50	5.50	13.00	0.33	0.55	0.41	0.29	2.00
SN4-FD00144	4.00	4.20	SN4-FD00144-02	0.2	HF	37.60	11.50	26.00	37.00	0.32	0.41	0.31	0.26	1.50
SN4-FD00144	8.00	8.20	SN4-FD00144-03	0.2	HF	34.90	13.30	7.30	23.00	0.37	0.52	0.34	0.37	1.20
SN4-FD00144	13.00	13.20	SN4-FD00144-04	0.2	HF	16.30	10.50	1.80	12.00	0.26	0.42	0.37	0.30	0.90
SN4-FD00144	18.00	18.20	SN4-FD00144-05	0.2	HF	15.00	16.30	2.10	29.00	0.21	0.51	0.30	0.39	0.80
SN4-FD00144	22.00	22.20	SN4-FD00144-06	0.2	HF	9.10	9.10	1.00	9.00	0.16	0.30	0.18	0.34	0.60
SN4-FD00144	26.00	26.20	SN4-FD00144-07	0.2	HF	13.80	10.30	1.40	7.00	0.29	0.40	0.31	0.30	1.00
SN4-FD00144	30.00	30.20	SN4-FD00144-08	0.2	HF	16.00	14.20	2.60	70.00	0.29	0.58	0.54	0.31	2.70
SN4-FD00144	34.00	34.20	SN4-FD00144-09	0.2	HF	11.50	6.10	1.70	11.00	0.22	0.43	0.19	0.27	0.60
SN4-FD00144	38.00	38.20	SN4-FD00144-10	0.2	HF	19.10	11.00	1.70	15.00	0.17	0.57	0.53	0.38	1.60
SN4-FD00144	42.00	42.20	SN4-FD00144-11	0.2	HF	15.60	9.10	1.00	9.00	0.27	0.24	0.15	0.25	0.60
SN4-FD00144	46.00	46.20	SN4-FD00144-12	0.2	HF	10.40	4.50	1.10	10.00	0.32	0.32	0.15	0.23	0.60
SN4-FD00144	50.00	50.20	SN4-FD00144-13	0.2	HF	6.60	4.30	1.60	8.00	0.12	0.30	0.11	0.21	0.70
SN4-FD00144	54.00	54.20	SN4-FD00144-14	0.2	HF	7.80	7.90	3.60	9.00	0.13	0.22	0.19	0.12	0.80
SN4-FD00144	58.00	58.20	SN4-FD00144-15	0.2	HF	8.80	19.20	4.10	10.00	0.15	0.37	0.13	0.26	0.70
SN4-FD00144	62.00	62.20	SN4-FD00144-16	0.2	HF	9.30	7.90	2.20	22.00	0.23	0.27	0.11	0.21	0.60
SN4-FD00144	66.00	66.20	SN4-FD00144-17	0.2	HF	17.40	5.80	1.70	9.00	0.47	0.30	0.27	0.21	1.00
SN4-FD00144	70.55	70.75	SN4-FD00144-18	0.2	HF	9.20	7.00	1.40	8.00	0.21	0.22	0.22	0.33	0.50
SN4-FD00144	74.10	74.45	SN4-FD00144-19	0.35	HF	11.20	8.00	0.90	11.00	0.24	0.26	0.21	0.31	0.60
SN4-FD00144	78.00	78.20	SN4-FD00144-20	0.2	HF	9.40	6.70	1.40	10.00	0.19	0.17	0.14	0.19	0.50
SN4-FD00144	82.00	82.20	SN4-FD00144-21	0.2	HF	37.60	9.70	3.00	17.00	0.26	0.35	0.22	0.28	1.00
SN4-FD00144	86.00	86.20	SN4-FD00144-22	0.2	HF	12.20	6.80	1.70	9.00	0.22	0.37	0.24	0.30	1.20
SN4-FD00144	90.00	90.20	SN4-FD00144-23	0.2	HF	13.00	6.80	1.50	13.00	0.31	0.35	0.18	0.29	1.10
SN4-FD00144	94.00	94.20	SN4-FD00144-24	0.2	HF	11.20	3.60	1.60	113.00	0.24	0.14	0.11	0.16	0.50
SN4-FD00144	98.00	98.20	SN4-FD00144-25	0.2	HF	11.80	10.00	2.40	14.00	0.19	0.41	0.16	0.24	0.80
SN4-FD00144	102.00	102.20	SN4-FD00144-26	0.2	HF	20.30	4.90	1.50	7.00	0.18	0.25	0.15	0.11	0.40
SN4-FD00144	106.00	106.20	SN4-FD00144-27	0.2	HF	11.20	4.80	1.00	10.00	0.17	0.26	0.14	0.16	0.70
SN4-FD00144	110.00	110.20	SN4-FD00144-28	0.2	HF	11.20	4.10	1.60	10.00	0.22	0.18	0.13	0.20	0.50
SN4-FD00144	114.00	114.20	SN4-FD00144-29	0.2	HF	8.60	3.10	2.20	9.00	0.22	0.13	0.07	0.09	0.40
SN4-FD00144	118.00	118.20	SN4-FD00144-30	0.2	HF	6.90	9.20	4.10	7.00	0.10	0.27	0.27	0.15	0.40
SN4-FD00144	122.00	122.20	SN4-FD00144-31	0.2	HF	10.80	5.80	4.80	18.00	0.10	0.34	0.20	0.15	0.40
SN4-FD00144	126.20	126.40	SN4-FD00144-32	0.2	HF	18.90	5.20	2.70	11.00	0.30	0.30	0.14	0.18	0.60

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.50	0.10	0.50	5.00	0.01	0.05	0.03	0.02	0.10
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	10000.00	10000.00	10000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Ba	Ce	Co	Cr	Cs	Dy	Er	Eu	Ga
SN4-FD00144	130.30	130.50	SN4-FD00144-33	0.2	HF	16.30	4.30	2.60	17.00	0.14	0.32	0.15	0.20	0.60
SN4-FD00144	134.00	134.20	SN4-FD00144-34	0.2	HF	12.70	2.90	1.70	13.00	0.11	0.32	0.14	0.17	0.40
SN4-FD00144	138.00	138.20	SN4-FD00144-35	0.2	HF	86.80	8.00	7.40	18.00	0.16	0.43	0.33	0.29	1.60
SN4-FD00144	142.00	142.20	SN4-FD00144-36	0.2	HC	7.00	4.10	1.30	10.00	0.13	0.33	0.14	0.19	0.40
SN4-FD00144	146.00	146.20	SN4-FD00144-37	0.2	HC	6.20	3.80	1.70	8.00	0.15	0.33	0.19	0.14	0.30
SN4-FD00144	150.00	150.20	SN4-FD00144-38	0.2	HC	28.40	10.70	4.10	12.00	0.15	0.50	0.24	0.30	1.00
SN4-FD00144	154.00	154.20	SN4-FD00144-39	0.2	HC	17.00	5.90	2.00	12.00	0.21	0.48	0.18	0.21	0.60
SN4-FD00144	158.00	158.20	SN4-FD00144-40	0.2	HC	8.70	4.00	2.20	7.00	0.12	0.48	0.17	0.13	0.40
SN4-FD00144	162.00	162.20	SN4-FD00144-41	0.2	HC	37.80	8.40	3.40	11.00	0.22	0.43	0.31	0.23	0.90
SN4-FD00144	165.00	165.20	SN4-FD00144-42	0.2	HC	8.30	8.80	3.30	7.00	0.12	0.44	0.20	0.26	1.00
SN4-FD00144	166.00	166.20	SN4-FD00144-43	0.2	HC	12.50	6.90	2.30	11.00	0.16	0.29	0.13	0.19	0.60
SN4-FD00144	170.00	170.20	SN4-FD00144-44	0.2	HF	6.70	3.30	1.60	7.00	0.10	0.17	0.11	0.14	0.40
SN4-FD00144	174.00	174.20	SN4-FD00144-45	0.2	HF	7.30	5.00	2.40	5.00	0.08	0.22	0.12	0.18	0.50
SN4-FD00144	184.00	184.20	SN4-FD00144-46	0.2	HF	7.60	7.70	3.90	10.00	0.13	0.59	0.31	0.27	1.40
SN4-FD00144	185.00	185.20	SN4-FD00144-47	0.2	HF	6.30	8.70	3.00	11.00	0.08	0.61	0.43	0.29	3.00
SN4-FD00144	188.00	188.20	SN4-FD00144-48	0.2	HF	6.20	7.80	3.10	9.00	0.07	0.45	0.20	0.28	1.00
SN4-FD00144	190.00	190.20	SN4-FD00144-49	0.2	HF	7.40	17.60	5.40	10.00	0.08	0.84	0.44	0.39	3.40
SN4-FD00144	192.00	192.20	SN4-FD00144-50	0.2	HF	14.60	10.30	4.60	14.00	0.04	0.84	0.33	0.48	1.70
SN4-FD00144	194.15	194.35	SN4-FD00144-51	0.2	HF	20.70	18.40	8.60	40.00	0.03	1.30	0.86	0.48	6.40
SN4-FD00144	196.00	196.20	SN4-FD00144-52	0.2	HF	87.20	20.10	13.70	50.00	0.06	1.50	0.83	0.53	6.50
SN4-FD00144	199.70	199.90	SN4-FD00144-53	0.2	HC	6.80	6.70	2.80	8.00	0.24	0.54	0.38	0.17	2.10
SN4-FD00144	204.00	204.20	SN4-FD00144-54	0.2	HC	39.90	10.90	3.40	22.00	0.30	0.50	0.26	0.31	1.60
SN4-FD00144	208.00	208.20	SN4-FD00144-55	0.2	HC	8.00	11.60	1.90	15.00	0.25	0.71	0.36	0.20	3.10
SN4-FD00144	212.00	212.20	SN4-FD00144-56	0.2	HC	5.60	8.80	3.10	8.00	0.07	0.48	0.20	0.18	1.70
SN4-FD00144	216.00	216.20	SN4-FD00144-57	0.2	HC	7.00	6.40	2.50	6.00	0.07	0.39	0.17	0.13	1.50
SN4-FD00144	220.00	220.20	SN4-FD00144-58	0.2	HC	6.10	5.30	1.80	8.00	0.08	0.48	0.24	0.24	0.80
SN4-FD00144	224.00	224.20	SN4-FD00144-59	0.2	HC	98.00	12.10	6.20	10.00	0.16	0.67	0.41	0.39	2.60
SN4-FD00144	228.00	228.20	SN4-FD00144-60	0.2	HC	14.20	7.70	3.20	8.00	0.12	0.50	0.26	0.30	1.40
SN4-FD00144	231.90	232.10	SN4-FD00144-61	0.2	HC	7.80	5.60	1.30	6.00	0.18	0.24	0.20	0.18	3.30
SN4-FD00144	236.00	236.20	SN4-FD00144-62	0.2	HC	72.10	6.80	7.00	9.00	0.07	0.49	0.30	0.33	2.70
SN4-FD00144	240.20	240.40	SN4-FD00144-63	0.2	FMN	3190.00	56.00	172.00	16.00	0.25	5.56	2.71	1.94	19.00
SN4-FD00144	243.20	243.40	SN4-FD00144-64	0.2	BS	209.00	53.50	87.10	100.00	0.10	4.45	3.09	1.01	24.70

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.50	0.10	0.50	5.00	0.01	0.05	0.03	0.02	0.10
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	10000.00	10000.00	10000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Ba	Ce	Co	Cr	Cs	Dy	Er	Eu	Ga
SN4-FD00144	244.00	244.20	SN4-FD00144-65	0.2	BS	42.10	36.00	18.60	90.00	0.02	2.37	1.54	0.39	17.90
SN4-FD00144	248.00	248.20	SN4-FD00144-66	0.2	BS	62.70	28.60	39.40	57.00	0.71	6.63	3.98	1.69	16.50
SN4-FD00144	252.00	252.20	SN4-FD00144-67	0.2	BS	1070.00	39.50	53.00	88.00	0.26	3.80	2.38	0.69	20.40
SN4-FD00144	256.00	256.20	SN4-FD00144-68	0.2	BS	238.00	19.90	42.10	82.00	0.38	3.24	2.64	0.46	20.10
SN4-FD00144	260.00	260.20	SN4-FD00144-69	0.2	BS	1195.00	32.70	42.20	72.00	0.33	3.65	2.43	0.93	17.40
SN4-FD00144	264.00	264.20	SN4-FD00144-70	0.2	BS	775.00	55.10	45.30	76.00	0.16	3.63	2.22	1.14	17.80
SN4-FD00144	268.00	268.20	SN4-FD00144-71	0.2	BS	2100.00	32.60	30.40	66.00	0.28	4.01	2.53	0.63	16.00
SN4-FD00144	272.00	272.20	SN4-FD00144-72	0.2	BS	955.00	36.50	38.30	60.00	0.27	4.16	2.77	1.09	17.60
SN4-FD00144	276.00	276.20	SN4-FD00144-73	0.2	BS	934.00	38.80	48.40	71.00	0.29	4.11	2.57	1.07	18.40
SN4-FD00144	279.70	279.80	SN4-FD00144-74	0.1	BS	1180.00	34.00	47.50	66.00	0.32	3.60	2.26	0.80	18.20

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.05	0.05	0.01	0.10	0.01	2.00	0.05	0.10	5.00
UPPER LIMIT						1000.00	10000.00	1000.00	10000.00	1000.00	10000.00	2500.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Gd	Hf	Ho	La	Lu	Mo	Nb	Nd	Pb
SN4-FD00144	0.00	0.20	SN4-FD00144-01	0.2	AT	0.56	0.20	0.11	4.90	0.06	4.00	0.53	2.40	28.00
SN4-FD00144	4.00	4.20	SN4-FD00144-02	0.2	HF	0.70	0.30	0.11	6.30	0.05	4.00	0.73	4.30	22.00
SN4-FD00144	8.00	8.20	SN4-FD00144-03	0.2	HF	0.61	0.22	0.14	9.30	0.05	3.00	0.40	4.80	19.00
SN4-FD00144	13.00	13.20	SN4-FD00144-04	0.2	HF	0.61	0.12	0.08	5.30	0.06	2.00	0.21	3.00	14.00
SN4-FD00144	18.00	18.20	SN4-FD00144-05	0.2	HF	0.61	0.13	0.13	9.20	0.04	3.00	0.18	5.30	12.00
SN4-FD00144	22.00	22.20	SN4-FD00144-06	0.2	HF	0.40	0.12	0.07	6.10	0.05	2.00	0.12	3.40	9.00
SN4-FD00144	26.00	26.20	SN4-FD00144-07	0.2	HF	0.52	0.16	0.13	4.80	0.05	3.00	0.35	2.90	11.00
SN4-FD00144	30.00	30.20	SN4-FD00144-08	0.2	HF	0.81	0.79	0.15	8.40	0.10	4.00	1.21	3.50	14.00
SN4-FD00144	34.00	34.20	SN4-FD00144-09	0.2	HF	0.48	0.12	0.11	4.60	0.02	3.00	0.14	2.20	15.00
SN4-FD00144	38.00	38.20	SN4-FD00144-10	0.2	HF	0.64	0.97	0.15	10.80	0.06	3.00	1.51	3.90	27.00
SN4-FD00144	42.00	42.20	SN4-FD00144-11	0.2	HF	0.52	0.13	0.05	7.80	0.03	2.00	0.21	3.00	12.00
SN4-FD00144	46.00	46.20	SN4-FD00144-12	0.2	HF	0.34	0.12	0.06	3.10	0.02	2.00	0.16	1.60	11.00
SN4-FD00144	50.00	50.20	SN4-FD00144-13	0.2	HF	0.42	0.16	0.07	4.50	0.01	3.00	0.21	1.60	9.00
SN4-FD00144	54.00	54.20	SN4-FD00144-14	0.2	HF	0.36	0.14	0.05	2.60	0.02	2.00	0.12	1.50	7.00
SN4-FD00144	58.00	58.20	SN4-FD00144-15	0.2	HF	0.51	0.20	0.06	7.20	0.04	4.00	0.16	2.20	10.00
SN4-FD00144	62.00	62.20	SN4-FD00144-16	0.2	HF	0.41	0.18	0.05	4.60	0.03	5.00	0.27	2.10	11.00
SN4-FD00144	66.00	66.20	SN4-FD00144-17	0.2	HF	0.30	0.31	0.09	3.80	0.07	2.00	1.02	2.00	20.00
SN4-FD00144	70.55	70.75	SN4-FD00144-18	0.2	HF	0.16	0.06	0.04	5.00	0.05	2.00	0.10	1.90	8.00
SN4-FD00144	74.10	74.45	SN4-FD00144-19	0.35	HF	0.29	0.16	0.05	5.10	0.06	3.00	0.23	2.20	10.00
SN4-FD00144	78.00	78.20	SN4-FD00144-20	0.2	HF	0.16	0.10	0.06	3.90	0.03	2.00	0.11	1.20	8.00
SN4-FD00144	82.00	82.20	SN4-FD00144-21	0.2	HF	0.53	0.13	0.06	7.40	0.06	3.00	0.38	4.10	13.00
SN4-FD00144	86.00	86.20	SN4-FD00144-22	0.2	HF	0.38	0.16	0.07	3.30	0.05	3.00	0.26	1.90	12.00
SN4-FD00144	90.00	90.20	SN4-FD00144-23	0.2	HF	0.40	0.16	0.06	4.30	0.04	3.00	0.21	2.20	14.00
SN4-FD00144	94.00	94.20	SN4-FD00144-24	0.2	HF	0.25	0.15	0.04	2.40	0.03	2.00	0.09	1.30	10.00
SN4-FD00144	98.00	98.20	SN4-FD00144-25	0.2	HF	0.41	0.09	0.07	5.80	0.05	3.00	0.10	2.40	10.00
SN4-FD00144	102.00	102.20	SN4-FD00144-26	0.2	HF	0.33	0.05	0.03	2.00	0.03	2.00	0.07	1.10	12.00
SN4-FD00144	106.00	106.20	SN4-FD00144-27	0.2	HF	0.28	0.20	0.05	3.20	0.05	2.00	0.21	1.60	9.00
SN4-FD00144	110.00	110.20	SN4-FD00144-28	0.2	HF	0.36	0.19	0.06	2.60	0.04	2.00	0.12	1.60	11.00
SN4-FD00144	114.00	114.20	SN4-FD00144-29	0.2	HF	0.16	0.16	0.04	2.10	0.02	2.00	0.05	0.80	9.00
SN4-FD00144	118.00	118.20	SN4-FD00144-30	0.2	HF	0.41	0.10	0.06	2.90	0.06	2.00	0.10	1.90	8.00
SN4-FD00144	122.00	122.20	SN4-FD00144-31	0.2	HF	0.32	0.17	0.07	3.00	0.04	2.00	0.11	1.90	8.00
SN4-FD00144	126.20	126.40	SN4-FD00144-32	0.2	HF	0.37	0.22	0.07	3.30	0.03	2.00	0.20	1.80	15.00

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.05	0.05	0.01	0.10	0.01	2.00	0.05	0.10	5.00
UPPER LIMIT						1000.00	10000.00	1000.00	10000.00	1000.00	10000.00	2500.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Gd	Hf	Ho	La	Lu	Mo	Nb	Nd	Pb
SN4-FD00144	130.30	130.50	SN4-FD00144-33	0.2	HF	0.45	0.11	0.06	2.60	0.03	3.00	0.16	1.50	9.00
SN4-FD00144	134.00	134.20	SN4-FD00144-34	0.2	HF	0.31	0.10	0.07	1.60	0.02	2.00	0.05	1.10	10.00
SN4-FD00144	138.00	138.20	SN4-FD00144-35	0.2	HF	0.56	0.27	0.10	4.20	0.04	2.00	0.23	3.20	15.00
SN4-FD00144	142.00	142.20	SN4-FD00144-36	0.2	HC	0.45	0.07	0.06	2.50	0.05	2.00	0.07	1.70	8.00
SN4-FD00144	146.00	146.20	SN4-FD00144-37	0.2	HC	0.43	0.12	0.06	2.20	0.04	2.00	0.10	1.70	13.00
SN4-FD00144	150.00	150.20	SN4-FD00144-38	0.2	HC	0.64	0.21	0.09	8.20	0.06	4.00	0.30	3.50	16.00
SN4-FD00144	154.00	154.20	SN4-FD00144-39	0.2	HC	0.53	0.13	0.06	3.30	0.03	3.00	0.23	1.80	13.00
SN4-FD00144	158.00	158.20	SN4-FD00144-40	0.2	HC	0.46	0.08	0.07	2.60	0.03	2.00	0.11	1.80	22.00
SN4-FD00144	162.00	162.20	SN4-FD00144-41	0.2	HC	0.52	0.21	0.08	3.70	0.04	3.00	0.21	1.90	15.00
SN4-FD00144	165.00	165.20	SN4-FD00144-42	0.2	HC	0.53	0.06	0.09	3.00	0.06	3.00	0.07	2.00	9.00
SN4-FD00144	166.00	166.20	SN4-FD00144-43	0.2	HC	0.35	0.05	0.06	2.80	0.05	2.00	0.08	2.00	10.00
SN4-FD00144	170.00	170.20	SN4-FD00144-44	0.2	HF	0.25	0.07	0.03	1.90	0.02	2.00	0.05	1.10	7.00
SN4-FD00144	174.00	174.20	SN4-FD00144-45	0.2	HF	0.41	0.07	0.06	2.60	0.03	2.00	0.05	1.90	6.00
SN4-FD00144	184.00	184.20	SN4-FD00144-46	0.2	HF	1.02	0.08	0.16	3.60	0.09	2.00	0.06	2.60	10.00
SN4-FD00144	185.00	185.20	SN4-FD00144-47	0.2	HF	0.82	0.08	0.14	3.50	0.05	2.00	0.10	3.30	9.00
SN4-FD00144	188.00	188.20	SN4-FD00144-48	0.2	HF	0.61	0.09	0.08	2.50	0.05	2.00	0.07	2.00	15.00
SN4-FD00144	190.00	190.20	SN4-FD00144-49	0.2	HF	1.08	1.27	0.18	4.10	0.07	2.00	0.27	5.20	10.00
SN4-FD00144	192.00	192.20	SN4-FD00144-50	0.2	HF	1.46	0.20	0.14	13.30	0.06	2.00	0.36	8.30	16.00
SN4-FD00144	194.15	194.35	SN4-FD00144-51	0.2	HF	1.32	0.90	0.24	5.20	0.14	3.00	1.64	4.00	19.00
SN4-FD00144	196.00	196.20	SN4-FD00144-52	0.2	HF	1.46	0.99	0.27	7.20	0.13	7.00	2.37	5.60	21.00
SN4-FD00144	199.70	199.90	SN4-FD00144-53	0.2	HC	0.45	0.24	0.09	2.50	0.04	2.00	0.75	2.20	16.00
SN4-FD00144	204.00	204.20	SN4-FD00144-54	0.2	HC	0.54	0.20	0.09	6.80	0.03	2.00	0.46	3.20	35.00
SN4-FD00144	208.00	208.20	SN4-FD00144-55	0.2	HC	0.72	0.20	0.17	3.60	0.06	2.00	0.64	2.50	21.00
SN4-FD00144	212.00	212.20	SN4-FD00144-56	0.2	HC	0.51	0.12	0.10	3.00	0.03	2.00	0.24	2.10	14.00
SN4-FD00144	216.00	216.20	SN4-FD00144-57	0.2	HC	0.36	0.05	0.07	2.70	0.03	2.00	0.08	2.20	13.00
SN4-FD00144	220.00	220.20	SN4-FD00144-58	0.2	HC	0.71	0.09	0.07	6.60	0.03	2.00	0.09	2.50	17.00
SN4-FD00144	224.00	224.20	SN4-FD00144-59	0.2	HC	0.82	0.36	0.13	7.10	0.06	2.00	0.46	4.10	22.00
SN4-FD00144	228.00	228.20	SN4-FD00144-60	0.2	HC	0.43	0.10	0.09	4.10	0.03	2.00	0.21	3.30	10.00
SN4-FD00144	231.90	232.10	SN4-FD00144-61	0.2	HC	0.50	0.11	0.06	3.90	0.04	3.00	0.24	2.50	13.00
SN4-FD00144	236.00	236.20	SN4-FD00144-62	0.2	HC	0.70	0.10	0.10	4.60	0.02	3.00	0.17	3.80	7.00
SN4-FD00144	240.20	240.40	SN4-FD00144-63	0.2	FMN	6.51	0.47	1.06	32.20	0.33	4.00	1.26	26.40	11.00
SN4-FD00144	243.20	243.40	SN4-FD00144-64	0.2	BS	4.15	4.02	0.96	15.10	0.39	3.00	7.43	14.00	12.00

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.05	0.05	0.01	0.10	0.01	2.00	0.05	0.10	5.00
UPPER LIMIT						1000.00	10000.00	1000.00	10000.00	1000.00	10000.00	2500.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Gd	Hf	Ho	La	Lu	Mo	Nb	Nd	Pb
SN4-FD00144	244.00	244.20	SN4-FD00144-65	0.2	BS	1.37	2.57	0.62	4.80	0.27	2.00	4.39	5.30	7.00
SN4-FD00144	248.00	248.20	SN4-FD00144-66	0.2	BS	8.32	2.07	1.40	67.30	0.45	2.00	3.76	41.30	15.00
SN4-FD00144	252.00	252.20	SN4-FD00144-67	0.2	BS	3.88	3.37	0.81	21.20	0.37	2.00	5.83	17.80	21.00
SN4-FD00144	256.00	256.20	SN4-FD00144-68	0.2	BS	2.64	3.43	0.84	8.60	0.37	2.00	5.25	8.80	11.00
SN4-FD00144	260.00	260.20	SN4-FD00144-69	0.2	BS	3.57	3.00	0.77	15.40	0.37	2.00	4.88	13.80	116.00
SN4-FD00144	264.00	264.20	SN4-FD00144-70	0.2	BS	4.17	2.65	0.86	31.10	0.30	2.00	4.36	20.30	138.00
SN4-FD00144	268.00	268.20	SN4-FD00144-71	0.2	BS	3.58	2.64	0.83	17.10	0.32	2.00	5.05	13.80	193.00
SN4-FD00144	272.00	272.20	SN4-FD00144-72	0.2	BS	3.67	2.84	0.89	19.20	0.37	2.00	4.65	16.00	68.00
SN4-FD00144	276.00	276.20	SN4-FD00144-73	0.2	BS	3.70	3.10	0.89	19.40	0.38	2.00	4.93	17.20	51.00
SN4-FD00144	279.70	279.80	SN4-FD00144-74	0.1	BS	3.60	2.70	0.81	17.10	0.34	2.00	4.68	14.20	153.00

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.02	0.20	0.03	0.50	0.10	0.10	0.01	0.05	0.05
UPPER LIMIT						1000.00	10000.00	1000.00	10000.00	10000.00	2500.00	1000.00	1000.00	1000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Pr	Rb	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Th	Tl
SN4-FD00144	0.00	0.20	SN4-FD00144-01	0.2	AT	0.82	4.30	0.44	0.50	7.30	0.20	0.09	0.52	0.05
SN4-FD00144	4.00	4.20	SN4-FD00144-02	0.2	HF	1.17	1.80	0.46	0.80	3.10	0.70	0.08	0.64	0.05
SN4-FD00144	8.00	8.20	SN4-FD00144-03	0.2	HF	1.51	1.40	0.95	0.90	3.40	0.20	0.07	0.43	0.05
SN4-FD00144	13.00	13.20	SN4-FD00144-04	0.2	HF	0.88	0.90	0.80	0.50	3.10	0.20	0.08	0.29	0.05
SN4-FD00144	18.00	18.20	SN4-FD00144-05	0.2	HF	1.59	0.80	0.81	0.50	3.20	0.20	0.12	0.23	0.05
SN4-FD00144	22.00	22.20	SN4-FD00144-06	0.2	HF	0.92	1.10	0.36	0.50	2.20	0.20	0.05	0.21	0.05
SN4-FD00144	26.00	26.20	SN4-FD00144-07	0.2	HF	0.74	1.10	0.30	0.50	2.30	0.20	0.07	0.39	0.05
SN4-FD00144	30.00	30.20	SN4-FD00144-08	0.2	HF	1.21	0.80	0.73	0.50	3.80	0.30	0.09	4.33	0.05
SN4-FD00144	34.00	34.20	SN4-FD00144-09	0.2	HF	0.72	1.00	0.52	0.50	2.50	0.20	0.07	0.18	0.05
SN4-FD00144	38.00	38.20	SN4-FD00144-10	0.2	HF	1.31	1.00	0.59	0.50	4.10	0.30	0.11	2.92	0.05
SN4-FD00144	42.00	42.20	SN4-FD00144-11	0.2	HF	1.04	1.00	0.53	0.50	2.40	0.10	0.03	0.30	0.05
SN4-FD00144	46.00	46.20	SN4-FD00144-12	0.2	HF	0.43	0.50	0.34	0.50	1.90	0.20	0.05	0.16	0.05
SN4-FD00144	50.00	50.20	SN4-FD00144-13	0.2	HF	0.50	0.70	0.38	0.50	1.70	0.10	0.04	0.17	0.05
SN4-FD00144	54.00	54.20	SN4-FD00144-14	0.2	HF	0.45	0.50	0.18	0.50	1.00	0.20	0.03	0.15	0.05
SN4-FD00144	58.00	58.20	SN4-FD00144-15	0.2	HF	0.76	0.90	0.30	0.50	1.80	0.10	0.05	0.24	0.05
SN4-FD00144	62.00	62.20	SN4-FD00144-16	0.2	HF	0.56	0.90	0.39	0.50	1.70	0.20	0.06	0.30	0.05
SN4-FD00144	66.00	66.20	SN4-FD00144-17	0.2	HF	0.59	1.20	0.30	1.80	3.20	0.20	0.06	1.14	0.05
SN4-FD00144	70.55	70.75	SN4-FD00144-18	0.2	HF	0.53	0.40	0.21	0.50	2.10	0.20	0.04	0.20	0.05
SN4-FD00144	74.10	74.45	SN4-FD00144-19	0.35	HF	0.66	0.50	0.44	0.50	1.70	0.20	0.05	0.30	0.05
SN4-FD00144	78.00	78.20	SN4-FD00144-20	0.2	HF	0.42	0.40	0.29	0.50	2.40	0.20	0.03	0.22	0.05
SN4-FD00144	82.00	82.20	SN4-FD00144-21	0.2	HF	1.05	0.80	0.80	0.50	3.00	0.20	0.08	0.43	0.05
SN4-FD00144	86.00	86.20	SN4-FD00144-22	0.2	HF	0.55	0.40	0.42	0.80	2.00	0.20	0.06	0.53	0.05
SN4-FD00144	90.00	90.20	SN4-FD00144-23	0.2	HF	0.67	0.20	0.35	0.60	2.50	0.20	0.08	0.24	0.05
SN4-FD00144	94.00	94.20	SN4-FD00144-24	0.2	HF	0.34	0.20	0.20	0.50	2.50	0.10	0.04	0.09	0.05
SN4-FD00144	98.00	98.20	SN4-FD00144-25	0.2	HF	0.81	0.20	0.58	0.50	2.70	0.20	0.06	0.19	0.05
SN4-FD00144	102.00	102.20	SN4-FD00144-26	0.2	HF	0.30	0.20	0.28	0.50	3.20	0.20	0.06	0.11	0.05
SN4-FD00144	106.00	106.20	SN4-FD00144-27	0.2	HF	0.45	0.20	0.23	0.50	2.40	0.10	0.05	0.36	0.05
SN4-FD00144	110.00	110.20	SN4-FD00144-28	0.2	HF	0.45	0.20	0.33	0.50	2.40	0.20	0.04	0.17	0.05
SN4-FD00144	114.00	114.20	SN4-FD00144-29	0.2	HF	0.24	0.20	0.16	0.50	1.50	0.20	0.03	0.07	0.05
SN4-FD00144	118.00	118.20	SN4-FD00144-30	0.2	HF	0.44	0.20	0.30	0.50	1.50	0.10	0.05	0.11	0.05
SN4-FD00144	122.00	122.20	SN4-FD00144-31	0.2	HF	0.50	0.20	0.43	0.50	2.20	0.20	0.05	0.19	0.05
SN4-FD00144	126.20	126.40	SN4-FD00144-32	0.2	HF	0.49	0.30	0.37	0.50	2.70	0.20	0.05	0.19	0.05

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.02	0.20	0.03	0.50	0.10	0.10	0.01	0.05	0.05
UPPER LIMIT						1000.00	10000.00	1000.00	10000.00	10000.00	2500.00	1000.00	1000.00	1000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Pr	Rb	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Th	Tl
SN4-FD00144	130.30	130.50	SN4-FD00144-33	0.2	HF	0.48	0.30	0.31	0.80	3.00	0.20	0.07	0.11	0.05
SN4-FD00144	134.00	134.20	SN4-FD00144-34	0.2	HF	0.31	0.40	0.32	0.50	2.50	0.10	0.03	0.09	0.05
SN4-FD00144	138.00	138.20	SN4-FD00144-35	0.2	HF	0.82	1.40	0.52	0.50	3.20	0.10	0.09	0.28	0.05
SN4-FD00144	142.00	142.20	SN4-FD00144-36	0.2	HC	0.42	0.20	0.37	0.50	1.10	0.10	0.05	0.15	0.05
SN4-FD00144	146.00	146.20	SN4-FD00144-37	0.2	HC	0.49	0.20	0.33	0.50	1.60	0.10	0.08	0.14	0.05
SN4-FD00144	150.00	150.20	SN4-FD00144-38	0.2	HC	1.24	1.20	0.83	0.50	3.70	0.20	0.09	0.41	0.05
SN4-FD00144	154.00	154.20	SN4-FD00144-39	0.2	HC	0.53	0.40	0.47	0.50	1.80	0.20	0.07	0.23	0.12
SN4-FD00144	158.00	158.20	SN4-FD00144-40	0.2	HC	0.47	0.20	0.36	0.50	1.90	0.20	0.06	0.15	0.05
SN4-FD00144	162.00	162.20	SN4-FD00144-41	0.2	HC	0.67	0.70	0.45	0.50	3.40	0.20	0.08	0.29	0.05
SN4-FD00144	165.00	165.20	SN4-FD00144-42	0.2	HC	0.59	0.20	0.50	0.50	1.20	0.10	0.08	0.07	0.05
SN4-FD00144	166.00	166.20	SN4-FD00144-43	0.2	HC	0.58	0.20	0.56	0.50	1.50	0.10	0.07	0.09	0.05
SN4-FD00144	170.00	170.20	SN4-FD00144-44	0.2	HF	0.35	0.20	0.24	0.50	1.20	0.10	0.04	0.08	0.05
SN4-FD00144	174.00	174.20	SN4-FD00144-45	0.2	HF	0.46	0.20	0.43	0.50	0.90	0.10	0.06	0.05	0.05
SN4-FD00144	184.00	184.20	SN4-FD00144-46	0.2	HF	0.82	0.20	0.60	0.50	0.80	0.20	0.13	0.10	0.05
SN4-FD00144	185.00	185.20	SN4-FD00144-47	0.2	HF	0.71	0.20	0.76	0.50	1.00	0.10	0.14	0.12	0.05
SN4-FD00144	188.00	188.20	SN4-FD00144-48	0.2	HF	0.63	0.20	0.78	0.50	1.20	0.20	0.07	0.07	0.05
SN4-FD00144	190.00	190.20	SN4-FD00144-49	0.2	HF	1.34	0.20	1.15	0.50	1.40	0.20	0.18	0.35	0.05
SN4-FD00144	192.00	192.20	SN4-FD00144-50	0.2	HF	2.20	0.20	1.52	0.50	3.50	0.20	0.21	0.43	0.05
SN4-FD00144	194.15	194.35	SN4-FD00144-51	0.2	HF	1.06	0.70	0.80	0.50	2.50	0.30	0.18	2.43	0.05
SN4-FD00144	196.00	196.20	SN4-FD00144-52	0.2	HF	1.50	1.40	1.29	0.50	4.80	0.30	0.20	2.01	0.05
SN4-FD00144	199.70	199.90	SN4-FD00144-53	0.2	HC	0.50	0.90	0.59	0.50	2.20	0.10	0.07	0.69	0.05
SN4-FD00144	204.00	204.20	SN4-FD00144-54	0.2	HC	1.03	1.00	0.52	0.50	4.20	0.20	0.08	0.47	0.05
SN4-FD00144	208.00	208.20	SN4-FD00144-55	0.2	HC	0.81	0.50	0.43	0.90	1.70	0.20	0.12	0.47	0.05
SN4-FD00144	212.00	212.20	SN4-FD00144-56	0.2	HC	0.51	0.30	0.41	0.50	1.10	0.10	0.08	0.17	0.05
SN4-FD00144	216.00	216.20	SN4-FD00144-57	0.2	HC	0.47	0.20	0.44	0.50	0.50	0.10	0.04	0.07	0.05
SN4-FD00144	220.00	220.20	SN4-FD00144-58	0.2	HC	0.81	0.40	0.56	0.50	1.50	0.20	0.09	0.11	0.05
SN4-FD00144	224.00	224.20	SN4-FD00144-59	0.2	HC	1.23	1.40	0.85	0.50	6.20	0.20	0.13	0.60	0.05
SN4-FD00144	228.00	228.20	SN4-FD00144-60	0.2	HC	0.92	0.70	0.62	0.50	1.40	0.10	0.05	0.24	0.05
SN4-FD00144	231.90	232.10	SN4-FD00144-61	0.2	HC	0.64	0.20	0.35	0.50	1.10	0.20	0.06	0.18	0.05
SN4-FD00144	236.00	236.20	SN4-FD00144-62	0.2	HC	0.97	0.30	0.72	0.50	6.90	0.10	0.08	0.09	0.05
SN4-FD00144	240.20	240.40	SN4-FD00144-63	0.2	FMN	6.88	11.70	6.23	0.50	802.00	0.20	0.93	0.87	0.05
SN4-FD00144	243.20	243.40	SN4-FD00144-64	0.2	BS	3.98	2.00	3.30	2.40	35.00	0.70	0.63	9.58	0.16

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.02	0.20	0.03	0.50	0.10	0.10	0.01	0.05	0.05
UPPER LIMIT						1000.00	10000.00	1000.00	10000.00	10000.00	2500.00	1000.00	1000.00	1000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Pr	Rb	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Th	Tl
SN4-FD00144	244.00	244.20	SN4-FD00144-65	0.2	BS	1.06	0.90	1.20	0.80	6.30	0.50	0.27	6.33	0.07
SN4-FD00144	248.00	248.20	SN4-FD00144-66	0.2	BS	11.45	12.30	7.01	0.50	3.20	0.40	1.06	5.04	0.05
SN4-FD00144	252.00	252.20	SN4-FD00144-67	0.2	BS	4.93	58.20	4.03	0.50	14.00	0.70	0.55	8.05	0.07
SN4-FD00144	256.00	256.20	SN4-FD00144-68	0.2	BS	2.37	21.30	2.54	0.50	5.30	0.60	0.48	7.55	0.05
SN4-FD00144	260.00	260.20	SN4-FD00144-69	0.2	BS	3.59	48.30	2.68	0.50	88.80	0.50	0.55	6.87	0.05
SN4-FD00144	264.00	264.20	SN4-FD00144-70	0.2	BS	6.21	64.70	4.29	1.30	23.50	0.50	0.63	6.16	0.05
SN4-FD00144	268.00	268.20	SN4-FD00144-71	0.2	BS	3.66	134.50	3.45	0.50	30.40	0.50	0.59	6.45	0.05
SN4-FD00144	272.00	272.20	SN4-FD00144-72	0.2	BS	4.26	48.90	3.87	0.50	114.00	0.50	0.58	6.34	0.05
SN4-FD00144	276.00	276.20	SN4-FD00144-73	0.2	BS	4.56	42.70	3.72	0.50	107.00	0.50	0.62	7.09	0.05
SN4-FD00144	279.70	279.80	SN4-FD00144-74	0.1	BS	3.78	48.20	3.38	0.50	84.00	0.50	0.53	6.53	0.05

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.01	0.05	5.00	0.50	0.10	0.03	5.00	1.00	0.20	
UPPER LIMIT						1000.00	1000.00	10000.00	10000.00	10000.00	1000.00	10000.00	10000.00	100.00	
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr	Ag	
SN4-FD00144	130.30	130.50	SN4-FD00144-33	0.2	HF	0.06	0.88	26.00	27.20	3.80	0.22	47.00	4.00	0.30	
SN4-FD00144	134.00	134.20	SN4-FD00144-34	0.2	HF	0.03	0.57	10.00	19.80	2.60	0.08	21.00	3.00	0.70	
SN4-FD00144	138.00	138.20	SN4-FD00144-35	0.2	HF	0.05	0.66	21.00	5.00	4.40	0.26	57.00	9.00	0.40	
SN4-FD00144	142.00	142.20	SN4-FD00144-36	0.2	HC	0.05	0.88	13.00	1.70	3.20	0.10	20.00	3.00	0.20	
SN4-FD00144	146.00	146.20	SN4-FD00144-37	0.2	HC	0.03	0.66	10.00	3.30	3.40	0.09	19.00	3.00	0.20	
SN4-FD00144	150.00	150.20	SN4-FD00144-38	0.2	HC	0.06	1.15	24.00	3.00	4.50	0.28	34.00	8.00	0.40	
SN4-FD00144	154.00	154.20	SN4-FD00144-39	0.2	HC	0.03	0.52	7.00	1945.00	3.30	0.15	21.00	5.00	100.00	
SN4-FD00144	158.00	158.20	SN4-FD00144-40	0.2	HC	0.03	0.48	7.00	6.10	3.40	0.09	20.00	3.00	1.40	
SN4-FD00144	162.00	162.20	SN4-FD00144-41	0.2	HC	0.06	1.10	19.00	84.50	4.50	0.29	40.00	7.00	23.70	
SN4-FD00144	165.00	165.20	SN4-FD00144-42	0.2	HC	0.06	1.01	55.00	36.20	2.80	0.25	35.00	4.00	1.30	
SN4-FD00144	166.00	166.20	SN4-FD00144-43	0.2	HC	0.02	1.01	23.00	3.20	3.00	0.14	26.00	3.00	0.60	
SN4-FD00144	170.00	170.20	SN4-FD00144-44	0.2	HF	0.02	0.37	12.00	13.80	2.40	0.08	20.00	3.00	0.20	
SN4-FD00144	174.00	174.20	SN4-FD00144-45	0.2	HF	0.04	0.86	5.00	15.40	3.00	0.13	42.00	3.00	0.40	
SN4-FD00144	184.00	184.20	SN4-FD00144-46	0.2	HF	0.08	3.13	72.00	8.30	3.60	0.39	20.00	4.00	0.20	
SN4-FD00144	185.00	185.20	SN4-FD00144-47	0.2	HF	0.08	4.44	203.00	5.00	4.00	0.47	23.00	4.00	0.40	
SN4-FD00144	188.00	188.20	SN4-FD00144-48	0.2	HF	0.07	14.50	216.00	6.70	3.20	0.20	17.00	3.00	0.20	
SN4-FD00144	190.00	190.20	SN4-FD00144-49	0.2	HF	0.10	5.75	169.00	7.10	5.00	0.44	47.00	57.00	0.30	
SN4-FD00144	192.00	192.20	SN4-FD00144-50	0.2	HF	0.06	2.11	52.00	2.80	4.90	0.37	50.00	8.00	0.50	
SN4-FD00144	194.15	194.35	SN4-FD00144-51	0.2	HF	0.11	7.09	114.00	4.90	10.00	0.80	64.00	33.00	0.20	
SN4-FD00144	196.00	196.20	SN4-FD00144-52	0.2	HF	0.13	7.27	142.00	67.20	10.40	0.98	64.00	40.00	0.20	
SN4-FD00144	199.70	199.90	SN4-FD00144-53	0.2	HC	0.04	6.76	262.00	2.00	4.30	0.29	42.00	10.00	0.30	
SN4-FD00144	204.00	204.20	SN4-FD00144-54	0.2	HC	0.06	1.16	31.00	2.50	4.60	0.26	54.00	6.00	0.40	
SN4-FD00144	208.00	208.20	SN4-FD00144-55	0.2	HC	0.05	4.83	71.00	4.30	4.60	0.35	27.00	7.00	0.60	
SN4-FD00144	212.00	212.20	SN4-FD00144-56	0.2	HC	0.02	10.05	371.00	3.80	3.20	0.19	15.00	4.00	0.30	
SN4-FD00144	216.00	216.20	SN4-FD00144-57	0.2	HC	0.02	4.61	211.00	1.70	2.30	0.13	15.00	3.00	0.20	
SN4-FD00144	220.00	220.20	SN4-FD00144-58	0.2	HC	0.04	1.54	27.00	4.30	4.50	0.20	11.00	4.00	0.20	
SN4-FD00144	224.00	224.20	SN4-FD00144-59	0.2	HC	0.06	3.35	56.00	3.90	5.60	0.45	48.00	11.00	0.30	
SN4-FD00144	228.00	228.20	SN4-FD00144-60	0.2	HC	0.02	2.75	45.00	6.00	3.50	0.27	30.00	4.00	0.40	
SN4-FD00144	231.90	232.10	SN4-FD00144-61	0.2	HC	0.05	2.83	79.00	2.60	3.50	0.13	18.00	5.00	0.20	
SN4-FD00144	236.00	236.20	SN4-FD00144-62	0.2	HC	0.03	1.64	55.00	2.20	3.50	0.22	22.00	2.00	0.30	
SN4-FD00144	240.20	240.40	SN4-FD00144-63	0.2	FMN	0.35	3.23	26.00	11.60	30.90	2.13	526.00	13.00	0.20	
SN4-FD00144	243.20	243.40	SN4-FD00144-64	0.2	BS	0.45	5.12	258.00	10.60	25.80	2.88	267.00	149.00	2.20	

METHOD CODE						ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-MS81	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						0.01	0.05	5.00	0.50	0.10	0.03	5.00	1.00	0.20
UPPER LIMIT						1000.00	1000.00	10000.00	10000.00	10000.00	1000.00	10000.00	10000.00	100.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr	Ag
SN4-FD00144	244.00	244.20	SN4-FD00144-65	0.2	BS	0.26	2.11	223.00	2.20	14.60	1.76	86.00	99.00	0.40
SN4-FD00144	248.00	248.20	SN4-FD00144-66	0.2	BS	0.54	2.02	175.00	2.80	49.10	3.08	2000.00	85.00	0.20
SN4-FD00144	252.00	252.20	SN4-FD00144-67	0.2	BS	0.38	2.39	245.00	2.10	22.90	2.68	395.00	128.00	0.20
SN4-FD00144	256.00	256.20	SN4-FD00144-68	0.2	BS	0.36	2.39	261.00	2.20	19.50	2.37	273.00	124.00	0.20
SN4-FD00144	260.00	260.20	SN4-FD00144-69	0.2	BS	0.34	1.99	238.00	2.20	19.10	2.35	254.00	111.00	0.20
SN4-FD00144	264.00	264.20	SN4-FD00144-70	0.2	BS	0.35	1.84	202.00	1.00	23.90	2.07	385.00	98.00	0.50
SN4-FD00144	268.00	268.20	SN4-FD00144-71	0.2	BS	0.37	2.01	211.00	1.10	22.20	2.42	677.00	104.00	0.20
SN4-FD00144	272.00	272.20	SN4-FD00144-72	0.2	BS	0.36	1.87	200.00	2.30	22.90	2.44	426.00	99.00	0.20
SN4-FD00144	276.00	276.20	SN4-FD00144-73	0.2	BS	0.35	2.18	234.00	1.50	23.00	2.53	763.00	121.00	0.20
SN4-FD00144	279.70	279.80	SN4-FD00144-74	0.1	BS	0.35	1.93	219.00	1.20	21.90	2.56	476.00	105.00	0.20

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						pct	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	pct	ppm
LOWER LIMIT						0.01	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
UPPER LIMIT						25.00	10000.00	10000.00	10000.00	1000.00	10000.00	25.00	1000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd
SN4-FD00144	0.00	0.20	SN4-FD00144-01	0.2	AT	0.33	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.06	0.50
SN4-FD00144	4.00	4.20	SN4-FD00144-02	0.2	HF	0.30	2.00	10.00	20.00	0.50	2.00	0.02	0.50
SN4-FD00144	8.00	8.20	SN4-FD00144-03	0.2	HF	0.26	2.00	10.00	20.00	0.50	2.00	0.02	0.50
SN4-FD00144	13.00	13.20	SN4-FD00144-04	0.2	HF	0.12	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	18.00	18.20	SN4-FD00144-05	0.2	HF	0.23	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	22.00	22.20	SN4-FD00144-06	0.2	HF	0.19	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	26.00	26.20	SN4-FD00144-07	0.2	HF	0.25	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	30.00	30.20	SN4-FD00144-08	0.2	HF	1.23	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	34.00	34.20	SN4-FD00144-09	0.2	HF	0.19	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	38.00	38.20	SN4-FD00144-10	0.2	HF	1.02	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	42.00	42.20	SN4-FD00144-11	0.2	HF	0.28	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	46.00	46.20	SN4-FD00144-12	0.2	HF	0.11	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	50.00	50.20	SN4-FD00144-13	0.2	HF	0.15	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	54.00	54.20	SN4-FD00144-14	0.2	HF	0.07	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	58.00	58.20	SN4-FD00144-15	0.2	HF	0.09	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	62.00	62.20	SN4-FD00144-16	0.2	HF	0.05	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	66.00	66.20	SN4-FD00144-17	0.2	HF	0.21	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	70.55	70.75	SN4-FD00144-18	0.2	HF	0.07	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	74.10	74.45	SN4-FD00144-19	0.35	HF	0.13	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	78.00	78.20	SN4-FD00144-20	0.2	HF	0.07	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	82.00	82.20	SN4-FD00144-21	0.2	HF	0.23	2.00	10.00	30.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	86.00	86.20	SN4-FD00144-22	0.2	HF	0.72	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	90.00	90.20	SN4-FD00144-23	0.2	HF	0.45	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.02	0.50
SN4-FD00144	94.00	94.20	SN4-FD00144-24	0.2	HF	0.05	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.09	0.50
SN4-FD00144	98.00	98.20	SN4-FD00144-25	0.2	HF	0.08	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.02	0.50
SN4-FD00144	102.00	102.20	SN4-FD00144-26	0.2	HF	0.08	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	106.00	106.20	SN4-FD00144-27	0.2	HF	0.07	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	110.00	110.20	SN4-FD00144-28	0.2	HF	0.05	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	114.00	114.20	SN4-FD00144-29	0.2	HF	0.03	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	118.00	118.20	SN4-FD00144-30	0.2	HF	0.05	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	122.00	122.20	SN4-FD00144-31	0.2	HF	0.05	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	126.20	126.40	SN4-FD00144-32	0.2	HF	0.06	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						pct	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	pct	ppm
LOWER LIMIT						0.01	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
UPPER LIMIT						25.00	10000.00	10000.00	10000.00	1000.00	10000.00	25.00	1000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd
SN4-FD00144	130.30	130.50	SN4-FD00144-33	0.2	HF	0.07	4.00	10.00	10.00	0.50	5.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	134.00	134.20	SN4-FD00144-34	0.2	HF	0.05	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	138.00	138.20	SN4-FD00144-35	0.2	HF	0.23	3.00	10.00	80.00	0.50	4.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	142.00	142.20	SN4-FD00144-36	0.2	HC	0.06	4.00	10.00	10.00	0.50	4.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	146.00	146.20	SN4-FD00144-37	0.2	HC	0.10	4.00	10.00	10.00	0.50	5.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	150.00	150.20	SN4-FD00144-38	0.2	HC	0.23	4.00	10.00	20.00	0.50	5.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	154.00	154.20	SN4-FD00144-39	0.2	HC	0.08	4.00	10.00	10.00	0.50	3.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	158.00	158.20	SN4-FD00144-40	0.2	HC	0.03	3.00	10.00	10.00	0.50	8.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	162.00	162.20	SN4-FD00144-41	0.2	HC	0.12	4.00	10.00	30.00	0.50	6.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	165.00	165.20	SN4-FD00144-42	0.2	HC	0.17	4.00	10.00	10.00	0.50	4.00	0.03	0.50
SN4-FD00144	166.00	166.20	SN4-FD00144-43	0.2	HC	0.05	4.00	10.00	10.00	0.50	4.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	170.00	170.20	SN4-FD00144-44	0.2	HF	0.03	4.00	10.00	10.00	0.50	3.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	174.00	174.20	SN4-FD00144-45	0.2	HF	0.03	4.00	10.00	10.00	0.50	5.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	184.00	184.20	SN4-FD00144-46	0.2	HF	0.26	4.00	10.00	10.00	0.50	5.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	185.00	185.20	SN4-FD00144-47	0.2	HF	0.40	4.00	10.00	10.00	0.50	5.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	188.00	188.20	SN4-FD00144-48	0.2	HF	0.12	4.00	10.00	10.00	0.50	7.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	190.00	190.20	SN4-FD00144-49	0.2	HF	0.40	4.00	10.00	10.00	0.50	5.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	192.00	192.20	SN4-FD00144-50	0.2	HF	0.19	3.00	10.00	20.00	0.50	5.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	194.15	194.35	SN4-FD00144-51	0.2	HF	0.55	4.00	10.00	20.00	0.50	6.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	196.00	196.20	SN4-FD00144-52	0.2	HF	0.51	5.00	10.00	90.00	0.50	6.00	0.04	0.50
SN4-FD00144	199.70	199.90	SN4-FD00144-53	0.2	HC	0.16	4.00	10.00	10.00	0.50	4.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	204.00	204.20	SN4-FD00144-54	0.2	HC	0.39	4.00	10.00	30.00	0.50	4.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	208.00	208.20	SN4-FD00144-55	0.2	HC	0.19	5.00	10.00	10.00	0.50	4.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	212.00	212.20	SN4-FD00144-56	0.2	HC	0.12	5.00	10.00	10.00	0.50	7.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	216.00	216.20	SN4-FD00144-57	0.2	HC	0.10	5.00	10.00	10.00	0.50	5.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	220.00	220.20	SN4-FD00144-58	0.2	HC	0.03	4.00	10.00	10.00	0.50	4.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	224.00	224.20	SN4-FD00144-59	0.2	HC	0.40	4.00	10.00	100.00	0.50	5.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	228.00	228.20	SN4-FD00144-60	0.2	HC	0.13	5.00	10.00	10.00	0.50	6.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	231.90	232.10	SN4-FD00144-61	0.2	HC	0.18	4.00	10.00	10.00	0.50	6.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	236.00	236.20	SN4-FD00144-62	0.2	HC	0.14	4.00	10.00	80.00	0.50	4.00	0.01	0.50
SN4-FD00144	240.20	240.40	SN4-FD00144-63	0.2	FMN	0.40	9.00	10.00	3490.00	1.10	11.00	0.07	2.10
SN4-FD00144	243.20	243.40	SN4-FD00144-64	0.2	BS	1.35	8.00	10.00	240.00	0.90	5.00	0.03	0.50

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						pct	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	pct	ppm
LOWER LIMIT						0.01	2.00	10.00	10.00	0.50	2.00	0.01	0.50
UPPER LIMIT						25.00	10000.00	10000.00	10000.00	1000.00	10000.00	25.00	1000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd
SN4-FD00144	244.00	244.20	SN4-FD00144-65	0.2	BS	1.39	2.00	10.00	40.00	0.50	2.00	0.03	0.50
SN4-FD00144	248.00	248.20	SN4-FD00144-66	0.2	BS	3.40	2.00	10.00	40.00	1.40	2.00	0.05	0.50
SN4-FD00144	252.00	252.20	SN4-FD00144-67	0.2	BS	5.78	2.00	10.00	40.00	0.50	3.00	0.20	0.50
SN4-FD00144	256.00	256.20	SN4-FD00144-68	0.2	BS	6.51	3.00	10.00	20.00	0.80	2.00	0.18	0.50
SN4-FD00144	260.00	260.20	SN4-FD00144-69	0.2	BS	2.77	2.00	10.00	230.00	1.00	2.00	3.19	0.50
SN4-FD00144	264.00	264.20	SN4-FD00144-70	0.2	BS	4.23	3.00	10.00	30.00	1.00	2.00	7.30	0.50
SN4-FD00144	268.00	268.20	SN4-FD00144-71	0.2	BS	2.83	2.00	10.00	40.00	0.70	2.00	8.20	1.70
SN4-FD00144	272.00	272.20	SN4-FD00144-72	0.2	BS	2.57	2.00	10.00	120.00	0.60	2.00	6.64	1.10
SN4-FD00144	276.00	276.20	SN4-FD00144-73	0.2	BS	2.93	2.00	10.00	200.00	0.60	2.00	4.19	2.50
SN4-FD00144	279.70	279.80	SN4-FD00144-74	0.1	BS	2.87	2.00	10.00	240.00	0.50	2.00	4.11	1.10

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	ppm	pct	ppm	ppm	pct	ppm
LOWER LIMIT						1.00	1.00	1.00	0.01	10.00	1.00	0.01	10.00
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	10000.00	50.00	10000.00	10000.00	10.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	Hg	K	La
SN4-FD00144	0.00	0.20	SN4-FD00144-01	0.2	AT	2.00	6.00	85.00	20.60	10.00	1.00	0.02	10.00
SN4-FD00144	4.00	4.20	SN4-FD00144-02	0.2	HF	6.00	17.00	112.00	22.70	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	8.00	8.20	SN4-FD00144-03	0.2	HF	2.00	11.00	153.00	21.10	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	13.00	13.20	SN4-FD00144-04	0.2	HF	1.00	5.00	45.00	22.20	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	18.00	18.20	SN4-FD00144-05	0.2	HF	1.00	10.00	30.00	19.75	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	22.00	22.20	SN4-FD00144-06	0.2	HF	1.00	4.00	23.00	18.90	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	26.00	26.20	SN4-FD00144-07	0.2	HF	1.00	3.00	49.00	20.40	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	30.00	30.20	SN4-FD00144-08	0.2	HF	1.00	20.00	153.00	17.85	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	34.00	34.20	SN4-FD00144-09	0.2	HF	1.00	4.00	26.00	22.30	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	38.00	38.20	SN4-FD00144-10	0.2	HF	1.00	8.00	116.00	18.40	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	42.00	42.20	SN4-FD00144-11	0.2	HF	1.00	4.00	38.00	21.50	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	46.00	46.20	SN4-FD00144-12	0.2	HF	1.00	4.00	17.00	21.30	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	50.00	50.20	SN4-FD00144-13	0.2	HF	1.00	4.00	33.00	20.70	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	54.00	54.20	SN4-FD00144-14	0.2	HF	1.00	4.00	42.00	21.40	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	58.00	58.20	SN4-FD00144-15	0.2	HF	1.00	5.00	18.00	21.80	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	62.00	62.20	SN4-FD00144-16	0.2	HF	1.00	4.00	22.00	23.40	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	66.00	66.20	SN4-FD00144-17	0.2	HF	1.00	4.00	16.00	21.50	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	70.55	70.75	SN4-FD00144-18	0.2	HF	1.00	3.00	10.00	24.70	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	74.10	74.45	SN4-FD00144-19	0.35	HF	1.00	6.00	19.00	25.20	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	78.00	78.20	SN4-FD00144-20	0.2	HF	1.00	4.00	20.00	24.10	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	82.00	82.20	SN4-FD00144-21	0.2	HF	2.00	10.00	54.00	24.70	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	86.00	86.20	SN4-FD00144-22	0.2	HF	1.00	4.00	29.00	22.40	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	90.00	90.20	SN4-FD00144-23	0.2	HF	1.00	6.00	22.00	22.60	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	94.00	94.20	SN4-FD00144-24	0.2	HF	1.00	25.00	16.00	20.30	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	98.00	98.20	SN4-FD00144-25	0.2	HF	1.00	5.00	38.00	21.40	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	102.00	102.20	SN4-FD00144-26	0.2	HF	1.00	3.00	35.00	18.85	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	106.00	106.20	SN4-FD00144-27	0.2	HF	1.00	4.00	17.00	20.90	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	110.00	110.20	SN4-FD00144-28	0.2	HF	1.00	4.00	16.00	21.00	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	114.00	114.20	SN4-FD00144-29	0.2	HF	1.00	3.00	5.00	22.00	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	118.00	118.20	SN4-FD00144-30	0.2	HF	1.00	2.00	28.00	21.00	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	122.00	122.20	SN4-FD00144-31	0.2	HF	1.00	4.00	25.00	24.60	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	126.20	126.40	SN4-FD00144-32	0.2	HF	1.00	5.00	17.00	21.20	10.00	1.00	0.01	10.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	ppm	pct	ppm	ppm	pct	ppm
LOWER LIMIT						1.00	1.00	1.00	0.01	10.00	1.00	0.01	10.00
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	10000.00	50.00	10000.00	10000.00	10.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	Hg	K	La
SN4-FD00144	130.30	130.50	SN4-FD00144-33	0.2	HF	1.00	5.00	47.00	30.20	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	134.00	134.20	SN4-FD00144-34	0.2	HF	1.00	6.00	54.00	26.60	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	138.00	138.20	SN4-FD00144-35	0.2	HF	4.00	6.00	56.00	36.40	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	142.00	142.20	SN4-FD00144-36	0.2	HC	1.00	2.00	13.00	30.30	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	146.00	146.20	SN4-FD00144-37	0.2	HC	1.00	1.00	12.00	28.70	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	150.00	150.20	SN4-FD00144-38	0.2	HC	1.00	3.00	58.00	36.20	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	154.00	154.20	SN4-FD00144-39	0.2	HC	1.00	7.00	581.00	31.80	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	158.00	158.20	SN4-FD00144-40	0.2	HC	1.00	2.00	10.00	31.80	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	162.00	162.20	SN4-FD00144-41	0.2	HC	1.00	3.00	62.00	32.50	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	165.00	165.20	SN4-FD00144-42	0.2	HC	1.00	2.00	54.00	34.10	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	166.00	166.20	SN4-FD00144-43	0.2	HC	1.00	5.00	22.00	34.90	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	170.00	170.20	SN4-FD00144-44	0.2	HF	1.00	1.00	11.00	34.10	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	174.00	174.20	SN4-FD00144-45	0.2	HF	1.00	1.00	17.00	36.60	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	184.00	184.20	SN4-FD00144-46	0.2	HF	2.00	4.00	24.00	37.50	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	185.00	185.20	SN4-FD00144-47	0.2	HF	1.00	5.00	35.00	33.80	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	188.00	188.20	SN4-FD00144-48	0.2	HF	1.00	1.00	15.00	38.50	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	190.00	190.20	SN4-FD00144-49	0.2	HF	1.00	2.00	90.00	34.30	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	192.00	192.20	SN4-FD00144-50	0.2	HF	3.00	6.00	28.00	32.70	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	194.15	194.35	SN4-FD00144-51	0.2	HF	4.00	18.00	77.00	26.60	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	196.00	196.20	SN4-FD00144-52	0.2	HF	10.00	31.00	117.00	28.00	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	199.70	199.90	SN4-FD00144-53	0.2	HC	1.00	1.00	29.00	28.60	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	204.00	204.20	SN4-FD00144-54	0.2	HC	1.00	8.00	144.00	31.70	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	208.00	208.20	SN4-FD00144-55	0.2	HC	1.00	5.00	16.00	36.00	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	212.00	212.20	SN4-FD00144-56	0.2	HC	1.00	2.00	16.00	36.50	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	216.00	216.20	SN4-FD00144-57	0.2	HC	1.00	1.00	38.00	36.00	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	220.00	220.20	SN4-FD00144-58	0.2	HC	1.00	1.00	30.00	34.30	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	224.00	224.20	SN4-FD00144-59	0.2	HC	5.00	4.00	96.00	35.90	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	228.00	228.20	SN4-FD00144-60	0.2	HC	1.00	1.00	117.00	34.70	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	231.90	232.10	SN4-FD00144-61	0.2	HC	1.00	1.00	148.00	32.50	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	236.00	236.20	SN4-FD00144-62	0.2	HC	5.00	1.00	86.00	30.00	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	240.20	240.40	SN4-FD00144-63	0.2	FMN	172.00	1.00	1610.00	28.10	10.00	1.00	0.49	30.00
SN4-FD00144	243.20	243.40	SN4-FD00144-64	0.2	BS	88.00	70.00	230.00	19.95	10.00	1.00	0.06	10.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	ppm	pct	ppm	ppm	pct	ppm
LOWER LIMIT						1.00	1.00	1.00	0.01	10.00	1.00	0.01	10.00
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	10000.00	50.00	10000.00	10000.00	10.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	Hg	K	La
SN4-FD00144	244.00	244.20	SN4-FD00144-65	0.2	BS	17.00	65.00	50.00	14.25	10.00	1.00	0.01	10.00
SN4-FD00144	248.00	248.20	SN4-FD00144-66	0.2	BS	37.00	48.00	201.00	9.96	10.00	1.00	0.04	60.00
SN4-FD00144	252.00	252.20	SN4-FD00144-67	0.2	BS	48.00	79.00	74.00	10.80	20.00	1.00	0.05	20.00
SN4-FD00144	256.00	256.20	SN4-FD00144-68	0.2	BS	35.00	64.00	5.00	12.15	10.00	1.00	0.04	10.00
SN4-FD00144	260.00	260.20	SN4-FD00144-69	0.2	BS	37.00	55.00	95.00	6.93	10.00	1.00	0.06	10.00
SN4-FD00144	264.00	264.20	SN4-FD00144-70	0.2	BS	39.00	61.00	109.00	9.11	20.00	1.00	0.06	20.00
SN4-FD00144	268.00	268.20	SN4-FD00144-71	0.2	BS	26.00	55.00	18.00	6.09	10.00	1.00	0.09	10.00
SN4-FD00144	272.00	272.20	SN4-FD00144-72	0.2	BS	36.00	52.00	57.00	6.45	10.00	1.00	0.11	10.00
SN4-FD00144	276.00	276.20	SN4-FD00144-73	0.2	BS	44.00	61.00	177.00	7.28	10.00	1.00	0.11	10.00
SN4-FD00144	279.70	279.80	SN4-FD00144-74	0.1	BS	43.00	50.00	52.00	7.13	10.00	1.00	0.09	10.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						pct	ppm	ppm	pct	ppm	ppm	ppm	pct
LOWER LIMIT						0.01	5.00	1.00	0.01	1.00	10.00	2.00	0.01
UPPER LIMIT						25.00	50000.00	10000.00	10.00	10000.00	10000.00	10000.00	10.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	S
SN4-FD00144	0.00	0.20	SN4-FD00144-01	0.2	AT	0.08	535.00	2.00	0.01	1.00	90.00	15.00	0.01
SN4-FD00144	4.00	4.20	SN4-FD00144-02	0.2	HF	0.03	536.00	2.00	0.01	3.00	100.00	15.00	0.01
SN4-FD00144	8.00	8.20	SN4-FD00144-03	0.2	HF	0.05	397.00	2.00	0.01	4.00	50.00	14.00	0.01
SN4-FD00144	13.00	13.20	SN4-FD00144-04	0.2	HF	0.01	170.00	2.00	0.01	1.00	40.00	8.00	0.01
SN4-FD00144	18.00	18.20	SN4-FD00144-05	0.2	HF	0.01	157.00	2.00	0.01	1.00	40.00	7.00	0.01
SN4-FD00144	22.00	22.20	SN4-FD00144-06	0.2	HF	0.01	96.00	1.00	0.01	1.00	20.00	6.00	0.01
SN4-FD00144	26.00	26.20	SN4-FD00144-07	0.2	HF	0.01	170.00	2.00	0.01	1.00	50.00	6.00	0.01
SN4-FD00144	30.00	30.20	SN4-FD00144-08	0.2	HF	0.01	266.00	1.00	0.01	1.00	90.00	8.00	0.01
SN4-FD00144	34.00	34.20	SN4-FD00144-09	0.2	HF	0.01	95.00	2.00	0.01	1.00	20.00	7.00	0.01
SN4-FD00144	38.00	38.20	SN4-FD00144-10	0.2	HF	0.01	217.00	2.00	0.01	1.00	60.00	11.00	0.01
SN4-FD00144	42.00	42.20	SN4-FD00144-11	0.2	HF	0.01	150.00	2.00	0.01	1.00	30.00	7.00	0.01
SN4-FD00144	46.00	46.20	SN4-FD00144-12	0.2	HF	0.01	98.00	2.00	0.01	1.00	20.00	7.00	0.01
SN4-FD00144	50.00	50.20	SN4-FD00144-13	0.2	HF	0.01	93.00	2.00	0.01	1.00	20.00	6.00	0.01
SN4-FD00144	54.00	54.20	SN4-FD00144-14	0.2	HF	0.01	156.00	1.00	0.01	1.00	30.00	6.00	0.01
SN4-FD00144	58.00	58.20	SN4-FD00144-15	0.2	HF	0.01	148.00	2.00	0.01	1.00	30.00	7.00	0.01
SN4-FD00144	62.00	62.20	SN4-FD00144-16	0.2	HF	0.01	146.00	2.00	0.01	1.00	20.00	6.00	0.01
SN4-FD00144	66.00	66.20	SN4-FD00144-17	0.2	HF	0.01	138.00	1.00	0.01	1.00	20.00	9.00	0.01
SN4-FD00144	70.55	70.75	SN4-FD00144-18	0.2	HF	0.01	125.00	2.00	0.01	1.00	20.00	7.00	0.01
SN4-FD00144	74.10	74.45	SN4-FD00144-19	0.35	HF	0.01	145.00	2.00	0.01	1.00	20.00	8.00	0.01
SN4-FD00144	78.00	78.20	SN4-FD00144-20	0.2	HF	0.01	156.00	2.00	0.01	1.00	20.00	6.00	0.01
SN4-FD00144	82.00	82.20	SN4-FD00144-21	0.2	HF	0.02	504.00	2.00	0.01	1.00	40.00	15.00	0.01
SN4-FD00144	86.00	86.20	SN4-FD00144-22	0.2	HF	0.01	164.00	2.00	0.01	1.00	30.00	7.00	0.01
SN4-FD00144	90.00	90.20	SN4-FD00144-23	0.2	HF	0.02	125.00	2.00	0.01	1.00	20.00	8.00	0.01
SN4-FD00144	94.00	94.20	SN4-FD00144-24	0.2	HF	0.05	88.00	2.00	0.01	1.00	10.00	6.00	0.01
SN4-FD00144	98.00	98.20	SN4-FD00144-25	0.2	HF	0.01	129.00	2.00	0.01	1.00	30.00	7.00	0.01
SN4-FD00144	102.00	102.20	SN4-FD00144-26	0.2	HF	0.01	194.00	1.00	0.01	1.00	10.00	9.00	0.01
SN4-FD00144	106.00	106.20	SN4-FD00144-27	0.2	HF	0.01	137.00	2.00	0.01	1.00	10.00	6.00	0.01
SN4-FD00144	110.00	110.20	SN4-FD00144-28	0.2	HF	0.01	123.00	2.00	0.01	1.00	10.00	7.00	0.01
SN4-FD00144	114.00	114.20	SN4-FD00144-29	0.2	HF	0.01	122.00	1.00	0.01	1.00	20.00	5.00	0.01
SN4-FD00144	118.00	118.20	SN4-FD00144-30	0.2	HF	0.01	260.00	1.00	0.01	1.00	50.00	7.00	0.01
SN4-FD00144	122.00	122.20	SN4-FD00144-31	0.2	HF	0.01	152.00	2.00	0.01	1.00	30.00	7.00	0.01
SN4-FD00144	126.20	126.40	SN4-FD00144-32	0.2	HF	0.01	210.00	1.00	0.01	1.00	20.00	10.00	0.01

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						pct	ppm	ppm	pct	ppm	ppm	ppm	pct
LOWER LIMIT						0.01	5.00	1.00	0.01	1.00	10.00	2.00	0.01
UPPER LIMIT						25.00	50000.00	10000.00	10.00	10000.00	10000.00	10000.00	10.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	S
SN4-FD00144	130.30	130.50	SN4-FD00144-33	0.2	HF	0.01	432.00	1.00	0.03	1.00	20.00	7.00	0.01
SN4-FD00144	134.00	134.20	SN4-FD00144-34	0.2	HF	0.01	162.00	1.00	0.01	1.00	20.00	7.00	0.01
SN4-FD00144	138.00	138.20	SN4-FD00144-35	0.2	HF	0.06	2870.00	1.00	0.02	4.00	50.00	12.00	0.01
SN4-FD00144	142.00	142.20	SN4-FD00144-36	0.2	HC	0.01	124.00	1.00	0.01	1.00	30.00	4.00	0.01
SN4-FD00144	146.00	146.20	SN4-FD00144-37	0.2	HC	0.01	134.00	1.00	0.01	1.00	10.00	6.00	0.01
SN4-FD00144	150.00	150.20	SN4-FD00144-38	0.2	HC	0.03	480.00	1.00	0.02	1.00	60.00	13.00	0.01
SN4-FD00144	154.00	154.20	SN4-FD00144-39	0.2	HC	0.01	244.00	1.00	0.02	2.00	20.00	8.00	0.01
SN4-FD00144	158.00	158.20	SN4-FD00144-40	0.2	HC	0.01	133.00	1.00	0.01	1.00	10.00	14.00	0.01
SN4-FD00144	162.00	162.20	SN4-FD00144-41	0.2	HC	0.01	316.00	1.00	0.01	1.00	20.00	9.00	0.01
SN4-FD00144	165.00	165.20	SN4-FD00144-42	0.2	HC	0.02	474.00	1.00	0.01	1.00	40.00	4.00	0.01
SN4-FD00144	166.00	166.20	SN4-FD00144-43	0.2	HC	0.01	541.00	1.00	0.01	1.00	20.00	10.00	0.01
SN4-FD00144	170.00	170.20	SN4-FD00144-44	0.2	HF	0.01	287.00	1.00	0.01	1.00	10.00	6.00	0.01
SN4-FD00144	174.00	174.20	SN4-FD00144-45	0.2	HF	0.01	333.00	1.00	0.01	1.00	20.00	6.00	0.01
SN4-FD00144	184.00	184.20	SN4-FD00144-46	0.2	HF	0.01	451.00	1.00	0.01	1.00	30.00	8.00	0.01
SN4-FD00144	185.00	185.20	SN4-FD00144-47	0.2	HF	0.01	765.00	1.00	0.02	1.00	60.00	8.00	0.01
SN4-FD00144	188.00	188.20	SN4-FD00144-48	0.2	HF	0.01	400.00	1.00	0.01	1.00	20.00	10.00	0.01
SN4-FD00144	190.00	190.20	SN4-FD00144-49	0.2	HF	0.01	602.00	1.00	0.01	1.00	110.00	7.00	0.01
SN4-FD00144	192.00	192.20	SN4-FD00144-50	0.2	HF	0.01	1735.00	1.00	0.01	1.00	40.00	19.00	0.01
SN4-FD00144	194.15	194.35	SN4-FD00144-51	0.2	HF	0.02	1735.00	1.00	0.01	3.00	190.00	9.00	0.01
SN4-FD00144	196.00	196.20	SN4-FD00144-52	0.2	HF	0.04	1585.00	4.00	0.03	11.00	160.00	9.00	0.01
SN4-FD00144	199.70	199.90	SN4-FD00144-53	0.2	HC	0.01	262.00	1.00	0.01	1.00	30.00	7.00	0.01
SN4-FD00144	204.00	204.20	SN4-FD00144-54	0.2	HC	0.02	717.00	1.00	0.02	1.00	80.00	15.00	0.01
SN4-FD00144	208.00	208.20	SN4-FD00144-55	0.2	HC	0.01	490.00	1.00	0.01	1.00	40.00	11.00	0.01
SN4-FD00144	212.00	212.20	SN4-FD00144-56	0.2	HC	0.01	384.00	1.00	0.01	1.00	20.00	10.00	0.01
SN4-FD00144	216.00	216.20	SN4-FD00144-57	0.2	HC	0.01	414.00	1.00	0.01	1.00	50.00	11.00	0.01
SN4-FD00144	220.00	220.20	SN4-FD00144-58	0.2	HC	0.01	218.00	1.00	0.01	1.00	20.00	12.00	0.01
SN4-FD00144	224.00	224.20	SN4-FD00144-59	0.2	HC	0.05	2520.00	1.00	0.02	1.00	100.00	17.00	0.01
SN4-FD00144	228.00	228.20	SN4-FD00144-60	0.2	HC	0.01	470.00	1.00	0.02	1.00	100.00	7.00	0.01
SN4-FD00144	231.90	232.10	SN4-FD00144-61	0.2	HC	0.01	719.00	1.00	0.01	1.00	50.00	6.00	0.01
SN4-FD00144	236.00	236.20	SN4-FD00144-62	0.2	HC	0.01	6960.00	1.00	0.01	1.00	30.00	4.00	0.01
SN4-FD00144	240.20	240.40	SN4-FD00144-63	0.2	FMN	0.09	50000.00	1.00	0.02	53.00	320.00	28.00	0.03
SN4-FD00144	243.20	243.40	SN4-FD00144-64	0.2	BS	0.02	19100.00	1.00	0.02	27.00	390.00	10.00	0.01

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						pct	ppm	ppm	pct	ppm	ppm	ppm	pct
LOWER LIMIT						0.01	5.00	1.00	0.01	1.00	10.00	2.00	0.01
UPPER LIMIT						25.00	50000.00	10000.00	10.00	10000.00	10000.00	10000.00	10.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	S
SN4-FD00144	244.00	244.20	SN4-FD00144-65	0.2	BS	0.01	2810.00	1.00	0.02	16.00	100.00	4.00	0.01
SN4-FD00144	248.00	248.20	SN4-FD00144-66	0.2	BS	2.31	3040.00	1.00	0.01	266.00	220.00	14.00	0.01
SN4-FD00144	252.00	252.20	SN4-FD00144-67	0.2	BS	5.03	2900.00	1.00	0.02	73.00	450.00	10.00	0.01
SN4-FD00144	256.00	256.20	SN4-FD00144-68	0.2	BS	6.38	2340.00	1.00	0.01	65.00	390.00	6.00	0.01
SN4-FD00144	260.00	260.20	SN4-FD00144-69	0.2	BS	2.23	2110.00	2.00	0.06	60.00	370.00	75.00	0.02
SN4-FD00144	264.00	264.20	SN4-FD00144-70	0.2	BS	3.19	4000.00	1.00	0.01	67.00	270.00	86.00	0.13
SN4-FD00144	268.00	268.20	SN4-FD00144-71	0.2	BS	1.90	3440.00	1.00	0.01	59.00	320.00	130.00	0.02
SN4-FD00144	272.00	272.20	SN4-FD00144-72	0.2	BS	2.09	3200.00	1.00	0.10	61.00	330.00	49.00	0.03
SN4-FD00144	276.00	276.20	SN4-FD00144-73	0.2	BS	2.33	2930.00	1.00	0.13	62.00	380.00	43.00	0.05
SN4-FD00144	279.70	279.80	SN4-FD00144-74	0.1	BS	2.15	3210.00	1.00	0.09	61.00	350.00	142.00	0.03

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	pct	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	1.00
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	10000.00	10000.00	10.00	10000.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Sb	Sc	Sr	Th	Ti	Tl	U	V
SN4-FD00144	0.00	0.20	SN4-FD00144-01	0.2	AT	2.00	2.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	12.00
SN4-FD00144	4.00	4.20	SN4-FD00144-02	0.2	HF	2.00	2.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	24.00
SN4-FD00144	8.00	8.20	SN4-FD00144-03	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	11.00
SN4-FD00144	13.00	13.20	SN4-FD00144-04	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	6.00
SN4-FD00144	18.00	18.20	SN4-FD00144-05	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	46.00
SN4-FD00144	22.00	22.20	SN4-FD00144-06	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	5.00
SN4-FD00144	26.00	26.20	SN4-FD00144-07	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	6.00
SN4-FD00144	30.00	30.20	SN4-FD00144-08	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	24.00
SN4-FD00144	34.00	34.20	SN4-FD00144-09	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	8.00
SN4-FD00144	38.00	38.20	SN4-FD00144-10	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	8.00
SN4-FD00144	42.00	42.20	SN4-FD00144-11	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	6.00
SN4-FD00144	46.00	46.20	SN4-FD00144-12	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	9.00
SN4-FD00144	50.00	50.20	SN4-FD00144-13	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	4.00
SN4-FD00144	54.00	54.20	SN4-FD00144-14	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	9.00
SN4-FD00144	58.00	58.20	SN4-FD00144-15	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	4.00
SN4-FD00144	62.00	62.20	SN4-FD00144-16	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	4.00
SN4-FD00144	66.00	66.20	SN4-FD00144-17	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	2.00
SN4-FD00144	70.55	70.75	SN4-FD00144-18	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	3.00
SN4-FD00144	74.10	74.45	SN4-FD00144-19	0.35	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	4.00
SN4-FD00144	78.00	78.20	SN4-FD00144-20	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	2.00
SN4-FD00144	82.00	82.20	SN4-FD00144-21	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	9.00
SN4-FD00144	86.00	86.20	SN4-FD00144-22	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	6.00
SN4-FD00144	90.00	90.20	SN4-FD00144-23	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	5.00
SN4-FD00144	94.00	94.20	SN4-FD00144-24	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	6.00
SN4-FD00144	98.00	98.20	SN4-FD00144-25	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	14.00
SN4-FD00144	102.00	102.20	SN4-FD00144-26	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	4.00
SN4-FD00144	106.00	106.20	SN4-FD00144-27	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	5.00
SN4-FD00144	110.00	110.20	SN4-FD00144-28	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	3.00
SN4-FD00144	114.00	114.20	SN4-FD00144-29	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	2.00
SN4-FD00144	118.00	118.20	SN4-FD00144-30	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	2.00
SN4-FD00144	122.00	122.20	SN4-FD00144-31	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	3.00
SN4-FD00144	126.20	126.40	SN4-FD00144-32	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	7.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	pct	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	1.00
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	10000.00	10000.00	10.00	10000.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Sb	Sc	Sr	Th	Ti	Tl	U	V
SN4-FD00144	130.30	130.50	SN4-FD00144-33	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	13.00
SN4-FD00144	134.00	134.20	SN4-FD00144-34	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	5.00
SN4-FD00144	138.00	138.20	SN4-FD00144-35	0.2	HF	2.00	2.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	15.00
SN4-FD00144	142.00	142.20	SN4-FD00144-36	0.2	HC	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	6.00
SN4-FD00144	146.00	146.20	SN4-FD00144-37	0.2	HC	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	5.00
SN4-FD00144	150.00	150.20	SN4-FD00144-38	0.2	HC	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	14.00
SN4-FD00144	154.00	154.20	SN4-FD00144-39	0.2	HC	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	4.00
SN4-FD00144	158.00	158.20	SN4-FD00144-40	0.2	HC	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	4.00
SN4-FD00144	162.00	162.20	SN4-FD00144-41	0.2	HC	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	11.00
SN4-FD00144	165.00	165.20	SN4-FD00144-42	0.2	HC	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	24.00
SN4-FD00144	166.00	166.20	SN4-FD00144-43	0.2	HC	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	12.00
SN4-FD00144	170.00	170.20	SN4-FD00144-44	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	6.00
SN4-FD00144	174.00	174.20	SN4-FD00144-45	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	3.00
SN4-FD00144	184.00	184.20	SN4-FD00144-46	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	41.00
SN4-FD00144	185.00	185.20	SN4-FD00144-47	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	93.00
SN4-FD00144	188.00	188.20	SN4-FD00144-48	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	101.00
SN4-FD00144	190.00	190.20	SN4-FD00144-49	0.2	HF	2.00	2.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	77.00
SN4-FD00144	192.00	192.20	SN4-FD00144-50	0.2	HF	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	27.00
SN4-FD00144	194.15	194.35	SN4-FD00144-51	0.2	HF	2.00	3.00	1.00	20.00	0.03	10.00	10.00	48.00
SN4-FD00144	196.00	196.20	SN4-FD00144-52	0.2	HF	2.00	2.00	1.00	20.00	0.02	10.00	10.00	66.00
SN4-FD00144	199.70	199.90	SN4-FD00144-53	0.2	HC	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	130.00
SN4-FD00144	204.00	204.20	SN4-FD00144-54	0.2	HC	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	17.00
SN4-FD00144	208.00	208.20	SN4-FD00144-55	0.2	HC	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	36.00
SN4-FD00144	212.00	212.20	SN4-FD00144-56	0.2	HC	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	201.00
SN4-FD00144	216.00	216.20	SN4-FD00144-57	0.2	HC	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	104.00
SN4-FD00144	220.00	220.20	SN4-FD00144-58	0.2	HC	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	14.00
SN4-FD00144	224.00	224.20	SN4-FD00144-59	0.2	HC	2.00	2.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	35.00
SN4-FD00144	228.00	228.20	SN4-FD00144-60	0.2	HC	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	24.00
SN4-FD00144	231.90	232.10	SN4-FD00144-61	0.2	HC	2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	34.00
SN4-FD00144	236.00	236.20	SN4-FD00144-62	0.2	HC	2.00	1.00	4.00	20.00	0.01	10.00	10.00	19.00
SN4-FD00144	240.20	240.40	SN4-FD00144-63	0.2	FMN	2.00	1.00	903.00	20.00	0.01	20.00	10.00	16.00
SN4-FD00144	243.20	243.40	SN4-FD00144-64	0.2	BS	2.00	19.00	37.00	20.00	0.05	10.00	10.00	249.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm	ppm	ppm	pct	ppm	ppm	ppm
LOWER LIMIT						2.00	1.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	1.00
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00	10000.00	10000.00	10.00	10000.00	10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	Sb	Sc	Sr	Th	Ti	Tl	U	V
SN4-FD00144	244.00	244.20	SN4-FD00144-65	0.2	BS	2.00	14.00	5.00	20.00	0.04	10.00	10.00	220.00
SN4-FD00144	248.00	248.20	SN4-FD00144-66	0.2	BS	2.00	19.00	1.00	20.00	0.01	10.00	10.00	157.00
SN4-FD00144	252.00	252.20	SN4-FD00144-67	0.2	BS	2.00	27.00	2.00	20.00	0.03	10.00	10.00	217.00
SN4-FD00144	256.00	256.20	SN4-FD00144-68	0.2	BS	2.00	25.00	1.00	20.00	0.02	10.00	10.00	204.00
SN4-FD00144	260.00	260.20	SN4-FD00144-69	0.2	BS	2.00	28.00	29.00	20.00	0.39	10.00	10.00	194.00
SN4-FD00144	264.00	264.20	SN4-FD00144-70	0.2	BS	2.00	22.00	19.00	20.00	0.21	10.00	10.00	168.00
SN4-FD00144	268.00	268.20	SN4-FD00144-71	0.2	BS	2.00	19.00	20.00	20.00	0.19	10.00	10.00	173.00
SN4-FD00144	272.00	272.20	SN4-FD00144-72	0.2	BS	2.00	19.00	45.00	20.00	0.34	10.00	10.00	165.00
SN4-FD00144	276.00	276.20	SN4-FD00144-73	0.2	BS	2.00	24.00	38.00	20.00	0.39	10.00	10.00	193.00
SN4-FD00144	279.70	279.80	SN4-FD00144-74	0.1	BS	2.00	15.00	23.00	20.00	0.31	10.00	10.00	163.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm
LOWER LIMIT						10.00	2.00
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	W	Zn
SN4-FD00144	0.00	0.20	SN4-FD00144-01	0.2	AT	10.00	22.00
SN4-FD00144	4.00	4.20	SN4-FD00144-02	0.2	HF	90.00	49.00
SN4-FD00144	8.00	8.20	SN4-FD00144-03	0.2	HF	160.00	67.00
SN4-FD00144	13.00	13.20	SN4-FD00144-04	0.2	HF	10.00	9.00
SN4-FD00144	18.00	18.20	SN4-FD00144-05	0.2	HF	10.00	11.00
SN4-FD00144	22.00	22.20	SN4-FD00144-06	0.2	HF	10.00	4.00
SN4-FD00144	26.00	26.20	SN4-FD00144-07	0.2	HF	10.00	8.00
SN4-FD00144	30.00	30.20	SN4-FD00144-08	0.2	HF	10.00	20.00
SN4-FD00144	34.00	34.20	SN4-FD00144-09	0.2	HF	10.00	6.00
SN4-FD00144	38.00	38.20	SN4-FD00144-10	0.2	HF	10.00	12.00
SN4-FD00144	42.00	42.20	SN4-FD00144-11	0.2	HF	10.00	7.00
SN4-FD00144	46.00	46.20	SN4-FD00144-12	0.2	HF	10.00	7.00
SN4-FD00144	50.00	50.20	SN4-FD00144-13	0.2	HF	10.00	4.00
SN4-FD00144	54.00	54.20	SN4-FD00144-14	0.2	HF	10.00	7.00
SN4-FD00144	58.00	58.20	SN4-FD00144-15	0.2	HF	10.00	4.00
SN4-FD00144	62.00	62.20	SN4-FD00144-16	0.2	HF	10.00	4.00
SN4-FD00144	66.00	66.20	SN4-FD00144-17	0.2	HF	10.00	5.00
SN4-FD00144	70.55	70.75	SN4-FD00144-18	0.2	HF	10.00	2.00
SN4-FD00144	74.10	74.45	SN4-FD00144-19	0.35	HF	10.00	5.00
SN4-FD00144	78.00	78.20	SN4-FD00144-20	0.2	HF	10.00	6.00
SN4-FD00144	82.00	82.20	SN4-FD00144-21	0.2	HF	20.00	21.00
SN4-FD00144	86.00	86.20	SN4-FD00144-22	0.2	HF	10.00	9.00
SN4-FD00144	90.00	90.20	SN4-FD00144-23	0.2	HF	10.00	6.00
SN4-FD00144	94.00	94.20	SN4-FD00144-24	0.2	HF	10.00	4.00
SN4-FD00144	98.00	98.20	SN4-FD00144-25	0.2	HF	10.00	8.00
SN4-FD00144	102.00	102.20	SN4-FD00144-26	0.2	HF	10.00	4.00
SN4-FD00144	106.00	106.20	SN4-FD00144-27	0.2	HF	10.00	4.00
SN4-FD00144	110.00	110.20	SN4-FD00144-28	0.2	HF	10.00	4.00
SN4-FD00144	114.00	114.20	SN4-FD00144-29	0.2	HF	10.00	2.00
SN4-FD00144	118.00	118.20	SN4-FD00144-30	0.2	HF	10.00	2.00
SN4-FD00144	122.00	122.20	SN4-FD00144-31	0.2	HF	10.00	3.00
SN4-FD00144	126.20	126.40	SN4-FD00144-32	0.2	HF	10.00	4.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm
LOWER LIMIT						10.00	2.00
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	W	Zn
SN4-FD00144	130.30	130.50	SN4-FD00144-33	0.2	HF	20.00	20.00
SN4-FD00144	134.00	134.20	SN4-FD00144-34	0.2	HF	10.00	7.00
SN4-FD00144	138.00	138.20	SN4-FD00144-35	0.2	HF	10.00	37.00
SN4-FD00144	142.00	142.20	SN4-FD00144-36	0.2	HC	10.00	2.00
SN4-FD00144	146.00	146.20	SN4-FD00144-37	0.2	HC	10.00	3.00
SN4-FD00144	150.00	150.20	SN4-FD00144-38	0.2	HC	10.00	18.00
SN4-FD00144	154.00	154.20	SN4-FD00144-39	0.2	HC	510.00	7.00
SN4-FD00144	158.00	158.20	SN4-FD00144-40	0.2	HC	10.00	3.00
SN4-FD00144	162.00	162.20	SN4-FD00144-41	0.2	HC	70.00	18.00
SN4-FD00144	165.00	165.20	SN4-FD00144-42	0.2	HC	20.00	29.00
SN4-FD00144	166.00	166.20	SN4-FD00144-43	0.2	HC	10.00	12.00
SN4-FD00144	170.00	170.20	SN4-FD00144-44	0.2	HF	10.00	11.00
SN4-FD00144	174.00	174.20	SN4-FD00144-45	0.2	HF	10.00	21.00
SN4-FD00144	184.00	184.20	SN4-FD00144-46	0.2	HF	10.00	10.00
SN4-FD00144	185.00	185.20	SN4-FD00144-47	0.2	HF	10.00	13.00
SN4-FD00144	188.00	188.20	SN4-FD00144-48	0.2	HF	10.00	4.00
SN4-FD00144	190.00	190.20	SN4-FD00144-49	0.2	HF	10.00	31.00
SN4-FD00144	192.00	192.20	SN4-FD00144-50	0.2	HF	10.00	31.00
SN4-FD00144	194.15	194.35	SN4-FD00144-51	0.2	HF	10.00	53.00
SN4-FD00144	196.00	196.20	SN4-FD00144-52	0.2	HF	40.00	58.00
SN4-FD00144	199.70	199.90	SN4-FD00144-53	0.2	HC	10.00	19.00
SN4-FD00144	204.00	204.20	SN4-FD00144-54	0.2	HC	10.00	15.00
SN4-FD00144	208.00	208.20	SN4-FD00144-55	0.2	HC	10.00	12.00
SN4-FD00144	212.00	212.20	SN4-FD00144-56	0.2	HC	10.00	7.00
SN4-FD00144	216.00	216.20	SN4-FD00144-57	0.2	HC	10.00	9.00
SN4-FD00144	220.00	220.20	SN4-FD00144-58	0.2	HC	10.00	8.00
SN4-FD00144	224.00	224.20	SN4-FD00144-59	0.2	HC	10.00	39.00
SN4-FD00144	228.00	228.20	SN4-FD00144-60	0.2	HC	10.00	25.00
SN4-FD00144	231.90	232.10	SN4-FD00144-61	0.2	HC	10.00	15.00
SN4-FD00144	236.00	236.20	SN4-FD00144-62	0.2	HC	10.00	15.00
SN4-FD00144	240.20	240.40	SN4-FD00144-63	0.2	FMN	10.00	576.00
SN4-FD00144	243.20	243.40	SN4-FD00144-64	0.2	BS	10.00	266.00

METHOD CODE						ME-ICP41	ME-ICP41
UNIT						ppm	ppm
LOWER LIMIT						10.00	2.00
UPPER LIMIT						10000.00	10000.00
Furo de Sonda	De (m)	Até (m)	Amostra	Comprimento (m)	Litologia	W	Zn
SN4-FD00144	244.00	244.20	SN4-FD00144-65	0.2	BS	10.00	58.00
SN4-FD00144	248.00	248.20	SN4-FD00144-66	0.2	BS	10.00	2150.00
SN4-FD00144	252.00	252.20	SN4-FD00144-67	0.2	BS	10.00	412.00
SN4-FD00144	256.00	256.20	SN4-FD00144-68	0.2	BS	10.00	268.00
SN4-FD00144	260.00	260.20	SN4-FD00144-69	0.2	BS	10.00	258.00
SN4-FD00144	264.00	264.20	SN4-FD00144-70	0.2	BS	10.00	378.00
SN4-FD00144	268.00	268.20	SN4-FD00144-71	0.2	BS	10.00	713.00
SN4-FD00144	272.00	272.20	SN4-FD00144-72	0.2	BS	10.00	452.00
SN4-FD00144	276.00	276.20	SN4-FD00144-73	0.2	BS	10.00	800.00
SN4-FD00144	279.70	279.80	SN4-FD00144-74	0.1	BS	10.00	496.00