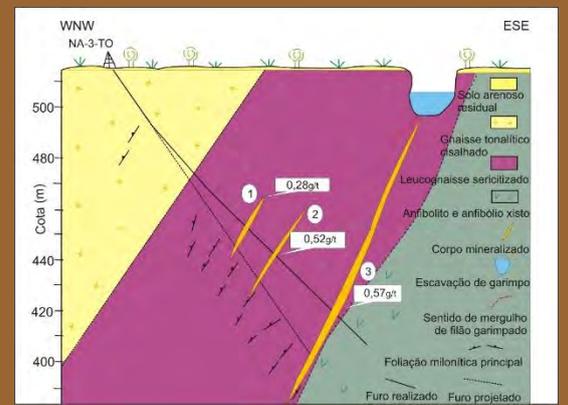
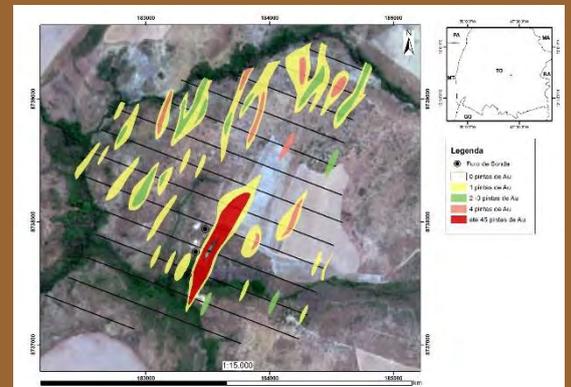
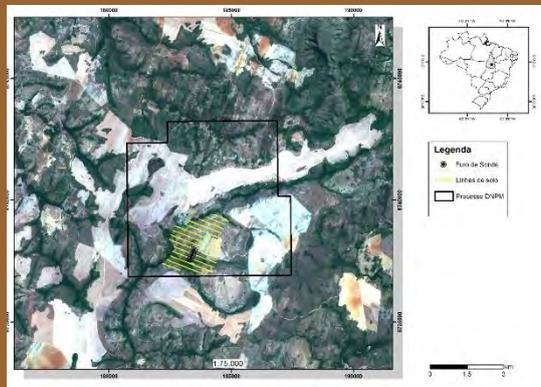


PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

REAVALIAÇÃO DO PATRIMÔNIO MINERAL – OURO DE NATIVIDADE

ESTADO DA TOCANTINS



INFORME DE RECURSOS MINERAIS

Série Oportunidades Minerais

Exame Atualizado de Projeto, nº 36

Brasília – 2022

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

VERSÃO PRELIMINAR

ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL
Porto Alegre - 2019
BATÓLITO PELOTAS - TERRENO TIJUCAS

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Costa Lima Leite de Albuquerque Júnior

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Alexandre Vidigal de Oliveira

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Marcio José Remédio

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Recursos Minerais

Marcelo Esteves Almeida

Chefe da Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória

Ruben Sardou Filho

Chefe do Departamento de Geologia

Lúcia Travassos da Rosa Costa

Chefe do Departamento de Informações Institucionais

Edgar Shinzato

Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação

Patrícia Durringer Jacques

Chefe do Departamento de Apoio Técnico

Maria José Cabral Cezar

Chefe da Divisão de Editoração Geral

Lucas Victor de Alcântara Estevão

Chefe da Divisão de Documentação Técnica

Roberta Pereira da Silva de Paula

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE GOIÂNIA

Superintendente

Sheila Soraya Alves Knust

Gerência de Geologia e Recursos Minerais

Marcelo Ferreira da Silva

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

PROGRAMA GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil

PROJETO DE REAVALIAÇÃO DO PATRIMÔNIO MINERAL - ÁREA OURO DE NATIVIDADE

ESTADO DO TOCANTINS

ORGANIZADORES

Ricardo Wosniak
Felipe da Mota Alves
Ricardo Gallart de Menezes
Angeval Alves de Brito
Luciana Felício Pereira
Ruben Sardou Filho
Said Abdallah

INFORME DE RECURSOS MINERAIS
Série Oportunidades Minerais - Exame Atualizado de Projeto, nº 35



Brasília

2022

REALIZAÇÃO

Divisão de Economia Mineral e Geologia
Exploratória – DIEMGE

ORGANIZAÇÃO

Ricardo Wosniak (Coordenador
Técnico/Chefe do Projeto)
Ruben Sardou Filho (Coordenação Geral)
Said Abdallah
Tiago Rocha Faria Duque
Felipe da Mota Alves
Daliane Bandeira Eberhardt
Angeval Alves de Brito
Luciana Felício Pereira
Ricardo Gallart de Menezes
Élcio Rodrigues

TEXTO EXPLICATIVO

Resumo

Ricardo Gallart de Menezes

1. Introdução

Ricardo Wosniak

2. Localização, Infraestrutura e

Logística

Ricardo Wosniak
Ricardo Gallart de Menezes

3. Aspectos Legais

Ruben Sardou Filho
Élcio Rodrigues

4. Aspectos Fisiográficos

Ricardo Wosniak

5. Histórico do Projeto

Ricardo Wosniak

6. Contexto Geotectônico

Said Abdallah

7. Geologia Local

Said Abdallah
Ricardo Gallart de Menezes
Ricardo Wosniak

8. Tipo de Depósito

Said Abdallah

9. Prospecção Geoquímica

Daliane Bandeira Eberhardt

10. Prospecção Geofísica

Felipe da Mota Alves

12. Recursos Geológicos

Ricardo Wosniak

13. Análise Econômica

Angeval Alves de Brito

14. Lavra e Beneficiamento

Angeval Alves de Brito

Ricardo Gallart de Menezes

15. Diagnóstico Socioambiental

Luciana Felício Pereira

16. Recomendações e Conclusões

Ricardo Wosniak

Felipe da Mota Alves

Daliane Bandeira Eberhardt

17. Referências

Ricardo Wosniak

Said Abdallah

Tiago Rocha Faria Duque

Felipe da Mota Alves

Daliane Bandeira Eberhardt

Luciana Felício Pereira

COLABORAÇÃO TÉCNICA

Karina Hattingeh

APOIO TÉCNICO

João Rocha de Assis

Jônathan Nereu Lisboa Rojas

ESTAGIÁRIOS

Alice dos Santos Cruz Dias

Vanessa Estrela dos Santos das Mercês

COLABORAÇÃO TÉCNICA, REVISÃO E COMPATIBILIZAÇÃO

Ricardo Gallart de Menezes

EDITORAÇÃO E DIAGRAMAÇÃO

Divisão de Editoração Geral - DIEDIG

Supervisão

Ricardo Luis Barreiros Motta

FOTOS DA CAPA

Acima, esquerda para a direita:

1. Limites da área de processo em imagem de satélite, destacando a área foco dos trabalhos de pesquisa;

2. Detalhe do alvo principal com faixas auríferas anômalas delimitadas com base na contagem de pintas;

Abaixo, esquerda para a direita:

3. Veio de quartzo aurífero sigmoide com disseminação de sulfetos em biotito associado a zona de cisalhamento dúctil - dextral;

4. Secção geológica SV- 03 (furo NA-03-TO) mostrando comportamento estrutural dos níveis mineralizados.

RESUMO

A área de pesquisa com as ocorrências auríferas titulada à CPRM é relativa ao processo DNPM 860.163/84 e está situada na porção cento-sul do estado do Tocantins, abrangendo partes dos municípios de Santa Rosa do Tocantins e Chapada da Natividade, que são antigos distritos emancipados do município de Natividade. Possui 3.977,05 hectares de área e apresenta relatório final de pesquisa aprovado em 1993. Geotectonicamente, o contexto com as mineralizações auríferas está inserido na Província Tocantins, especificamente na porção norte da faixa orogênica Brasília (Zona Interna), em um domínio estrutural marcado por eventos deformacionais transpressionais de caráter dextral iniciado sob condições dúteis, posteriormente afetado por reativações tectônicas com características mais rúpteis, resultando rampas transpressivas conjugadas a foliações miloníticas de direção N20°-30°E. As mineralizações descritas estão associadas basicamente a amplas zonas cisalhadas brasileiras impressas em rochas granitoides paleoproterozóicas de fácies tonalítica da Suíte Aurumina, sendo também interceptado por um furo de sondagem (NA-02-TO), a baixo do contexto granitoide, níveis mineralizados hospedados em anfibólio xistos e anfibolitos correlacionáveis a Formação Serrinha do Grupo Água Suja. Esta unidade constitui faixas concordantes com a estruturação regional e mantém contatos tectônicos com os granitoides da Suíte Aurumina através de zonas de cisalhamento. A mineralização é do tipo filoneana, relacionadas a cinco faixas subparalelas presentes na zona de cisalhamento principal, com diferentes amplitudes, teores e níveis de profundidades, que se comportam como corpos tabulares restritos a um conjunto cisalhado/hidrotermalizado. O ouro, caracteristicamente de granulação muito fina, está associado a veios e vênulas peneconcordantes, segundo planos de atitudes N25E/70NW com lineação de estiramento mineral mergulhando 20° para NNE. Estes planos são considerados como possíveis canais de percolação das soluções e de trapeamento para deposição dos fluidos mineralizados. As zonas de cisalhamento exibem forte alteração hidrotermal, caracterizada por aporte de Si e OH⁻ e por trocas entre Na e K, materializadas por silicificação (veios de quartzo) e hidratação (sericitização/muscovitização de feldspato potássico) generalizadas, assim como pela formação de níveis de biotitito. A albitização é localizada e associada a presença de opacos. De forma muito restrita é registrada cloritização e formação de níveis centimétricos de pirita hidrotermal. Estudos mais recentes coligados a dados geofísicos reconheceram novos controles lito-estruturais para a mineralização, com a interpretação de um novo modelo geológico evolutivo. De acordo com essas novas observações, estruturas rúpteis secundárias também são vislumbradas como potenciais para mineralização, como nas intersecções de falhas ou fraturas de direção norte-sul com as zonas milonitizadas nordeste, que são interpretadas como um possível componente cisalhante. Há de se destacar ainda a identificação de estruturas geofísicas magnéticas e feições geomorfogênicas de drenagens alinhadas na direção leste-oeste que apresentariam potencial elevado para mineralização de alto teor. Os estudos de modelagem, que tiveram como suporte para processamento cartas geológicas e de amostragem de solo em escala de semi-detilhe (1:5.000) com malha de 200m x 40 m, adensada em zonas anômalas para 50 m x 10 m; escavações de oito poços e três trincheiras, além de apenas três furos de sondagem a diamante (espaçados 200 m) com total de 420 m perfurados, indicaram os corpos mineralizados com um volume total de 268.347,97 m³, correspondendo a uma tonelagem de 724.539 kt com teor médio de Au de 1,02 g/t, resultando um montante de pouco mais 148 kg de ouro. Entretanto, é importante enfatizar que esses números, aparentemente tímidos, estão amparados em poucos dados exploratórios em uma porção restrita da área de processo, que, por outro lado, sinalizam uma perspectiva de um volume de minério muito superior, considerando a extensão das faixas de cisalhamento, principal metalotecto das mineralizações, que se estendem por quilômetros, além da área legal da CPRM, as quais ainda não devidamente dimensionadas. Há de se considerar ainda nesta ótica o potencial das rochas da Formação Serrinha para ocorrências de ouro, conforme registrado pelo furo de sondagem e por antigos garimpos em rochas alteradas da unidade, assim como os novos estudos, que vislumbram novos controles das mineralizações auríferas. Como que respaldar esse potencial, a região objeto de estudo é pontuada pela presença de antigas catas de garimpos abandonadas em rochas intemperizadas, explorados desde dos tempos coloniais, assim como de alguns *shafts* atuais ainda ativos e empreendimentos mineiros em desenvolvimento. Não existem núcleos urbanos ou assentamentos rurais cadastrados nas áreas, assim como reservas indígenas ou unidades de conservação ambiental nos limites da área de pesquisa da CPRM.

ABSTRACT

The research area with gold occurrences entitled CPRM is related to the DNPM 860.163/84 process and is located in the south-central portion of the state of Tocantins, covering parts of the municipalities of Santa Rosa do Tocantins and Chapada da Natividade, which are former districts emancipated from the municipality of Natividade. It has an area of 3,977.05 hectares and presents a final research report approved in 1993. Geotectonically, the context with gold mineralization is inserted in the Tocantins Province, specifically in the northern of the Brasília orogenic belt (Inner Zone), in a structural domain marked by dextral transpressional deformation events initiated under ductile conditions, later affected by tectonic reactivations with more brittle characteristics, resulting in transpressive ramps conjugated to N20°-30°E mylonitic foliations. The mineralizations described are basically associated with broad Brazilian shear zones imprinted on Paleoproterozoic granitoid rocks of tonalitic facies of the Aurumina Suite, being also intercepted by a drillhole (NA-02-TO), below the granitoid context, mineralized levels hosted in amphibole schists and amphibolites correlated with the Serrinha Formation of the Água Suja Group. This unit constitutes bands in agreement with the regional structure and maintains tectonic contacts with the granites of the Aurumina Suite through shear zones. The mineralization is of the phylonean type, related to five subparallel bands present in the main shear zone, with different amplitudes, contents and depth levels, which behave as tabular bodies restricted to the shear/hydrothermal set. Gold, characteristically very fine-grained, is associated with peneconcordant veins and venules, according to N25E/70NW attitude plans with mineral stretch lineation plunging 20° to NNE. These planes are considered as possible channels for percolation of solutions and for trapping for deposition of mineralized fluids. The shear zones exhibit strong hydrothermal alteration, characterized by the contribution of Si and OH- and by exchanges between Na and K, materialized by generalized silicification (quartz veins) and hydration (seritization/muscovitization of potassium feldspar), as well as by the formation of biotite levels. Albitization is localized and associated with the presence of opaques. In a very restricted way, chloritization and formation of centimeter levels of hydrothermal pyrite are recorded. More recent studies linked to geophysical data have recognized new lithostructural controls for mineralization, with the interpretation of a new evolutionary geological model. According to these new observations, secondary brittle structures are also envisioned as potential for mineralization, as in the intersections of faults or fractures in a north-south direction with the northeast mylonitised zones, which are interpreted as a possible shear component. It is also worth mentioning the identification of magnetic geophysical structures and geomorphogenic features of drainages aligned in the east-west direction that would present high potential for high grade mineralization. The modeling studies, which had as support for processing geological maps and soil sampling in semi-detail scale (1:5,000) with a mesh of 200m x 40 m, densified in anomalous zones to 50 m x 10 m; excavations of eight wells and three trenches, in addition to only three diamond drilling holes (spaced 200 m) with a total of 420 m drilled, indicated the mineralized bodies with a total volume of 268,347.97 m³, corresponding to a tonnage of 724,539 kt. with an average Au content of 1.02 g/t, resulting in an amount of just over 148 kg of gold. However, it is important to emphasize that these figures, apparently small, are supported by few exploratory data in a restricted portion of the process area, which, on the other hand, indicate a perspective of a much higher volume of ore, considering the extension of the ranges of shear, the main metalotect of the mineralizations, which extend for kilometers, beyond the legal area of the CPRM, which are not yet properly dimensioned. In this perspective, the potential of the rocks of the Serrinha Formation for gold occurrences must also be considered, as recorded by the drilling hole and by old mining in altered rocks of the unit, as well as the new studies, which envisage new controls for gold mineralization. As if to support this potential, the region under study is punctuated by the presence of old abandoned mining sites in weathered rocks, explored since colonial times, as well as some current shafts that are still active and mining projects under development. There are no urban centers or rural settlements registered in the areas, as well as indigenous reserves or environmental conservation units within the limits of the CPRM research area.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

2. LOCALIZAÇÃO, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA

3. ASPECTOS LEGAIS

4. HISTÓRICO DO PROJETO

4.1. SÍNTESE DOS TRABALHOS REALIZADOS

5. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

6. CONTEXTO GEOTECTÔNICO

7. GEOLOGIA LOCAL

8. TIPO DE DEPÓSITO

9. PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA

10. PROSPECÇÃO GEOFÍSICA

10.1. AEROMAGNETOMETRIA

10.2. AEROGAMAESPECTROMETRIA

10.3. INTEGRAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

11. PROCEDIMENTOS DE RESGATE DOS DADOS ANALÓGICOS

11.1. RESGATE DOS DADOS DE SONDAÇÃO, ESPACIALIZAÇÃO EM GIS E DIGITALIZAÇÃO DOS VETORES (ÁREA C)

11.2. RESGATE DOS RESULTADOS ANALÍTICOS DOS TESTEMUNHOS DE SONDAÇÃO

11.2.1. ALVO C

12. MODELAGEM GEOLÓGICA 3D

12.1. COMPOSITAGEM DAS AMOSTRAS

12.2. ESTIMATIVA DOS RECURSOS

13. ANÁLISE ECONÔMICA

14. LAVRA E BENEFICIAMENTO

14.1. LAVRA

14.1.1. LAVRA A CÉU ABERTO

14.1.2. LAVRA SUBTERRÂNEA

14.1.3. DEFINIÇÃO DO MELHOR MÉTODO DE LAVRA

14.1.4. EMPREENDIMENTOS MINERÁRIOS NO ENTORNO

14.2. BENEFICIAMENTO

15. DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL

15.1. INTRODUÇÃO

15.2. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PERTINENTE

15.2. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EXPEDITO – METODOLOGIA

15.3. ECOSSISTEMAS E BIODIVERSIDADE

15.4. ESPAÇOS TERRITORIAIS PROTEGIDOS

15.4.1. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPs)

15.4.2. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO (UCs)

15.4.3. RESERVA DA BIOSFERA

15.4.4. POTENCIAL PARA SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS E PALEONTOLÓGICOS

15.4.5. ÁREAS DE REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA (ASSENTAMENTOS)

15.4.6. ÁREAS INDÍGENAS E QUILOMBOLAS

15.5. INDICADORES SOCIOECONÔMICOS

15.6. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

15.7. IMPACTOS PROVÁVEIS

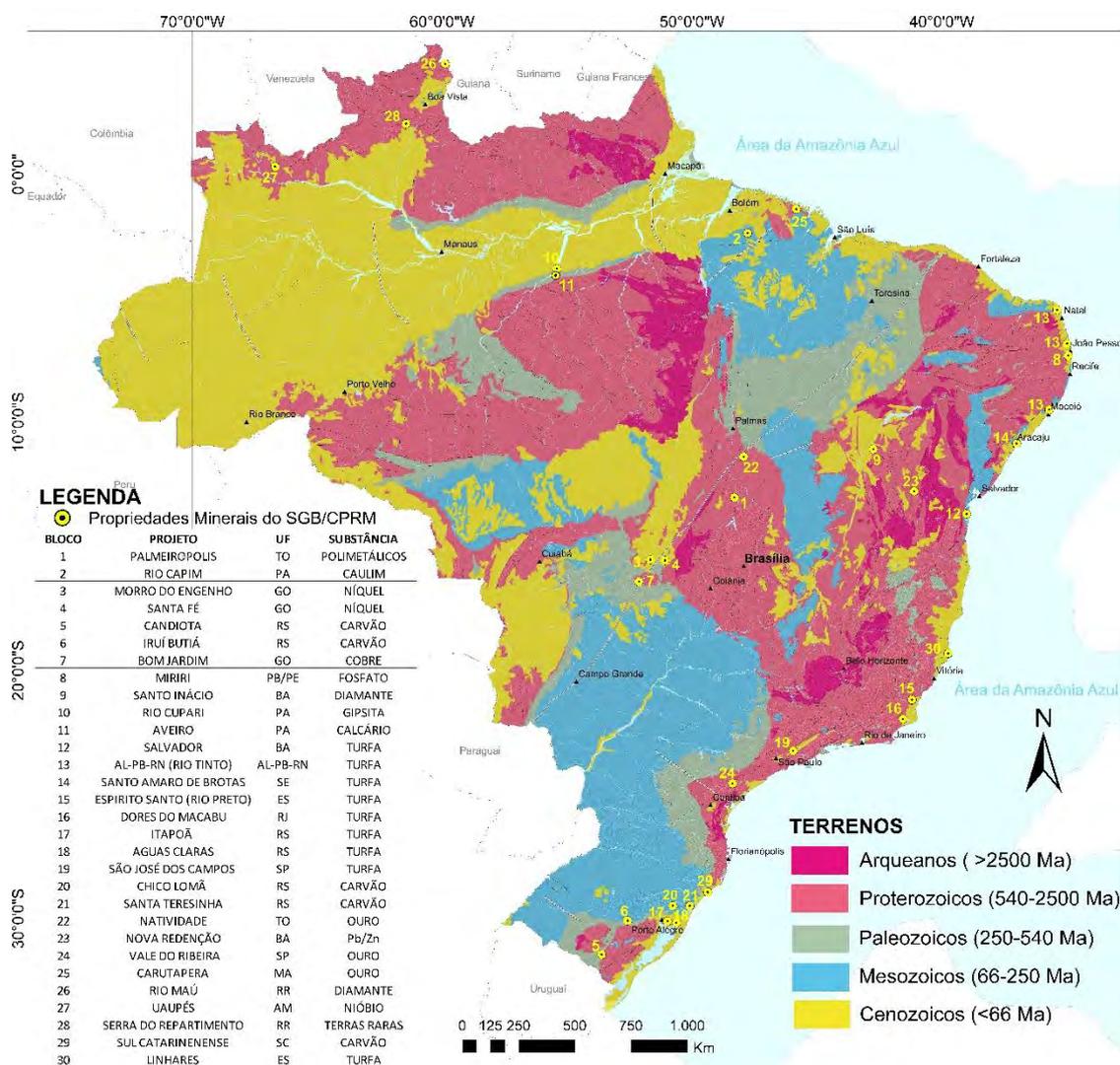
16. RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES

17. REFERÊNCIAS

1. INTRODUÇÃO

A CPRM detém 332 processos de direitos minerários ativos na Agência Nacional de Mineração - ANM, em fases variáveis entre alvarás de pesquisa e relatórios finais de pesquisa, os quais constituem 30 blocos de áreas distribuídos por todo país (Figura 1). Os bens minerais que compõem o portfólio da instituição, com a quantidade de blocos de áreas pertinentes a cada substância indicados entre parêntesis, são: fosfato (1) cobre (1), chumbo (1), zinco (1), ouro (3), caulim (1), níquel laterítico (2), gipsita (1), carvão (5), turfa (9), diamante (2), nióbio (1), terras-raras (1) e calcário (1).

Figura 1 - Mapa com a localização dos blocos de áreas de direitos minerários da CPRM.



O presente informe teve como objetivo resgatar e reavaliar os dados e informações geológicas, relativas a pesquisas realizadas entre as décadas de 1980 e 1990 pela CPRM em ocorrências de ouro localizada no âmbito dos municípios de Santa Rosa do Tocantins e Chapada da Natividade, que são antigos distritos emancipados do município de Natividade, na porção centro-sul

do estado do Tocantins, em uma região com tradição na lavra garimpeira que remonta aos tempos coloniais. Mineração formal na região onde situa-se a área da CPRM constitui o Projeto Ouro Chapada, inicialmente desenvolvido pela mineradora Geominas Mineração (Figura 2). Outra atividade de lavra formalizada é da mineradora Terra Vermelha, que é uma concessão garimpeira (Figura 3), que extrai o metal em ambiente geológico similar ao projeto Ouro Chapada, e cujas características evolutivas das mineralizações de ouro se assemelham aos das ocorrências do Projeto Natividade.

Conforme dados noticiados (Fonte: Notícias de Mineração Brasil), a BBX do Brasil, empresa que seria a última controladora do Projeto Ouro Chapada e subsidiária da empresa australiana BBX Minerals, negociou o ativo a também australiana Engegold Mineração ao custo de US\$ 2 milhões.

Figura 2 –Planta para beneficiamento de minério de ouro projeto Ouro Chapada da Geominas Mineração (Foto: Angeval Alves de Brito).



Figura 3 – Instalações para britagem e classificação de minério da concessão garimpeira Terra Vermelha (Foto: Angeval Alves de Brito).



A área de pesquisa é pertinente a uma poligonal outorgada à CPRM, com quase 3.977,05 hectares, referente ao processo DNPM 860.163/84, que teve como principal fonte de informação o relatório final de pesquisa da CPRM apresentado ao DNPM em 1993.

As atividades realizadas para o presente Informe compreenderam a recuperação dos dados históricos e sua transformação em formatos digitais, que incluíram mapas geológicos, boletins com descrição das sondagens rotativas, perfis geológicos e dados analíticos diversos. Os boletins históricos de sondagem, análises químicas e outros existentes foram resgatados e organizados em pastas específicas, conforme às normas internacionais aplicadas à exploração mineral. Visando maximizar a confiança nos dados originais foi realizada a consistência de todas as informações históricas resgatadas, inserindo no banco de dados apenas aquelas consideradas válidas. Para melhor entendimento geológico e da aplicabilidade das técnicas exploratórias utilizadas no passado foram consultadas diversas fontes de estudos sobre a gênese da jazida.

Uma etapa de campo realizado na região teve como finalidade avaliar a sua infraestrutura e logística, identificar os locais com os furos de sondagem, e visitar as áreas de garimpo para observações sobre as condições das lavras e levantar as características geológicas associadas às mineralizações de ouro. Em relação à geofísica, os estudos e considerações estão baseados nas informações contidas no levantamento aerogeofísico da Bacia do Parnaíba, cujos dados foram disponibilizados pela ANP (Agência Nacional do Petróleo).

Com base no banco de dados de sondagem rotativa e utilizando uma combinação de *softwares* técnicos de mineração, construíram-se sólidos detalhados dos corpos mineralizados, que constituíram a base para a estimativa de recursos. Todos os modelos dos corpos mineralizados foram ajustados a partir de amarração em campo de dois dos três furos com GPS Diferencial, permitindo definir volumes de minério mais precisos. o processo seguinte foi a validação dos dados estatisticamente e visualmente com as estimativas obtidas nos blocos, garantindo a representatividade da informação na amostragem original.

O presente informe foi de responsabilidade do Departamento de Recursos Minerais (DEREM) da CPRM, por meio da Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória (DIEMGE), que teve apoio direto da Superintendência Regional de Goiânia da CPRM, que forneceu suporte técnico-administrativo e disponibilizou seus pesquisadores que contribuiram para elaboração do relatório. Todas as atividades foram acompanhadas por um ou mais técnicos da SUREG-GO.

2. LOCALIZAÇÃO, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA

A área do projeto Natividade está localizada na região limítrofe entre os municípios de Santa Rosa do Tocantins e Chapada da Natividade, antigos distritos de Natividade, na porção centro-sul do estado de Tocantins (Figura 4), com principal acesso através das rodovias BR 010 e TO 050, que se apresentam bem conservadas e sinalizadas, oferecendo boas condições de tráfego, e permitem alcançar Brasília, distante 620 km (BR 010) ou Palmas, a norte da área, com trajeto de 220 km. A região do projeto tem a sua disposição uma razoável malha viária estadual e federal (Figura 5), além de uma extensa rede de vias vicinais que atendem a contento a poligonal de pesquisa e facilitam o acesso basicamente a toda sua extensão. A cidade mais populosa próxima a área de pesquisa e com melhor infraestrutura para suporte a uma possível implantação de um projeto mineiro é Natividade, que tem população estimada de 9.312 habitantes (Fonte: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/natividade/panorama>) e está a cerca de 40 Km a SE da poligonal do processo. Entretanto, tanto Chapada da Natividade como Santa Rosa do Tocantins também podem ser utilizadas como alternativas para atender a um eventual projeto de exploração mineral dos depósitos de ouro.

Figura 4 – Limites da área de processo 860.163/84 da CPRM e sua disposição em relação aos municípios de Santa Rosa do Tocantins e Chapada da Natividade.

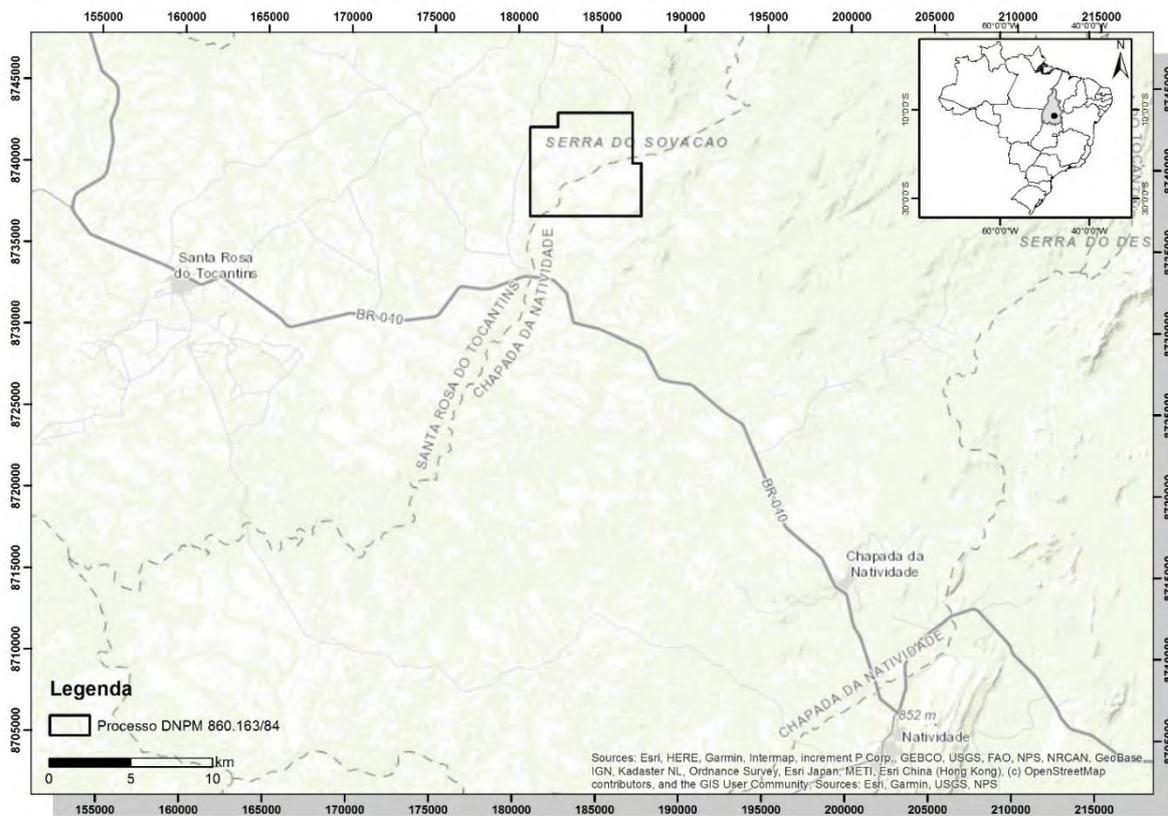


Figura 5 - Malha rodoviária do Estado do Tocantins com a localização aproximada da área indicada pelo polígono circunscrito em vermelho.



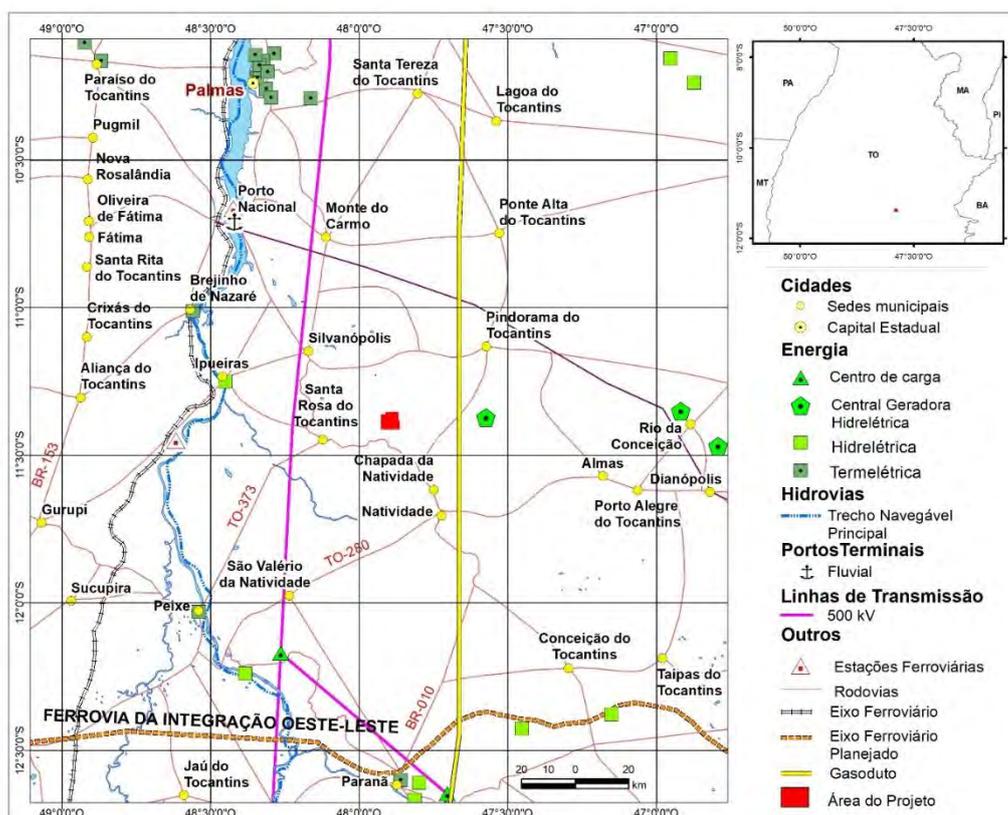
Conforme dados da ANAC (2021), a região do entorno do projeto tem como opção para deslocamento aéreo o aeródromo de Santa Mônica, na cidade de Natividade, que dispõe de uma pista de pouso de cascalho, com 1190 m e largura de 30 m. Entretanto, o aeroporto mais próximo com maior infraestrutura é o da cidade de Porto Nacional (Figura 6), que dista em linha reta 80 km e 120 km das duas cidades mais próximas à área de pesquisa, respectivamente, Santa Rosa do Tocantins e Chapada de Natividade. Possui uma pista asfaltada de 1.700 metros, dotando de estrutura para vôos diurnos e noturnos e capacidade para receber aviões de grande porte. Atualmente somente empresas de táxi aéreo e aeronaves particulares operam no terminal (ANAC, 2021). O aeroporto de Palmas, capital do estado, está situado a uma distância média em linha reta de 150 km da área do projeto, sendo a referência para deslocamento para as principais cidades brasileiras e conexões com o exterior. Opera vôos regulares realizados pelas principais empresas aéreas do país, como a TAM, GOL e Azul.

Figura 6 – Aspecto da fachada principal do aeroporto de Porto Nacional (TO).



Quanto a infraestrutura energética, a área do projeto, de acordo com dados da ELETROBRAS (2021), tem a disposição uma linha de transmissão de 500 KV integrada ao SIN (Sistema Interligado Nacional), que passa ao largo da cidade de Santa Rosa do Tocantins, garantindo a disponibilização de energia à instalação de eventuais empreendimentos mineiros na região onde localizada a área com os ativos da CPRM. Próxima a ela, a leste, existe ainda uma CGH (Central Geradora Hidrelétrica), que são usinas de pequeno porte, a qual conectada ao sistema energético para distribuição de energia na região. A Energisa Tocantins é a concessionária responsável pela distribuição de energia elétrica para todos os municípios do estado. A figura 7 mostra a infraestrutura energética disponível na região do entorno do projeto Natividade.

Figura 7 - Infraestrutura energética no entorno da região onde localizada a área de processo da CPRM, conforme dados da ELETROBRAS (2021).



3. ASPECTOS LEGAIS

O histórico dos aspectos legais são relativos a área requerida ao DNPM em 24/01/84, pertinente ao processo DNPM nº 860.163/84, para o qual foi obtido o alvará de pesquisa de nº 1916, publicado no DOU de 13/03/85. Posteriormente foi solicitado e concedido o alvará de pesquisa nº 85 com solicitação da renovação da Autorização da Pesquisa por mais dois anos, que foi publicado no DOU de 13/01/92. O Relatório Final de pesquisa foi aprovado com redução da área para 3.977,05 hectares, conforme solicitação do titular, a CPRM. O histórico sumarizado relativo ao processo em pauta pode ser acompanhado na tabela 1. Cabe complementar, que a área do processo tem como superficiário o Sr. César Luís da Costa.

Tabela 1 – Histórico com aspectos legais relativos ao processo DNPM 860.163/84.

| DATA | HISTÓRICO (Processo 860.163/84) |
|------------------------|---|
| 24/01/1984 | Esta área de 10.000 ha é delimitada por um polígono com as seguintes características: vértice 1 dista 12.820m, no rumo verdadeiro 09°35'SE, a partir da confluência do córrego das Cangas com o rio Formiga. Os lados a partir do vértice 1 têm os seguintes comprimentos e rumos verdadeiros: lado 1-2 – 3.500m-rumo N; lado 2-3 – 5.000m-rumo E; lado 3-4 – 9.000m-rumo S; lado 4-5 – 15.000m-rumo W, lado 5-6 – 5.500-rumo N e lado 6-1 – 10.000-rumo E. |
| 13/03/1985 (D.O.U.) | Obtém o Alvará de Pesquisa nº 1.916 de 07/03/1985, para pesquisar apatita, em área de 8.514,56ha , em área delimitada por um polígono que tem um vértice a 17.533 m, no rumo verdadeiro 24°04'SW, da confluência do córrego Valentim com o rio Formiga, e os lados a partir desse vértice, com os seguintes comprimentos e rumos verdadeiros: 3.102m-S, 514m-E, 3.246m-S, 15.000 m-W, 5.500m-N, 10.000m-E, 848m-N e 4.486m-E. A presente Autorização de Pesquisa terá validade por 3 anos a partir da sua publicação no D.O.U. |
| 13/01/1992 (D.O.U.) | Publicado Alvará nº 85 de 03/01/1992, renovando pelo prazo de 2 anos, a Autorização de Pesquisa. |
| 07/01/1993 | A CPRM protocolizou solicitação de redução da área desse Alvará, para 3.977,05ha . O vértice 1 dista 17.533m, no rumo verdadeiro S24°04'W, da confluência do córrego Valentim com o rio Formiga, e os lados a partir desse vértice, com os seguintes comprimentos e rumos verdadeiros: lado 1-2 – 3.102m-rumo S; lado 2-3 – 514m-rumo E; lado 3-4 – 3.246m-rumo S; lado 4-5 – 6.750m-rumo W, lado 5-6 – 5.500m-rumo N, lado 6-7 – 1.750-rumo E, lado 7-8 – 848m-rumo N e lado 8-1 – 4.486-rumo E. |
| 06/12/1996 (D.O.U.) | Publicada a aprovação do Relatório Final de Pesquisa para minério de Au |
| 17/04/2009 | DNPM propõe proceder à redução da área conforme solicitação da CPRM (Despacho nº 297/2009/DIFIS). |
| 09/10/2009 | Após estudo realizado pelo Controle de Áreas/DICAM, constatou-se que a área reduzida encontra-se fora da poligonal do Alvará de Pesquisa. |
| 05/01/2010 | O Chefe do 17º Distrito/DNPM/TO encaminha os Autos para análise e parecer a cerca da solicitação de novo estudo da área para retificação do Aprove do Relatório Final de Pesquisa |

| | |
|------------|---|
| 25/01/2010 | O Controle de Áreas do 17º Distrito/DNPM/TO encaminha, ao Chefe deste Distrito, com sugestão de exigência de novo Memorial Descritivo da área reduzida, conforme Portaria do Diretor Geral nº 265, publicada no D.O.U. em 11/07/2008. |
| 17/10/17 | Publicada exigência para a CPRM reduzir a área. |
| 17/11/17 | CPRM protocoliza cumprimento de exigências. |

4. HISTÓRICO DO PROJETO

A motivação que levou a solicitação de áreas para pesquisa de ouro na região do então município de Natividade, foi durante a execução do Programa Mapas Metalogenéticos e Previsionais para o DNPM em 1982, que cadastrou dezenas ocorrências e indícios ouro, além de grandes áreas garimpadas ativas e inativas. Inicialmente foram requeridas sete áreas de pesquisa, sendo posteriormente reduzida para a uma única área, correspondente ao do processo em epígrafe.

4.1. SÍNTESE DOS TRABALHOS ANTERIORES

Diante de um cenário de ocupação primitiva da região ocasionada por incursões bandeirantes e pela atividade garimpeira, principalmente para ouro, que se seguiu, trabalhos de levantamentos geológicos sistemáticos e de cadastramento mineral foram implementados pela CPRM em convênio com o DNPM em busca de depósitos minerais. Com essa finalidade foi iniciado na região onde se insere a área de pesquisa o projeto Leste do Tocantins/Oeste do Rio São Francisco, o qual publicado em 1971, que teve seus dados de cadastro mineral, juntamente com de várias outras fontes, incorporados aos mapas temáticos desenvolvidos pelo programa Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais, também realizado a partir de um convênio entre a CPRM e o DNPM e iniciado na década de 1980. O projeto Natividade teve sua concepção estimulada nos dados atrelados a esse programa, quando da realização em 1982 do mapa da folha SC.23-Y-C (Natividade), escala 1:250.000, que apresenta dados integrados de fontes diversas, arrolando levantamentos aerogeofísicos, geoquímicos e de mapeamentos geológicos em escalas diversas, além de cadastro mineral, onde estão assinaladas dezenas de ocorrências de ouro, além de outras substâncias.

Inicialmente foram requeridas pelo Projeto Natividade sete áreas divididas em dois blocos: Bagagem e Formiguinha. Entretanto, somente nas áreas situadas no Bloco Formiguinha e que compunham o processo DNPM nº 860.163/84, foi dado seguimento a trabalhos de pesquisa. As demais tiveram os relatórios negativo de pesquisa ou foram objetos de desistência/cancelamento de seus alvarás. O alvará original do processo 860.163/84 inicialmente contemplava uma área total de 8.514,56 hectares, que posteriormente, a pedido pela CPRM, foi reduzida para 3.977,05 hectares, protocolizado em 07/06/1993.

No ano de 1991, investigações preliminares de campo na área do Bloco Formiguinha constataram a presença de ouro primário em rocha alterada no garimpo Córrego Brejo das Lavras, com teores de até 30 g/t (CPRM, 1993), estimulando o desenvolvimento das pesquisas.

A programação de pesquisa do Projeto Natividade seguiu três etapas distintas, a última com a execução de três furos de sondagem a diamante, com a finalidade de se dimensionar o depósito primário de ouro no alvo delimitado por anomalias geradas em análises de solos.

- 1ª etapa: Teve como objetivo definir as áreas prioritárias de pesquisa, sendo realizado para esse fim o cadastro dos garimpos e realizada a fotointerpretação das feições morfoestruturais de cunho regional. Esta etapa foi consolidada através de um mapa geológico preliminar e metalogenético previsional na escala 1:60.000, com texto síntese destacando as ocorrências de ouro primário, discriminando aquelas disseminadas e lenticular;
- 2ª etapa: Visou caracterizar volumes de minério alterado para lavra a céu aberto, com beneficiamento com base no processo de lixiviação em pilha (RADAELLI, 2000). Para este fim, foi realizado mapeamento geológico na escala de 1:5.000 e amostragem de solo com malha de 200m x 40m. As amostras de solo foram coletadas no horizonte B com peso aproximado de 10kg cada, as quais bateadas, visando identificação e contagem de pintas de ouro com auxílio de lupa binocular. Foram selecionados dois alvos para detalhamento referidos como áreas A e B, onde executaram-se malhas de solo adensadas de 50m x 10m, com 20 kg de solo por amostra. Além da amostragem de solo, foram realizados abertura de poços e trincheiras;
- 3ª etapa: Esta última etapa objetivou definir o depósito primário de ouro e a partir do mapeamento geológico de detalhe na escala 1:1.000 da área alvo denominada C foram executados três furos de sonda totalizando 420 m. Os resultados desta etapa foram entregues ao DNPM sob a forma de Relatório Complementar de Pesquisa.

Dados de produção compilados do relatório final de pesquisa da área do processo DNPM nº 860.163/84 de dezembro de 1993 e do relatório complementar de pesquisa de abril de 1996 são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Dados físicos de produção compilados ao relatório final de pesquisa da CPRM de 1993.

| | |
|---|-------------------------|
| ABERTURA DE PICADAS (total) | 32,44 km |
| etapa de semidetalhe (1:5.000) | 22,68 km |
| etapa de detalhe (1:1.000) | 9,76 km |
| LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO (total) | 3,7(km ²) |
| escala 1:5.000 | 3,52 (km ²) |
| escala 1:1.000 | 0,18 (km ²) |
| Nº AFLORAMENTOS ESTUDADOS | 18 |
| Nº AMOSTRAS DE ROCHA COLETADAS | 06 |
| AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS (quantidade total) | 967 |
| solo - etapa semidetalhe | 462 |
| solo - etapa detalhe | 434 |
| solo - poço de pesquisa | 30 |
| solo - trincheira | 41 |

| | |
|---|------------------------|
| ESCAVAÇÕES RASAS (volume total) | 47,2 (m ³) |
| poço de pesquisa | 26,7 (m ³) |
| trincheira | 20,5 (m ³) |
| CONCENTRADOS DE BATEIA (quantidade total) | 967 |
| etapa semidetalhe | 462 |
| etapa detalhe | 434 |
| poço de pesquisa | 30 |
| trincheira | 41 |
| SOLO BATEADO (quantidade total) | 18.500 kg |
| etapa semidetalhe | 4.620 kg |
| etapa detalhe | 8.680 kg |
| poço de pesquisa | 3.000 kg |
| trincheira | 2.050 kg |
| ANÁLISES POR CONTAGEM DE PINTAS Á LUPA BINOCULAR (quantidade total) | 967 |
| concentrado - etapa semidetalhe | 462 |
| concentrado - etapa detalhe | 434 |
| concentrado - poço | 30 |
| concentrado - trincheira | 41 |
| QUANTIDADE DE AMOSTRAS ANALISADAS | 359 |

5. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

Geomorfologicamente, distingui-se na região onde inserida a área do processo duas compartimentações de relevo bem distintas. A primeira é marcada por um relevo mais acidentado, com características montanhosas, sendo suas maiores expressões a Serra da Natividade e o Morro do Socavão, sustentados por rochas quartzíticas do Grupo Natividade, aflorantes nas imediações da cidade homônima, cuja degradação pela erosão proporciona a formação de extensos solos arenosos devido a recuo de suas escarpas. Em relação a paisagem regional esses acidentes geográficos se destacam por alturas que alcançam até 300 m. A segunda expressão de relevo corresponde a terrenos arrasados e aplainados, associados a superfície de peneplanização terciária atribuída ao Ciclo Erosivo Velhas, correspondendo ao substrato formado por rochas granitóides. A área do processo, especificamente, está restrita ao relevo aplainado, que tem cota média em torno de 350 m.

O clima predominante na região é do tipo Aw (classificação de Koppen), quente e semi-húmido, com duas estações bem marcadas, uma chuvosa, que se estende entre os meses de outubro a março, e a seca, nos demais meses. A precipitação média anual varia de 1.025 mm a 2.075 mm. As temperaturas apresentam médias anuais de 27°C e baixa amplitude térmica. Menores temperaturas ocorrem no início da estação seca, quando são registradas médias anuais de 21°C, com variações entre 16°C e 38°C.

Em relação a cobertura vegetal é tipicamente associada ao bioma Cerrado, caracterizando-se por savanas compostas por mata-galerias com desenvolvimento de pequenos arbustos retorcidos. Nos municípios de Santa Rosa do Tocantins e Chapada de Natividade, vegetação pristina de cerrado, embora rara, ainda são presentes. São observadas diferentes formações vegetais, como mata de galeria, mata seca e cerradão (formações de porte arbóreo, ou formações florestais), veredas

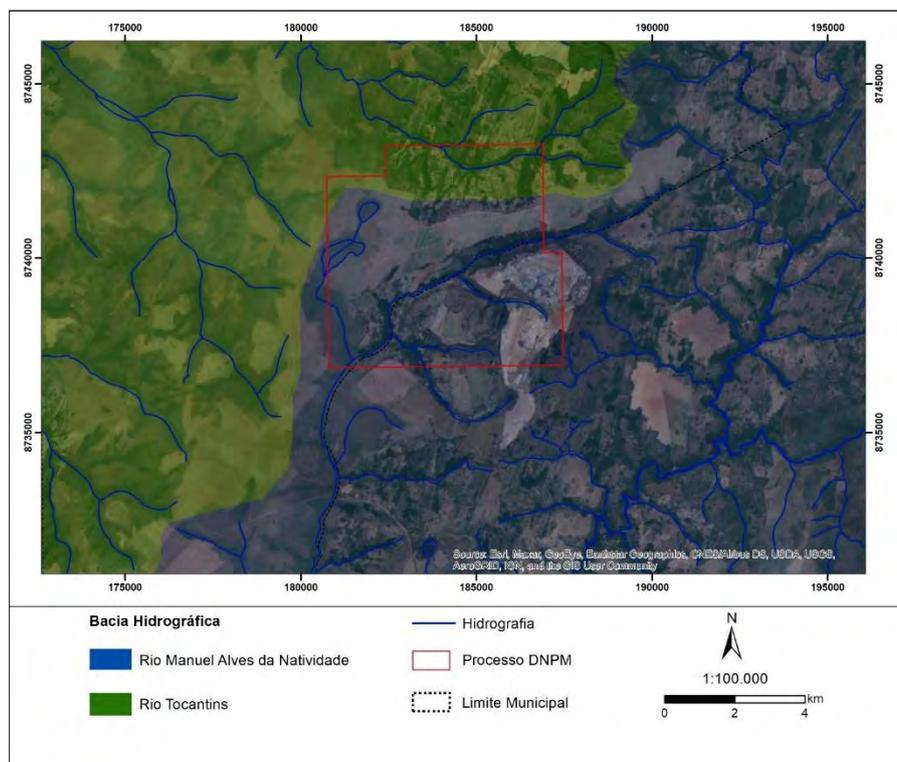
(formações savânicas) e formações campestres, como o campo sujo de cerrado. Entretanto, devido ao desmatamento a cobertura vegetal original encontra-se muito descaracterizada em função da sua substituição por culturas agrícolas e da ampla utilização como área de pastagem. Nas áreas de maior umidade, ou em locais de solos mais ricos provenientes da alteração de rochas de natureza básica, desenvolvem-se matas de grande porte (OLIVEIRA, 2000).

As áreas dos municípios de Santa Rosa do Tocantins e Chapada de Natividade, onde situa-se a área de pesquisa, estão integradas à bacia hidrográfica do rio Tocantins, em seu terço de montante, situando a poligonal com a área da CPRM integralmente na sub-bacia do rio Manoel Alves de Natividade (Figura 8). O afluente do rio Manoel Alves de Natividade que drena a área da CPRM é o ribeirão Formiguinha, que dá nome a região. Esse curso d'água mantém-se perene todo o ano e apresenta boa qualidade, de acordo com a rede hidro meteorológica disponível no Estado.

O padrão de drenagem é dendrítico de baixa densidade. Os drenos regionais são tributários perenes à margem direita do rio Tocantins, dentre os principais encontra-se o rio Manoel Alves. O ribeirão Formiguinha é o coletor dos drenos que atravessam o sítio onde se realizaram os trabalhos, tendo seu curso o sentido de NE para SW.

Quanto ao potencial de águas subterrâneas, as condições geológicas induzem a existência de aquíferos fraturados de baixa vazão. Ao todo, existem nove poços cadastrados e em atividade de bombeamento nos dois municípios, com profundidades variando entre 60 e 100m e vazão entre 1,5 a 9,72 m³/h. A vazão média desses poços é entorno de 5,46 m³/h.

Figura 8 - Bacias hidrográficas na região do projeto, com a área do processo circunscrita em vermelho.



6. CONTEXTO GEOTECTÔNICO

Geotectonicamente, a região com as ocorrências auríferas de Natividade está inserida na Província Tocantins (ALMEIDA *et al.* 1977 e 1981, ALMEIDA; HASUI, 1984), entidade orogênica neoproterozóica localizada na porção central do Brasil, que apresenta disposição submeridiana, com aproximadamente 2.000 km de comprimento e largura de até 800 km, balizada a oeste pelo Cráton Amazônico e a leste pelo Cráton São Francisco, enquanto a norte e a sul está encoberta por sequências fanerozóicas das bacias do Parnaíba e Paraná, respectivamente. Compreende três cinturões orogênicos dobrados: as faixas Araguaia e Paraguai a oeste, edificadas na margem oriental do Cráton Amazônico, e a Faixa Brasília estabelecida na margem ocidental do Cráton do São Francisco (PIMENTEL *et al.* 1991, PIMENTEL; FUCK, 1992; FUCK *et al.*, 2014).

A Faixa Brasília, a mais importante por sediar a área objeto de pesquisa, ocupa a porção centro-leste da Província Tocantins e se estende por mais de 1000 km na direção N-S, compreendendo uma espessa sequência sedimentar de margem continental, fragmentos ofiolíticos e um amplo arco magmático juvenil. Suas principais feições indicam que a diferenciação estrutural final resulta do fechamento de uma extensa bacia oceânica durante a Orogenia Brasileira no Neoproterozoico (FUCK *et al.*, 2014, PEREIRA; FUCK, 2005, PIMENTEL; FUCK, 1992, PIMENTEL *et al.*, 1997, SOARES *et al.*, 2006). A Faixa Brasília é dividida, de leste para oeste, nas zonas Externa e Interna, esta incluindo os blocos relativos ao Maciço mediano de Goiás e ao Arco magmático de Goiás.

A zona externa da Faixa Brasília abrange um espesso depósito sedimentar de margem passiva com metamorfismo de fácies xisto verde de baixo grau. Em sentido ao norte da faixa, as sequências metassedimentares afinam e grandes áreas do embasamento síalico afloram, como, por exemplo, terrenos granitos gnáissicos e contextos vulcano-sedimentares isolados.

A zona interna da faixa inclui um núcleo metamórfico granulítico, o bloco de Anápolis-Itaçu, que apresenta assembleias minerais de alta temperatura e está separado por falhas dos metassedimentos dobrados de baixo grau e fácies turbidídicas do grupo Araxá, que ocorrem na porção meridional da faixa Brasília. A zona interna abrange ainda restos de ofiolitos formados por metabasaltos de fundo oceânico tipo MORB e peridotitos serpentinizados (FUCK *et al.*, 2014). Em relação ao maciço de Goiás, ele é formado por terrenos granito - greenstone arqueanos, ortognaisses paleoproterozoicos, incluindo ainda uma extensa cobertura de sequências metavulcano-sedimentares com idades do Mesoproterozoico ao Neoproterozoico, enquanto o Arco Magmaático de Goiás, produto da fragmentação do protocontinente Rodínia, com formação de crosta oceânica durante o Neoproterozóico (Toniano), resultando em zonas de subducção e formação de sucessivos arcos de ilha acrecionários de diversas idades (PIMENTEL; FUCK, 1992b; RODRIGUES *et al.*, 1999; MOREIRA *et al.*, 2008).

Na porção norte da Faixa Brasília, onde inserida a área de pesquisa, FUCK *et al.* (2014) individualizam cinco contextos: o Terreno Cavalcante Natividade, um cinturão de dobramentos, um núcleo metamórfico, o Maciço de Goiás e o Arco Magmaático de Goiás.

O Terreno Cavalcante-Natividade, de idade paleoproterozoico, é caracterizado como um embasamento granítico calcio-alcalino metaluminoso associado a rochas supracrustais vulcano-sedimentares do tipo *greenstones belts*, sendo subdividido por aqueles autores em dois domínios: Almas - Conceição do Tocantins e Cavalcante - Arraias. A parte nordeste do Bloco Cavalcante-Natividade, que caracteriza o Domínio Almas-Conceição do Tocantins, envolveu três eventos de acreção crustal com as idades do magmatismo granítico, correspondendo à intrusão relacionada aos granitoides que ocorrem na região entre as cidades de Almas e Dianópolis (2.2 Ga), ao magmatismo paleoproterozoico, registrado nos terrenos situados entre as cidades de Natividade e Conceição

do Tocantins (2.3 a 2.4 Ga) e a granitos datados em 2144 ± 21 Ma. Já o Domínio Cavalcante-Araias é marcado principalmente pela exposição dos granitoides peraluminosos da Suíte Aurumina (Figura 12), que tem idade definida entre 2.13 e 2.18 Ga e TDM entre 2.21 e 2.92, com $\epsilon Nd(t)$ predominante negativo.

Uma feição estrutural regional destacável na Província Tocantins constitui o Lineamento Transbrasiliano, um corredor de cisalhamento formado por sistemas de falhas transcorrentes e transpressivas de direção NNE, com características macrorregionais, que se retrata como uma feição intracontinental que teria sido formada no final da evolução da Província Tocantins (MARINI *et al.*, 1984) (Figura 12). Análises de imagens aeromagnetométricas permitem visualizar falhas ligadas a essa estruturação tectônica interceptando ou cortando estruturas mais antigas associados às faixas Araguaia e Brasília, desta feita, permitindo concluir que o Lineamento Transbrasiliano é efetivamente o último evento neoproterozóico. Conforme se observa na figura 12, duas grandes falhas transcorrentes de caráter predominantemente dextral cortam a região a oeste da área do projeto e se amoldam a sul nas chamadas falhas do Rio dos Bois e do Rio Maranhão

Na região que engloba a área objeto do trabalho, FUCK *et al.* (2014) individualizam cinco contextos, que constituem a porção norte da Faixa Brasília: o terreno Cavalcante - Natividade, um cinturão de dobramentos, um núcleo metamórfico, o Maciço de Goiás e o Arco magmático de Goiás. De acordo com os autores, a localização da poligonal de pesquisa, que abrange rochas da Suíte Aurumina, estaria na abrangência do domínio Cavalcante-Araias do Terreno Cavalcante-Natividade (Figuras 9 e 10).

Figura 9 - Lineamentos Transbrasilianos truncando as superfícies de deformação norte-sul das faixas neoproterozóicas Araguaia e Brasília. Localização aproximada da área do projeto destacada por um polígono circunscrito em vermelho.

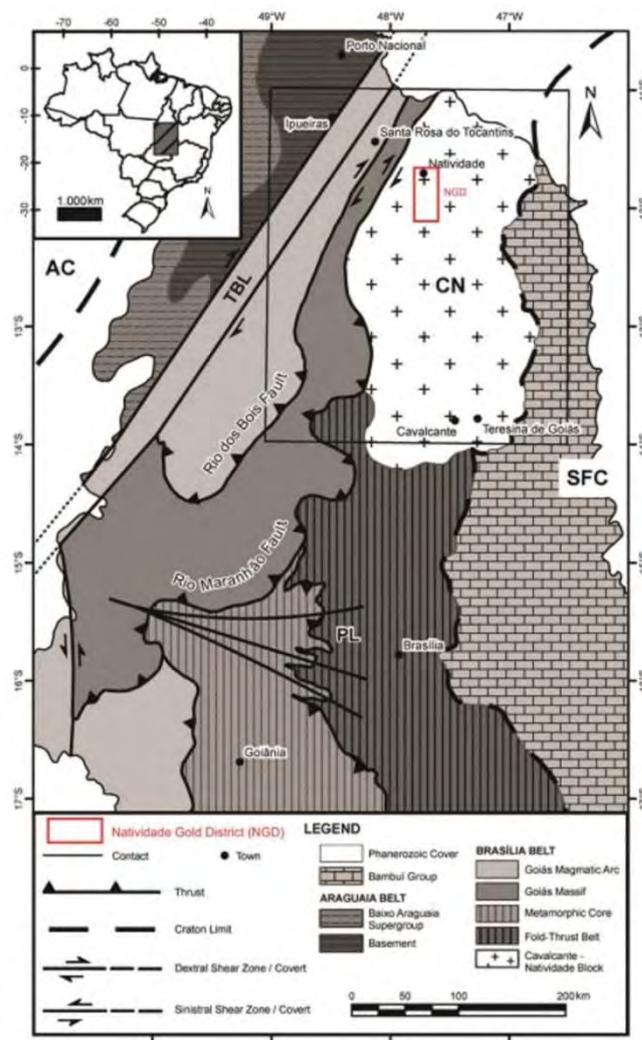
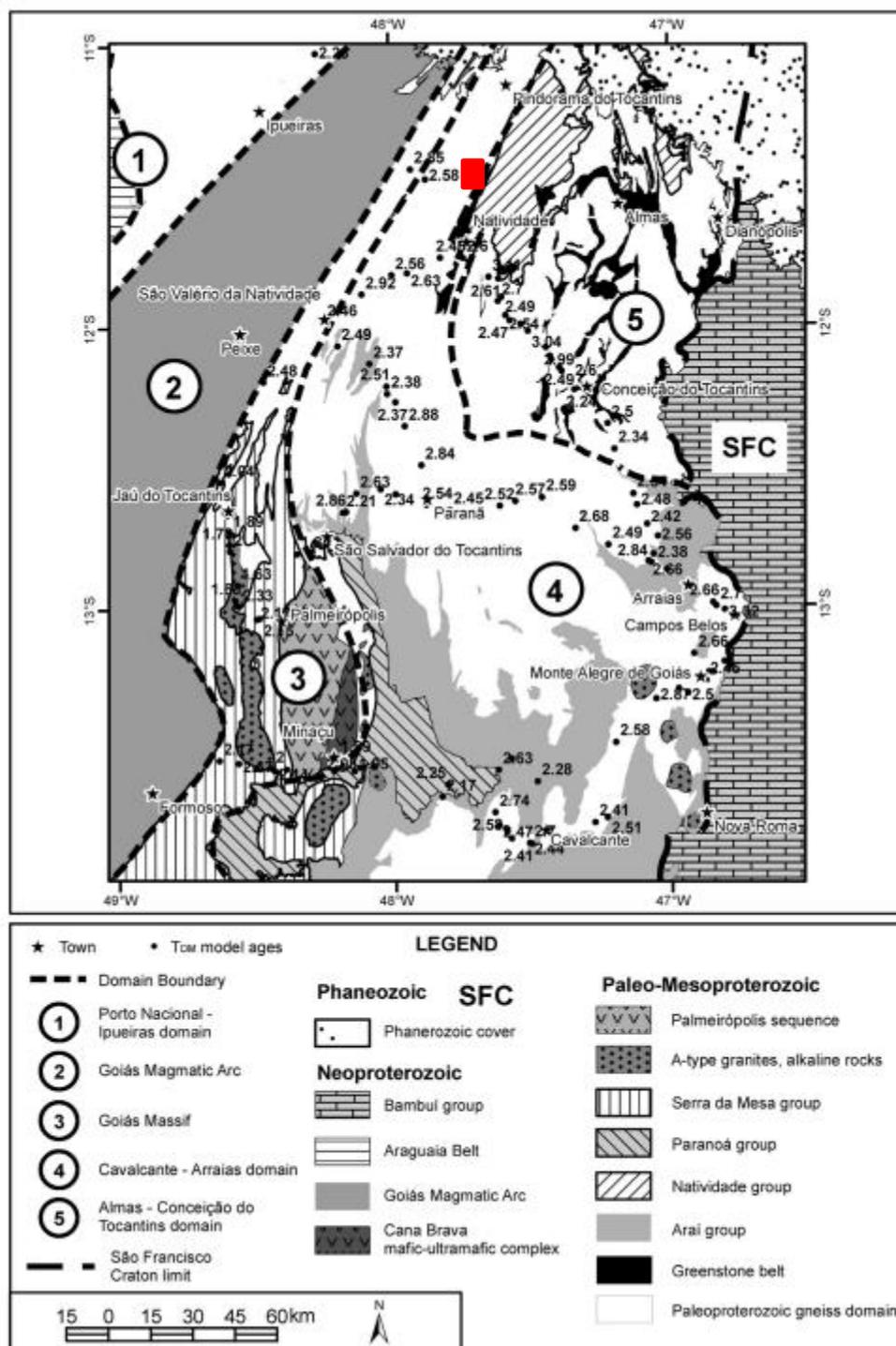


Figura 10 – Compartimentação tectônica da Faixa Brasília e sua subdivisão em cinco blocos ou domínios geotectônicos, na região sudoeste do Tocantins e noroeste de Goiás, conforme FUCK *et al* (2014). Localização aproximada da área indicada pelo polígono vermelho.



7. GEOLOGIA LOCAL

Conforme a cartografia geológica da folha Dianópolis (SC23YC) (SABOIA; MENEHINI, 2019), a área do processo DNPM 860.163/84, que está situada no seu extremo oeste, abrange duas principais unidades litogeológicas: a Suíte Granítica Aurumina e o Grupo Água Suja ou Sequência Metavulcano-Sedimentar Água Suja, em um contexto estrutural fortemente afetado pelo Lineamento Transbrasiliano. Na região da área de trabalho é observado que os afloramentos geralmente estão bastante intemperizados e decompostos, com suas melhores exposições em áreas já exploradas para ouro, como garimpos abandonados e catas aluvionares, com afloramentos mais representativos localizados em poços de pesquisa a mais de 30 m de profundidade.

Os três furos de sondagem realizados pelos trabalhos de pesquisa da CPRM na década de 1990 interceptaram níveis mineralizadas associadas a zonas de cisalhamento dúcteis, com os litotipos encaixantes formados por rochas granitoides e por metabásicas e biotita xistos, sulfetados e piritosos, com teores com potencial de lavra para ouro. Por vezes, nas superfícies das catas verifica-se a presença das rochas metabásicas, interpretadas como metavulcânicas metamorfolizadas do tipo anfíbolito e anfíbio xisto, em geral perfazendo contatos tectônicos com rochas graníticas milonitizadas. Essas rochas são registradas por SABOIA; MENEHINI (2019) na região do projeto, compondo estreitas faixas embutidas em meio aos terrenos da Suíte Aurumina, e seriam correlacionáveis à Formação Serrinha da Sequência Água Suja, que compreende metavulcânicas máficas, que na folha Arraias (SD23VA) são caracterizadas como pertencentes à Formação Córrego Paiol, unidade basal do Grupo Riachão do Ouro, que tem idade atribuída ao Arqueano-Paleoproterozoico e que representaria restos de segmentos de terrenos granito-greenstone (ABDALLAH; MENEHINI, 2013). Na região que abrange a área de pesquisa essas rochas são identificadas intercaladas às rochas da litofácies metapelito-psamítica da Formação Córrego Salobro do Grupo Água Suja, que tem caráter predominantemente metassedimentar (SABOIA; MENEHINI, 2019).

Unidade de maior representação física, segundo o mapa geológico da Folha Dianópolis, a Suíte Aurumina abrange grande parte da área de pesquisa, estando representada pela sua fácies tonalítica, com suas rochas exibindo texturas miloníticas e intercalando estreitas faixas subordinadas dos metassedimentos do grupo Água Suja, com as quais mantém relações imbricadas e apresentam direção preferencial nordeste-sudoeste. A oeste da área do processo rochas as duas unidades estão associadas a uma grande estrutura dobrada, configurando um sinforme alinhado ao *trend* das estruturas regionais.

GRUPO ÁGUA SUJA

O Grupo Água Suja compreende uma sequência metavulcano-sedimentar paleoproterozoica, que na folha Dianópolis está subdividida três unidades (SABOIA; MENEHINI, 2019), as formações Serrinha, Ticunzal e Córrego Salobro. Dessas unidades, são registradas na área do processo e de seu entorno rochas pertencentes as formações Serrinha e Córrego Salobro.

A Formação Serrinha aglutina um conjunto de rochas vulcânicas predominantemente máficas metamorfolizadas em condições de fácies anfíbolito com processos de gnaissificação. As rochas, que tem uma estreita faixa de ocorrência na porção norte da área do processo, são descritas como meso a melanocráticos cor cinza a verde-escura, equigranulares granulação fina a muito fina e localmente, média a grossa, com texturas afanítica e nematoblástica. Comumente apresentam textura xistosa, exibindo alternância de bandas claras (plagioclásio) e escuras (hornblenda), e são amagnéticas. Localmente são identificadas como enclaves máficoss nos granitoide da Suíte Aurumina.

A Formação Córrego Salobro, de natureza essencialmente metassedimentar, é subdividida em três litofácies, determinadas conforme seu ambiente de sedimentação: (i) metapelito-psamítica; (ii) metapsamo-pelítica e (iii) metassedimentar química. Embora os afloramentos sejam escassos na área e estejam muito intemperizados, foi possível identificar rochas da fácies metapelito-psamítica (xistos e filitos). Estas fácies apresentam rochas como sericita-muscovita-quartzo xistos (Figura 11), muscovita-sericita xistos e biotita-quartzo xistos, as quais comumente são cortadas por veios recristalizados de quartzo.

Na área não é definida a natureza dos contatos desta unidade com as rochas da Suíte Aurumina, entretanto é muito provável, como observado para as metavulcânicas da Formação Serrinha (SABOIA; MENEHINI, 2019), que estejam balizados por zonas de cisalhamento ductil e com intensa milonitização e silicificação.

Figura 11 - Afloramento característico da litofácies metapelito-psamítica da formação Córrego Salobro, pertencente ao Grupo Água suja, que aqui são representados por xistos e filitos intemperizados.

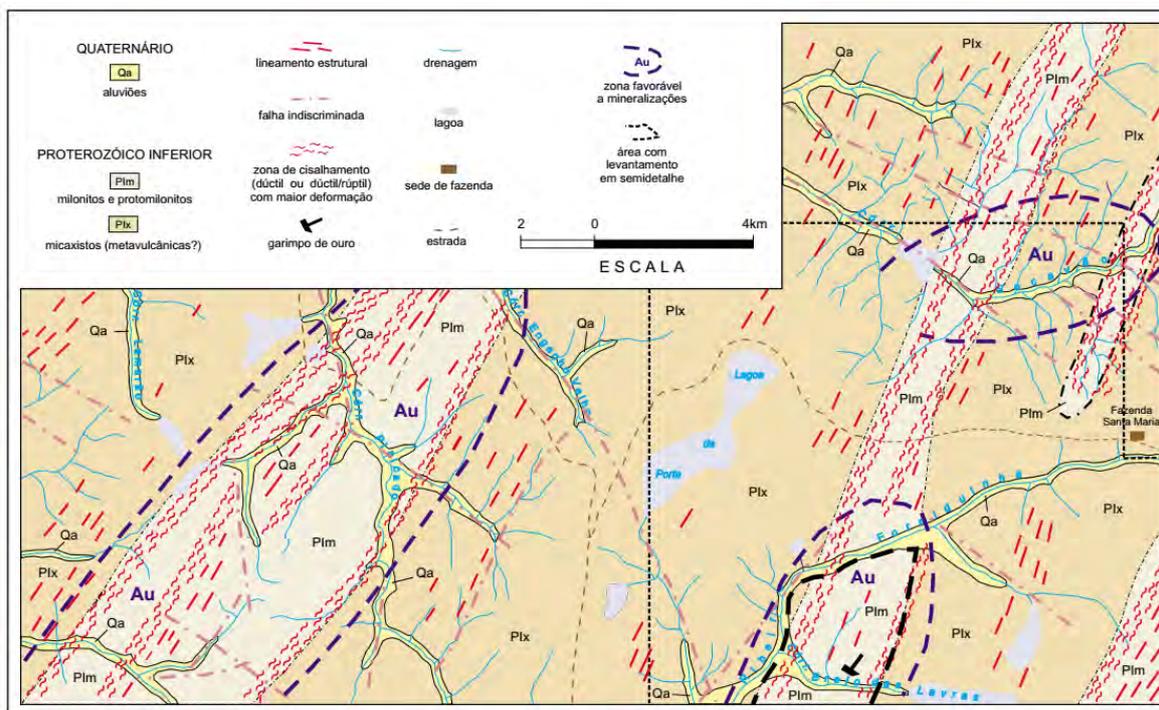


SUÍTE AURUMINA

As rochas da suíte Aurumina são onipresentes nos garimpos na área do requerimento, representadas por granitos e granodioritos/tonalitos de granulometria média a grossa e foliados, normalmente evidenciando texturas miloníticas, associadas a grandes zonas de cisalhamento, que se estendem na direção NE-SW por dezenas de quilômetros, conforme cartografia realizada na porção oeste da folha Dianópolis (Figura 12). A Suíte Aurumina, como definida originalmente, caracteriza rochas graníticas peraluminas e é subdividida em seis fácies, desenvolvidas em fases sin, tardi e póstectônicas. Na área do processo a unidade está representada por suas facies granodiorítica-tonalítica, associada a um extenso batólito balizado por zonas de cisalhamento de direções NNE, que são registrados por assinatura de alto K nas regiões de relevo positivo na aerogamaespectrometria (SABOIA; MENEHINI, 2019). Os metagranitoides são descritos como compostos por biotita metatonalitos, granada-biotita metatonalitos, com menor ocorrência de biotita metagranodioritos. Os metatonalitos são mesocráticos de cor cinza, enquanto os metagranodioritos possuem cor cinza-esbranquiçada.

Texturalmente, são rochas inequigranulares porfiríticas e seriada de granulação média a grossa, que localmente ocorrem como gnaisses nas zonas de alto *strain*. Nestes sítios as texturas gradam desde de ultramiloníticas a protomiloníticas, a partir do núcleo com maior intensidade de deformação, até praticamente isotrópicas com as texturas ígneas preservadas, fora das faixas cisalhadas. A trama protomilonítica é representada pela geração de porfiroclastos, *augen*-gnaisses e tectonitos L e LS, com estágio deformacional mais avançado, marcados por rochas cominuídas e recrystalizadas, litologicamente caracterizadas como muscovita-quartzo-feldspato ultramilonitos. Intrusões pegmatíticas quartzo-feldspáticas são comuns nos ultramilonitos. Os afloramentos quando muito intemperizados se ressaltam por uma cor de alteração avermelhada. Localmente é descrita a presença de enclaves de rocha de composição máfica.

Figura 12 - Mapa geológico de semi-detalhe elaborado durante a pesquisa mineral, nestes individualiza-se poções de milonitos granítico indiferenciados intercalados com micaxistos indivisos (RADAELLI, 2000).



Na figura 13 (A, B, C e D) estão documentados aspectos das ocorrências de afloramentos obtidas de visitas a algumas escavações garimpeiras. A figura 16A retrata umas das amostras que tipificam o minério, formada por um biotitito ou biotita xisto com um veio de quartzo sigmoide mineralizado e com sulfetos e pirita associados, em zona de cisalhamento dúctil dextral e com intensa alteração hidrotermal potássica. A textura milonítica é marcada pela orientação de agregados orientados de biotita, principalmente próximos aos *boudins* de quartzo, aparentemente com duas foliações. A mineralogia é composta basicamente muscovita, quartzo e plagiocásio, ocorrendo ainda piritas euédricas a subédricas disseminadas em textura granoblástica a milonítica. A figura 16B, observada num poço de garimpo, ilustra bolsões sigmoidais de material pegmatítico feldspático caulinizado, deformado, intercalados à foliação milonítica em granitoides cisalhados. Na figura 16C, aspecto similar é mostrado na parede de uma cava garimpeira, retratando granitoide ultramilonítico intemperizado com foliações tipo S-C, que constitui um hospedeiro das mineralizações. A figura 16D

mostra uma das formas da lavra garimpeira através de um poço vertical, que chegam a dezenas de metros de profundidade, com o material do rejeito exposto em primeiro plano. Adicionalmente, vale destacar as dimensões das zonas cisalhadas, que chegam alcançar espessuras métricas, além de evidenciar evento deformativo superimposto de comportamento mais rúptil.

Durante o reconhecimento geológico na região de estudo foi observado que as principais cavas se orientam com direções N15–N30 atingindo 700 metros de comprimento com profundidades acima de 20 m. A ação garimpeira também faz presente nas áreas de aluviões do baixo curso do córrego Brejo das Lavras, embora uma atividade de menor expressão em superfície e com restrita distribuição. Também se destacam inúmeros garimpos de subsuperfície, associados a poços desativados (*shafts*), em diferentes níveis, que provavelmente em subsolo nas áreas em que ocorrem possam formar galerias subterrâneas conectadas, com várias frentes de extrações (Figura 14).

Figura 13 - A) aspecto de uma das rochas que tipificam o minério na região do processo da CPRM, formada por um biotito contendo intercalações de veios sigmoidais de quartzo com ouro e sulfetos associados; B) bolsões Sigmoidais de material feldspático alterado/parcialmente caulinizado intercalado às foliações miloníticas em granitoides da Suite Aurumina em zona de cisalhamento de movimentação predominante dextral; C) afloramento em parede de cata garimpeira contendo granitoide milonítico intemperizado com foliações tipo S-C; D) método de lavra garimpeira através de um poço vertical em mineralizações do tipo filoneana (Fotos: Said Abdallah).

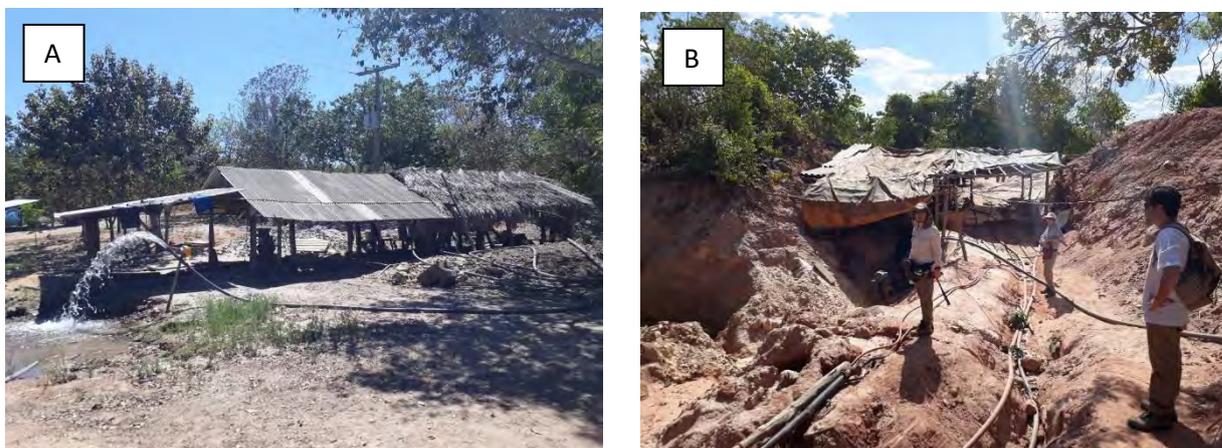


Figura 14 – Poço garimpeiro desativados, com a vista interna da profundidade do shaft (A) e seu aspecto externo (B) (Fotos: Angeval Alves de Brito).



Foi constatado que a atividade garimpeira ativa na região do projeto está resumida a duas áreas de garimpo (Figura 15), com a atividade de extração por meio de poços. A “boca” dos shafts apresentam dimensões de 1,40m x 1,40m e profundidades aproximadas de 50m, sendo utilizado para contenção das paredes revestimento de madeira nas partes mais próximas da superfície (boca do shaft), complementada por revestimentos por manilhas em concreto nas partes profundas. O processo visa dar maior segurança para os trabalhos, em virtude das características do minério e de suas encaixantes, que se apresentam com estágio elevado de alteração.

Figura 15 – Garimpos em atividade, com uma panorâmica de suas instalações rústicas, onde escavados profundos poços (shafts) para a lavra do minério, um no norte da área (A), situado nas coordenadas UTM E 183.452 e N 8.737.708, e o segundo mais a Sul (B), ballizado pelas coordenadas UTM E 183.350 e N 8.737.395 (Fotos: Angeval Alves de Brito).



8. TIPO DE DEPÓSITO

O ouro tem caracteristicamente granulação muito fina, conforme atestam as determinações visuais em lupa, e forma corpos mineralizados relacionados a cinco zonas sigmoidais principalmente encaixados dentro de uma zona de cisalhamento principal, tendo como encaixantes rochas da Suite Aurumina, principalmente da sua fácies tonalítica. Nas zonas mineralizadas veios e vênulas de quartzo dispõem-se subparalelamente segundo planos de atitudes N25E/70NW e lineação de estiramento mineral mergulhando 20° para NNE, que são concordantes com a estruturação regional definida pelo Lineamento Transbrasiliano (RADAELLI 2000). Níveis mineralizados também foram interceptados por um furo de sondagem, associados a rochas metabásicas, identificadas como anfibólio xisto e anfibolitos, que, porém, nas pesquisas desenvolvida na época para o Projeto Ouro Natividade, não foram consideradas na avaliação do depósito. Os planos estruturais associados as faixas de cisalhamento são interpretados como os possíveis canais de percolação das soluções e os *traps* para deposição dos fluidos mineralizados. Desta forma, pode ser considerado que a origem ou gênese da mineralização de ouro esteja atribuída a uma série de eventos superimpostos e policíclicos, em que nos seus últimos estágios teriam proporcionado a ascensão de fluidos hidrotermais através dos planos de fraqueza em um regime principalmente com características rúpteis.

As zonas de cisalhamento apresentam uma forte alteração hidrotermal potássica, formando faixas caracterizadas por um aumento de silício (silicificação), sódio (albitização) e potássio K+, originando veios de quartzo e sericitização/muscovitização dos feldspatos potássicos, como também a formação de níveis de biotititos. A albitização é mais localizada e associada a presença de opacos, e que por vezes ocorrem níveis de pirita hidrotermal. Com base nestas informações afirma-se que estas alterações do tipo biotitização, sericitização e piritização, que ocorrem nestas zonas do tipo *shear* e zonas de hidrotermalismo constituem importantes aspectos do controle das mineralizações de ouro, enquadrando-se a mineralização no tipo Ouro Orogênico.

MODELO METALOGENÉTICO

RADAELLI (2000) considera a mineralização aurífera de Natividade como do tipo epigenético, epitermal e metamorfogênica, associada a faixas de cisalhamento impressas em rochas granito-gnáissicas e envelopada em quartzo-sericita xistos. Novas interpretações reavaliam sua natureza, enquadrando-as também como do tipo filoneana-hidrotermal, conforme o modelo de *shear zone hosted in granitic rocks*, ou seja, zonas de cisalhamento em granitos milonitizados ou modelo *intrusion related gold system*, porém, as relacionando como formada em ambiente sob condições mesotermiais ou sistemas mesotermiais, baseado na paragênese representada por biotita neoformadas (biotititos) + sericita + albita + sulfetos de cobre e ferro, categorizando este equilíbrio em ambientes crustais mesotérmicos.

A mineralização principal, filoneana, é composta várias faixas mineralizadas, caracterizadas pela presença de veios e vênulas de quartzo subparalelos a direção principal do cisalhamento, que tem direção predominante N20°-30°E e mergulhos próximos a 70° para NW. Apresenta-se como formas tabulares e com espessuras variadas, restritas ao pacote hidrotermalizado, que alcança cerca de 800 m de extensão (CPRM, 1993). Os agentes dinamotermiais responsáveis pela geração das soluções aquosas mineralizantes, presumivelmente são produtos de eventos compressivos em caráter rúptil tardio, localmente gerados como reflexos no embasamento da tectônica brasileira. Estas soluções foram alojadas tanto nas encaixantes locais como nos pacotes superiores dos sedimentos do Grupo Natividade, fato observado nos garimpos da região (RADAELLI, 2000).

No entanto, novas observações e reinterpretações geológicas e estruturais a partir de informações recentes, combinada com análises geofísicas introduziram novos controles lito-estruturais considerando novo modelo geológico evolutivo. Assim, estes estudos conduziram para a detecção de novas estruturas rúpteis secundárias com potencial para mineralização, principalmente, as intersecções com falhas ou fraturas de direção norte-sul, possivelmente como uma componente cisalhante da deformação nordeste; e também com a identificação de estruturas geofísicas magnéticas e feições geomorfológicas de drenagens indicaram direção leste-oeste que apresenta potencial elevado para mineralização de alto teor.

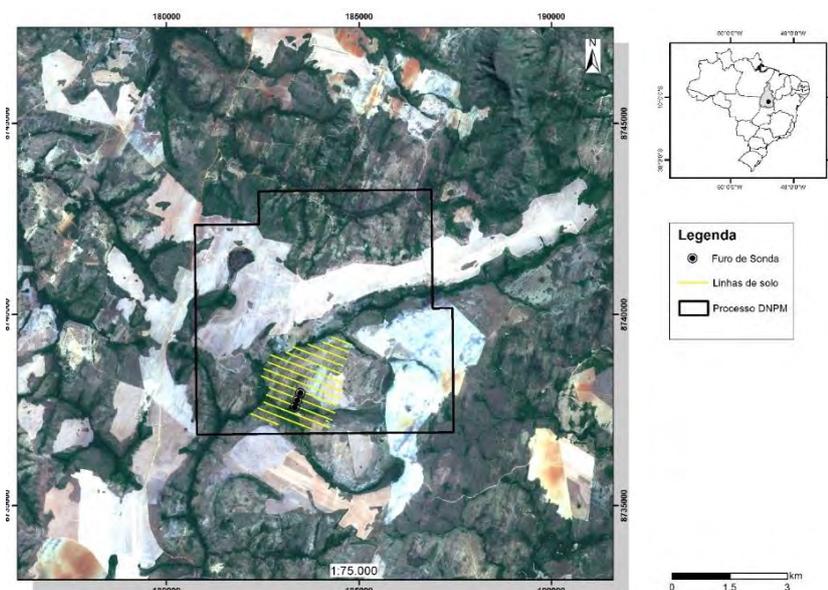
De modo que, associado ou independente do evento deformativo de distribuição regional, as designadas estruturas N25E, ocorrem fases com condições de formação rúptil, e que apresenta direções como próximas de leste-oeste a noroeste, e também lineamentos de direção geral norte sul, permitindo a definição de modelos estruturais prospectivos e com condições para hospedar mineralização de ouro.

9. PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA

Os resultados expostos sintetizam todas as atividades de pesquisas relativas à prospecção geoquímica realizada na área do processo da CPRM nº 860.163/84, atreladas ao Projeto Natividade. Os trabalhos de geoquímica consistiram de amostragem de solo ao longo de uma malha com linhas base paralelas a principal direção do cisalhamento regional, e a partir destas, linhas transversais ortogonais, afastadas entre si de 200m (Figura 16), em uma porção a sul da área do processo, denominada alvo Formiguinha. Para as amostragens de solo foi estabelecido um distanciamento dos pontos de coleta a cada 40m, realizado nas linhas transversais, sendo o horizonte B o alvo principal. As amostras, com peso de 10kg, foram ainda bateadas em campo, visando a obtenção de concentrados para análise visual com lupa para contagem de pintas, que foi realizado no próprio local da coleta. O alvo principal das pesquisas (Área Formiguinha) foi definido na porção centro-sul da área de processo, conforme observa-se na figura 19, na qual foram ainda selecionadas áreas menores com com os maiores valores anômalos, denominadas área A e área B. Nestes sítios foram executadas malhas adensadas (50m x 10m, 20kg de solo) em escala de detalhe (1:1.000), assim como realizadas escavações de poços e trincheiras. Uma terceira zona delimitada no alvo Formiguinha, denominada área C, a mais meridional e abrangendo basicamente todos os garimpos cadastrados na área do processo, não foi implementada amostragem geoquímica em função da contaminação de toda a área pela atividade garimpeira. Entretanto, considerando várias mineralizações primárias exploradas pelo garimpo, foi a escolhida para a locação dos três furos de sondagem.

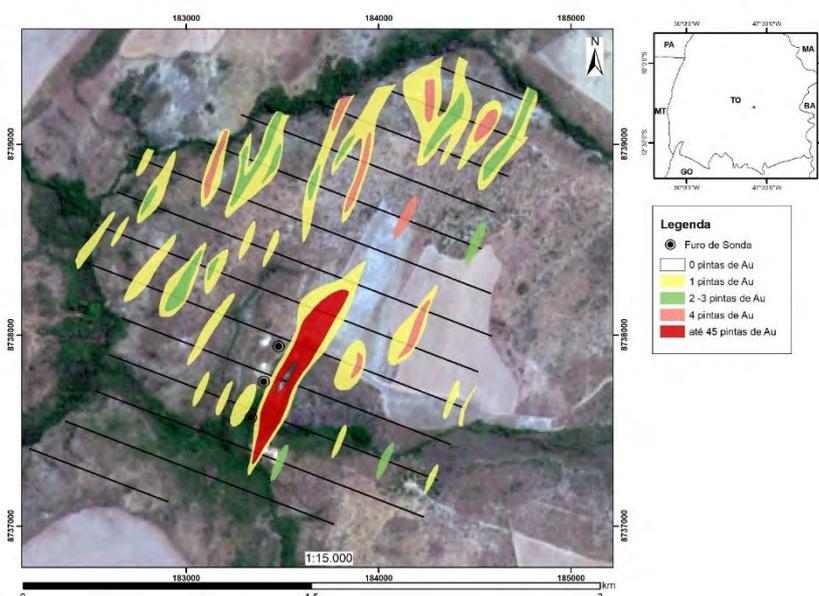
Amostras de solos também foram obtidas de escavações rasas de poços e trincheiras e analisadas para contagem de pintas, porém não foi possível associar os resultados citados no relatório com os locais das amostragens, razão pelo qual não foram consideradas para o estudo.

Figura 16 – Alvo principal da prospecção geoquímica por solos (Formiguinha) com localização e distribuição das linhas demarcadas pela distribuição dos pontos de coleta.



A partir dos dados apurados através da contagem de pintas, foram delimitadas zonas pautadas pelo conteúdo de pintas de ouro, resultando na identificação de diversas faixas anômalas, subparalelas e orientadas na direção N25°E (Figura 17). A mais notável dessas faixas envolve integralmente a zona de um garimpo primário, circunscrevendo-a em um halo de pintas, que se estendeu no seu prolongamento para NNE. Cabe destacar, que a parte central do halo é constituída por amostras de rejeitos do garimpo. Em geral, estas zonas são constituídas por amostras de mais de uma transversal que, no conjunto, delimitam zonas com 200 a 500m de comprimento e largura da ordem de 40 a 100m, contendo de 2 a 4 pintas no centro, com frequentes halos laterais com 1 pinta de ouro.

Figura 17 - Mapa de contagem de pintas com as zonas de anomalia de Au, baseadas em amostras de concentrados de solos.



Em razão de não haverem resultados analíticos em quantidade o suficiente para estimativas de teores, se faz necessário uma investigação ao longo das drenagens (sedimento de corrente – *follow-up*), pertinentes a bacias de captação além dos limites da área de pesquisa da CPRM, para averiguar a dispersão do ouro na totalidade do sistema aurífero. Numa segunda etapa, de posse destes dados, seria executada uma malha de solo mais ampliada, com linhas de amostragem NW-SE, alongadas nesta direção, que incluiria os terrenos além da zona do garimpo primário, conforme mostra a figura 18. Cabe salientar que a malha original executada pela pesquisa do Projeto Natividade, de 200m x40m, teve sua amostragem restrita a 30 cm de profundidade do solo. É sugerido, neste sentido, a ampliação dessa malha para 400 m x 40 m, com uma amostragem mais profunda, de 40 a 50 cm, com um volume de 2-3 Kg de material.

A tabela 3 mostra os parâmetros avaliados pelos estudos geoquímicos do Projeto Natividade, para materias relativos aos sedimentos de corrente e concentrados de batéia, tomando como referência o ponto de campo JA-S-2035 (sedimento de corrente) e JA-B-3035 (concentrado de bateia).

Figura 18 - Malha geoquímica para amostragem de solos ampliada, sugerida para futuras pesquisas no alvo principal das pesquisas da área do processo.

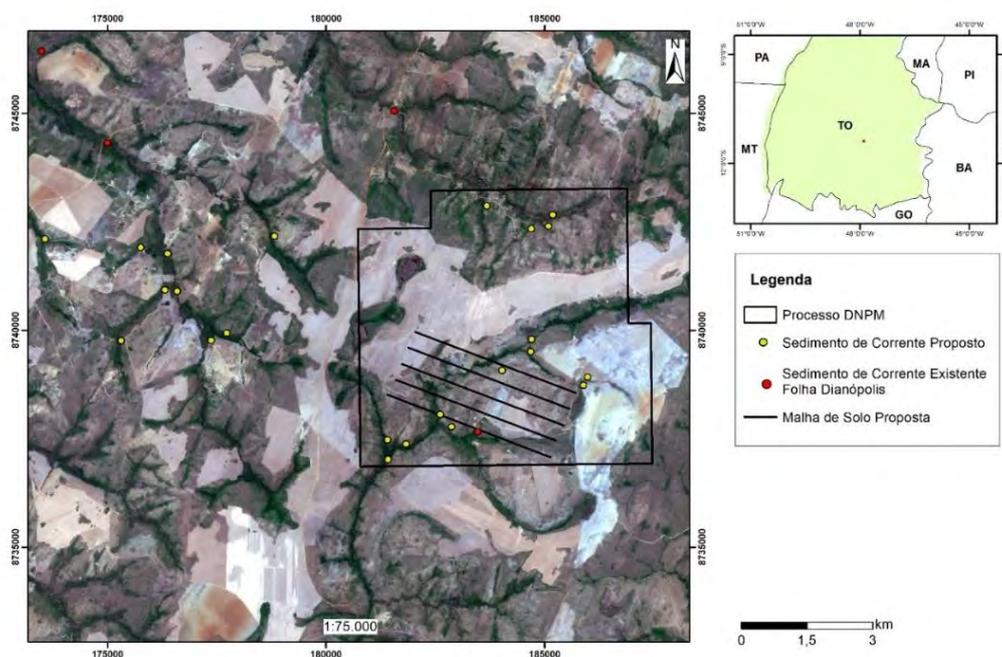


Tabela 3 - Resultados da amostra JA-S-2035 (sedimento de corrente) e JA-B-3035 (concentrado de bateia) da área do requerimento.

| NUM_CAMPO | JA-S-2035 | | NUM_CAMPO | JA-B-3035 | |
|-----------|-----------|---------|-----------|-------------------------|-------------|
| NUM_LAB | GIS595 | | NUM_LAB | GIS689 | |
| UTM_E | 183415 | | UTM_E | 183415 | |
| UTM_N | 8737554 | | UTM_N | 8737554 | |
| LATITUDE | -11.41 | | LONGITUDE | -11.405894 | |
| LONGITUDE | -47.90 | | LATITUDE | -47.900857 | |
| Au(ppb) | 3270.00 | In(ppm) | 0.01 | MAGNETITA | 1 |
| Au(ppm) | 3.27 | K(ppm) | 0.10 | ILMENITA | 15 |
| Pd(ppb) | 2.50 | La(ppm) | 38.20 | LIMONITA | 1 |
| Pb(ppm) | 0.00 | Li(ppm) | 0.50 | RUTILO | 15 |
| Pt(ppb) | 2.50 | Lu(ppm) | 0.02 | ZIRCÃO | 1 |
| Pt(ppm) | 0.00 | Mg(ppm) | 0.01 | GRANADA | 40 |
| Ag(ppm) | 0.23 | Mn(ppm) | 94.00 | TURMALINA | 15 |
| Al(ppm) | 0.19 | Mo(ppm) | 0.54 | CIANITA | 15 |
| As(ppm) | 0.50 | Na(ppm) | 0.01 | ESTAUROLITA | 15 |
| Au(ppm) | 0.05 | Nb(ppm) | 1.31 | ESFÊNIO | 1 |
| B(ppm) | 5.00 | Ni(ppm) | 4.50 | MICAS | 1 |
| Ba(ppm) | 30.00 | P(ppm) | 124.00 | AGREGADO | 1 |
| Be(ppm) | 0.05 | Pb(ppm) | 4.60 | GAHNITA | 1 |
| Bi(ppm) | 0.10 | Rb(ppm) | 5.00 | | |
| Ca(ppm) | 0.01 | Re(ppm) | 0.05 | TABELA SEMIQUANTITATIVA | |
| Cd(ppm) | 0.01 | S(ppm) | 0.01 | CÓDIGO TEOR | Significado |
| Ce(ppm) | 74.13 | Sb(ppm) | 0.03 | 85 | 75 - 100 % |
| Co(ppm) | 3.40 | Sc(ppm) | 0.70 | 60 | 50 - 75 % |
| Cr(ppm) | 6.00 | Se(ppm) | 0.50 | 40 | 25 - 50 % |
| Cs(ppm) | 0.27 | Sn(ppm) | 3.00 | 15 | 5 - 25 % |
| Cu(ppm) | 8.40 | Sr(ppm) | 0.25 | 03 | 1 - 5 % |
| Fe(%) | 0.84 | Ta(ppm) | 0.43 | 01 | < 1% |
| Ga(ppm) | 1.00 | Tb(ppm) | 0.31 | | |
| Ge(ppm) | 0.05 | Te(ppm) | 0.24 | | |
| Hf(ppm) | 0.14 | Th(ppm) | 21.20 | | |
| Hg(ppm) | 1.32 | Ti(ppm) | 0.01 | | |
| W(ppm) | 1.30 | Tl(ppm) | 0.11 | | |
| Y(ppm) | 3.87 | U(ppm) | 3.23 | | |
| Yb(ppm) | 0.20 | V(ppm) | 5.00 | | |
| Zn(ppm) | 7.00 | Zr(ppm) | 3.90 | | |

10. PROSPECÇÃO GEOFÍSICA

A área do requerimento apresenta alta escassez de levantamentos geofísicos. O principal trabalho selecionado para os estudos geofísicos são provenientes do levantamento aerogeofísico regional de alta resolução, o Projeto Prospecção Geofísica Bacia do Parnaíba, que alcança área de trabalho e cujos dados foram disponibilizados pela ANP, visto que o objetivo do levantamento tinha como alvo depósitos de hidrocarbonetos.

O levantamento aerogeofísico da bacia do Parnaíba permitiu a aquisição perfis gamaespectrométricos e magnetométricos regionais, que apresentam configuração de linhas de voo com direção N-S, espaçadas em 500 metros, e linhas de controle E-W, com espaçamento de quatro quilômetros. Do total de linhas, cerca de 13 tem trechos dispostos sobre a área de requerida. A altura média de voo foi estipulada em cerca de 100 metros.

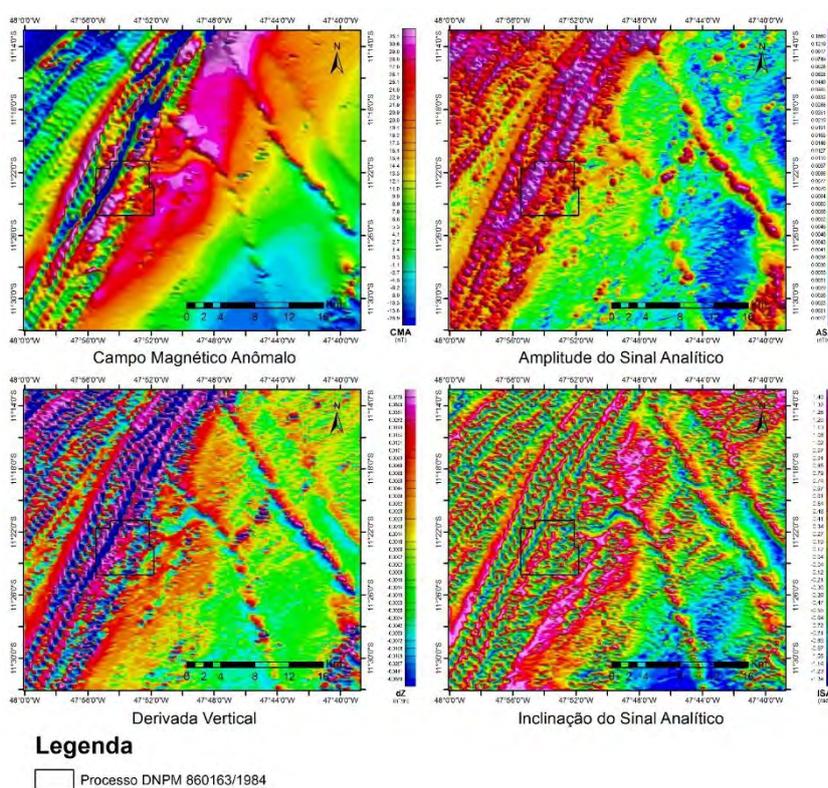
A partir dos dados brutos, já corrigidos e micronivelados, foi criado um recorte expandido que contém a área do requerimento, definida através do processo DNPM 860163/1984. Sob esse recorte foram gerados os diversos produtos utilizados nas interpretações quantitativas e qualitativas. Para o processamento dos dados foi utilizado o *software Geosoft™ Oasis Montaj®*.

10.1. AEROMAGNETOMETRIA

O material, já pré-processado, foi interpolado com o método de gridagem bidirecional,

gerando o mapa de Campo Magnético Anômalo (CMA) e, a partir dele, os mapas de amplitude de Amplitude do Sinal Analítico (ASA), Derivada Vertical (dZ) e Inclinação do Sinal Analítico (ISA), todos com células de interpolação de aproximadamente 125 metros, equivalente a $\frac{1}{4}$ do espaçamento entre as linhas de voo (VASCONCELOS *et al.*, 1990). O resultado desse processo de interpolação é mostrado na figura 19, com cada produto expondo uma análise relativa ao posicionamento e a forma da fonte causativa das anomalias, permitindo auxiliar principalmente a interpretação estrutural, tais como zonas de cisalhamento, falhas e diques.

Figura 19 - Mapas de Campo Magnético Anômalo (CMA), Amplitude do Sinal Analítico (ASA), Derivada Vertical (dZ) e Inclinação do Sinal Analítico (ISA) da área de trabalho.



De acordo com a figura 19, no mapa de ASA é possível perceber uma forte estruturação NE-SW, correlacionada à disposição do lineamento transbrasiliiano. As anomalias de maior amplitude (acima 0.180 nT/m) estão posicionadas na porção oeste da área de pesquisa, nesta região mostra respostas magnéticas predominantemente lineares, de direção N25E, correlatas a a orientação das macrozonas de cisalhamento. Regionalmente, os mapas de dZ e ISA evidenciam estruturas tipo sigmoides e lineares. As feições lineares seguem preferencialmente a orientação aproximada N25E e, secundárias a elas, são identificadas outras de direção N30W, mais antigas e menos expressivas, que cortam a região a nordeste da área de recorte.

Os garimpos existentes na região estão localizados regionalmente em uma zona de média intensidade de amplitude do sinal analítico, no limite entre dois domínios magnéticos distintos. Tais domínios foram anteriormente mencionados por PRAXEDES (2015) e possivelmente são correlatos a uma zona de transição entre grandes compartimentos crustais.

A partir de um recorte mais restrito do Campo Magnético Anômalo foi realizada localmente uma deconvolução de Euler padrão (THOMPSON, 1982). Esse processamento permite estimar a profundidade média do topo das fontes magnéticas e observar seus posicionamentos em um espaço tridimensional. Para que o processo de deconvolução funcione corretamente faz-se necessária a definição prévia de alguns parâmetros. A medida da taxa de decaimento do campo potencial com relação à distância da fonte é denominada índice estrutural. Essa medida depende da forma da fonte, para as lineares (predominantes na área), em uma deconvolução padrão, é definido índice igual a um (GEOSOFT, 2017). Outro parâmetro importante é o comprimento da janela móvel, ele define a zona de cálculo do algoritmo em cada interação do operador matemático na matriz de dados. Para a área de trabalho, foi definida uma janela móvel de 1.250 metros, dez vezes o comprimento da célula de interpolação, que é a média de comprimento das maiores anomalias na área. A Figura 20 apresenta bloco-diagramas integrando o resultado da deconvolução para os parâmetros descritos e o Modelo Digital de Terreno (MDT).

O resultado da deconvolução de Euler corrobora com as feições observadas nos mapas magnetométricos, tendo os principais lineamentos seguindo uma orientação preferencial NE-SW. As soluções obtidas indicam estruturas magnéticas mais rasas a leste da área, enquanto que a oeste são constatadas lineações mais profundas. Concomitante as feições principais, também são observadas feições secundárias E-W.

10.2. AEROGAMAESPECTROMETRIA

Os dados gamaespectrométricos permitiram uma análise geral da emissão de radiação superficial natural do terreno através da informação de Contagem Total (CT). Individualmente, a distribuição das concentrações do potássio (K), equivalente de Urânio (eU) e equivalente de Tório (eTh), também foram aferidas. Para cada um desses dados em particular foi realizada uma interpolação com o método da curvatura mínima, em uma malha com células de aproximadamente 125 metros. Com o intuito de condensar as informações, foi gerado também um mapa de composição ternária RGB com os grids individualizados, dispondo do potássio no canal vermelho, equivalente de urânio no verde e equivalente de tório no azul (Figura 21).

O espesso manto de alteração dificultou uma melhor caracterização geofísica dos litotipos existentes na área. Radionuclídeos móveis, como o potássio, são facilmente carreados e deslocados para partes mais baixas do relevo. Como a emissão de raios gama é predominantemente superficial, o processo de remobilização dificulta uma boa correlação entre a litologia local e os dados levantados. Na área do requerimento foi observado um aumento do conteúdo radioativo em direção às partes mais baixas do relevo. Regionalmente, a distribuição de potássio se concentra a leste do recorte geofísico, enquanto os demais radioelementos acumulam-se predominantemente a oeste, porém com faixas concentração verificadas por toda a janela de observação.

Figura 20 - Imagem tridimensional da distribuição das soluções de Euler pela área do requerimento.

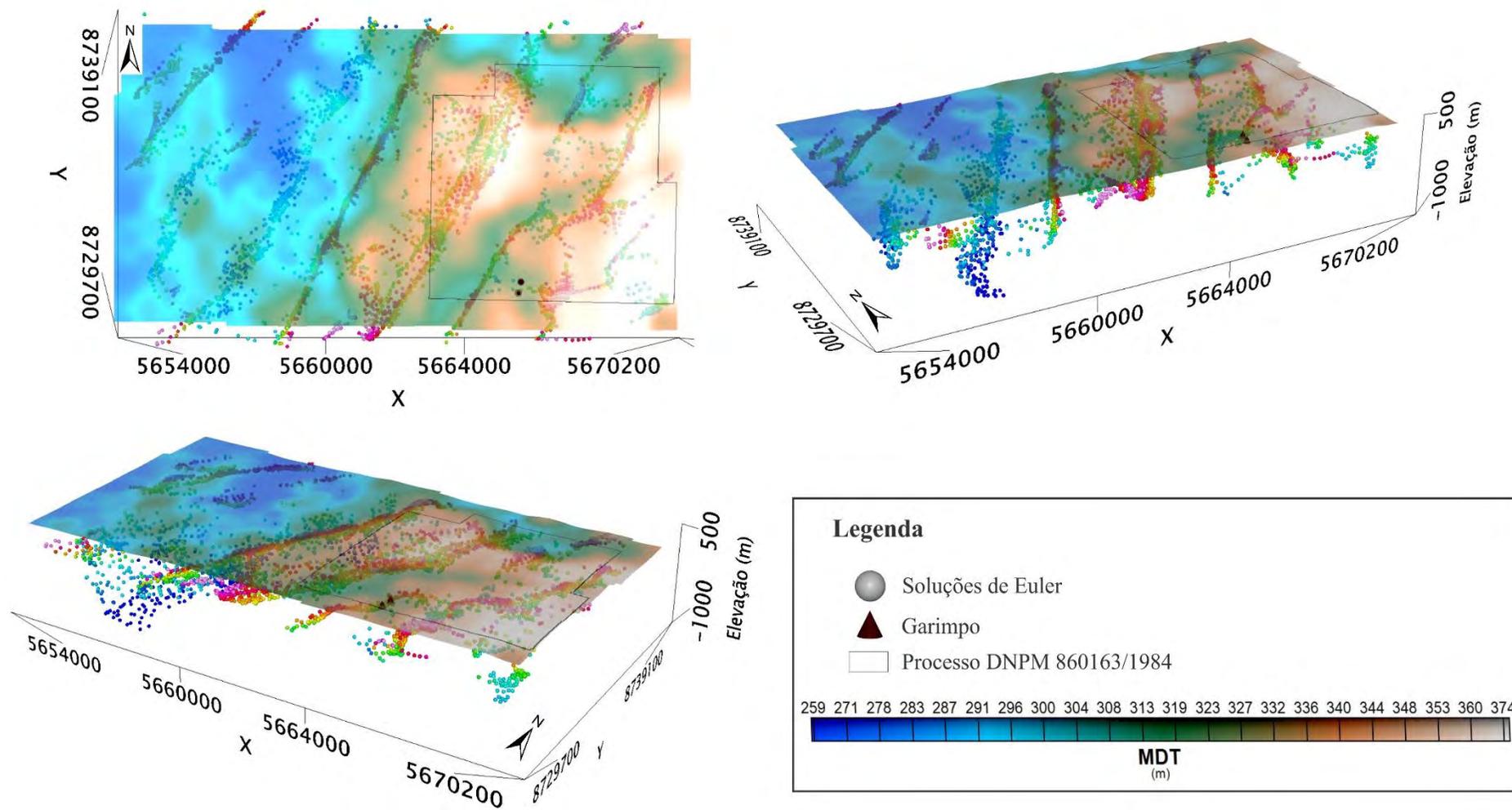
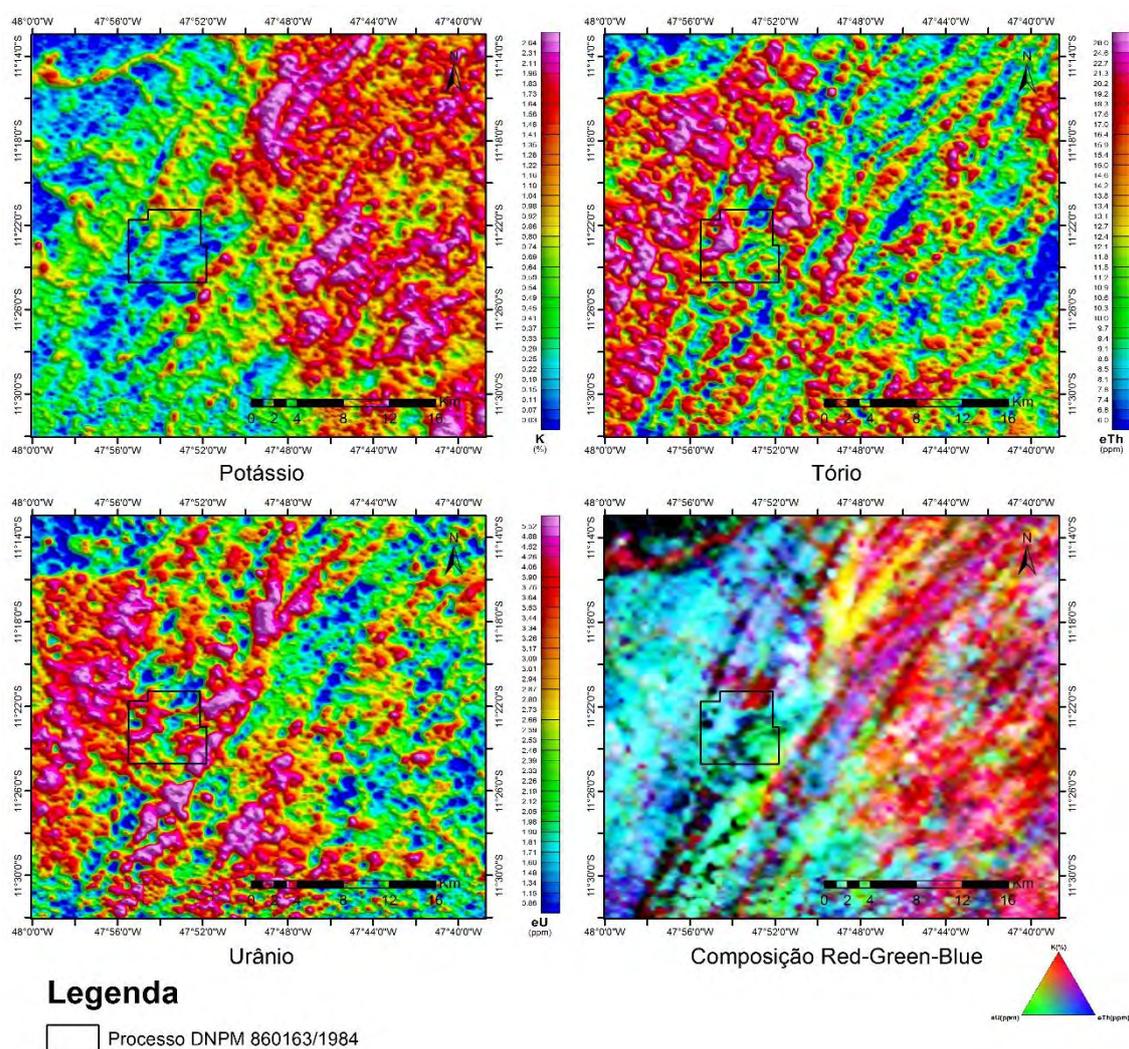


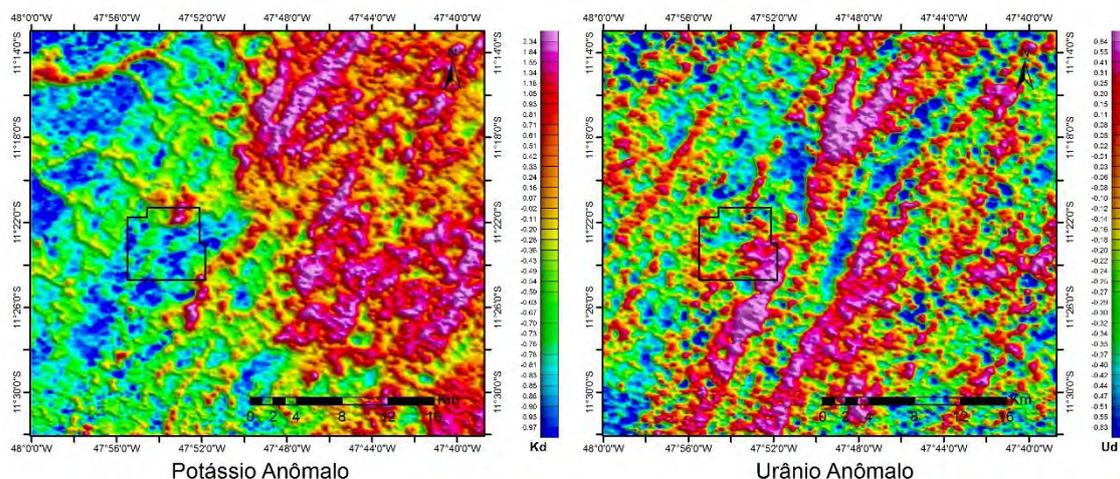
Figura 21 - Mapas de distribuição do Potássio (K), equivalente de Tório (Th) e equivalente de Urânio (U) e Composição Ternária dos radionuclídeos (RGB) da área de trabalho.



Um dos principais usos do método gamaespectrométrico na prospecção mineral é no reconhecimento de áreas resultantes ou sob influência de processos hidrotermais. Com esse intuito, PIRES (1995) propôs a utilização do radioelemento tório, geoquimicamente mais estável, para prever valores ideais de potássio e urânio em uma dada região. As diferenças entre os valores de potássio previstos pela teoria e os medidos nos sensores, chamados de anomalias, seriam provocadas por fatores distintos da composição litológica regional ou ambientais, sendo resultado, então, de alterações locais como o hidrotermalismo. Os mapas da figura 22 apresentam os resultados desse processamento para a região.

Regionalmente, analisando os mapas de potássio anômalo, a área de requerimento está posicionada em uma zona com baixo enriquecimento potássico, no entanto observamos, passando pelo limite leste do requerimento, uma faixa NE-SW na qual encontramos os maiores valores em enriquecimento de urânio recorte.

Figura 22 - Mapas de Potássio Anômalo e Urânio Anômalo da área de estudo.



Legenda

 Processo DNPM 860163/1984

10.3. INTEGRAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

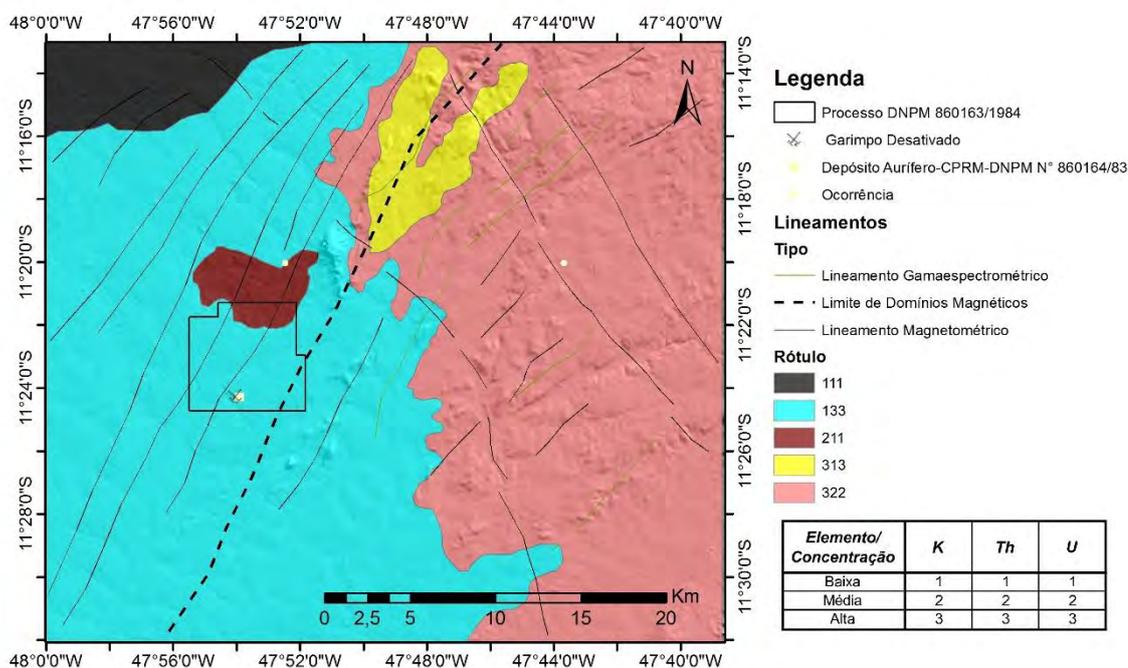
Para este estágio do trabalho foram utilizadas as cartas geofísicas geradas nas etapas anteriores. Nos mapas magnetométricos e gamaespectrométricos foram traçados os principais lineamentos. Ainda neste último, foram separadas as zonas com diferentes conteúdos radioativos, denominadas domínios gama. Esse processo possibilitou a obtenção de uma assinatura geofísica para a área de ocorrência aurífera observada dentro da área de requerimento.

A interpretação dos mapas gamaespectrométricos permitiu a divisão da área em cinco domínios litogeofísicos distintos (Figura 23). Dentro deste contexto, a mineralização conhecida está inserida em uma zona de baixa concentração de potássio, padrão azul ciano no RGB. Tal padrão é predominante na porção oeste da região de recorte e foi agrupado com o rótulo 133, indicando uma forte perda de potássio (geoquimicamente mais móvel) normalmente correlata a áreas sob forte influência intempérica.

Magneticamente é possível distinguir feições bem características, algumas delas de caráter rúptil, formando lineamentos retilíneos descontínuos, e outras de caráter dúctil-rúptil formando sigmoides pronunciados. Aproveitando essa análise, é possível distinguir na região dois domínios magnéticos: um, ao leste, com sinal magnético predominantemente fraco e outra a noroeste com sinal mais forte. O posicionamento da área de pesquisa no limite entre duas zonas com características magnéticas distintas corrobora regionalmente com a prospecção aurífera, pois, nessas regiões a crosta se encontra mais fraca e quebradiça, favorecendo a injeção de fluidos mineralizantes.

Utilizando os dados de recursos minerais contidos na folha Dianópolis (SABÓIA *et al.*, 2016), confrontamos os pontos de ocorrência aurífera contidos no recorte com a informação geofísica obtida. Na área selecionada é possível observar que as poucas ocorrências encontradas estão intimamente relacionadas a grandes lineamentos magnéticos.

Figura 23 - Mapa integrado de domínios litogeofísicos, lineamentos magnéticos e gamaespectrométricos.



11. PROCEDIMENTOS DE RESGATE DOS DADOS ANALÓGICOS

Neste capítulo é apresentado o processo de resgate e conversão dos dados analógicos, que formam o acervo do projeto pesquisa própria Natividade (CPRM, 1993 e 1996) para arquivos digitais. Os dados analógicos foram obtidos por meio de acesso livre ao acervo institucional do SGB/CPRM, que contém as documentações técnicas digitalizadas em formato PDF. Do relatório foi extraído temas ligados a diferentes áreas de interesse dos quais foram selecionadas informações consideradas essenciais para os estudos de reavaliação do potencial da área e dos recursos geológicos do depósito. Neste sentido, foram compilados, entre outros, dados relativos aos mapas geológicos, topográficos, furos de sondagem, afloramentos e resultados analíticos.

Os dados analíticos geoquímicos, essenciais para a modelagem geológica, são relativos a amostragens de solos realizada em duas etapas, semi-detalhe (malha de 200 m x 40 m) e detalhe (malha de 50 m x 10 m), esta última executada em duas zonas anômalas (áreas A e B) definidas com base nos dados da primeira etapa, norteadas por contagem de pintas em concentrados. Amostras extraídas de escavações rasas (poços e trincheiras), apenas realizadas nos alvos A e B, também foram analisadas, porém não tiveram seus dados utilizados devido a conflitos sobre a localização dos pontos de amostragem. Os dados da sondagem, que fundamentaram todo o processo de modelagem geológica, são relativos a três furos de sonda, nomeados NA-01-TO, NA-02-TO e NA-03-TO, que atingiram profundidades respectivas de 120m, 150m e 150m, executados exclusivamente em um alvo denominado área C (Figura 24). Este alvo circunscreve áreas de garimpos em minério primário

alterado, presentes ao longo de uma faixa controlada pela estruturação regional de direção N20/65-70NW, no sul da área do processo, no qual não foi implementado levantamento geoquímico devido a sua contaminação pela lavra garimpeira. As sondagens foram executadas por meio de sonda rotativa diamantada tipo BBS-35, com os furos realizados com inclinação de 60° e dois deles (NA-01-TO e NA-02-TO) com seus desvios medidos com equipamento DDI Fotobor. O espaçamento entre os furos foi de 200m, tendo sido projetados para atravessar ortogonalmente a direção estrutural predominante, com azimute 115°. As amostras dos testemunhos foram dosadas para ouro por meio de absorção atômica (AA).

Figura 24 - Mapa geológico da área de detalhe C, localizada na porção meridional da área do processo de pesquisa (CPRM, 1993).



No levantamento de campo só foram localizados os marcos da bocas dos furos NA-02-TO e NA-03-TO (Figura 25). Um local provável do marco do furo (NA-1-TO) seria próximo ao córrego Brejo das Lavras, conforme indica o relatório de pesquisa. Marcas de inundações no entorno da área indicada sugerem que seu marco teria sido arrancado da sua posição e transportado.

Figura 25 – Laje de cimento marcando o local do Furo NA-02-TO (esquerda) e marco com identificação do furo NA-03-TO.



Para identificação do geoposicionamento dos furos de sonda foi empregado equipamento de GPS geodésico diferencial GeoTech, que possui duas antenas receptoras, uma fixa num local previamente determinado (denominada base), efetuando leituras em um intervalo de tempo maior, e outra de leitura mais rápida, que é transportada e posicionada exatamente nos pontos de interesse (Figura 26).

Esse processo confere mais agilidade ao trabalho de campo, visto que as leituras de interesse são feitas mais rapidamente, e um processamento relativo dos dados no par de antenas oferece um excelente nível de precisão. Após a aquisição dos dados, é acessado arquivos no formato PDC gerados através do *software* NovAtel Connect, que é fornecido em conjunto com o GPS. Esses arquivos gerados são processados através do *software* convert4 e utilizados para converter aqueles obtidos da antena-base, do formato PDC para o formato Rinex. Este formato é utilizado pelo site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na aba de posicionamento por ponto preciso (PPP), para efetivar as devidas correções atmosféricas. Após a realização das correções, o IBGE disponibiliza ao usuário as coordenadas da estação requerida (em diversos formatos), a qual é utilizada no processamento relativo como estação de referência para obtenção das demais. Este processamento pode ser realizado utilizando com *software* GTR Processor.

Devido a limitação a três furos de sondagem, dos quais apenas dois encontrados, não foi necessário empregar a metodologia de processamento relativo aos dados, bastando a utilização da antena base sobre os furos, e se utilizando de um tempo maior, de aproximadamente duas horas, de aquisição em cada ponto. Este procedimento permite maior confiabilidade no posicionamento, com um erro médio planimétrico e altimétrico de cerca de 30 cm.

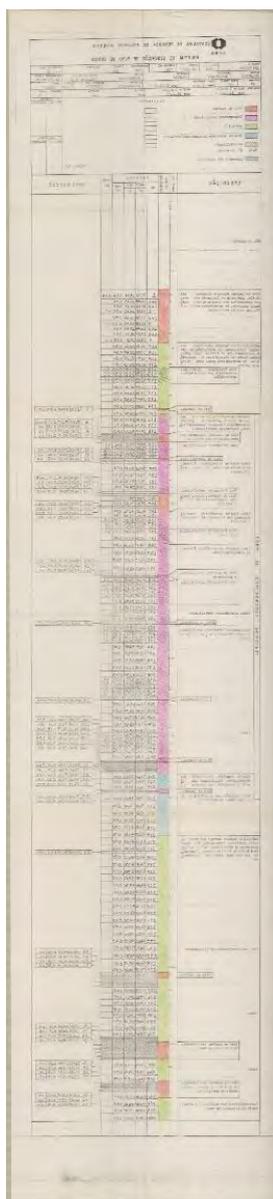
Figura 26 - Antena de GPS operando sobre marco do furo NA-03-TO.



11.1. RESGATE DOS DADOS DE SONDAGEM, ESPACIALIZAÇÃO EM GIS E DIGITALIZAÇÃO DOS VETORES (ÁREA C)

As informações dos furos de sondagem rotativa se encontram em boletins (*logs*) anexos ao relatório do projeto Natividade (Figura 27) e são compostas, dentre outros, pelas seguintes especificações: um cabeçalho com informações sobre a sigla do furo, cota, profundidade total do furo, número do alvará de pesquisa relacionado ao furo (Projeto Natividade), além da seção estratigráfica, com descrição sumarizada dos intervalos litológicos e níveis amostrados.

Figura 27 – Modelo dos boletins (*logs*) de sondagem do Projeto Natividade (CPRM, 1993).



Para a espacialização dos pontos relativos as bocas dos furos das sondagens, primeiramente, com a finalidade de minimizar o erro locacional e tornar o posicionamento espacial mais confiável, procurou-se ajustar as coordenadas dos furos obtidas em campo (Tabela 4), às feições geográficas (drenagens, caminhos, edificações e estradas) dos mapas à imagem Geocover.

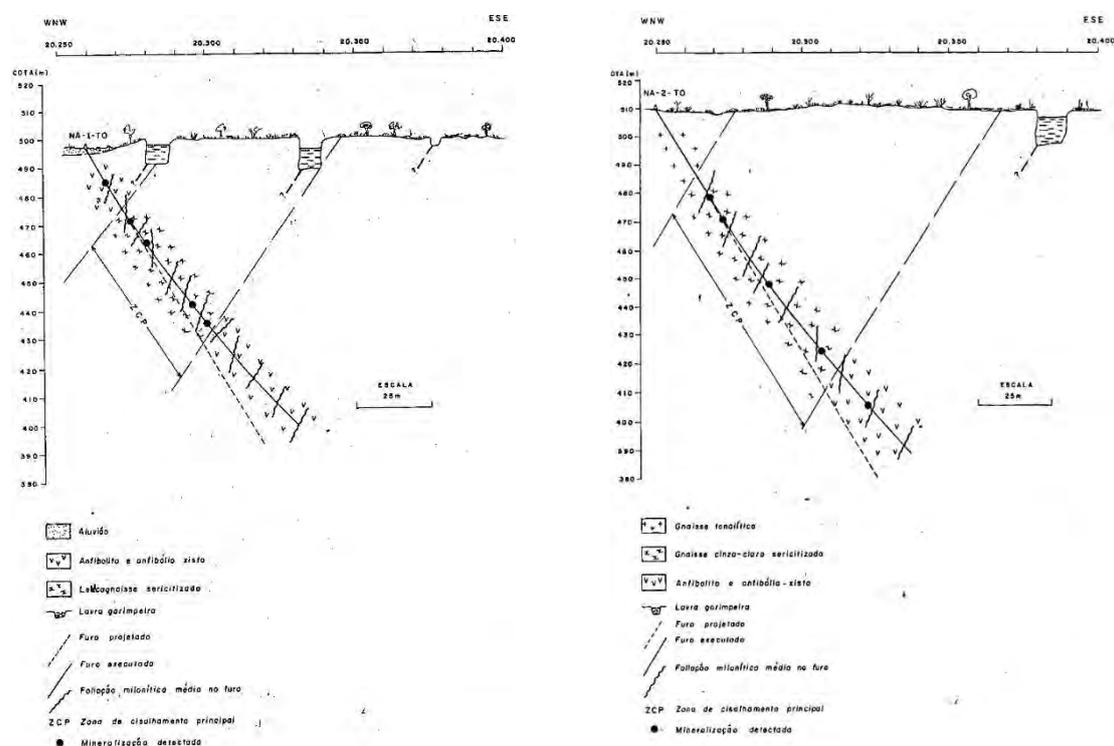
Com esse procedimento foi possível extrair a provável coordenada do furo NA-01-TO, cujo marco de identificação não foi encontrado em campo. Sua cota (Z) foi obtida projetando-se a boca do furo na topografia utilizada na modelagem geológica.

Tabela 4 - Coordenadas (x,y) e cotas (z) dos furos de sondagem levantadas em campo com GPS de precisão (medidas), com localização de suas “bocas” baseada na localização dos seus pontos nos mapas do projeto Natividade (CPRM, 1993).

| BHID | X | Y | Z | PROFUNDIDADE | MERGULHO | AZIMUTE (graus) | CONFIABILIDADE |
|---------|-------------|--------------|--------|--------------|----------|-----------------|----------------|
| NA-1-TO | 183.337.382 | 8.737.568.85 | 311.12 | 120 | 60 | 115 | MEDIDA |
| NA-2-TO | 183.403.364 | 8.737.756.86 | 324.62 | 150 | 60 | 115 | MEDIDA |
| NA-3-TO | 183.480.626 | 8737941.26 | 331.05 | 150 | 60 | 115 | INFERIDA |

Uma vez que não se encontraram os dados planimétricos das medições de desvios nos furos de sondagem rotativa, foi realizado o georreferenciamento em ambiente 3D de suas seções geológicas (Figura 28), encontradas no relatório final de pesquisa do projeto Natividade, para extrair graficamente os desvios no mergulho das perfurações. Desta forma, convencionou-se adotar para a medida de direção seu posicionamento original (planejado), o azimute 115°.

Figura 28 – Seção geológica interpretada dos furos NA-01-TO (esquerda) e NA-02-TO (CPRM, 1993).



Para o furo NA-03-TO (Figura 29), não foi possível extrair graficamente as cotas e os ângulos de desvio dos furos de sondagem, uma vez que essa medida não foi projetada no perfil e nem em

mapas nos formatos adequados para sua recuperação. Desta forma, considerou-se o desvio médio obtido dos outros dois furos para projetar como desvio inferido a seção do furo NA-03-TO, visando amenizar o erro espacial de sua exata localização. Na tabela 5 são apresentados os desvios utilizados para modelagem geológica dos corpos mineralizados.

Figura 29 – Seção geológica interpretada original do furo NA-03-TO (esquerda) e com o desvio projetado em traço verde.

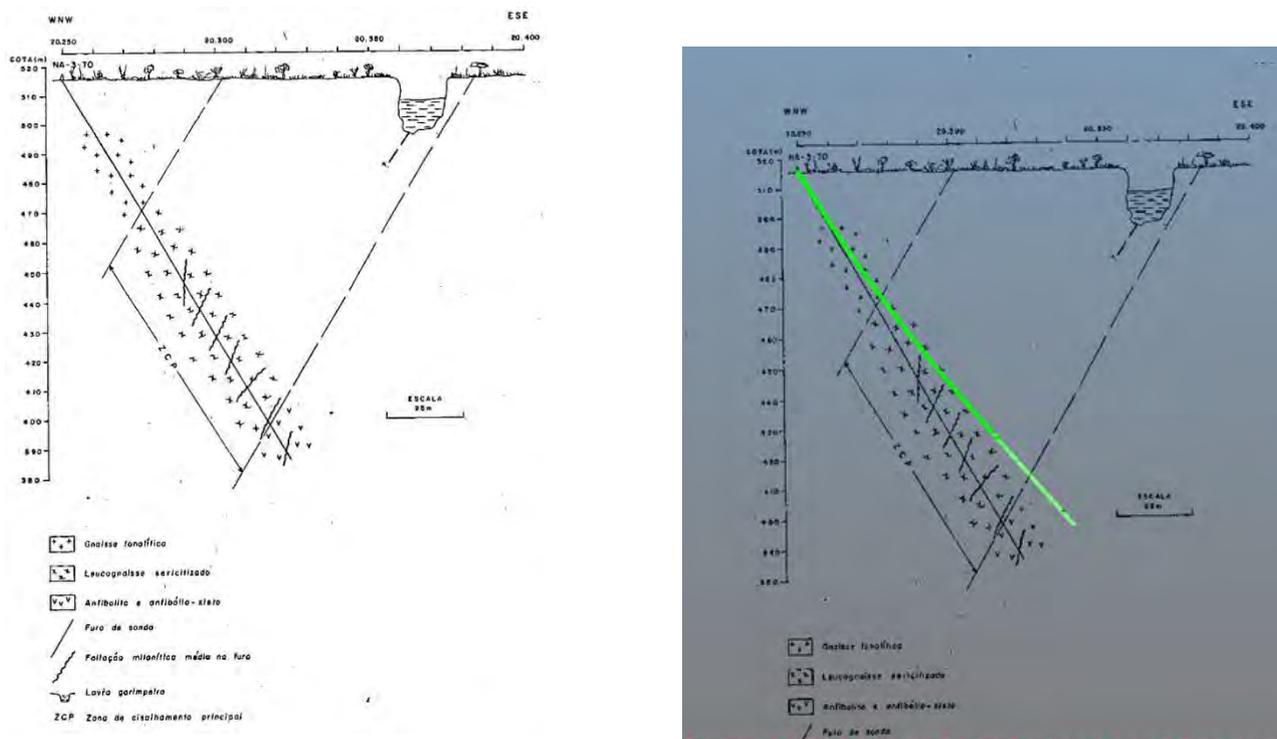


Tabela 5 - Medida dos desvios dos furos de sondagem dos furos NA-01-TO e NA-02-TO e extraídas e inferidas a partir dos mapas do projeto Natividade (NA-03-TO).

| BHID | FROM | TO | DIP | BRG |
|----------|------|-----|-------|-----|
| NA-01-TO | 0 | 30 | 59.58 | 115 |
| NA-01-TO | 30 | 60 | 54.07 | 115 |
| NA-01-TO | 60 | 90 | 51.59 | 115 |
| NA-01-TO | 90 | 120 | 48.05 | 115 |
| NA-02-TO | 0 | 30 | 59.42 | 115 |
| NA-02-TO | 30 | 60 | 58.67 | 115 |
| NA-02-TO | 60 | 90 | 53.83 | 115 |
| NA-02-TO | 90 | 120 | 51.03 | 115 |
| NA-02-TO | 120 | 150 | 49.34 | 115 |
| NA-03-TO | 0 | 30 | 59.5 | 115 |
| NA-03-TO | 30 | 60 | 56.37 | 115 |
| NA-03-TO | 60 | 90 | 52.71 | 115 |
| NA-03-TO | 90 | 120 | 49.54 | 115 |
| NA-03-TO | 120 | 150 | 48.7 | 115 |

11.2. RESGATE DOS RESULTADOS ANALÍTICOS DOS TESTEMUNHOS DE SONDAGEM

Os boletins com resultados analíticos das amostras dos testemunhos de sondagem (Figura 30) foram resgatados e digitados em tabelas Excel e agrupados em uma única tabela, usando-se como base as informações constantes em boletins analíticos constantes nos relatórios final de pesquisa (CPRM, 1993) e complementar de pesquisa (CPRM, 1996), cujos dados foram confrontados com os resultados registrados nos *logs* (boletins) de sondagem. As amostras dos testemunhos de sondagem foram analisadas unicamente para dosagem de ouro por absorção atômica (AA).

Figura 30 - Tabela original escaneada com os resultados analíticos das amostras dos furos de sondagem.

| LABORATÓRIO CENTRAL DE ANÁLISES MINERAIS - LAMIN | | QUÍMICA DE ELEMENTOS TRAÇOS | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-----------------------------|------|------------------|----|--------------|-------|-------|-------|-------|----|-------|----|-------|----|-------|
| CPRM | | Requisição: 003/GO/94 | | Lote nº: 3030/GO | | 79-80 | | | | | | | | | | |
| Projeto: NATIVIDADE | | oc. 2342.650 | | Data: 22/06/94 | | Cartão nº 28 | | | | | | | | | | |
| S E O | Nº de Campo | Método | AA | | | | | | | | | | | | | |
| | | Elemento | 10 | 11 | 19 | 20 | 28-29 | 31-36 | 44-47 | 55-56 | | | | | | |
| | | Código | 10 | | | | | | | | | | | | | |
| | | Nº de Lab | 3 | 4-9 | 12 | 13-18 | 21 | 22-27 | 30 | 31-36 | 39 | 40-45 | 48 | 49-54 | 57 | 58-63 |
| 1 | NA-250-15 | GHC407 | 0,18 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | NA-251-16 | 408 | 0,28 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | NA-252-17 | 409 | 0,46 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | NA-253-18 | 410 | 0,56 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | NA-254-19 | 411 | 0,12 | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | NA-255-20 | 412 | 0,14 | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | NA-256-21 | 413 | 0,80 | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | NA-257-22 | 414 | 0,08 | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | NA-258-23 | 415 | 0,06 | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | NA-259-24 | 416 | 0,02 | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | NA-260-25 | 417 | 0,04 | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | NA-261-26 | 418 | 0,14 | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | NA-262-27 | 419 | 0,22 | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | NA-263-28 | 420 | 0,06 | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | NA-264-29 | 421 | 0,18 | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | NA-265-30 | 422 | 0,10 | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | NA-266-31 | 423 | 0,10 | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | NA-267-32 | 424 | 0,06 | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | NA-268-33 | 425 | 0,16 | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | NA-269-34 | 426 | 0,08 | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | NA-270-35 | 427 | 0,14 | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | NA-271-36 | 428 | 0,04 | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | NA-272-37 | 429 | 0,08 | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | NA-273-38 | 430 | 0,08 | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | NA-274-39 | GHC431 | 0,18 | | | | | | | | | | | | | |

OBS: *Wiliam Rodrigues Serra*

Limite que o valor registrado
Método detectado
Mínimo detectado

Baixo solicitado
Plano de fundo
Limite máximo

*recebido
22.06.94*

O banco de dados da sondagem contém as descrições geológicas dos furos, dados locais, mergulho e azimute, além de dados, os quais reunidos em quatro tabelas nomeadas como: *Collar*, *Survey*, *Litology* e *Assay*, integralmente desenvolvidas pelo *software* CAE Mining Studio3 versão 3.21.9646. Essas tabelas foram organizadas da seguinte forma:

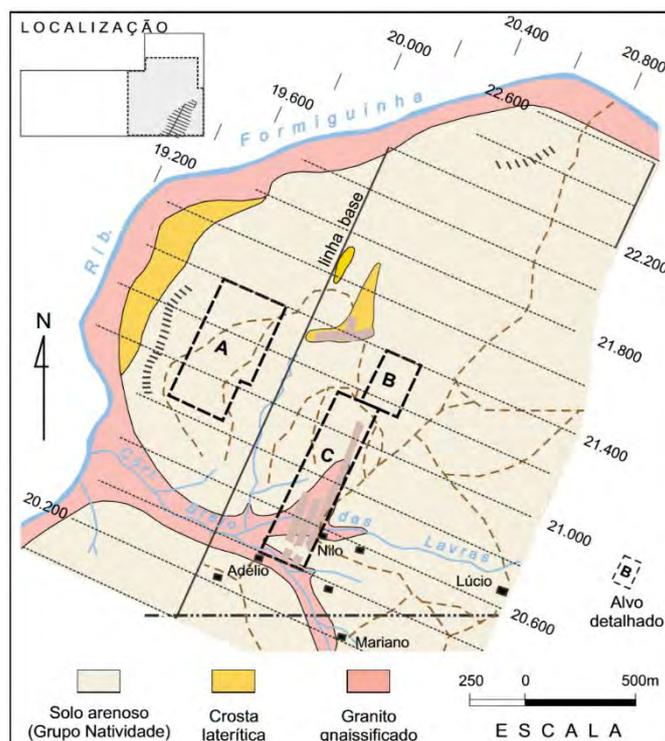
- *Collar*: Armazena os dados de posição espacial de cada furo de sondagem, bem como a cota da boca do furo, profundidade;
- *Survey*: Armazena os dados de azimute e mergulho de cada furo;
- *Litology*: Armazena os dados de litologia e demais características descritivas dos intervalos litológicos de cada furo;
- *Assay*: Armazena os dados analíticos provenientes das análises químicas dos intervalos amostrados de cada furo.

Previamente à modelagem, procedeu-se a validação do banco de dados, que contemplou a verificação de eventuais informações ausentes, intervalos com erros de digitação, intervalos duplicados, e a consistência da profundidade final do furo e dos intervalos “De” (FROM) e “Até” (TO), com eliminação de *gaps* (lacunas) e *overlaps* (sobreposições). Após os dados consistidos, eles foram exportados para o *software* Datamine Studio 3, com as tabelas mescladas e convertidas em um único arquivo denominado Sond_NA18092018 (drillholes).

11.2.1. ALVO C

O mapa da figura 31 (RADAELLI, 2000) mostra a área total levantada geoquimicamente em semi-detalle no âmbito do processo 860.163/84 e os alvos de detalhe com anomalias delimitados com base na interpretação de seu dados (áreas A e B). No alvo C (Figura 32), localizado na porção sudeste da área de pesquisa, que, como salientado antes, não teve amostragem de solo em virtude da contaminação da área pela atividade do garimpo, foi executado um mapeamento geológico, embasados pelos dados de subsuperfície dos testemunhos de sondagem.

Figura 31 – Mapa de detalhe da principal área para as pesquisas do processo 860.163/84, os alvos anômalos geoquímicos (áreas A e B) detalhados para estudos de maior detalhe e o alvo C, abrangendo a área garimpeira e selecionado para a sondagem (RADAELLI, 2000).



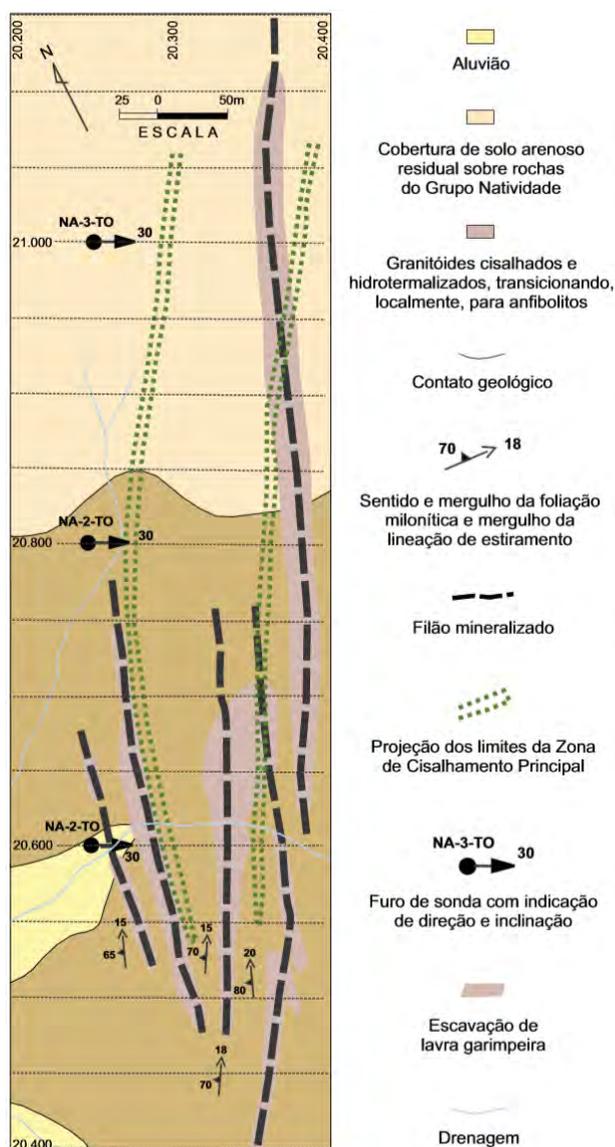
A mineralização primária, intensamente explorada pela lavra garimpeira, interpreta-se que estaria contida na faixa de cisalhamento principal, que é marcadamente registrada nos testemunhos da sondagem. Essa zona, com aproximadamente 60 m de espessura, exhibe fortes alterações hidrotermais (potassificação, silicificação, biotitização), com rochas encaixantes de composição

anfíbolítica e granítica, as quais também apresentam evidências de cloritização. Vale destacar que em nenhum horizonte foi detectado o ouro visualmente (lupa de mão), assim como os veios de quartzo não acusaram resultados significativos, observando-se, por outro lado, uma sericitização generalizada, que seria o guia das mineralizações auríferas.

O depósito posiciona-se encaixado na zona de cisalhamento principal, exibindo expressiva foliação milonítica de direção N20/65-70NW contendo estiramento mineral LX 15/18 com feições de indicadores cinemáticos como bandas de cisalhamento, estruturas S-C, assimetria de porfiroclastos de quartzo, zonas de sombras de pressão assimétrica sigmoidais de micas, todos indicando movimentação dextral de caráter dúctil-rúptil. A zona mineralizada caracteriza-se por forte foliação milonítica e estiramento mineral associado com sistema de fraturas subverticais.

Os veios de quartzo, comumente, estão associados a um biotita gnaisse milonítico, com características do tipo *shear vein*, alongados e bastante estirados, com espessuras variadas, que atingem até 1,5 m de largura. Interceptando as zonas mineralizadas observa-se duas direções preferenciais de fratura, a primeira de N290/80NE com presença de filmes de sulfetos remobilizados e a segunda com atitude N75/60SE.

Figura 32 – Mapa geológico do alvo C, com mapeamento dos filões, pontos de locação dos furos de sondagem e localização das seções geológicas verticais.

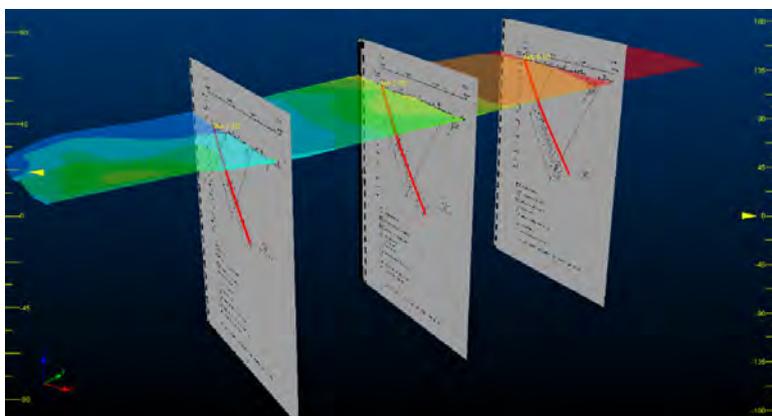


12. MODELAGEM GEOLÓGICA 3D

De posse dos dados resgatados dos relatórios finais de pesquisa do processo 860.163/84 (CPRM, 1993 e 1996), procedeu-se à reinterpretação e reavaliação do modelo geológico dos filões mineralizados, utilizando-se o *software* Datamine Studio3 versão 3.21.7164.0_EN_R.

Para elaboração do modelo geológico 3D da área, as seções verticais encontradas no relatório histórico foram primeiramente georreferenciadas e, posteriormente, reinterpretadas a luz dessas atualizações, as quais referenciadas pelo presente estudo como SV-01, SV-02 e SV-03, correspondentes, respectivamente, aos furos NA-01-TO, NA-02-TO e NA-03-TO, conforme observa-se na figura 33, que mostra os planos verticais representativos das seções definidos a partir da boca dos três furos executados. Essa construção se valeu dos mesmos azimutes planejados na programação de sondagem, ou seja, 115°.

Figura 33 - Vista em perspectiva das seções georreferenciadas com a visualização das bocas dos furos.



O processo seguinte consistiu na construção de polígonos que representam os limites do corpo mineralizado em cada uma das seções, observando a geometria do mesmo nas seções digitalizadas. Os limites do corpo mineralizado foram definidos levando em consideração a geologia e as análises químicas, a partir dos intervalos conforme definidos pelo relatório final de pesquisa, respeitando, sempre que possível, os intervalos amostrados nos perfis de sondagem. Na definição dos pontos das escavações (poços e trincheiras) e de afloramentos das rochas associadas a zona de cisalhamento mineralizada na topografia, foi utilizado o traço do filão presente nos levantamentos topográficos (Figuras 34 a 36).

Figura 34- Seção geológica SV-01 do furo NA-01-TO.

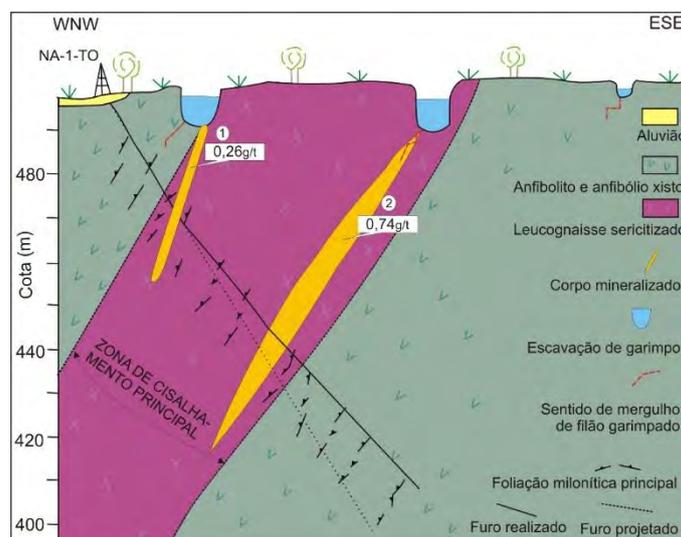


Figura 35 - Secção geológica SV- 02 do furo NA-02-TO.

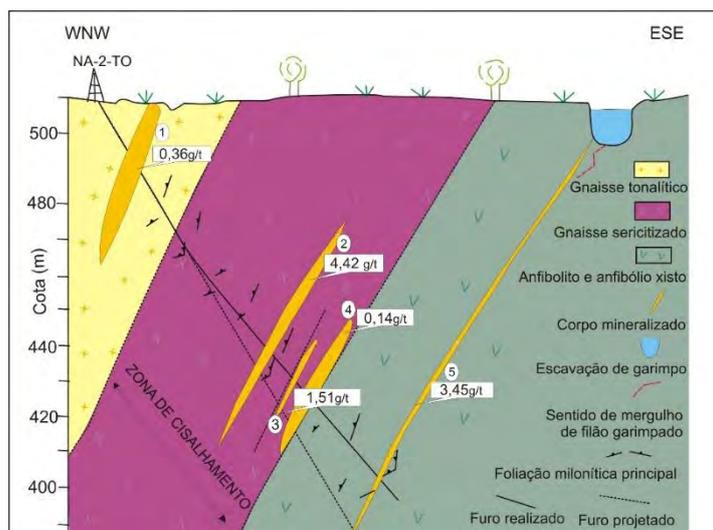
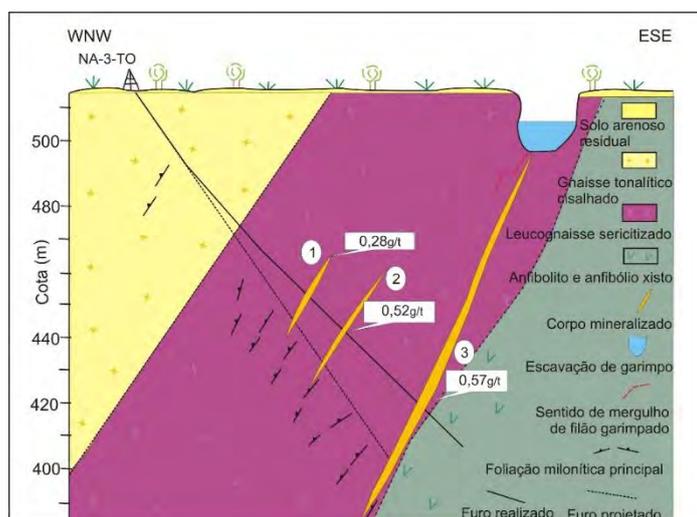


Figura 36 - Secção geológica SV- 03 do furo NA-03-TO.



Após organização dos dados e de reinterpretação da configuração dos corpos mineralizados, optou-se por interpretar apenas as seções verticais e gerar os sólidos mineralizados, agora bem mais definidas e detalhadas, por meio de *software* específico, para modelagem e estimativa de recursos.

Desta forma, procedeu-se à geração de sólidos (*wireframes*), análise estatística e estimativa de recursos para a área. Os sólidos tridimensionais dos corpos mineralizados foram construídos por meio de triangulações, conectando as faixas mineralizadas (*strings*) interpretadas nas seções geológicas verticais (SV-01, SV-02 e SV-03) com fechamento do corpo até a meia-distância das seções anterior e posterior aos polígonos inicial e final. O processo de triangulação gera dois arquivos distintos para cada superfície (*wireframe*): um de pontos e outro de triângulos representados pelas letras finais dos nomes dos arquivos, ou seja, *.pt* para pontos e *.tr* para triângulos. Esses sólidos foram revisados por ferramentas de validação do próprio *software*, que checam triângulos duplicados, arestas duplicadas, faces vazias e abertas, interseções entre triângulos, entre outros (Figuras 37 e 38).

Figura 37– Vista em perspectiva do modelo tridimensional dos filões mineralizados (amarelo) e dos furos de sondagem rotativa (traços vermelhos).

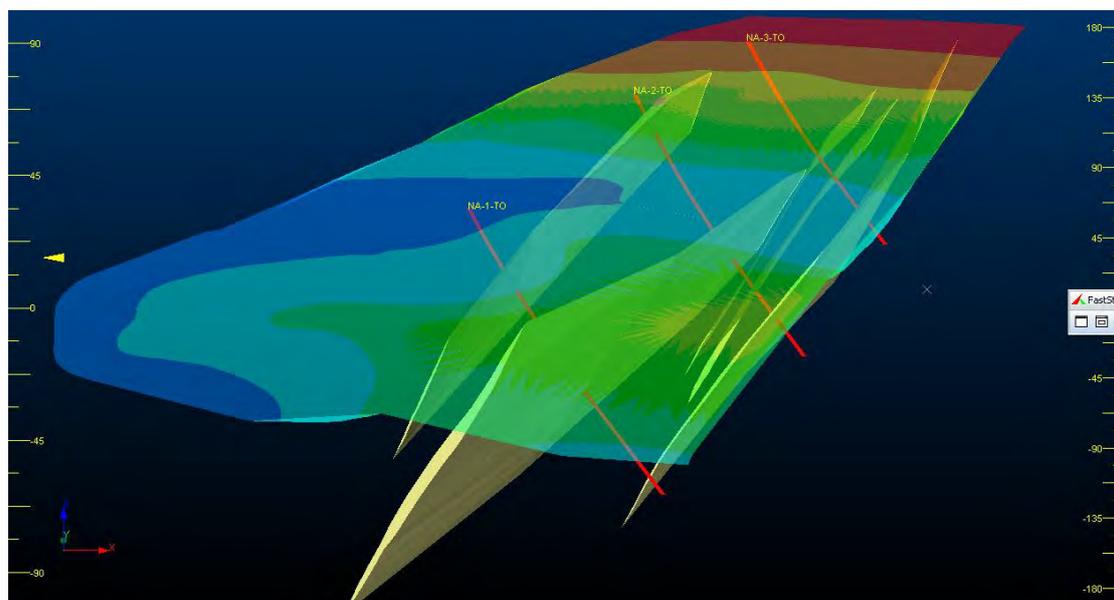
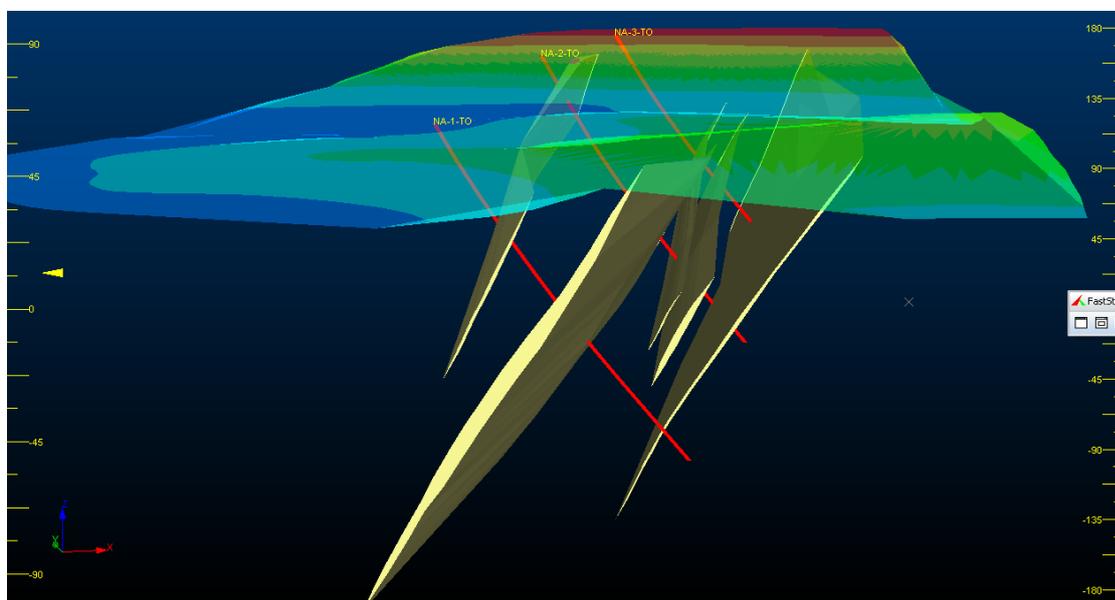


Figura 38 – Vista Sul para norte do modelo tridimensional dos filões mineralizados (amarelo) e furos de sondagem rotativa (vermelho).



12.1. COMPOSITAGEM DAS AMOSTRAS

A compositagem consiste em regularizar todas as amostras ao mesmo volume, com o objetivo de atingir uma amostragem uniforme, reduzindo o impacto da variabilidade aleatória e minimizando o efeito de média amostral. Nessa etapa, cada amostra recebeu a denominação de compósito e que, após análise, foi verificado que, do total de 519 amostras com registro (tabela *Assay*), somente 43 ocorrem dentro dos sólidos mineralizados, se valendo o critério para modelagem de teores médios $\geq 0,1$ de Au g/t.

Consideraram-se compósitas de 1 m com suporte mínimo de até 0,70 m, gerando 28 amostras. Ao todo, foram 15 amostras a menos que as do banco original, respeitando-se os comprimentos mínimo e máximo mais próximos do tamanho da compósita com *range* menor.

Ficou constatado uma irregularidade do intervalo amostral no conjunto de amostras originais (Figuras 39 e 40), sendo assim para o tratamento estatístico dos teores foram compositadas em intervalos de 1 m, entendido como ser o mais representativo em função do comprimento das mesmas, minimizando ou evitando interpretações equivocadas.

Figura 39 – Distribuição do tamanho das amostras originais (minério e estéril).

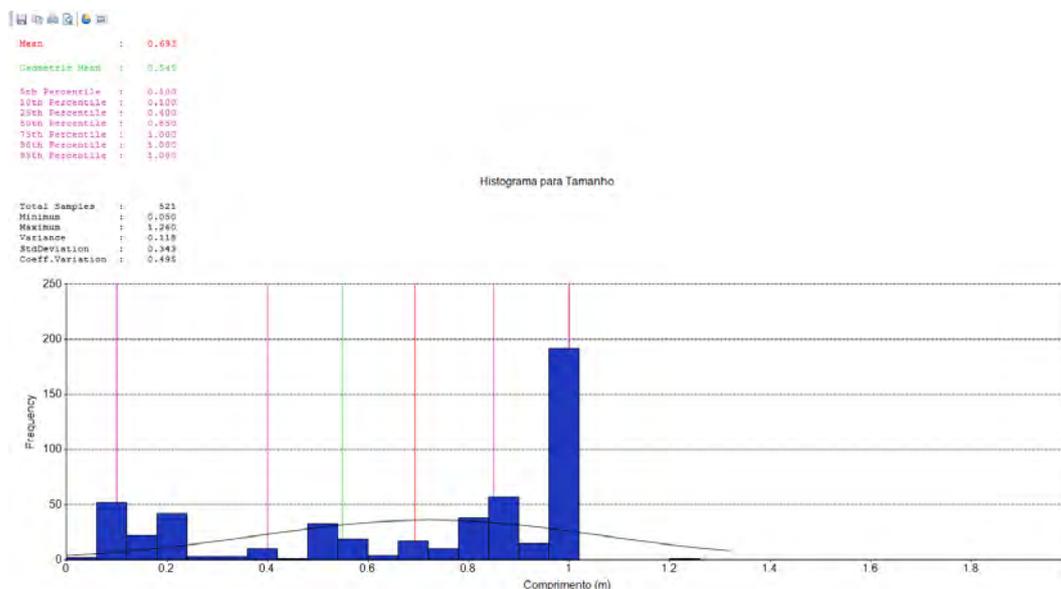
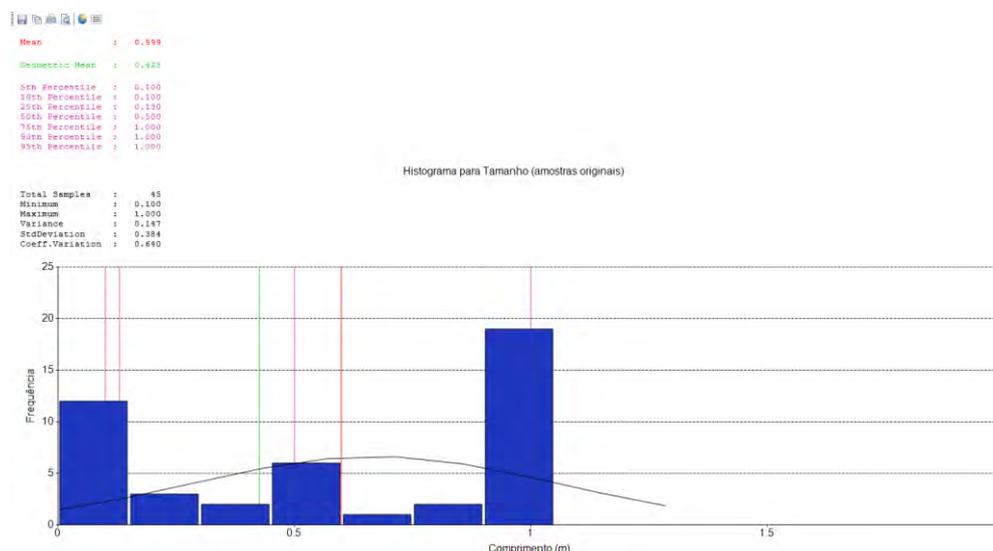


Figura 40– Distribuição do tamanho das amostras minério originais.



12.2. ESTIMATIVAS DOS RECURSOS

As estimativas foram realizadas a partir das seções geológicas transversais elaboradas pelo método de seção e baseadas em perfis de sondagem. Após essa etapa, foram definidos os volumes dos corpos de minério, usando-se uma zona de influência de meia-distância para cada lado de cada seção ou evidências geológicas em superfície. Os dados analíticos foram processados por meio de análise estatística.

As amostras foram estudadas sob o enfoque da estatística clássica, considerando as compósitas geradas. Nas análises estatística (Tabela 6) e histográfica (Figuras 41 e 42), utilizou-se o mesmo *software* da modelagem e estimativa (Datamine/Studio 3, versão 3.21.9646), o que permitiu inferência sobre distribuições, modas e valores anômalos das variáveis em foco, de modo a auxiliar na distribuição dos teores dentro dos corpos mineralizados.

A distribuição dos teores de Au apresenta uma assimétrica bem relevante, sendo assim o valor da média aritmética deve ser utilizado com critério para obter o teor médio do depósito.

Tabela 6 – Resultados estatísticos do tratamento de dados de amostras originais e compósitas posicionadas dentro de sólidos mineralizados.

| Tipo de Amostras | Originais | Compostas |
|-------------------------|------------------|------------------|
| Variáveis | Au (g/t) | Au (g/t) |
| Total de amostras | 43.00 | 28.00 |
| Mínimo | 0.02 | 0.06 |
| Máximo | 12.50 | 12.50 |
| Média | 1.01 | 1.02 |
| Variância | 5.89 | 5.48 |
| Desvio-padrão | 2.43 | 2.34 |
| Coeficiente de variação | 2.39 | 2.29 |
| Obliquidade | 4.11 | 4.38 |
| Curtose | 16.18 | 18.49 |
| Média Geométrica | 0.35 | 0.42 |
| 5% percentil | 0.02 | 0.06 |
| 10% percentil | 0.02 | 0.12 |
| 25% percentil | 0.12 | 0.21 |
| 50% percentil | 0.26 | 0.34 |
| 75% percentil | 0.64 | 0.80 |
| 90% percentil | 1.90 | 1.51 |
| 95% percentil | 5.00 | 3.45 |

Figura 41 – Histogramas de frequência com distribuição lognormal para amostras originais de Au utilizado na análise estatística e cubagem do resultado de exploração.

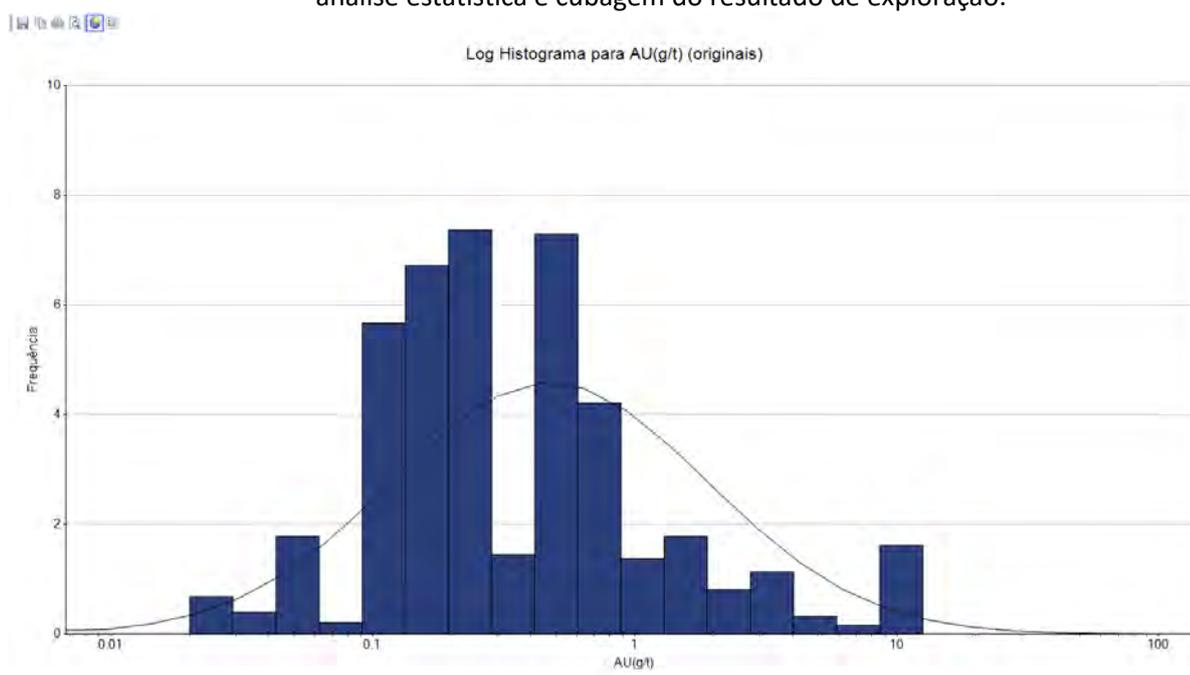
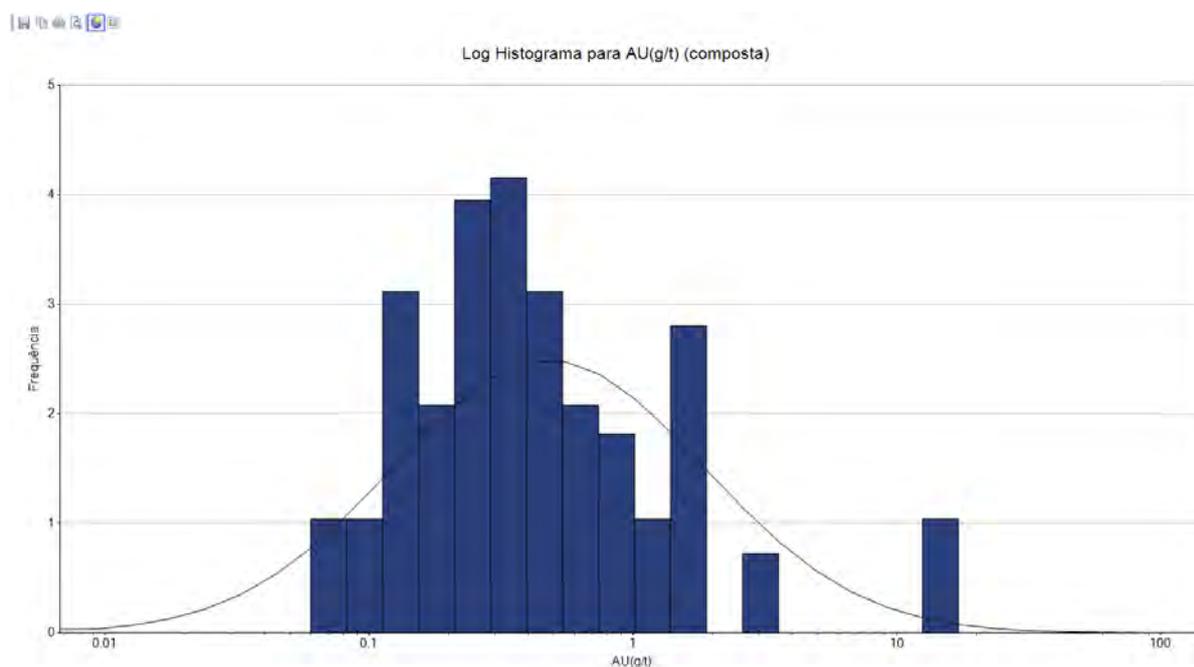


Figura 42 – Histogramas de frequência com distribuição lognormal para compostas de Au utilizado na análise estatística e cubagem do resultado de exploração.



Durante a modelagem e visando à melhor espacialização de interesse prospectivo e econômico, o alvo C foi subdividida em 5 filões principais, conforme pode ser observado na tabela 7.

Tabela 7– Intervalos mineralizados intersectados nos furos de sondagem.

| BHID | FILÃO | FROM | TO | INTERSECÇÃO | AU(g/t) MÉDIO | Teor Médio |
|---------|-------|-------|-------|-------------|---------------|------------|
| NA-1-TO | 1 | 32.6 | 33.4 | 0.8 | 0.26 | 1.02 |
| | 2 | 68.45 | 75.45 | 7 | 0.74 | |
| NA-2-TO | 1 | 15.25 | 22 | 6.75 | 0.36 | |
| | 2 | 89.5 | 92.5 | 3 | 4.42 | |
| | 3 | 102.9 | 103.6 | 0.7 | 1.51 | |
| | 4 | 108.5 | 111.5 | 3 | 0.14 | |
| | 5 | 127.8 | 128.5 | 0.7 | 3.45 | |
| NA-3-TO | 3 | 80.5 | 81.5 | 1 | 0.28 | |
| | 4 | 97 | 98 | 1 | 0.52 | |
| | 5 | 130.5 | 133.5 | 3 | 0.57 | |

Tendo sido feita a remoção do volume de sólido acima da topografia, procedeu-se o cálculo dos volumes e tonelagens utilizando a densidade média de $2,70 \text{ g/cm}^3$ para os corpos mineralizados. Assim, os sólidos gerados no modelo totalizam um volume analítico de $268.347,97 \text{ m}^3$ e tonelagem de $724,539 \text{ kt}$ com teor médio de Au de $1,02 \text{ g/t}$.

13. ANÁLISE ECONÔMICA

O ouro é um dos metais mais cobiçados pelo homem e seu uso remonta desde as primeiras civilizações. Diante disto, sua busca e exploração continuam em franca atividade de maneira artesanal em pequenos garimpos até a grandes empreendimentos mineiros como a maior mina de ouro do mundo, a mina de Muruntau localizada no deserto de Kyzyl Kum, no Uzbequistão, que produziu em 2015 61 toneladas do metal.

No Brasil, a maior mina de ouro em atividade fica na cidade de Paracatu – MG, a mina Morro do Ouro (Figura 43), operada pela empresa Kinross Gold.

Figura 43 – Imagem aérea da mina de ouro de Paracatu – MG.



O ouro, historicamente, sempre foi o caminho a ser seguido quando **se avizinha qualquer** tempestade financeira ou incertezas econômicas e/ou políticas pelo mundo. Este cenário permite afirmar que em tempos de incertezas a migração do fluxo financeiro tende a aumentar o valor desta *commodity*.

De acordo com dados do USGS, os países que mais produziram ouro no mundo entre 2015 e 2019, com suas respectivas produções e reservas estimadas, estão listados na tabela 7.

Tabela 6 – Maiores países produtores mundiais de ouro entre 2015 e 2019 e reservas estimadas (USGS - *Mineral Commodity Summaries 2015 - 2020*).

| PAÍS | PRODUÇÃO (t) | | | | | **RESERVAS (t) |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | *2019 | |
| USA | 214 | 209 | 237 | 226 | 200 | 3.000 |
| ARGENTINA | - | - | - | 72 | 72 | 1.600 |
| AUSTRALIA | 278 | 270 | 301 | 315 | 330 | 9.100 |
| BRASIL | 81 | 80 | 80 | 85 | 85 | 2.400 |
| CANADÁ | 153 | 170 | 164 | 183 | 180 | 1.900 |
| CHINA | 450 | 455 | 426 | 401 | 420 | 2.000 |
| GANÁ | 88 | 90 | 128 | 127 | 130 | 1.000 |
| INDONÉSIA | 97 | 100 | 75 | 135 | 160 | 2.600 |
| KAZAQUISTÃO | - | - | 85 | 100 | 100 | 1.000 |
| MÉXICO | 135 | 125 | 126 | 117 | 110 | 1.400 |
| PAPUA NOVA GUINÉ | 60 | 65 | 64 | 67 | 70 | 1.000 |
| PERU | 145 | 150 | 151 | 143 | 130 | 2.100 |
| RUSSIA | 252 | 250 | 270 | 311 | 310 | 5.300 |
| ÁFRICA DO SUL | 145 | 140 | 137 | 117 | 90 | 3.200 |
| UZBEQUISTÃO | 102 | 100 | 104 | 104 | 100 | 1.800 |
| OUTROS | 897 | 900 | 883 | 797 | 800 | 10.000 |
| TOTAL | 3.100 | 3.100 | 3.230 | 3.300 | 3.300 | 50.000 |

*Estimativa; **Dados sobre as reservas: USGS - *Mineral Commodity Summaries 2020*.

Com relação ao panorama nacional as informações mais atualizadas e oficiais foram extraídas do Sumário Mineral Brasileiro de 2019, publicado pela Agência Nacional de Mineração. De acordo com a fonte, em 2016 o Brasil produziu cerca de 94 t de ouro, dos quais 70,3 toneladas de ouro primário produzida por mineradoras, além de 23,6 t proveniente de garimpos (sem citação à natureza do depósito). Considerando a produção total de ouro em 2016 (que inclui os garimpos), conforme os dados apresentados pelo USGS (Tabela 7), o país não altera sua posição em relação aos demais, mantendo-se como 11º maior produtor mundial do metal. Conforme a publicação, as maiores empresas no país na produção de ouro foram: Anglo Gold Ashanti, Kinross, Yamana/Briogold, VALE, Beadell e Jaguar. O projeto Salobo II é citado como destaque em 2016, compensando reduções de produção de outras mineradoras. Considerando os estados produtores e somente a produção de ouro primário, a liderança fica com Minas Gerais com participação de 45,95%, seguido pelo Pará (19,7%), Goiás (14,89%), Bahia (8,82%) e Amapá (6,46%). Com relação a produção contabilizada provenientes de garimpos, suas estimativas indicam o Pará e Mato Grosso como os maiores protagonistas, com participações, respectivas, 47,1% e 41,9%, seguidos por Rondônia (5,1%). Segundo a publicação a CFEM do ouro atingiu R\$ 82,5 milhões em 2016 (R\$70,4 milhões em 2015), enquanto o IOF do ouro de garimpo atingiu R\$ 28,75 milhões.

Com relação a cotação do metal, é apresentado um gráfico com a variação do preço da onça troy nos últimos 20 anos (Figura 44) onde se evidencia o pico do valor da *commodity* no mês de agosto de 2020 (não registrado no gráfico), quando alcançou o valor de US\$ 1.968,63/onça troy. Na valiação dos últimos cinco anos, o preço do metal apresentou valor médio de US\$ 1.371,34, com máxima como citada acima (2020) e mínima de US\$ 1.097,91 em novembro de 2015.

Figura 44 – Variação preço da onça troy últimos 20 anos (Fonte: <https://www.indexmundi.com/pt/pre%C3%A7os-de-mercado/?mercadoria=ouro&meses=240>).



14. LAVRA E BENEFICIAMENTO

14.1. LAVRA

A mineração é uma atividade que depende de técnicas de extração para viabilizar sua produção, sendo possível elencar, pelo menos, dez processos para extração de minério. Parece muito, mas a verdade é que existem provavelmente mais de trezentas variações possíveis dessas tecnologias de lavra, que, entretanto, são limitadas pela disponibilidade de equipamentos necessários à viabilização técnica de extração; ou mesmo demandando o desenvolvimento de novos equipamentos que viabilizem a técnica requerida.

A seleção do método de lavra, que leva em conta, além dos aspectos tecnológicos, também os socioeconômicos e ambientais, é o principal elemento em qualquer análise econômica de uma mina, sendo sua escolha norteadora por aquela que melhor permite o desenvolvimento da operação. A seleção do método de lavra deve considerar dois aspectos: (i) avaliar as condições geológicas e socioambientais para permitir a exclusão de métodos que não estejam de acordo com os critérios desejados; e (ii) definir o método com menor custo possível, considerando, entretanto, as condições técnicas que garantam maior segurança.

Como os principais objetivos para definição do método de lavra estão relacionados aos

contextos socioeconômicos e ambientais, pode-se destacar como aspectos fundamentais a serem considerados após sua definição:

- ✓ Segurança e condições ambientais adequadas para o trabalho dos operários;
- ✓ Redução dos impactos causados ao meio ambiente;
- ✓ Redução e controle dos resíduos gerados;
- ✓ Adaptação do método as condições geológicas e a infraestrutura disponível;
- ✓ Melhoria da produtividade, com impacto direto na redução do custo.

De acordo com as características dos depósitos minerais, tais como a geometria e disposição estrutural dos corpos de minério, assim como seu nível de profundidade, entre outros, a lavra pode ser executada a céu aberto ou subterrânea, que, considerando especificamente a forma de ocorrência das jazidas de ouro de Natividade, seu desenvolvimento se daria a princípio da segunda forma. Entretanto, com o avanço da lavra e das pesquisas, existiria a possibilidade de descobertas de camadas mais profundas, que demandaria investimentos mais elevados, devendo ser avaliado para tanto o custo-benefício e a exequibilidade da lavra.

Outros parâmetros que seriam considerados nessa avaliação incluiriam aspectos socioambientais (por ex. presença de áreas de restrições e de comunidades nas áreas do depósito ou no seu entorno e disponibilidade de mão de obra), infraestrutura (disponibilidade de energia e água, meios de acesso, etc.) e aspectos mercadológicos (distância dos centros consumidores e custos com transporte, qualificação do produto beneficiado e destino de uso, etc.).

Aspectos relacionados aos dois modos de extração (a céu aberto e via subterrânea), assim como as técnicas de extração, são apresentados nos subitens a seguir.

14.1.1. LAVRA A CÉU ABERTO

A lavra a céu aberto se justifica tanto econômica como tecnologicamente para depósitos de minérios aflorantes ou em profundidade relativamente pequena em relação à superfície. Lavras a céu aberto normalmente são exploradas até o esgotamento do recurso mineral, ou quando a razão entre o volume de minério a ser explorado em relação ao volume a ser produzido torne a extração economicamente inviável. A lavra consiste na remoção da cobertura estéril, deixando a camada de minério exposta, permitindo, assim, sua extração. A escolha específica de um método de lavra a céu aberto é condicionada ao sistema de remoção da cobertura, pois envolve grandes investimentos de capital e custos operacionais, e é considerado como sendo determinante para o sucesso da mineração.

Os principais métodos para desenvolvimento de lavra a céu aberto são a lavra em bancadas, lavra em tiras (*strip mining*) e pedreiras. No caso dos depósitos que possuem pequeno capeamento ou são aflorantes, a lavra a céu aberto, é, sem dúvida, a indicada e o método por bancada o mais adequado, que normalmente é aplicado para minérios em camadas horizontais e espessas próximas à superfície, que, a princípio, não se aplicaria aos depósitos de ouro de Natividade considerando as características das mineralizações. No processo de lavra a céu aberto o estéril, que inclui o solo, é removido, formando uma pilha próxima ao local de sua extração, o qual posteriormente poderá ser utilizado na recomposição do solo, como parte de um planejamento de estudo de recuperação ambiental.

Cabe destacar, que cortes de taludes necessários ao aprofundamento da mina movimentam grandes quantidades de terra e estéril da cobertura para a lavra. Este material retirado pode gerar grandes impactos ambientais, necessitando assim que sejam adotados controles operacionais

visando sua preservação, não apenas para evitar riscos ao meio ambiente, como também sua utilização na recuperação do meio físico ao fim das operações de lavra, como citado acima. O planejamento para recuperação ambiental é indispensável para manter a qualidade do meio ambiente no entorno das áreas mineradas, devendo se atentar a disposição do material estéril e rejeitos da lavra gerados, além de resíduos oriundos de algum processo de beneficiamento por ventura realizado no local da mina.

14.1.2. LAVRA SUBTERRÂNEA

Este método de exploração de minas é desenvolvido no subsolo (Figura 45), o qual condicionado a geometria do corpo mineralizado (inclinação e espessura) e das características que refletem na resistência e estabilidade dos maciços que constituem o minério e suas encaixantes. Os métodos para alcançar o minério subterrâneo são através da abertura de poços, túneis e galerias nos maciços mineralizados, para os quais existem disponíveis três principais métodos para desenvolvimento da lavra: (i) métodos com realces auto-portantes; (ii) métodos com suporte das encaixantes; e (iii) métodos com abatimento.

O Método com Realce Auto-Portante é um método utilizado para um minério com elevada continuidade e homogeneidade, sendo considerado, em geral, como um método de alta produtividade. São empregados na lavra de minérios de menor valor unitário, pois a recuperação é bastante comprometida pelo abandono dos pilares. Seu desenvolvimento compreende três técnicas, que são: (i) Câmara e Pilares; (ii) Subníveis; e (iii) Recuo por Crateras Verticais (VCR – *Vertical Crater Retreat*).

No Método com Suporte das Encaixantes o suporte pode ser dado pelo minério, deixado em recalque, ou por material externo, que pode ser trazido aos realces. São métodos de menor produtividade quando comparados com métodos com aberturas Auto-Portantes em condições similares. Em geral, são empregados em minérios de alto valor unitário, pois os custos com enchimento e manutenção do minério em recalque são altos e a produtividade é baixa, onerando a lavra. Inclui duas técnicas, o Recalque e o Corte e Enchimento.

O Métodos com Abatimento exigem continuidade e homogeneidade do minério, e que tenham facilidade de fragmentação. São, em geral, métodos de alta produtividade, face à simplicidade das operações conjugadas a serem empregadas. São, geralmente, empregados em minérios de menor valor unitário, pois a diluição costuma ser alta. Inclui as técnicas por Abatimento por Subníveis, Abatimento por Blocos e o *Longwall*.

Especificamente com relação ao depósito mineral de Natividade, o planejamento de uma lavra passaria, necessariamente, por uma nova campanha de sondagem com maior densidade de furos, já que, com o atual nível de conhecimento do depósito, não se permite precisar qual seria o caminho de exploração do minério a seguir. A partir desta reavaliação, a definição do método ou métodos de lavra seriam mais facilmente definidos, considerando as características principais dos corpos mineralizados, que são documentados como também associados aos horizontes oxidados, a pouca profundidade, como se observa nas lavras garimpeiras, possibilitando a extração pelos métodos de lavra a céu aberto e subterrânea, como exemplificado na figura 46.

Figura 45 – Aspecto da lavra subterrânea por galerias da mina inativa de ouro de Passagem, em Mariana, MG (Fonte: <https://naturam.com.br/ouro-preto/mina-da-passagem2/>).

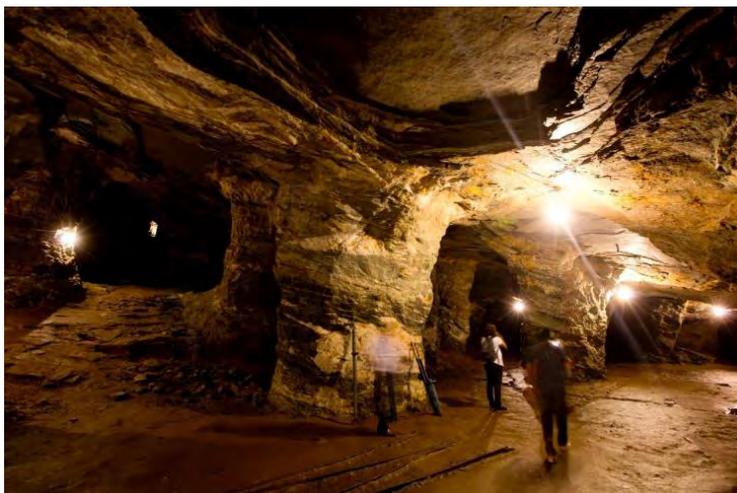
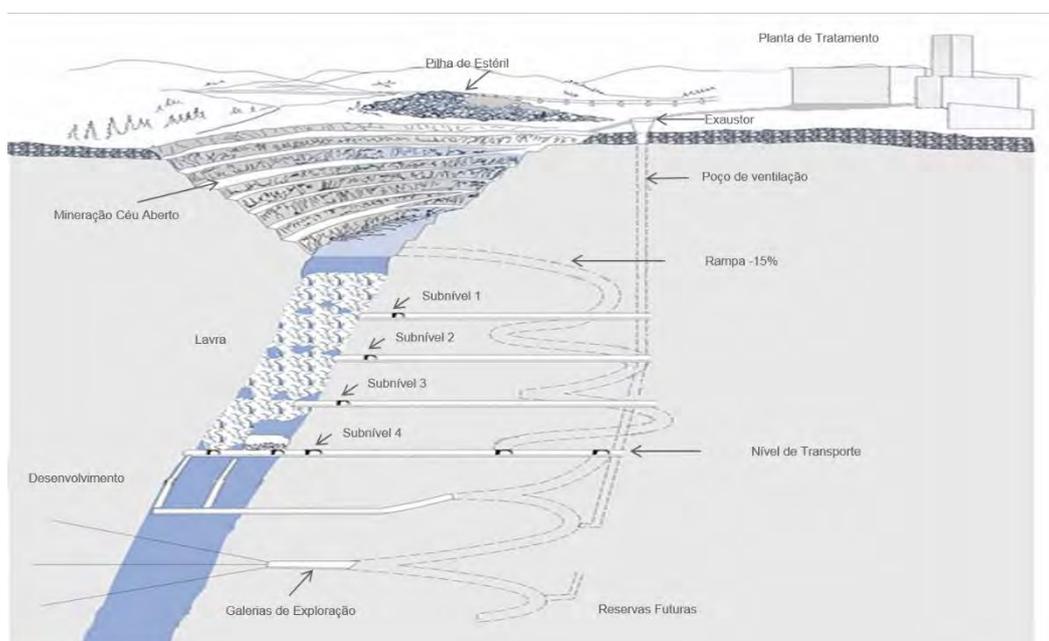


Figura 46 – Ilustração de mina a céu aberto e subterrânea num mesmo depósito.

Mineração a céu aberto e subterrânea



14.1.3. DEFINIÇÃO DO MELHOR MÉTODO DE LAVRA

A escolha de um método de lavra deve considerar aquele mais seguro e ao mesmo tempo mais econômico. O desmonte do minério pode ser efetuado por meios mecânicos ou com o recurso de explosivos. A opção de se lavar a céu aberto ou por via subterrânea depende de se ultrapassar ou não a relação de mineração limite (relação estéril/minério limite), um número adimensional que expressa uma relação entre massas ou entre volumes.

Esta relação é um dos valores fundamentais de qualquer planejamento de lavra (Figura 47), bem como do teor de corte (teor da substância que viabiliza uma lavra e que pode ser diferente ao longo de uma mesma jazida) e do teor mínimo ou marginal (teor da substância que apenas cobre o

custo da lavra, sem lucro ou prejuízo). A opção de lavra será obtida através de análise das expressões a seguir:

- (1) $CMs > CMca + RCe$ (lavra a céu aberto)
- (2) $CMs = CMca + RCe$ (lavra indiferente)
- (3) $CMs < CMca + RCe$ (lavra subterrânea)

Onde:

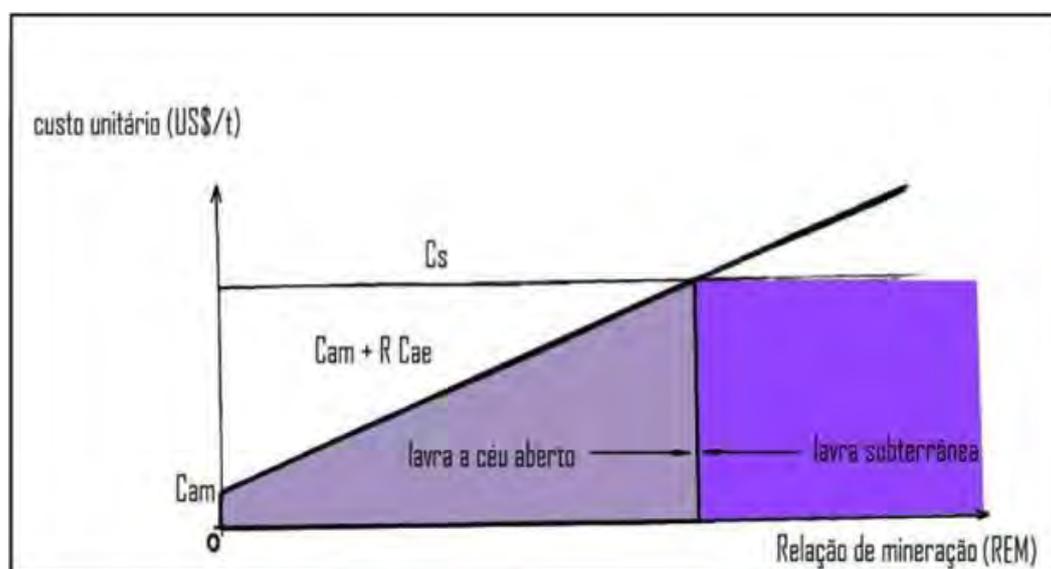
CMs : custo de lavra subterrânea de 1 t de minério, incluindo os custos operacionais de desmonte, carregamento, britagem do minério e transporte do mesmo até a usina de concentração;

$CMca$: custo de lavra a céu aberto de 1 t de minério, incluindo os custos operacionais de desmonte, carregamento, britagem e transporte até a usina de concentração;

Ce : custo de lavra do estéril, incluindo seu desmonte, carregamento, britagem e transporte até o “bota-fora”;

R : relação de mineração ou relação estéril/minério, que representa o número de unidades de estéril a remover para cada unidade de minério lavrada a céu aberto.

Figura 47 - Relação custo X REM (Fonte: Blog GE902, 2013. Disponível em: <https://ge902cobre.wordpress.com/metodos-de-lavra/>).



14.1.4. EMPREENDIMENTOS MINERÁRIOS NO ENTORNO

Em visita as áreas no entorno e proximidades dos requerimentos da CPRM, pode-se constatar a presença de pequenas e médias atividades de exploração de ouro onde se destacam o garimpo Terra Vermelha (Figuras 48 e 49) e a prospecção da Engegold (Figura 50). Evidentemente, dados de produção e pesquisa não foram expostos, mas informações informais obtidas no local salientam grande atratividade da área pelo seu potencial aurífero, inclusive destacando a aquisição, pela Engegold, de parte da planta de beneficiamento do extinto projeto da Colossus Mineral em Serra

Pelada que será remontada em um futuro projeto na região de Natividade (TO).

Diante do exposto nas imagens, fica claro que o investimento na exploração de ouro na região existe de maneira profissional e não apenas em atividades rústicas associadas aos garimpos. Basicamente, maior atenção deve ser dada a metodologia adequada à exploração e, principalmente, no que diz respeito ao beneficiamento e a recuperação do metal.

Figura 48 – Planta de britagem e lavagem no garimpo Terra Vermelha (Foto: Angeval Alves de Brito).



Figura 49 – Cava de exploração garimpo Terra Vermelha (Foto: Angeval Alves de Brito).



Figura 50 – Área de pesquisa da Mineração Engegold (Foto: Angeval Alves de Brito).



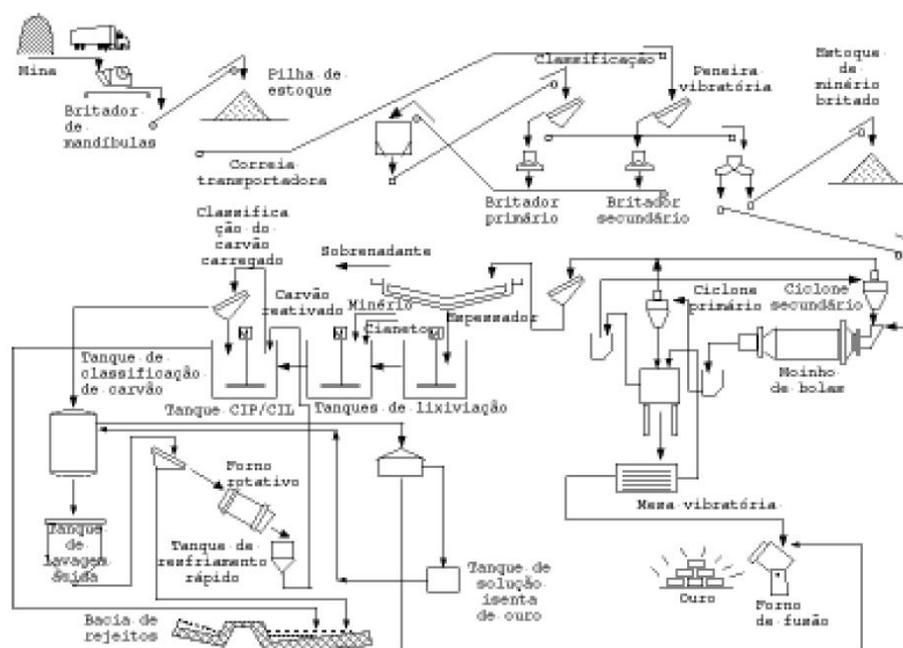
14.2. BENEFICIAMENTO

Especificamente, no depósito em pauta, não ocorreram estudos de beneficiamento em bancada das amostras coletadas. Segundo o relatório de pesquisa da CPRM (1993), o minério possuiria características similares ao do depósito aurífero da mina da Fazenda Brasileiro, em Serrinha (BA), e diante disto, o processo de concentração do ouro poderia ser, inicialmente, o mesmo. Há de considerar estudos nas pesquisas da CPRM quanto ao beneficiamento do minério alterado por meio de lixiviação em pilha, como realizado no minério da mina da Fazenda Brasileiro. Vale ainda complementar observações do relatório final de pesquisa da CPRM dando ciência sobre estudos de beneficiamento por lixiviação em pilha do minério alterado do depósito de Paiol em Almas (TO), a leste, considerado de mesmas características com o da área em estudo.

Uma campanha de pesquisa mineral deverá levar em consideração um estudo de bancada, que seria fundamental para a caracterização mineralógica do depósito com a definição dos parâmetros técnicos e de alcance dos melhores níveis de concentração e recuperação do minério, considerando as características das mineralizações, tanto do minério intemperizado como de seu equivalente preservado, pressupondo para este sua exequibilidade de lavra que se daria presumivelmente por via subterrânea.

Na figura 51 é apresentado um fluxograma genérico que representa o processo de beneficiamento do minério de ouro utilizado na mina da Fazenda Brasileiro, que poderia ser considerado no beneficiamento do minério de Natividade.

Figura 51 – Fluxograma beneficiamento mina de Fazenda Brasileiro – Bahia (CHAVES; LEAL FILHO, 1998).



15. DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL

15.1. INTRODUÇÃO

O objetivo dessa análise é retratar, a partir de levantamento preliminar, a situação socioambiental da região em que se localiza a área de pesquisa de ouro da CPRM, de modo a identificar os espaços territoriais protegidos, com regime restritivo de uso dos recursos naturais ou que possam gerar conflitos de uso do solo. Essa identificação é essencial para a tomada de decisão sobre a exploração dos depósitos de ouro pois são utilizados como critérios para a aprovação ou indeferimento dos empreendimentos mineiros por parte dos órgãos ambientais. Como se trata de uma avaliação de caráter informativo, a metodologia adotada para esse diagnóstico é distinta das metodologias estabelecidas para os estudos ambientais realizados por empreendimentos mineiros, que visam à obtenção de licenças ambientais.

15.2. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PERTINENTE

As normas legais ambientais que balizam a atividade de exploração mineral no Brasil estão listadas a seguir:

- ✓ Lei 6.938 de 31/08/1981 – Estabelece os fundamentos da Política Nacional do Meio Ambiente;
- ✓ Lei 9.314 de 14/11/96 - Reformula o código de Mineração (Lei 227, de 28/02/67);
- ✓ Lei 9.433 de 08/01/97 - Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos;
- ✓ Lei 9.605 de 12/02/98 - Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (“Lei de crimes ambientais”);
- ✓ Lei 9.985 de 18/07/00 - Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação;
- ✓ Lei nº 12.727, de 17/10/12 – Atualiza o Código Florestal Brasileiro;
- ✓ Resolução CONAMA nº 001/1986 - Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental;
- ✓ Resolução CONAMA nº 237/1997 - "Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente";
- ✓ Resolução CONAMA nº 303/2002 – “Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente”;
- ✓ Resolução CONAMA nº 369/2006 – “Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP”;
- ✓ Resolução CONAMA nº 371/2006 – “Estabelece diretrizes aos órgãos ambientais para o cálculo, cobrança, aplicação, aprovação e controle de gastos de recursos advindos de compensação ambiental”;
- ✓ Resolução CONAMA 357/05 - "Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento”;
- ✓ Portaria 16/2001 CNRH - Regulamenta a outorga de uso de recursos hídricos;
- ✓ ABNT 13028 - Elaboração e apresentação de projeto de disposição de rejeitos de beneficiamento, em barramento, em mineração;
- ✓ ABNT 13029 - Elaboração e apresentação de projeto de disposição de estéril, em pilha, em mineração; e
- ✓ ABNT 13030 - Elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas em mineração

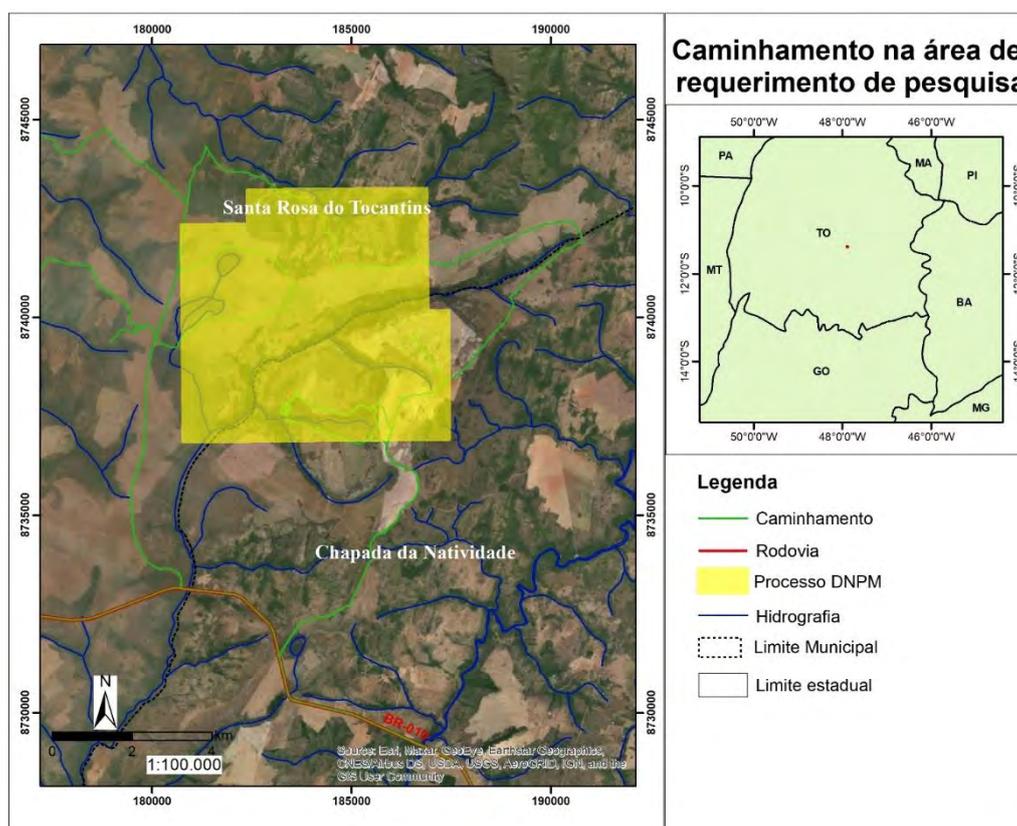
15.2. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EXPEDITO - METODOLOGIA

Para a finalidade do trabalho foram levantadas informações sobre as características do depósito mineral, constantes no relatório do Projeto Natividade da CPRM, dados obtidos junto a entidades ambientais e órgãos (p. ex. ICMBio, IBAMA, INCRA, FUNAI e SEMARH/TO) sobre os aspectos ambientais da região e da presença áreas protegidas ou de restrição existentes nas proximidades da área de pesquisa, assim como o levantamento da legislação correlata, que regula o uso e ocupação do solo e a política ambiental a relativa às esferas federal, estadual e municipal.

Foram ainda elaborados mapas de apoio ao reconhecimento de campo, que incluiu a delimitação da área de concessão do processo de pesquisa 860.163/84 e dos limites dos municípios da sua abrangência, tendo como base imagens de satélite do Google Earth: imagem CNES/SPOT-2014. Na figura 52 é mostrado o caminhamento de campo realizado na região onde inserida a área de pesquisa para o presente diagnóstico, que objetivou levantar suas características físicas e bióticas de forma expedita, bem como avaliar o uso e ocupação do solo nos limites da poligonal da CPRM. Dados socioeconômicos foram obtidos junto ao IBGE.

Na composição do diagnóstico ambiental considerou-se a área registrada no DNPM como áreas de enfoque para aspectos dos meios físico e biótico (área de influência direta para possível empreendimento de exploração mineral). Para os aspectos socioeconômicos a abordagem envolveu os municípios onde está inserida a área do processo. Alguns aspectos ambientais foram abordados a partir de informações externas aos limites da área foco, por ausência de dados no âmbito da mesma. Os dados apurados foram reunidos em cartas temáticas, contemplando os trajetos realizados em campo, unidades de conservação presentes e características de uso e ocupação do solo, com destaque para as áreas de preservação permanente.

Figura 52 – Caminhamento realizado durante a etapa de campo na área do processo e de seu entorno.



15.3. ECOSSISTEMAS E BIODIVERSIDADE

O ecossistema original do Estado de Tocantins, de acordo com a Federação de Agricultura do Estado, é de florestas pluviais, floresta estacional e cerrados, os quais, se preservados, formam um sistema biológico em equilíbrio, com grande diversidade genética, de habitats e de espécies de seres vivos.

A Amazônia é a maior reserva de biodiversidade do mundo e o maior bioma do Brasil, ocupando 9% do território do estado do Tocantins, o qual localizado na sua porção norte Amazônia. Esse bioma é caracterizado por vegetação de grande porte e mata fechada. Estima-se que o bioma abrigue mais da metade de todas as espécies vivas do Brasil.

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul e o mais característico do estado, ocupando mais de 91% da área do Tocantins, sendo composto por formações arbustivas e herbáceas, com árvores de porte baixo (até 10 m), troncos retorcidos, raízes profundas, vegetação rasteira com presença de gramíneas, com características de savana. Compõe o bioma, mata ciliar e de galeria, desenvolvida junto as margens de rio e córregos, a primeira associada a grandes curso d'água e comondo florestas de grande porte. Apresentam folhagem persistente durante todo o ano. Outro componente do bioma Cerrado são as veredas, associadas a vales encharcados, compostas de agrupamentos da palmeira buriti sobre uma camada de gramíneas, estas constituídas por plantas de diversas espécies, como gramas e bambus.

15.4. ESPAÇOS TERRITORIAIS PROTEGIDOS

Os espaços territoriais protegidos, com regime restritivo de uso dos recursos naturais ou que possam gerar conflitos de uso do solo nas áreas analisadas contemplam: (i) áreas de preservação permanente (APPs); (ii) unidades de Conservação cadastradas no sistema municipal ou federal, no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, Lei nº. 9.985 de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000) e suas áreas de amortecimento ou entorno e a zona do Bioma Amazônia, assim como todo imóvel rural deve manter uma área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal; (iii) áreas com potencial para sítios arqueológicos e paleontológicos; (iv) áreas de regularização fundiária (assentamentos); e (v) as áreas de regularização fundiária (assentamentos), onde estão identificadas regiões com presença de comunidades quilombolas e indígenas.

15.4.1. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPs)

Legalmente, o conceito de APP está definido no atual Código Florestal - Lei nº. 12.651 (BRASIL, 2012a), no Art. 3º, inciso II:

Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Por esta definição, entende-se que a proteção está diretamente relacionada à área e, se esta área vier a sofrer algum tipo de impacto ambiental negativo na vegetação, ela continua sendo APP.

Essa APP é regulamentada pelo Art. 4º da mesma lei e compreende tanto territórios localizados na zona rural como na zona urbana; ela norteia as situações a seguir:

Inciso I – as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os

efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30m para os cursos d'água de menos de 10m de largura;
- b) 50m, para os cursos d'água que tenham de 10 a 50m de largura;
- c) 100m para os cursos d'água que tenham de 50 a 200m de largura;
- d) 200m para os cursos d'água que tenham de 200 a 600m de largura.
- e) 500m para os cursos d'água que tenham largura superior a 600m.

Inciso II – as áreas no entorno de lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100m em zonas rurais, exceto para corpo d'água com até 20ha de superfície, cuja faixa marginal será de 50m;
- b) 30m em zonas urbanas.

Inciso III – as áreas de entorno de reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento.

Inciso IV – as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50m.

Inciso V – as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive.

Inciso VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues.

Inciso VII – os manguezais em toda a sua extensão.

VIII – as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100m em projeções horizontais.

Inciso IX – no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100m e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo está definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação.

Inciso X – as áreas em altitude superior a 1.800m, qualquer que seja a vegetação.

Inciso XI – em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50m, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

15.4.2. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO (UCs)

De acordo com a Lei nº. 9.985 (BRASIL, 2000) que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, Unidade de Conservação (UC) é o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção. Esta lei ainda institui dois grupos de Unidades de Conservação: as Unidades de Proteção Integral e as Unidades de Uso Sustentável.

As Unidades de Proteção Integral têm como objetivo básico a preservação da natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Esse grupo abrange cinco categorias: Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional (ou estadual, ou Municipal); Monumento Natural; e Refúgio de Vida Silvestre. Cabe salientar que o desenvolvimento da atividade de mineração no interior dessas unidades de conservação, por demandar o uso direto de recursos naturais, mostra-se incompatível com o grupo de Unidades de Proteção Integral.

As Unidades de Uso Sustentável, por sua vez, permitem compatibilizar a conservação da

natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. Esse grupo inclui sete categorias: (i) Área de Proteção Ambiental; (ii) Área de Relevante Interesse Ecológico; (iii) Floresta Nacional (ou estadual, ou municipal); (iv) Reserva Extrativista; (v) Reserva de Fauna; (vi) Reserva de Desenvolvimento Sustentável; e (vii) Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).

A possibilidade de uma mineração compatibilizada dentro de unidades de Uso Sustentável poderá existir mediante avaliação do órgão gestor da UC e desde que não fira os objetivos descritos no seu decreto de criação.

As áreas de entorno de todas as unidades de conservação citadas também possuem regime especial de administração para fins de licenciamento ambiental, que são as chamadas zonas de entorno e zonas de amortecimento. Nas unidades de conservação cuja zona de amortecimento ainda não tenha sido definida por Plano de Manejo, a autorização do órgão gestor se faz obrigatória para todo o empreendimento que se localizar no interior de um *buffer* de 3 km de seus limites. Conforme Art. 25 da Lei Federal nº. 9.985 (BRASIL, 2000) não existe essa exigência para a Reserva Particular do Patrimônio Natural e Área de Proteção Ambiental.

15.4.3. RESERVA DA BIOSFERA

A Reserva da Biosfera é uma importante ferramenta para o ordenamento territorial, manejo da paisagem e conservação da biodiversidade. Com base no Sistema Nacional de Unidades de Conservação e nas diretrizes da UNESCO, o zoneamento da Reserva contempla três zonas distintas que visam cumprir funções complementares:

- ✓ Zona Núcleo - é a zona de máxima restrição. São as Unidades de Conservação constituídas legalmente (como parques, reservas biológicas e estações ecológicas) e áreas de preservação permanente (encostas, topos de morro, margens de rios). As restrições estão estabelecidas de acordo com os instrumentos legais de sua criação. São proibidos o corte e a exploração da vegetação. As potencialidades dessas regiões são ecoturismo, educação ambiental e pesquisa científica naquelas Unidades em que se admite tal uso. Devem ser respeitados os processos naturais e a vida silvestre. Há ocorrência de endemismos, espécies raras de importante valor genético e locais ou de uma paisagem excepcional;
- ✓ Zona de Amortecimento - também chamada de tampão, envolve as zonas núcleo e juntamente com estas, constitui as áreas tombadas. As atividades devem garantir a integridade das áreas de preservação e unidades de conservação. Por isso, é proibido: (a) o corte e exploração da floresta primária e secundária em estágio médio e avançado de regeneração, localizada em área de Mata Atlântica (b) o corte da vegetação nas áreas de preservação permanente, reservas florestais, ocorrência de associações vegetais relevantes, espécies raras, endêmicas ou ameaçadas de extinção, sítios de importância para a reprodução e sobrevivência da fauna nativa, ocorrência de conjuntos de importância histórica, artística ou sítios arqueológicos, incluindo seus entornos imediatos com dimensões e características que estão estabelecidas caso a caso; (c) a coleta, o comércio e o transporte de plantas ornamentais oriundas de florestas nativas; e (d) a prática de queimadas para manejo agrossilvopastoril;
- ✓ Zona de Transição - são as áreas mais externas da Reserva e não dispõem de um instrumento legal de proteção específico. Em seus limites, privilegia-se o uso sustentado da terra e a recuperação das áreas degradadas.

É importante complementar, que todo imóvel rural deve manter uma área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal.

15.4.4. POTENCIAL PARA SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS E PALEONTOLÓGICOS

Os sítios arqueológicos e paleontológicos são considerados bens da União e são definidos e protegidos pela Lei nº. 3.924 de 26 de julho de 1961 BRASIL (1961) e Decreto-Lei nº. 4.146 04 de março de 1942 (BRASIL, 1942), respectivamente. O Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN é o órgão federal responsável pela gestão do patrimônio arqueológico do país, e à ANM cabe a gestão do patrimônio fossilífero do país.

Quanto à ocorrência de sítios arqueológicos nas áreas de Pesquisa da CPRM, conforme consulta ao Sistema de Gerenciamento do Patrimônio Arqueológico (SGPA) V5 2018, IPHAN (1997), não foi constatada a presença de sítios arqueológicos no âmbito das mesmas.

15.4.5. ÁREAS DE REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA (ASSENTAMENTOS)

O assentamento rural é um conjunto de unidades agrícolas independentes entre si, instaladas ou reconhecidas pela União, através do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA (2021), onde originalmente existia um imóvel rural considerado improdutivo e que pertencia a um único proprietário. Os principais regramentos legais que regem o tema são a Lei nº. 4.504 de 30 de novembro de 1964 (BRASIL, 1964) sobre o Estatuto da Terra e a Lei nº. 8.629 de 25 de fevereiro de 1993 (BRASIL, 1993).

Existem duas modalidades de assentamentos. A primeira, denominada Projeto de Assentamento (PA), é estabelecida diretamente pela União, enquanto a segunda a projetos de assentamento estaduais (PE), que são reconhecidos pelo INCRA.

O desenvolvimento de mineração em áreas de assentamento é um tema normalmente controverso e com forte atuação do Ministério Público, pois se trata de um conflito de uso do solo. Muitas vezes gera-se um paradoxo: de um lado a União declara a área em questão como sendo de interesse à reforma agrária com a sua aquisição ou reconhecimento e, de outro, a União, por meio da concessão de títulos minerários, declara a mesma área como de interesse mineral.

Jurisprudências, tais como a tese apresentada por Rangel (2010) pregam que, mesmo admitindo o interesse público na desapropriação para reforma agrária, nesse confronto prevalece a exploração das reservas minerais por quatro razões: 1) a rigidez locacional, 2) a anterioridade do título minerário na maior parte dos casos, 3) a vocação mineral da área desapropriada e 4) a vastidão do território nacional e as diversas áreas disponíveis para assentamento dos sem-terra. Adicionalmente, este autor lança mão dos seguintes regramentos:

Lei nº. 8.629 (BRASIL,1993) que regulamenta os dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária.

“Art. 10. Para efeito do que dispõe esta lei, consideram-se não aproveitáveis:
(...) III – as áreas sob efetiva exploração mineral.”

Lei nº. 4.504 (BRASIL, 1964) sobre o Estatuto da Terra, no que diz respeito a assentamentos:
“Art. 9º: “Dentre as terras públicas, terão prioridade, subordinando-se aos itens previstos nesta lei, as seguintes:

I – As de propriedade da União, que não tenham outra destinação específica.”

Art. 87 do Código de Minas: “Não se impedirá por ação judicial de quem quer que seja o prosseguimento da pesquisa ou lavra”.

Entretanto, a rigor, quando identificado que a atividade de lavra se situa em área de assentamento, o órgão ambiental solicita que o empreendedor apresente documento de autorização do INCRA para o prosseguimento do licenciamento ambiental.

15.4.6. ÁREAS INDÍGENAS E QUILOMBOLAS

Tendo em vista que a implantação da atividade minerária implica, muitas vezes, na mudança de domínio de propriedades rurais, cuidados especiais são requeridos nas regiões em que estão localizadas comunidades tradicionais. Tais cuidados visam à prevenção de problemas sociais decorrentes de transações imobiliárias que envolvam áreas reconhecidas ou em processo de reconhecimento, bem como uma possível mudança dos hábitos culturais daquelas comunidades em função da mineração.

A partir de janeiro de 2019, foi editada a medida provisória nº. 870 de 1º de janeiro de 2019 (Brasil, 2019) do governo federal que estabelece:

Art. 21. Constitui área de competência do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento:

§ 2º A competência de que trata o inciso XIV, no que se refere à reforma agrária, regularização fundiária de áreas rurais, Amazônia Legal, terras indígenas e quilombolas, compreende:

Inciso I - a identificação, a delimitação, a demarcação e os registros das terras tradicionalmente ocupadas por indígenas; e

Inciso II - a identificação, o reconhecimento, a delimitação, a demarcação e a titulação das terras ocupadas pelos remanescentes das comunidades dos quilombos.

§ 3º Cabe ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento exercer, por meio do Serviço Florestal Brasileiro, a função de órgão gestor prevista no Art. 53 da Lei nº. 11.284 (BRASIL, 2006), em âmbito federal.

A Fundação Cultural Palmares é o órgão vinculado ao Ministério da Cidadania responsável por reconhecer e certificar as comunidades de remanescentes quilombolas. No Art. 23, constitui área de competência do Ministério da Cidadania, institui que:

XVII - assistência ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária nas ações de regularização fundiária, para garantir a preservação da identidade cultural dos remanescentes das comunidades dos quilombos.

No artigo Art. 43 da Medida Provisória nº. 870 (BRASIL, 2019) constitui área de competência do Ministério da Mulher, da Família e dos Direitos Humanos:

i) direitos do índio, inclusive no acompanhamento das ações de saúde desenvolvidas em prol das comunidades indígenas, sem prejuízo das competências do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

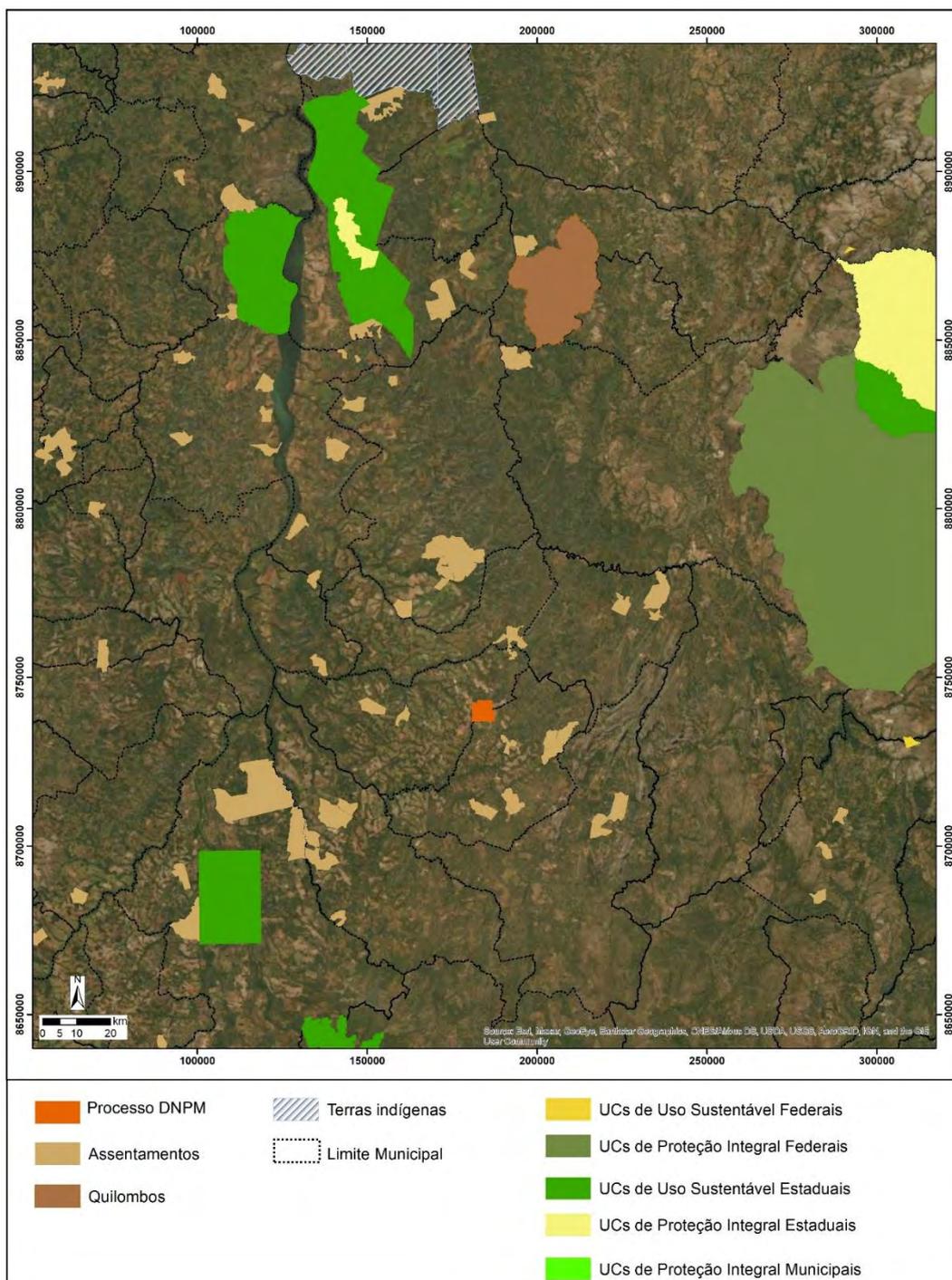
No que diz respeito à execução de atividades que possam gerar conflitos de uso da terra junto a essas comunidades, a ratificação e promulgação da Convenção nº. 169 da Organização Internacional do Trabalho, através do Decreto nº. 5.051 de 19 de abril de 2004 (BRASIL, 2004).

Desse modo, para fins de licenciamento ambiental, sempre que constatado que o empreendimento se localiza em área de comunidades tradicionais, o órgão ambiental exige autorização emitida pelas instituições competentes para a análise do processo. Já no caso de terras indígenas a atividade minerária é vedada em seu interior, nos termos da Constituição Federal – BRASIL (1988) e legislação correlata.

De acordo com os mapas de Áreas Prioritárias para Conservação (MMA, 2003) e de Áreas de Uso Legal Restrito e Potencial para Conservação Ambiental (SEPLAN-TO, 2007) não **existem** nenhuma unidade de conservação ou área prioritária para conservação dentro dos **limites dos** municípios de Santa Rosa do Tocantins e Chapada de natividade. As unidades de conservação mais próximas situam-se a mais de 60 km de distância em linha reta da área de direito mineral da CPRM, não configurando qualquer possível interferência.

Áreas com possíveis de restrição próximas a poligonal da CPRM constituem alguns assentamentos rurais nos municípios de Santa Rosa do Tocantins e Chapada de Natividade, que se encontram a 10 km dos seus limites. Na figura 53 pode ser observado a região do entorno com os limites da área de direito mineral da CPRM e os espaços de restrição e de proteção ambiental existentes em uma grande região do seu entorno.

Figura 53 – Áreas territoriais de proteção ou restrição e sua relação espacial com a poligonal do processo 860.163/84 da CPRM (SEPLAN-TO, 2007).



15.5. INDICADORES SOCIOECONÔMICOS

São apresentados indicadores socioeconômicos, baseados em dados do IBGE, dos municípios de Santa Rosa do Tocantins e Chapada da Natividade, que são antigos distritos emancipados de Natividade e que tem parte de seus territórios abrangidos pela área de processo da CPRM.

Santa Rosa do Tocantins

A Lei Estadual nº 10.418, de 1º de janeiro de 1988, deu emancipação político-administrativa ao Distrito de Santa Rosa, com o mesmo topônimo, desmembrado do Município de Natividade. A origem do nome da cidade se deve à tradição religiosa da devoção à Santa Rosa, padroeira do Município, cuja festa religiosa se celebra no dia 20 de julho de cada ano. Tal devoção tirada do santoral romano foi trazida da África pelo Padre José Bernardino. O topônimo, portanto, é uma homenagem à Santa Rosa e ao Estado do Tocantins (IBGE, 2017).

Segundo os dados do IBGE, a área do município é de 1.796,3 km² com população estimada em 4.568 habitantes, conforme censo realizado em 2010, com densidade demográfica de 2,54 hab/km².

Em 2015, o salário médio mensal no município era de 1,6 salários mínimos. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 8.1% e, considerando domicílios com rendimentos mensais de até meio salário mínimo por pessoa, essa massa salarial representava 47.3% da população. Tal situação colocou o município na posição 43 dentre os 139 que formam o estado do Tocantins, e na posição de número 1840, considerando os 5570 municípios brasileiros. A taxa de escolarização para pessoas da faixa dos 6 a 14 anos foi estimada em 97% em 2010, sendo a taxa de mortalidade infantil média do município de 13.7 para 1.000 nascidos vivos.

O município apresenta 35% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 84.2% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 0% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio).

Chapada de Natividade

O Arraial de Chapada surgiu na terceira década do século XVIII, com a descoberta do ouro em suas terras. Garimpeiros, comerciantes, senhores, escravos africanos e outros vinham e desapareciam conforme exauriam-se os veios de ouro (IBGE, 2017).

Entretanto, deve-se aos os quilombolas a ocupação efetiva da região a partir do final do século XVIII, buscando seu sustento no cultivo de pequenas lavouras. Duas comunidades quilombolas ainda existem na Chapada da Natividade, a de São José e a de Chapada de Natividade, cujos descendentes tiveram importante participação no movimento para emancipação do então distrito de Chapada da Natividade. O município foi criado em 28 de setembro de 1995 e instalado em 1º de janeiro de 1996 (IBGE, 2017).

Segundo os dados do IBGE, o município possui área de 1.667,9 km² e população estimada pelo censo realizado em 2010 de 3.277 pessoas, o que dá uma densidade demográfica de 1,97 hab/km².

Em 2015, o salário médio mensal da população era de 1.6 salários mínimos, sendo a proporção de pessoas ocupadas em relação à população total de 6.5%. Considerando domicílios com rendimentos mensais de até meio salário mínimo por pessoa, foi estimado 51.3% da população nessas condições. Tal situação colocou o município na posição de número 14, considerando os 139 que formam o estado do Tocantins, e na posição de número 1142, considerando os 5570 municípios brasileiros. Em 2014, o município contava com um PIB per capita de R\$ 16.786,18, sendo contabilizado que 96.9% do seu orçamento em 2015 era proveniente de fontes externas.

A taxa de escolarização para pessoas da faixa entre 6 a 14 anos foi de 96.1% em 2010. Neste levantamento foi estimado que o município apresentava 48% de domicílios com esgotamento sanitário

adequado, 60.4% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 0% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio).

15.6. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

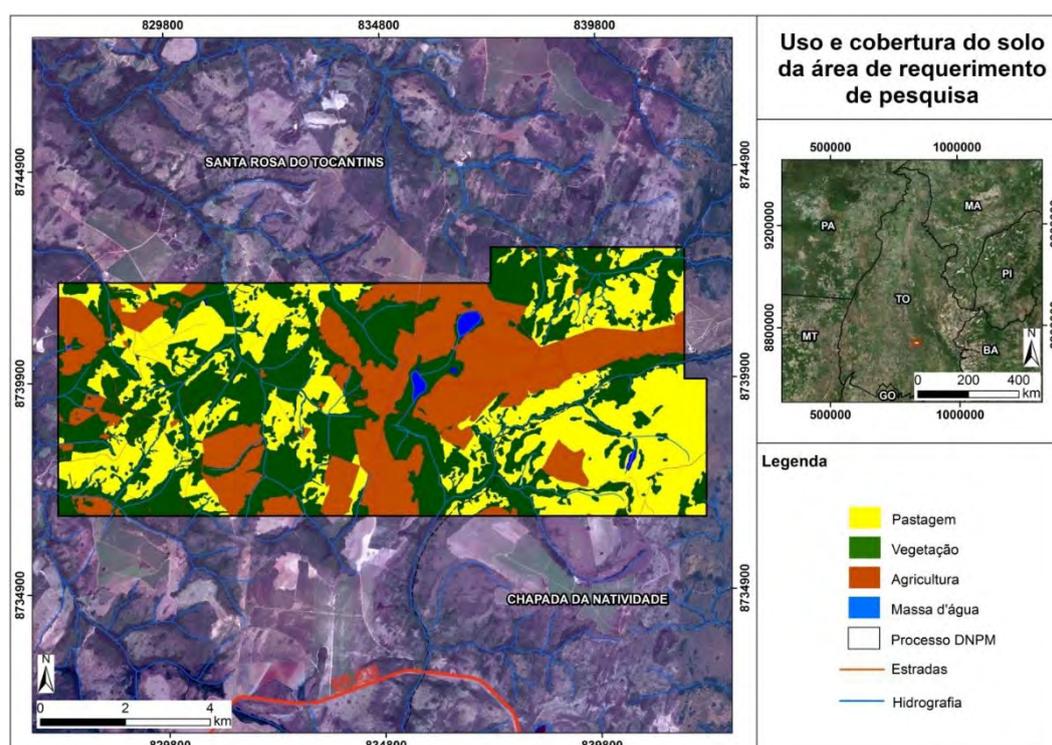
O Sistema de Classificação de Uso Atual da Terra, Manual Técnico de Uso da Terra (SOKOLONSKI, 1999) leva em conta o tipo de uso da terra na data do mapeamento, o manejo empregado e a estrutura de produção (relações sociais de produção), procurando com isso caracterizar da melhor maneira possível as classes de uso definidas.

De acordo com a Lei nº. 12.651 de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012a), todo imóvel rural deve manter uma área com cobertura de vegetação nativa, a título de reserva legal. Trata-se de área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa.

O uso e ocupação do solo dentro da área do processo 860.163/84 da CPRM, como se observa na figura 54, mostra que cerca de 70% do solo é utilizado para atividades agropecuárias (pastagens e agricultura) e o restante é ocupado por vegetação nativa, que está associada a áreas íngremes ou margens de cursos d'água, que incluem APPs. Não existem núcleos urbanos ou assentamentos rurais cadastrados no seu âmbito, conforme dados disponibilizados através de consulta em 2017 ao *site* do INCRA.

Durante o reconhecimento da área, que ocorreu no final do período de seca, vastas áreas estavam sendo preparadas para o plantio de soja, aguardando o início do período de chuvas. Nas sedes das fazendas apenas empregados e familiares estavam presentes.

Figura 54 - O Uso e ocupação do solo na área do processo 860.163/84 da CPRM.



15.7. IMPACTOS PROVÁVEIS

A exploração do tipo de minério como encontrado na área da CPRM, por conterem, usualmente, baixo teor do elemento metálico, demanda beneficiamento complexo, que teria sua planta no âmbito da mina, requerendo etapas de concentração por flotação e/ou processos hidrometalúrgicos, que envolvem o uso de produtos químicos e a geração de efluentes líquidos. Há de se considerar ainda a lavra, que envolve a abertura de frentes de extração, a céu aberto e/ou subterrânea, que são responsáveis pela geração de impactos como a remoção da vegetação, alteração nos ecossistemas locais, interferência nos recursos hídricos (superficiais e subterrâneos), geração de poeira, ruído e vibrações.

Portanto, os impactos ambientais decorrente do empreendimento pode ser considerado como de alto potencial poluidor, requerendo processos de licenciamento ambiental trifásicos (licença prévia, licença de instalação e licença de operação), com vistas às suas mitigações.

Grande parte dos impactos ambientais negativos citados pode ser mitigada a partir de um bom planejamento das diversas fases do empreendimento, que inclui a implantação, operação e fechamento da mina, considerando o contexto ambiental na definição de parâmetros operacionais. A implantação de alguns programas é fundamental para garantir a mitigação dos impactos, sendo considerados entre tantos como fundamentais para implantação da atividade mineral:

- ✓ programa de gestão e controle ambiental;
- ✓ programa de qualidade das águas de processo e efluentes;
- ✓ programa de controle de emissões atmosféricas;
- ✓ programa de preservação e conservação ambiental de áreas circunvizinhas à mina;
- ✓ programa de recuperação de áreas degradadas e mineradas;
- ✓ programa de gestão de resíduos industriais;
- ✓ programa de redução de consumo de água, energia e combustíveis, reuso de água;
- ✓ programa de sinalização de vias, dentre outros, que devem ser discutidos e geridos com a comunidade.

Assim, as principais medidas necessárias para controle dos impactos, na etapa de extração, referem-se principalmente à recuperação do solo, destinação de resíduos sólidos, controle da drenagem e de emissões atmosféricas e negociações com a comunidade local.

Apesar das áreas estarem situadas em locais com densidade demográfica reduzida, o impacto visual causado pela extração mineral a céu aberto merece atenção, não propriamente pelos danos ao meio ambiente e ao homem, mas pela imagem negativa que gera nas comunidades e instituições. É importante que o projeto ambiental considere a minimização desse fator.

Impactos positivos também são previstos com a implantação de um empreendimento mineral, em especial a geração de empregos e renda, o pagamento de royalties (CEFEM) aos municípios, o aumento na arrecadação de impostos e, conseqüentemente, o incremento da economia. Para esses impactos também devem ser previstos programas, de cunho social, envolvendo a comunidade positivamente com a mineração. Os programas sociais devem objetivar a capacitação da comunidade, de modo que esta seja preparada para se beneficiar das mudanças advindas da implantação da mineração e da decorrente paralisação das atividades, quando do esgotamento da jazida.

16. RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES

Na Região de Natividade (TO) existe uma série de garimpos, assim como estão instaladas algumas empresas de mineração, que nas últimas décadas vêm se dedicando a exploração do ouro em um vasto território de grande potencial, mas que se configura praticamente virgem em termos de pesquisa mineral. Os trabalhos exploratórios implementados pelo projeto Natividade podem ser considerados ainda muito tímidos e de alcance restrito, não permitindo aquilatar com a devida propriedade o potencial mineral da área com a consistência que se exige.

Do ponto de vista da prospecção geoquímica, a quantidade dos resultados analíticos são ainda considerados insuficientes para estimativas de teores, se fazendo necessário uma investigação ao longo das drenagens (sedimento de corrente – *follow-up*), pertinentes a bacias de captação além dos limites da área de pesquisa da CPRM, para averiguar a dispersão do ouro na totalidade do sistema aurífero. Complementarmente, numa segunda etapa, de posse destes dados, se daria a execução de malhas de solo mais ampliadas, com linhas de amostragem NW-SE, alongadas nesta direção, que incluiria os terrenos muito além da zona do garimpo primário.

Com base em mapas magnetométricos foi possível estabelecer uma correlação entre os lineamentos magnéticos e os garimpos existentes na área. Esta análise atenta para a importância destas feições nas acumulações auríferas na região. Os dados gamaespectrométricos permitiram uma boa correspondência entre os domínios e as fácies litológicas observadas em campo. Manipulando esses dados, foram estabelecidas zonas com altos desvios de enriquecimento em potássio e equivalente de urânio. Estas zonas podem indicar maior percolação de fluidos hidrotermais e dar indícios de locais com maior precipitação de elementos de interesse. Infelizmente, com o nível de detalhe dos dados disponíveis, não foi possível modelar (geofisicamente) o depósito com precisão, em que uma análise geofísica poderia ser útil na ampliação do depósito e na prospecção de novas acumulações em outros segmentos que estão inseridas em um mesmo contexto.

Para uma melhor caracterização geofísica do depósito são necessários levantamentos geofísicos com maior detalhe. Medidas petrofísicas em amostras coletadas em etapas futuras de campo podem ajudar na modelagem do depósito. Dados magnetométricos de detalhe podem ajudar a compreender localmente feições estruturais que controlam a mineralização conhecida, além de sinalizar outros alvos com base em uma interpretação estrutural mais precisa. Dados eletromagnéticos podem ajudar a mapear filões de quartzo com alta condutividade.

A partir do estudo de reavaliação surgiram algumas dúvidas com relação aos controles da mineralização aurífera, sua mineralogia de alteração hidrotermal, além do contexto deformacional e tectônico da mineralização.

Para o entendimento dos aspectos metalogenéticos associados com o Evento Brasileiro, assim como para servir de elemento norteador para a prospecção de ouro, é imprescindível o entendimento dessas questões o que representaria uma evolução no conhecimento da região.

Desta forma fica evidente a necessidade de maior investimento em prospecção mineral de agregar mais conhecimento aos já reportados, sendo proposto, neste sentido, um escopo para os próximos investimentos pautados de levantamentos topográficos, mapeamentos geológicos, estudos metalogenéticos, prospecção geofísica, prospecção geoquímica, trincheiras e sondagens rotativas.

As mineralizações descritas na área são do tipo filoneana relacionadas a cinco corpos presentes na zona de cisalhamento principal, ocorrem em forma de veios e vênulas subparalelo segundo planos de atitudes N25E/70NW. Estes planos possivelmente foram os canais de percolação das soluções e os *traps* para deposição dos fluidos mineralizados. Os corpos mineralizados totalizam um volume analítico de 268.347,97 m³ e tonelagem de 724,539 kt com teor médio de Au de 1,02 g/t. Deve ser destacado, que na visita técnica a propriedade mineral foi constatado três locais de extração, com seus recursos, possivelmente, já exauridos. Neste sentido, providências no âmbito administrativo junto ao órgão regulador, a ANM/TO, foram acionadas, o qual colocado a par sobre essa situação.

17. REFERÊNCIAS

ABDALLAH, S.; MENEHINI, P.F.V. 2017. Geologia e Recursos Minerais da Folha Arraias – SD.23-V-A. Escala 1:250.000. Goiânia: CPRM, 2017. (Programa Geologia do Brasil – Projeto Sudeste do Tocantins). 212 p. il.

Aspectos geológicos e metalogenéticos do Grupo Riachão do Ouro na região de Conceição (TO), uma sequência Greenstone na Folha Arraias (SD.23-V-A). In SBG, XII Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, CD. p40.

ALMEIDA, F. F. M. 1977. O Cráton do São Francisco. Revista Brasileira de Geociências, 7:349-364.

ALMEIDA, F.F.M. 1967. Origem e Evolução da Plataforma Brasileira. Rio de Janeiro, DNPM/DGM. 96 p. (Boletim 241).

AGENCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO - ANM. 2019. **Sumario Mineral** / Coordenacao Geral Marina Marques Dalla Costa, Karina Andrade Medeiros e Thiers Muniz Lima. Brasilia: ANM, 2019. v. 37. 201 p. il.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL - ANAC. **Dados Abertos**. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/aceso-a-informacao/dados-abertos>. Acesso em 20 ago. 2021c.

ARAÚJO, V.A de; ALVES, A.C. Projeto Canabrava – Porto Real. Goiânia, DNPM/CPRM, v. 1, 1979. 190p.

BAETA JUNIOR, J.D.A.; FIGUEIREDO, A.N.; SOUZA, E.P. & MELLO, J.C.R. 1972. **Projeto Goianésia-Barro Alto**. Goiânia. DNPM/CPRM. Relatório inédito VI, 129p.

BERBERT, C.O. Complexo Basal Goiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31. Balneário de Camboriú, 1980. **Anais**. Florianópolis, Soc. Bras. Geol. 1980. V.5. p. 2.837-2.849

BRASIL. Presidência da República. **Decreto-Lei nº 4.146 de 04 de março de 1942**. Dispõe sobre a proteção dos depósitos fossilíferos. Rio de Janeiro: Presidência da República, 1942. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1937-1946/De14146.htm Acesso em: 31 jan. 2019.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 3.924, de 26 de julho de 1961**. Dispõe sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos. Brasília: Presidência da República, 1961. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/L3924.htm . Acesso em: 31 jan. 2019.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 4.504 de 30 de novembro de 1964**. Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 1964. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4504.htm. Acesso em: 31 jan. 2019.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 5.371 de 05 de dezembro de 1967**. Autoriza a instituição da "Fundação Nacional do Índio" e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 1967. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/1950-1969/L5371.htm. Acesso em: 31 jan. 2019.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 73.684 de 19 de fevereiro de 1974**. Cria a Floresta

Nacional do Tapajós, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 1974. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=73684&ano=1974&ato=5c3oXQE1EMnRVT95b>. Acesso em: 30 mar. 2020.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 8.629 de 25 de fevereiro de 1993**. Dispõe sobre a regulamentação dos dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária, previstos no Capítulo III, Título VII, da Constituição Federal. Brasília: Presidência da República, 1993. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8629.htm. Acesso em: 31 jan. 2019.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm. Acesso em: 31 jan. 2019.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 4.887 de 20 de novembro de 2003**. Regulamenta o procedimento para identificação, reconhecimento, delimitação, demarcação e titulação das terras ocupadas por remanescentes das comunidades dos quilombos de que trata o art. 68 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias. Brasília, DF: Presidência da República, 2003. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/d4887.htm. Acesso em: 31 jan. 2019.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 5.051 de 19 de abril de 2004**. Promulga a Convenção nº 169 da Organização Internacional do Trabalho - OIT sobre Povos Indígenas e Tribais. Brasília: Presidência da República, 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5051.htm. Acesso em: 31 jan. 2019.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 11.284 de 2 de março de 2006**. Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro - SFB; cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal - FNDF; altera as Leis nºs 10.683, de 28 de maio de 2003, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, 4.771, de 15 de setembro de 1965, 6.938, de 31 de agosto de 1981, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973; e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2006. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11284.htm. Acesso em: 31 jan. 2021.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2012a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 31 jan. 2019.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 12.678 de 25 de junho de 2012**. Dispõe sobre alterações nos limites dos Parques Nacionais da Amazônia, dos Campos Amazônicos e Matinguari, das Florestas Nacionais de Itaituba I, Itaituba II e do Crepori e da Área de Proteção Ambiental do Tapajós; altera a Lei nº 12.249, de 11 de junho de 2010; e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2012b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12678.htm. Acesso em: 30 mar. 2020.

BRASIL. Presidência da República. **Medida Provisória nº 870 de 1º de janeiro de 2019**. Estabelece a organização básica dos órgãos da Presidência da República e dos Ministérios. Brasília: Presidência da República, 2019. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Mpv/mpv870.htm . Acesso em: 31 jan. 2019.

CHAVES, A.C. E LEAL FILHO, L.S. 1998. Flotação, In: Tratamento de Minérios, ed. por A.B. Luz, M.V. Possa e S.L. Almeida, 2ª edição, 1998, CETEM, Rio de Janeiro.

CORREIA FILHO, F.C.L. & SÁ, A.M. 1980. **Projeto Natividade**. Goiânia, DNPM/CPRM. v. I, 256 p. (Rei. Inédito).

CORTES, I.M.A., SIQUEIRA, D.P.L.B.; SÁ, J.A.G. 1987. **Mapa geológico do estado de Goiás**, escala 1/1.000.000. 1987. DNPM/Governo do Estado de Goiás.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. 1993. Projeto Natividade. **Relatório Final de Pesquisa**. Área TO – 01/84. DNPM: 860.163/84. Alvará 1.916 - DOU de 13.03.85 - renovação: alvará 085-DOU de 13.01.92. CPRM: Goiânia, 1993.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. 1996. Projeto Natividade. **Relatório Complementar de Pesquisa**. Área: TO- 01/84 DNPM 860. 163/84. Alvará 1.916 – DOU de 13.03.85 renovação. Alvará 085 - DOU de 13.01.92. CPRM: Goiânia, 1996.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM . 2016. **Mapa geodiversidade do estado do Tocantins**. Goiânia: CPRM, 2016.

CRUZ., E. L. C. C da. 2001. A gênese e o contexto tectônico da mina Córrego Paiol, Terreno Almas-Conceição: um depósito de ouro hospedado em anfíbolito do embasamento da Faixa de Dobramentos Brasília. **Tese** (Doutoramento). Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. Brasília, 2001. 183p.

CRUZ, E.L.C.C.; KUYUMJIAN, R.M. The Geology and Tectonic Evolution of the Tocantins Granite-Greenstone Terrane: Almas-Dianópolis Region, Tocantins State, Central Brasil. Revista. Brasileira de Geociências, v. 28, n. 2, p. 173-182, 1998.

CRUZ, E. L. C. C. & KUYUMJIAN, R. M. 1996. **Chemical characterization of metabasalts and granitoids from the Almas-Dianópolis granite-greenstone terrane, Central Brazil**. In: SBG/Núcleo Brasília. Symposium on Archaean Terranes of South American Platform, Extended abstracts, 53-54.

CUNHA B.C., POTIGUAR L.A.T., IANHEZ A.C., BEZERRA P.E.L., PITTHAN J.M.L., Souza Jr. J.J., MONTALVÃO R.M.G., SOUZA A.M.S., HILDRED T.R., TASSINARI C.C.C. 1981. **Projeto RADAMBRASIL, Folha SC.22-Tocantins**. Geologia, 1:21-196.

DARDENNE M.A. 2000. The Brasília Fold Belt. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho & D.A. Campos. 2000. **Tectonic evolution of South America**. 31 st International Geological Congress. SBG. Rio de Janeiro, 2000. p. 231-263.

DELGADO, I.M., SOUZA, J.D., SILVA, L.C., SILVEIRA FILHO, N.C., SANTOS, R.A., PEDREIRA, A.J.,

GUIMARÃES, J.T., ANGELIM, L.A., VASCONSCÉLOS, A.M., GOMES, I.P., LACERDA FILHO, J.V., VALENTE, C.R., PERROTTA, M.M., HEINICK, C.A., 2003. **PROVÍNCIA TOCANTINS**. IN: BIZZI L.A., SCHOBENHAUS, C., VIDOTTI R.M., GONÇALVES J.H. (eds.). Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. Rio de Janeiro: CPRM, p.: 281-292.

ELETROBRAS. Áreas de atuação. 2021. **Mapas do Sistema Elétrico Brasileiro**. Disponível em: <<https://eletrobras.com/pt/Paginas/Sistema-Eletrico-Brasileiro.aspx>. Acesso em: 20 de set. 2021.

FUCK, R.A. 1994. A faixa Brasília e a Compartimentação Tectônica na Província Tocantins. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO - OESTE, 4. Brasília, 1994. **Anais...Brasília**, SBG, p.184-187.

FUCK, R.A.; DANTAS, E.L.; PIMENTEL, M.M. 2001. **Nd isotopes U-Pb SINGLE GRAIN AND shrimp ZIRCON AGES FROM BASEMENT ROCKS OF THE Tocantis Province**. In: Symposium os Isotope geology, 3, 2001, Pucón, Chile. Proceedings... Chile, 2001.p. 311-313.

FUCK, R.A., DANTAS, E.L., PIMENTEL, M.M., BOTELHO, N.F., ARMSTRONG, R., LAUX, J.H, JUNGES, S.L., SOARES, J.E., PRAXEDES, I.F., 2014. Paleoproterozoic crust-formation and reworking events in the Tocantins Province, central Brazil: A contribution for Atlantica supercontinent reconstruction. **Precambrian Research**, 244: 53-74.

GEOSOFT. **Standard Euler Deconvolution**. Oasis Montaj® Help. 2017.

GROSS, G.A. 1996. **Stratiform iron**. In: Geology of Canadian Mineral Deposit Types. (eds) Eckstrand O.R., Sinclair W.D., Thorpe R.I. Geological Survey of Canada, Geology of Canada, 1996, 8: 41-54.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010. **Resultado dos Dados do Censo de Natividade – 2010**. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/natividade/panorama>.

LINDENMAYER, D. H. 1970. Relatório anual da Seção de Geologia e Mineralogia. **Projeto Niquelandia**. 6º Distrito, Centro-Oeste, Dep. Nac. Prod. Min., Relatório inédito, p. 8-36.

MARINI, O.L.; FUCK, R.A.; DARDENE, M.A.; DANNI, J.C.M. 1984. **Província Tocantins: setores central e sudeste**. In: Almeida, F.F.M. de & HASUI, Y. coord. O pré-cambriano do Brasil. São Paulo, Edgar Biucher Ltda.p 205-264.

MOORE, B. 1963. **Geologic reconnaissance of the southwest corner of Maranhão Basin**. Depez/Petrobrás. Rio de Janeiro, 1963.

MOREIRA, M. L. O. et al (Orgs.). **Geologia do estado de Goiás e Distrito Federal: texto explicativo do mapa geológico do estado de Goiás e Distrito Federal**. Goiânia: CPRM; SIC - FUNMINERAL, 2008. Escala 1:500.000. Programa Geologia do Brasil (PGB); Programa Geologia e Mineração do Estado de Goiás.

PADILHA J.L. 1984. **Prospecção de ouro na região nordeste de Goiás**. Projeto Pindorama-Docegeo. In: SBG, Encontro Regional do Ouro de Goiás, I, Resumos, p. 78-95.

PEREIRA, R.S.; FUCK, R.A. Archean nucleii and the distribution of kimberlite and related rocks in the São Francisco craton, Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**. 35(3):93-104, set. 2005.

PIMENTEL M.M., HEAMAN L., FUCK R.A. 1991. Zircon and shpene Pb-U geochronology of Upper Proterozoic volcanic-arc rock units from southwestern Goiás, central Brazil. **Journal of South**. 4(4), 1991, p 295-305.

PIMENTEL, M.M. & FUCK, R.A., 1992. Características geoquímicas e isotópicas de unidades metavulcânicas e ortognáissicas neoproterozóicas do oeste de Goiás. SBG-NCO, 15:1-22.

PIMENTEL, M.M., FUCK, R.A., JOST, H., FERREIRA FILHO, C.F., ARAÚJO, S.M., 2000. **The Basement of the Brasília Fold Belt and the Goiás Magmatic Arc**. In: Cordani U., Milani E.J., Thomaz Filho A., Campos D.A. (eds.). *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro: 31st International Geological Congress, p. 195-229.

PIMENTEL, M.M., JOST, H., FUCK, R.A. 2004. *In*: BIZZI L.A., SCHOBENHAUS, C., VIDOTTI R.M., GONÇALVES J.H. (eds.). **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. CPRM. Rio de Janeiro, 2004. p. 355-369.

PIMENTEL, M.M., WHITEHOUSE, M.J., VIANA, M.G., FUCK, R.A., MACHADO, N. 1997. The Mara Rosa arc in the Tocantins Province: further evidence for Neoproterozoic crustal accretion in central Brazil. **Precambrian Research** 81:299-310.

PIRES, A. C. B. 1995. Identificação Geofísica de Áreas de Alteração Hidrotermal, Crixás-Guarinos, Goiás. **Revista Brasileira de Geociências**, V. 25(1):61-68, 1995.

PRAXEDES, I. F. Lineamento transbrasiliiano, contribuição aerogeofísica, tectônica e geocronológica no setor nordeste da faixa Brasília. xviii, 104 f., il. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

RADAELLI, V. A. 2000. Ouro de Natividade- Estado do Tocantins. Informe de Recursos Minerais, Série Oportunidades Minerais. **Exame Atualizado de Projeto nº 08**. Goiânia: CPRM, 2000.

RODRIGUES J.B., GIOIA S.M.L.C., PIMENTEL M.M. 1999. Geocronologia e geoquímica de ortogneisses da região entre Iporá e Firminópolis: implicações para a evolução do Arco Magmático de Goiás. **Revista Brasileira de Geociências**, 29(2):207-216.

SABOIA, A.M.; MENECHINI, P.F.V. 2019. **Geologia e Recursos Minerais da Folha Dianópolis - SC.23-Y-C**: Escala 1:250.000 (Programa Geologia do Brasil – Projeto Sudeste do Tocantins). Goiânia: CPRM, 2019. 193 p. il.

SILVA, C.H. 2003. Evolução Geológica da Faixa Brasília na Região de Tapira Sudoeste de Minas Gerais. **Tese** (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. São Paulo, 2003..

SOARES, J.E.P., BERROCAL, J.A., FUCK, R.A., MOONEY, W.D., VENTURA, D.B.R. 2006. Seismic characteristics of central Brazil crust and upper mantle: a deep seismic refraction study. **Journal of Geophysical Research**, 111, B12302.

SOKOLONSKI, H. H. (Coord.). 1999. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 1999 (Manuais Técnicos em Geociências, 7).

THOMPSON, D. T. EULDPH: A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data. **Geophysics**, 47: 31-37, 1982.

VASCONCELOS, R. M.; METELO, M. J; Motta, A. C.; Gomes, R. D. 1990. **Geofísica em Levantamentos Geológicos no Brasil**. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Rio de Janeiro, 1990. 165p.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. 2015. **Institutional site: Mineral Commodity Summaries- GOLD - 2015**. Disponível em: <https://s3-us-west-2.amazonaws.com/prd-wret/assets/palladium/production/mineral-pubs/mcs/mcs2015.pdf>. Acesso em dez. 2021.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. 2016. **Institutional site: Mineral Commodity Summaries- GOLD - 2016**. Disponível em: <https://s3-us-west-2.amazonaws.com/prd-wret/assets/palladium/production/mineral-pubs/mcs/mcs2016.pdf>. Acesso em dez. 2021.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY - USGS. 2017. ***Institutional site: Mineral Commodity Summaries - GOLD - 2017.*** Disponível em: https://mineralsmakelife.org/wp-content/uploads/2017/04/Mineral_Commodity_Summaries_2017.pdf. Acesso em dez. 2021

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. 2018. ***Institutional site: Mineral Commodity Summaries- GOLD - 2018.*** Disponível em: https://mineralsmakelife.org/wp-content/uploads/2018/06/Minerals_Commodities_Summaries_2018.pdf. Acesso em dez. 2021

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. 2019. ***Institutional site: Mineral Commodity Summaries- GOLD - 2019.*** Disponível em: https://prd-wret.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/mcs2019_all.pdf. Acesso em dez. 2021

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. 2020. ***Institutional site: Mineral Commodity Summaries- GOLD - 2020.*** Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020.pdf>. Acesso em dez. 2021