

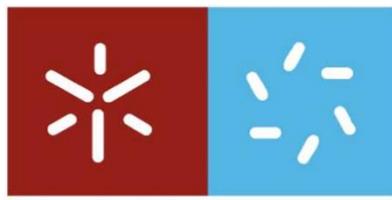
Universidade Do Minho

Escola de Ciências

Leonardo Santana Barroso

**Pesquisa Mineral de Pegmatitos
na Região Leste de Minas Gerais
em contexto de Mineração de
Pequena Escala.**

Outubro de 2018



Universidade Do Minho

Escola de Ciências

Leonardo Santana Barroso

**Pesquisa Mineral de Pegmatitos
na Região Leste de Minas Gerais
em contexto de Mineração de
Pequena Escala.**

Dissertação de Mestrado em Geociências

Especialização em Valorização de Recursos Geológicos

Trabalho efetuado sob a orientação do:

Professor Doutor Carlos Augusto Alves Leal Gomes

Outubro de 2018

Às crianças do Planeta Terra, em especial às que sofrem com
fome, frio e sede, próximas às áreas de exploração mineral.

Para que essas possam ter condições de crescer, em
estatura, sabedoria e espírito.

Aos que sonham.

AGRADECIMENTOS

Pela contribuição dada para a concretização deste projeto, apresento o meu agradecimento a algumas pessoas e instituições.

Gratidão aos familiares, pela compreensão, estímulo e suporte. Nomeadamente: minha mãe, minha irmã, minha companheira, meus padrinhos e amigos. Sem os quais seria impossível chegar até aqui.

Gratidão ainda a Comunidade Católica Shalom, por todo auxílio, presença e sustento humano. Cada alimento, cada encontro e cada oração foram importantes para a realização desse projeto.

Agradeço também aos amigos e colegas de profissão com quem tive o privilégio de trabalhar durante os anos de pesquisa do Projeto Pockets, junto ao grupo de investigação de pegmatitos ÍGNEA (UFES/2011).

O trabalho não poderia ter sido concluído sem o apoio de pessoas muito especiais, conhecidas no campo, nomeadamente o amigo Afonso Marques, e o senhor Valderino de Assis, de Galiléia. Grandes companheiros de lapidação e garimpo, que abriram as portas de suas casas para nos receber.

Aos colegas do grupo de pesquisa de pegmatitos GEOPÉTREIA, por todo suporte material e intelectual. Pelo auxílio em campo e por todo trabalho de monitorização das lavras.

Gostaria de agradecer também, todos os colaboradores da Universidade do Minho que contribuíram no desenvolvimento dessa pesquisa. Meus cumprimentos de gratidão à senhora Madalena Macedo do Serviços de Ação Social da Universidade do Minho, juntamente com a Dr^a Isabel Baião e sua equipe. Agradeço ainda aos funcionários e colegas da Residência Universitária de Santa Tecla, com os quais dividi o espaço de estudos e vivências.

Aos Professores do Departamento de Ciências da Terra, em especial ao Professor Leal, com o qual tive a honra de ser orientado mais uma vez, por toda dedicação e profissionalismo. Aos professores Jorge Manuel Pamplona e a professora Maria do Rosário Melo da Costa, agradeço por todo apoio e incentivo. Sem faltar os grandes e queridos colegas do Laboratório do DCT, Sr Saúl, Sr Azevedo e Sra Elizabete, a todos o meu profundo e sincero agradecimento. Obrigado!

RESUMO

O trabalho dedica-se à Prospecção e Pesquisa Mineral de pegmatitos na região leste de Minas Gerais- Brasil, em contexto de Mineração de Pequena Escala (MPE). Foram investigados 811 depósitos pegmatíticos (minas e garimpos), cadastrados pelo Projeto Leste (1998). Os jazigos descritos foram contextualizados com os Cenários de Geologia e Mineração, do Projeto de Ordenamento Territorial Geomineiro (2008) e, posteriormente, submetidos à análise de critérios de avaliação, que culminaram na seleção de 78 Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração (PRIM's). A Prospecção Mineral dos pegmatitos foi desenvolvida por meio de ferramentas e técnicas de Geoprocessamento, que deram suporte a etapa de Geologia de Campo. Os métodos investigativos foram aplicados de acordo com a sequência gradativa das fases de prospecção: Estratégica, Tática e Pontual. A cartografia temática, desenvolvida nas duas primeiras fases de prospecção, permitiu identificar tendências e características intrínsecas dos Campos e Distritos Pegmatíticos investigados. A fase de prospecção pontual realizou a interceção dos pegmatitos no terreno, possibilitando a caracterização mineralógica e estrutural dos jazigos, descritos como controle das mineralizações. Para melhor compreensão das massas pegmatíticas em profundidade, foram executados serviços mineiros tradicionais, para abordagem direta das jazidas, através de galerias, cavas, poços e etc. Além desses, foi aplicado ainda o método de prospecção geofísica de Georadar (GPR), com intuito de reconhecer depósitos em subsuperfície e ainda, identificar anomalias geofísicas associadas a zonas de cavidades (bolsadas), produtoras de gemas e minerais de coleção. A Prospecção Mineral permitiu definir blocos de Reservas Minerais orientados ao aproveitamento mineral integrado dos pegmatitos. Os depósitos avaliados como aptos para o desenvolvimento de novos projetos mineiros foram encaminhados para regularização junto ao órgão regulador (DNPM/ANM). O objetivo principal do trabalho foi apresentar um estudo amplo e integrado dos pegmatitos da região com vista o aproveitamento mineral e o fomento mineiro e, por consequência, buscou-se criar uma metodologia de pesquisa replicável a outros depósitos pegmatíticos, inseridos em outras regiões do Brasil. Considerando o crescente valor estratégico atribuído aos recursos pegmatíticos, vislumbra-se a aplicabilidade efetiva para as metodologias e resultados aqui exploradas ,tanto para o Ordenamento Territorial de recursos geológicos, quanto para a atração de novos investimentos no setor mineral, incrementando o desenvolvimento intelectual, social e econômico do Brasil.

Palavras-chave: Pegmatitos, Leste de Minas Gerais, Mineração de Pequena Escala

ABSTRACT

The work is dedicated to Prospection and Mineral Research of pegmatites in the eastern region of Minas Gerais, Brazil, in the context of Small Scale Mining (SSM). 811 pegmatitic deposits (mines and diggings), registered by Projeto Leste (1998), were investigated. The deposits described were contextualized with the Geology and Mining Scenarios of the Geomining Territorial Planning Project (2008) and were subsequently subjected to the analysis of evaluation criteria, which culminated in the selection of 78 Pegmatites with Relevant Interest for Mining (PRIM's). The Mineral Prospecting of the pegmatites was developed from tools and techniques of Geoprocessing, that supported the stage of Field Geology. The investigative methods were applied according to the gradual sequence of the phases of exploration: Strategic, Tactical and Specific. The thematic cartography developed in the first two phases of exploration allowed the identifications of trends and intrinsic characteristics in the Fields and Pegmatitic Districts investigated. The specific prospecting phase carried out the interception of the pegmatites on the ground, making possible the mineralogical and structural characterization of the deposits described as mineralization control. For a better understanding of the pegmatitic masses in depth, traditional mining services were performed, for direct approach to the deposits, through galleries, cavas, wells and others. In addition, geophysical prospecting (GPR – Ground Penetrating Radar) was applied to identify subsurface deposits and to identify geophysical anomalies associated with areas of pockets (pockets), producing gems and collection minerals. The Mineral Prospecting allowed to define blocks of Mineral Reserves oriented to the mineral utilization of pegmatites. The deposits assessed as eligible for the development of a new mining project were submitted to regularization with the regulatory body (DNPM / ANM). The main objective of this work was to present a comprehensive and integrated study of the pegmatites of the region with a view to mineral utilization and mineral development and, consequently, sought to create an integrated research methodology replicable to other pegmatitic deposits, inserted in other regions of the region. Brazil. Considering the increasing strategic value attributed to pegmatitic resources, it is possible to see the effective applicability to the methodologies and results explored here, both for the Territorial Ordering of geological resources and for the attraction of new investments in the mineral sector, increasing the intellectual, social development and economic development of Brazil.

Key words: Pegmatites, Eastern Minas Gerais, Small Scale Mining

ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO	14
2. ORDENAMENTO TERRITORIAL GEOMINEIRO – REGIÃO LESTE DE MINAS GERAIS	18
3. PEGMATITOS E MINERAÇÃO DE PEQUENA ESCALA.....	20
3.1 PEGMATITOS.....	20
3.1.1. <i>Conceitos e Definições.....</i>	21
3.1.2. <i>Pegmatitos Do Brasil.....</i>	23
3.1.2.1. <i>A Província Pegmatítica Oriental.....</i>	24
3.1.2.2. <i>A Região Leste de Minas Gerais: Projeto Leste – Cadastramento dos Recursos Minerais</i>	25
3.2 MINERAÇÃO DE PEQUENA ESCALA – MPE.....	37
3.2.1. <i>Dados da MPE no Brasil</i>	38
3.2.2. <i>Desenvolvimento Sustentável.....</i>	39
4. MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICA APLICADOS	42
4.1 GEOPROCESSAMENTO.....	43
4.1.1. <i>Dados compilados: Projeto Leste & Projeto OTGM.....</i>	45
4.1.2. <i>Pré-seleção de alvos para verificação em Campo.....</i>	47
4.2 GEOLOGIA DE CAMPO	48
4.2.1. <i>Reconhecimento in loco dos pegmatitos (PRIM's).....</i>	49
4.2.2. <i>Caracterização Geológica dos Depósitos.....</i>	49
4.2.3. <i>Estudo de Reservas</i>	50
5. PESQUISA MINERAL DE PEGMATITOS	52
5.1 PROSPECÇÃO ESTRATÉGICA	52
5.1.1. <i>Análise e Georreferenciamento dos atributos do Relatório Leste (1998).....</i>	52
5.1.2. <i>Contextualização da área de estudos com os Cenários da Geologia e Mineração no Brasil - Cartografia Temática dos Pegmatitos</i>	55
5.2 PROSPECÇÃO TÁTICA.....	65
5.2.1. <i>PRIM's - Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração</i>	66
5.2.2. <i>Seleção de Alvos com Imagens de Satélite (Google Earth Pro)</i>	78
5.3 PROSPECÇÃO PONTUAL.....	80
5.3.1. <i>Interceptação dos alvos.....</i>	80
5.3.2. <i>Controle das Mineralizações.....</i>	82
5.3.3. <i>Serviços Mineiros.....</i>	92
5.3.4. <i>Definição de Blocos de Reservas.....</i>	96
5.3.5. <i>Avaliação dos Depósitos Minerais.....</i>	97
5.4 SUGESTÕES DE LINHAS DE AÇÃO	99

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
ANEXO I – CARACTERÍSTICAS DOS DEPÓSITOS.....	105
ANEXO II – CUSTO BENEFÍCIO DA MPE.....	111
ANEXO III – PRINCIPAIS FONTES DE DADOS.....	113
ANEXO IV – METODOLOGIA APLICADA PARA A CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS - “AMBIENTES GEOMINEIROS (AGM’S)”.....	105
APÊNDICE I – GEOESTATÍSTICA APLICADA A PROSPECÇÃO MINERAL DE PEGMATITOS.....	116
APÊNDICE II – RANKING DOS PEGMATITOS COM RELEVANTE INTERESSE PARA MINERAÇÃO (PRIM’S).....	133
APÊNDICE III – DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA DAS EXPEDIÇÕES DE CAMPO.....	137

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de Estudos.	15
Figura 2 – Províncias Pegmatíticas do Brasil	24
Figura 3 – Província Pegmatítica Oriental proposta por Paiva (1946) sobreposta pela área de cadastramento de pegmatitos do Projeto Leste (1998).....	24
Figura 4 - Domínios Geológicos da Região Leste de Minas Gerais.....	29
Figura 5 - Alvos pré-selecionados para verificação em campo.PRIM-09 (Proberil), Imagens Google Earth Pro, (2018).	48
Figura 6 – Localização dos Distritos e Campos Pegmatíticos da área de estudos.	55
Figura 7 – Caracterização dos níveis de prioridades para levantamentos geológico e geofísicos à escala 1:100.000 presentes na área de estudos.	57
Figura 8 – Caracterização dos níveis de prioridades para levantamentos geológico e geofísicos à escala 1:250.000 presentes na área de estudos.	58
Figura 9 – Áreas com relevante Interesse Mineral presentes na área de estudos.	59
Figura 10 – Campos Pegmatíticos frente às intervenções no meio ambiente.....	60
Figura 11 - Avaliação de áreas com conflitos associados à MPE.	61
Figura 12 - Ambientes tectônicos e Campos pegmatíticos.....	63
Figura 13 – Relações existentes entre os depósitos pegmatíticos e as unidades litológicas adjacentes.	64
Figura 14 – Influência das estruturas geológicas em relação ao acolhimento de injeções pegmatíticas.....	65
Figura 15 - Blocos de concessão mineira requeridas no Campo Serra do Cruzeiro.	67
Figura 16 - Identificação visual dos pegmatitos do Campo Golconda.....	69
Figura 17 – Cartografia dos depósitos pegmatíticos do campo Galiléia – Mendes Pimentel em relação ao tamanho dos pegmatitos.	71
Figura 18 - Geoestatística (mapa 2D) dos pegmatitos do Campo Padre Paraíso- Catugi em relação ao número de minerais da paragênese.	72
Figura 19 - Geoestatística dos pegmatitos do Campo Padre Paraíso- Catugi quanto ao número de minerais da paragênese (Modelo 3D).	73
Figura 20 - Recursos minerais com aproveitamento econômico do Campo Pegmatítico Golconda.	75
Figura 21 – Localização dos Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração.	78
Figura 22 – Fotointerpretação da zona de ocorrência do PRIM-06.....	79
Figura 23– Alvos verificados próximos ao PRIM-09 (Proberil)	81
Figura 24 – Perfil geológico do PRIM-09.....	82
Figura 25 – Croqui esquemático do PRIM-09	83
Figura 26 – Exemplo das morfologias dos depósitos de pegmatitos investigados.	84
Figura 27 – Planta de situação do PRIM-09 (Proberil)	85
Figura 28 – Cartografia de detalhe do complexo de galerias do PRIM-11.	86

Figura 29 – Exemplos de acessos subterrâneos cartografados pela pesquisa.....	86
Figura 30 – Amostras de gemas coletadas em campo.	88
Figura 31 – Turmalina melancia, Campo pegmatítico Santa Rosa e Alexandritas, Campo Padre Paráíso – Catugi.	88
Figura 32 – Amostras de depósitos feldspáticos	89
Figura 33 – Micas diversas, coletadas em campanhas de prospecção de pegmatitos no Leste –MG.	90
Figura 34 – Gigacristais de espodumênio amostrados em campo.	91
Figura 35 – Serviços mineiros de abordagem direta dos depósitos.....	92
Figura 36 – Georadar de prospecção geofísica – GPR GSSI SIR 3000, com antenas blindadas de 400 MHz e 200 MHz.	93
Figura 37 – Mapa de situação do PRIM-54: seções geofísicas realizadas através do método de georadar (GPR).	94
Figura 38 - Levantamento geofísico do PRIM-54. Seção 01, indicando a presença de anomalias eletromagnéticas.....	95
Figura 39 - Modelo geológico conceitual (3D) da área onde está inserida o PRIM-09.	96
Figura 40 – Cubagem de reserva mineral (Feldspato Cerâmico), PRIM-09 antiga mina da Proberil.	97
Figura 41 - Nova área requerida para Lavra Garimpeira com a localização dos depósitos minerais cartografados nessa investigação.	98

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Produtos Cartográficos dos Pegmatitos do Leste de MG.....	17
Tabela 2- Tipos de pegmatitos graníticos (Cern□, 1982).	106
Tabela 3 – Recursos com aproveitamento econômico dos Campos Pegmatíticos.	32
Tabela 4 - Atributos dos pegmatitos cadastrados pelo Projeto Leste (1998).	44
Tabela 5 – Cenários de Geologia e Mineração (OTGM,2008) utilizados para investigação.	44
Tabela 6 – Índice de favorabilidade dos atributos de avaliação.	46
Tabela 7 – Estrutura de avaliação de Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração (PRIM's).	47
Tabela 8 - Agrupamento dos pegmatitos estudados em Campos, Distritos Pegmatíticos e Domínio Geológico.....	53
Tabela 9 - Identificação visual dos pegmatitos via imagens de satélites (Google Earth Pro).	69
Tabela 10 – Classes de recursos minerais com aproveitamento econômico.....	74
Tabela 11- Graus de favorabilidade	76
Tabela 12 – Ranking dos Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração.	77

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - N° de Pegmatitos cadastrados por Campo Pegmatítico em seus respectivos Distritos. ..	27
Gráfico 2 - Status da exploração mineral.	34
Gráfico 3 - Pegmatitos cadastrados em cada Distrito pelo Projeto Leste (1998).	53

SIGLAS

AGM's – Ambientes Geomineiros

ANM – Agência Nacional de Mineração

APL's – Arranjos Produtivos Locais

ARIM's – Áreas de Relevante Interesse Mineral

COMIG – Companhia Mineradora de Minas Gerais

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

GPR – Ground Penetrating Radar

MG – Minas Gerais

MME – Ministério de Minas e Energias

MPE – Mineração de Pequena Escala

OCB – Organização das Cooperativas Brasileiras

ONU – Organização das Nações Unidas

OTGM – Ordenamento Territorial Geomineiro

PLG – Permissão de Lavra Garimpeira

PRIM's – Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração

SBG – Serviço Geológico do Brasil

SEME – Secretaria de Estado de Minas e Energia

SIG – Sistema de Informações Geográficas

1. INTRODUÇÃO

No âmbito do Mestrado em Geociências da Universidade do Minho, com especialização em Valorização de Recursos Geológicos, a presente publicação dedica-se à investigação em Prospecção e Pesquisa Mineral dos Pegmatitos da região Leste de Minas Gerais, Brasil, em contexto de Mineração de Pequena Escala (MPE).

Os resultados do “Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da Mineração em Pequena Escala no Brasil” elaborado pelo Ministério de Minas e Energias (MME, 2018) mostram que, a MPE no país corresponde a 86.3% do total de minas registradas pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). São 7.615 minas classificadas com micro e pequeno porte, com base na produção anual. Somam-se 2.794 minas de pequeno porte (31,6%) e 4.821 de micro porte (54,6%). Essa cifra representa apenas parte do número real, uma vez que o nível de informalidade no setor é muito alto (MME, 2018).

O relatório calcula que 112.442 pessoas trabalham formalmente em MPE no Brasil e ainda esclarece que as empresas que atuam na extração de minerais metálicos fornecem 31% dos postos de trabalho do setor, enquanto o ramo de minerais não metálicos oferece 42% das ocupações e a extração de gemas representa 27% das ocupações. Os profissionais Geólogos correspondem a aproximadamente 2% dos cargos ocupados nos empreendimentos deste setor (MME,2018). Das 29 substâncias minerais descritas pelo MME (2018), como produtos da MPE, 16 são produzidas em Depósitos Pegmatíticos e incluem recursos minerais industriais, metais estratégicos e gemas.

Nesse contexto, a presente dissertação contempla a análise detalhada de 811 pegmatitos, cadastrados pelo Projeto Leste (1998), convênio firmado através da Secretaria de Estado de Minas e Energia – SEME e a Companhia Mineradora de Minas Gerais – COMIG em parceria com o Serviço Geológico do Brasil – CPRM, para a cartografia geológica à escala de 1:100.000 e o cadastramento

dos recursos minerais de Pegmatitos na região leste do Estado de Minas Gerais, parte integrante da Província Pegmatítica Oriental do Brasil.

O Projeto Leste realizou o cadastro dos pegmatitos distribuídos pelos 21 Campos Pegmatíticos, que foram reunidos em 7 Distritos, segundo critérios geológicos e geográficos, dos quais o presente trabalho destaca 4 Distritos e seus respectivos 14 Campos Pegmatíticos, para aprofundamento de estudos com vista a descoberta de reservas com potencial para aproveitamento mineral. A Figura 1 apresenta a localização da área de estudos e a relação entre a Província Pegmatítica Oriental (Paiva, 1946), a área de cobertura do Projeto Leste (1998) e a disposição espacial dos Distritos e Campos Pegmatitos abordados no presente trabalho.

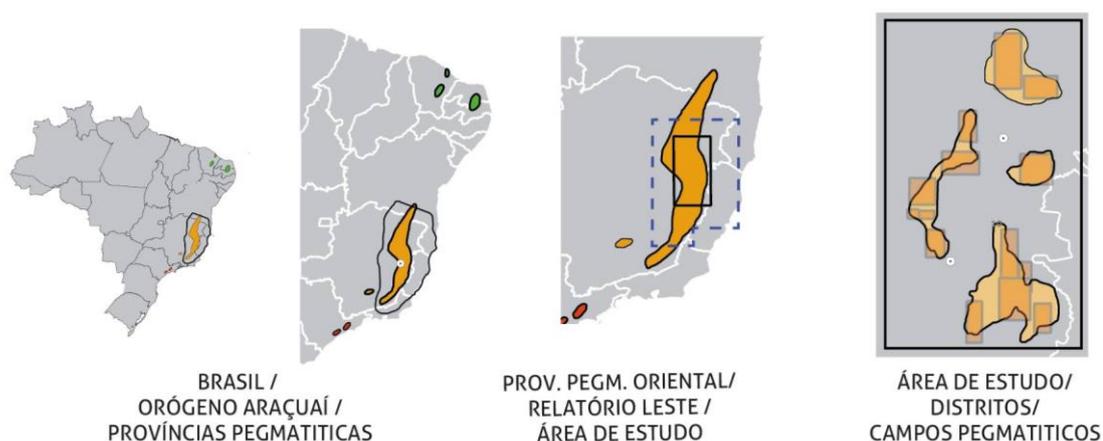


Figura 1 - Localização da área de Estudos.

Além dos dados obtidos no Projeto Leste (1998), utiliza-se como base de investigação neste trabalho, os resultados obtidos no projeto organizado pelo Ministério de Minas e Energia, através da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, conhecido como "Projeto de Ordenamento Territorial Geomineiro (OTGM, 2008), e suas principais bases temáticas relevantes à atividade de Mineração em Pequena Escala.

A integração das bases temáticas do OTGM (2008) permite ponderar e situar condicionamentos favoráveis (geologia, potencial mineral, demandas de mercado, entre outros), e condicionamentos restritivos, ou mesmo impeditivos, sejam esses de natureza legal, ambiental, ou associado a ambos. Os temas de Geologia e Mineração utilizados para esta investigação são:

- I. Áreas Prioritárias para Levantamento Geológico;
- II. Disponibilidade Mineral para Ordenamento Territorial Geomineiro;
- III. Diagnóstico dos Distritos Mineiros frente às Intervenções no Meio Ambiente;
- IV. Avaliação de Áreas com Conflitos Associados à Mineração de Pequena Escala.

Sabe-se que países com maior nível de conhecimento geológico, geofísico e geoquímico, e que disponibilizam mapas e bancos de dados organizados, levam vantagem na atratividade de investimentos realizados por mineradoras nacionais e internacionais, seja qual for o porte das mesmas. (CPRM, 2009).

Visando alinhar-se às diretrizes do Projeto OTGM (2008), os objetivos técnicos da presente pesquisa são: (i) Propor e discutir um manual de procedimentos para ordenamento da atividade extrativa de pequena escala sobre depósitos pegmatíticos graníticos e mineralizações associadas para a região Leste de MG; (ii) Produzir uma metodologia integrada de inventário de recursos/reservas, prospecção e pesquisa, que seja replicável e generalizável a depósitos pegmatíticos de outras regiões do Brasil; (iii) Estabelecer formas de comunicação dos procedimentos estabelecidos, na interação com agentes e interlocutores das comunidades locais (administradores regionais e municipais, produtores, entidades de pesquisa e serviços de incidência ambiental).

Os métodos de estudos implicados neste trabalho incluem: (a) Pesquisa bibliográfica e investigação documental de estudos prévios de caracterização regional e registros de atividade extrativa; (b) Análise distanciada da região em imagens de Satélite; (c) Detecção remota de metalotectos e discussão da sua funcionalidade em contexto de ordenamento e de prospecção estratégica; (d) Cartografia da dispersão de índices; (e) Zonografia aplicada ao ordenamento.

Como alternativa para atender às tais premissas, foi desenvolvida a montagem de um Sistema de Informações Geográficas – SIG, contendo dados consolidados sobre as principais ocorrências minerais, contextualizados com os cenários de Geologia e Mineração da área de estudos, e uma nova proposta de caracterização dos distritos minerais e agrupamentos mineiros, através da Cartografia

Temática dos Pegmatitos e informações sobre infraestrutura relevantes à Mineração de Pequena Escala.

As temáticas desenvolvidas nesse trabalho geraram produtos cartográficos que apresentam as características gerais dos depósitos investigados e estão representadas no Quadro 1.

<u>Base Geológica: Metalotectos</u>	<u>Caracterização dos Campos Pegmatíticos</u>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pegmatitos & Ambientes Tectônicos ▪ Pegmatitos & Unidades Litológicas ▪ Pegmatitos & Estruturas Geológicas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pegmatitos & DNPM ▪ Identificação Visual dos Pegmatitos cadastrados (Google Earth Pro) ▪ Tamanho dos Pegmatitos ▪ N° de minerais associados (Geoestatística dos Campos Pegmatíticos) ▪ Recursos Minerais de Pegmatitos (Gemas, RMI e Metais Estratégicos)

Quadro 1 - Produtos Cartográficos dos Pegmatitos do Leste de MG

Como parte culminante desse estudo, todas as informações multitemáticas foram levadas em conta para a classificação dos Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração – PRIM's. Do total de pegmatitos estudados, 78 ocorrências estão inseridas em Áreas livres ou em Disponibilidade para aquisição de novos Títulos Minerários. A esses depósitos são aplicados critérios de classificação com intuito de definir corpos pegmatíticos com maior favorabilidade ao aproveitamento mineral. Os depósitos alvos incluem recursos minerais dos tipos Gemas, Minerais Industriais e Metais estratégicos, nomeadamente Lítio, Nióbio e Tântalo.

A integração destas metodologias segue a estrutura funcional da prospecção de depósitos minerais (Prospecção Estratégica, Tática e Pontual), assentada fundamentalmente na manipulação escalar, e procura ter carácter preditivo para ocorrências pegmatíticas aflorantes e subaflorantes, com massas úteis econômicas, visando situações de potencial aproveitamento.

Considerando o crescente valor estratégico, econômico e tecnológico atribuído aos recursos pegmatíticos, este estudo pretende servir, de alguma maneira, como uma contribuição para o conhecimento das jazidas de pegmatitos da região Leste de Minas Gerais, tanto para o Ordenamento Territorial de recursos geológicos, quanto para a atração de novos investimentos no setor mineral, incrementando o desenvolvimento intelectual, social e econômico do Brasil.

2. ORDENAMENTO TERRITORIAL GEOMINEIRO – *Região Leste De Minas Gerais*

O momento atual da economia global tem imposto profundas mudanças nas empresas e instituições governamentais. No caso da mineração, há uma brutal competitividade por orçamentos, culminando com a priorização de projetos em fase mais avançadas dos programas exploratórios. Os países com maior nível de conhecimento geológico, geofísico e geoquímico e que disponibilizam mapas e bancos de dados organizados levam vantagem na atratividade de investimentos realizados por mineradoras nacionais e internacionais, seja qual for o porte das mesmas (CPRM, 2009).

O nível de conhecimento das principais províncias minerais brasileiras se restringe, na atualidade, principalmente a informações geológicas de superfície. Ainda que todos os trabalhos já realizados pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil sejam fundamentais para o conhecimento do arcabouço geológico do país, a definição da potencialidade mineral de áreas mais favoráveis nos principais distritos mineiros e províncias minerais, passa agora pelo avanço no conhecimento metalogenético, traduzido em investigações específicas relacionadas às fontes dos minerais de interesse econômico, visando à definição de áreas prioritárias para possíveis futuras licitações, e deverão atrair a atenção de investidores nacionais e estrangeiros, desde que ocorra a disponibilização dos dados e do conhecimento que vier a ser adquirido (CPRM, 2009).

A presente dissertação, é um esforço adicional, neste sentido, uma vez que o autor compreendia a necessidade de uma avaliação mais aprofundada da área selecionada, com levantamentos prospectivos de detalhe, entre os quais estão inseridos, técnicas de geoprocessamento, cartografia geológica de detalhe e, eventualmente, geofísica terrestre. Dessa forma procurou-se elaborar um diagnóstico atualizado sobre as atividades extrativas relacionadas aos pegmatitos do Leste de MG e, com base no mesmo, propor ações visando ao aproveitamento racional e integrado deste importante recurso geológico. Dessa forma, os objetivos gerais da presente pesquisa foram:

- (I) Propor e discutir um manual de procedimentos para ordenamento da atividade extrativa de pequena escala sobre depósitos pegmatíticos graníticos e mineralizações associadas para a região Leste de MG;
- (II) Produzir uma metodologia integrada de inventário de recursos/reservas, prospecção e pesquisa, que seja replicável e generalizável a depósitos pegmatíticos de outras regiões do Brasil;
- (III) Estabelecer formas de comunicação dos procedimentos estabelecidos, na interação com agentes e interlocutores das comunidades locais (administradores regionais e municipais, produtores, entidades de pesquisa e serviços de incidência ambiental).

Para alcançar tais objetivos estão considerados os seguintes objetivos técnicos específicos:

- i) - Converter o cadastrado de pegmatitos do Projeto Leste em dados de ambiente SIG (georreferenciamento), visando utilizá-los como guias de prospecção ou indicadores remotos, para evidenciar a presença de pegmatitos em fases Estratégica e Tática;
- ii) – Contextualizar as ocorrências cadastradas pelo Projeto Leste com os Cenários de Geologia e Mineração do Projeto OTGM, e suas condicionantes favoráveis (geologia, potencial mineral, demandas de mercado, entre outros), restritivas ou mesmo impeditivas (meio ambiente e legislação);
- iii) – Avaliar e classificar os Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração (PRIM's) e deduzir em modelos conceituais a organização e morfologia a partir de levantamentos geológicos de detalhe em fase de Prospecção Pontual;
- iv) – Interceção de jazigos mediante trabalhos de Prospecção Pontual tendo em vista a caracterização dos depósitos e dos produtos pétreos associados, e a definição de blocos de Reservas Mineraiis;
- v) – Sugerir linhas de ação para o aproveitamento integral dos pegmatitos avaliados;
- vi)- Fomentar a Mineração de Pequena Escala regional – Estabelecer parcerias entre as entidades responsáveis envolvidas (Agências Governamentais, Micro e Pequenos Empresários, Garimpeiros, Cooperativas e Centros de Pesquisa Geológica).

3. PEGMATITOS E MINERAÇÃO DE PEQUENA ESCALA

Dois temas complementares formam o corpo desta dissertação: os Pegmatitos, compreendidos aqui como recursos geológicos e a Mineração de Pequena Escala (MPE), compreendida como atividade de aproveitamento mineral desses recursos.

No que diz respeito aos Pegmatitos, os estudos são desenvolvidos com base nas concepções clássicas e modernas da *Pegmatologia*. Pretende-se ainda, contextualizar os depósitos pegmatíticos do Leste de Minas Gerais com panoramas regionais e citar as potencialidades econômicas associadas a geologia e pesquisa mineral desses recursos.

Já a Mineração de Pequena Escala é interpretada à luz das definições dos Órgãos Governamentais do setor e são apresentadas aqui, as características gerais das atividades de extração mineral e alguns dados referentes a MPE no Brasil, recém-publicadas pelo MME, em março do ano presente.

3.1 Pegmatitos

Genericamente, os pegmatitos são corpos de rocha de composição basicamente granítica (quartzo, feldspato e mica), de granulação geralmente grossa, muitas vezes exibindo cristais gigantes, encaixados em estruturas desenvolvidas em terrenos metamórficos, geralmente de idade pré-Cambriana, com formas e tamanhos variados. Pegmatitos-graníticos constituem a maior fonte, em termos mundiais, de alguns metais raros, particularmente tântalo e lítio, além de representarem importantes depósitos de gemas, feldspatos, micas, caulim, quartzo, berílio e estanho.

A Província Pegmatítica Oriental do Brasil é uma das maiores reservas de pegmatitos do planeta e apresenta grande potencial para o desenvolvimento de projetos regionais. A região Leste de Minas Gerais contempla alguns dos principais Distritos Pegmatíticos da Província. O Relatório Leste

(1998) cadastrou os pegmatitos desses Distritos e descreveu os atributos de cada depósito (Localização, Tamanho, Associação Mineral, entre outros), organizados em um relatório digital.

3.1.1- Conceitos e Definições

O termo “pegmatito” foi criado em 1822 pelo Professor de Mineralogia do Museu de História Natural de Paris, o francês Abbe Renne Just Háüy, aquando da publicação da segunda edição do Tratado de Mineralogia (Hayu, 1822). O termo foi aplicado para designar o feldspato com quartzo encravado, denominado como granito gráfico.

Os pegmatitos geralmente estão associados a maciços graníticos, dos quais constituem os seus prolongamentos. Apresentam-se, vulgarmente, sob as formas de filões, pipes, diques e corpos de formas irregulares, intrudindo as rochas encaixantes (Souza, 1985).

Os pegmatitos têm sido interpretados como um produto de fracionamento ígneo de fusões graníticas e, mais recentemente, está acrescido da hipótese que implica numa origem anatética-metamórfica, acreditando-se que o material pegmatítico seja proveniente de uma fusão parcial (Cerný, 1982).

De uma maneira geral, os autores reconhecem dois estágios de evolução na formação dos pegmatitos: o estágio magmático (as soluções pegmatíticas seriam alojadas e cristalizadas em sistema fechado) e o estágio hidrotermal, durante o qual as soluções reagiriam com as assembleias primárias, provocando sucessivas substituições num sistema aberto. Esses sistemas seriam formados através da fusão parcial de material crustal ou como um líquido final, produzido durante o resfriamento de um batólito, no qual o líquido silicatado granítico coexistiria com um fluido aquoso salino de baixa densidade.

Segundo Cerný (1982), a maior parte dos minerais encontrados nos pegmatitos pertencem a três classes predominantes: silicatos, fosfatos e óxidos. Os minerais fundamentais na formação do pegmatito são relativamente simples, sendo denominados de minerais essenciais. Entretanto, a paragênese de um pegmatito altamente fracionado de um subtipo complexo pode exceder a centenas de minerais e uma ampla variedade de minerais acessórios. Os pegmatitos geralmente são compostos pelos seguintes minerais:

1) Minerais essenciais: quartzo, feldspato potássico (ortoclásio e microclina), plagioclásio albitico (albita, oligoclásio e cleavelandita), mica (quase sempre mica branca ou pouco colorida, tais como, moscovita, lepidolita, roscoelita e zinnwaldita). A biotita aparece apenas raramente.

2) Minerais acessórios: minerais de lítio (lepidolita, zinnwaldita, espodumênio, ambligonita, petalita, eucryptita, trifilita e litiofilita); minerais de berílio (berilo, crisoberilo e fenaquita); minerais de céσιο (polucita e allanita); minerais de boro (turmalina); minerais de fósforo (apatita, arrojadita e triplita); minerais de nióbio e tântalo (columbita, tantalita e microlita); minerais de estanho (cassiterita); minerais de zircônio (zircão); minerais de sulfetos (galena, esfalerita, calcosita associada + malaquita e azurita); minerais de urânio (uraninita, pechblenda e gummita); minerais de terras raras (monazita, xenotima, fergusonita, samarskita, policrasita e itrocrasita).

A classificação de pegmatitos é numerosa e por vezes torna-se complicada, pois depende de uma grande variedade de fatores, como a composição química e mineralógica, textura, estrutura interna, forma e tamanho do corpo pegmatítico, relações com a rocha encaixante e gênese, dentre outros. O esquema de classificação é muito variado e alguns conservam apenas o interesse histórico. Neste trabalho foram aplicados os sistemas de classificação de Pegmatitos descritos a seguir:

1) Classificação baseada na Mineralogia e Zoneamento estrutural (Fersman – Cameron *et al.*)

A classificação baseada na mineralogia e estrutura interna dos corpos pegmatíticos foi elaborada por (Fersman, 1931) e sistematizada em estrutura zonada por (Cameron *et al.*, 1949). Esses autores classificaram os pegmatitos como:

a) Pegmatitos Homogêneos ou Simples — São os corpos constituídos essencialmente por quartzo, feldspatos alcalinos (microclina e plagioclásio sódico) e micas (moscovita e/ou biotita). Exibem uma textura uniforme que vai desde à zona marginal até ao núcleo. Portanto, possuem estrutura zonada e, geralmente, não têm interesse econômico para elementos raros. Os pegmatitos são lavrados, às vezes, para feldspato e/ou micas e, em poucos casos, este tipo de pegmatito é explorado para minerais de lítio;

b) Pegmatitos Heterogêneos ou Complexos — São constituídos por quartzo, feldspatos, micas e minerais raros em considerável quantidade, apresentando as seguintes variedades: lepidolita, espodumênio, turmalina, topázio, cassiterita, berilo, tantalita, columbita, zircão, uraninita, torita,

apatita, ambligonita etc. Caracterizam-se por apresentar estrutura zonada, mostrando um elevado grau de diferenciação mineralógica. Cada zona é tipificada por uma associação mineralógica bem definida, ligada a uma textura particular. As zonas foram divididas em quatro tipos principais: zona de borda ou marginal, zona mural, zona intermediária e núcleo. Uma característica especial de alguns complexos pegmatíticos é a presença de cristais grandes dentro da zona interna como ocorrem com os minerais, anormalmente compridos, de quartzo, feldspatos, micas, berilo, apatita, turmalina e outros, e zonas com cavidades preenchidas por minerais de argila e minerais de substituição.

II) Classificação Baseada em Elementos Raros (Cerný)

A classificação de pegmatitos enriquecidos por elementos raros está sumarizada na Tabela 2 do anexo I, de acordo com a revisão e subdivisão proposta por Cerný (1990). Ele definiu cinco tipos de pegmatitos, utilizando os relacionamentos de abundância entre feldspato potássico, plagioclásio, albita, biotita, moscovita e lepidolita.

O presente trabalho levou em consideração estas classificações para análise dos pegmatitos estudados nessa dissertação. A partir desses critérios de análises pode-se criar um panorama dos depósitos estudados convertendo essas classificações em critérios de seleção para aprofundamento de estudo.

3.1.2- Pegmatitos Do Brasil

As Províncias Pegmatíticas do Brasil foram divididas por (Paiva, 1946), de acordo com o posicionamento geográfico, em três Províncias principais: Nordeste, Oriental e Meridional. Do ponto de vista econômico, as Províncias Pegmatíticas do Nordeste e Oriental são as mais importantes e foram ativamente mineradas, durante a Segunda Guerra Mundial (Souza, 1985). As formações pegmatíticas destas províncias foram constituídas, em sua maior parte, no final do Proterozóico como consequência de processos orogênicos e geossinclinais, tendo como produto final a consolidação da plataforma da América do Sul (Almeida, 1976) e estão representadas a seguir na Figura 2.

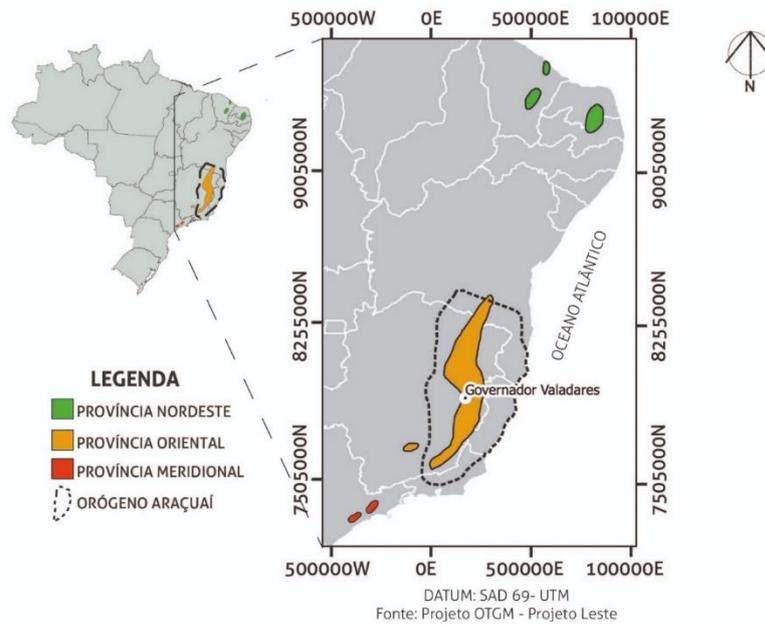


Figura 2 – Províncias Pegmatíticas do Brasil

3.1.2.1- A Província Pegmatítica Oriental

A Província Pegmatítica Oriental é a maior das províncias conhecidas, ocorrendo numa faixa com cerca de 800 km de extensão por 100 a 150 km de largura, estendendo-se de NNE para SSW ao longo da parte oriental do estado de Minas Gerais e sul do estado da Bahia (Correia Neves, 1981), e está representada na Figura 3.

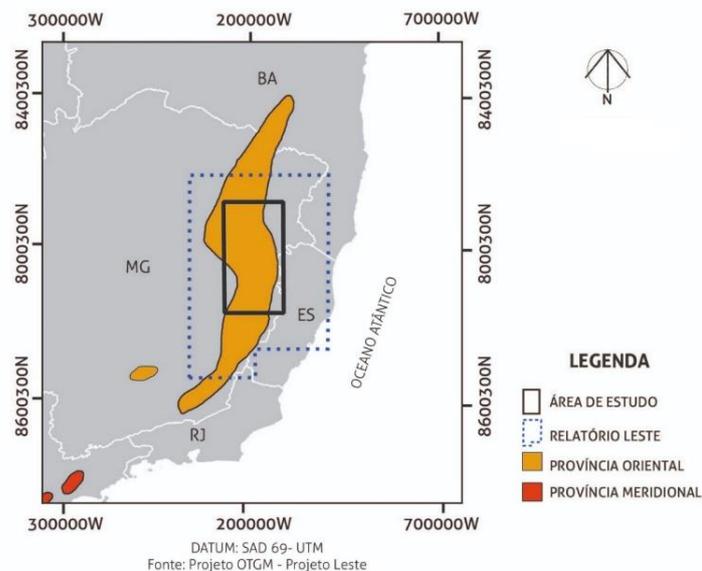


Figura 3 – Província Pegmatítica Oriental proposta por Paiva (1946) sobreposta pela área de cadastramento de pegmatitos do Projeto Leste (1998)

A Província começara a ser cobiçada, desde 1550, pelas expedições das Entradas e Bandeiras que procuravam encontrar a tão sonhada Serra das Esmeraldas, atual Serra do Cruzeiro. Esta província tornara-se uma fonte de grande importância econômica, constituída pelos corpos pegmatíticos das bacias do rio Doce, Jequitinhonha, Mucuri, Pardo e Paraíba (Correia Neves, 1981).

Os pegmatitos com maior potencial econômico estão localizados na parte média do rio Jequitinhonha e nas partes média e alta do rio Doce. Esta província pegmatítica apresenta alto potencial econômico, que é representado pela grande diversidade de bens minerais produzidos nos distritos mineiros (Correia Neves *et al.*, 1986).

Os minerais mais explorados foram as micas, turmalinas (verdelitas, rubelitas e indicolitas), feldspatos (albita, microclina etc), espodumênio, quartzos (hialino, róseo e biterminado), caulim para fins cerâmicos, berilos gemas (morganita, água-marinha, heliodoro e berilo azul), berilo industrial, columbita-tantalita, cassiterita, além das pedras preciosas e peças mineralógicas de coleção que se encontram pelos museus e coleções particulares do mundo inteiro (Pedrosa Soares *et al.*, 1994).

No presente trabalho faz-se o agrupamento de informações geológicas da Província Oriental aplicados à área delimitada para estudos, dando uma definição detalhada do enquadramento geológico dos pegmatitos desta província.

3.1.2.2- A Região Leste de Minas Gerais: Projeto Leste – Cadastramento dos Recursos Minerais

Há duas décadas o Governo do Estado de Minas Gerais, através da Secretaria de Estado de Minas e Energia – SEME e Companhia Mineradora de Minas Gerais – COMIG firmaram um convênio com o Serviço Geológico do Brasil – CPRM para realização da cartografia geológica à escala de 1:100.000 e o cadastramento dos recursos minerais da região Leste do Estado de Minas Gerais, sobre uma superfície aproximada de 90.000 quilômetros quadrados, parte integrante da Província Pegmatítica Oriental do Brasil. Este convênio foi batizado como Projeto Leste e realizou o cadastramento de 811 ocorrência de pegmatitos distribuídos por 21 campos pegmatíticos que foram reunidos em 7 Distritos Pegmatíticos, segundo critérios geológicos e geográficos (Projeto Leste, 1998).

Junto aos esforços de diversos pesquisadores, principalmente professores universitários, o projeto Leste sanou algumas deficiências no campo do conhecimento sobre a geologia da província, principalmente no tocante a estratigrafia, estruturação, tectônica e localização precisa dos corpos mineralizados (ou lavras de gemas).

Essa parte da Província Pegmatítica Oriental é portadora de minerais industriais, ornamentais, preciosos, metálicos e radioativos, nos ambientes primários (pegmatito) e secundário (alúvio, colúvio, elúvio), sendo os pegmatitos a fonte dos principais bens minerais economicamente explorados na região (Projeto Leste, 1998).

Destacam-se berilo gema (água-marinha, heliodoro, morganita), turmalinas (monocromáticas e multicores) kunzita, hidenita, crisoberilo (alexandrita) e os minerais de aproveitamento industrial e de transformação como feldspato (albita/microclina/ortoclásio), quartzo (róseo, hialino e biterminado), mica, caulim e minerais de nióbio, tântalo, estanho e lítio (espodumênio, lepidolita).

Durante a Segunda Guerra Mundial, alguns desses minerais (mica e berilo) foram considerados raros e de interesse estratégico, algumas lavras tiveram incremento de produção e outras foram implantadas nesse período (Projeto Leste, 1998).

A releitura do cadastro dos recursos minerais do Leste de MG surge em momento oportuno, pois com a globalização da economia, a informação mostra-se como uma ferramenta fundamental na atração de investimentos em projetos que podem se transformar em fator de desenvolvimento sócio econômico para a região, e conseqüentemente, para o país.

I) Campos e Distritos Pegmatíticos Cadastrados

O Projeto Leste realizou o cadastramento dos pegmatitos considerando as mineralizações primárias (pegmatitos) e os depósitos secundários (elúvio, colúvio e aluviões) e teve como base o critério geológico e a distribuição geográfica para discriminar os distritos e campos pegmatíticos. As ocorrências estão agrupadas em 7 distritos e 21 campos pegmatíticos, e estão representados no gráfico 1.

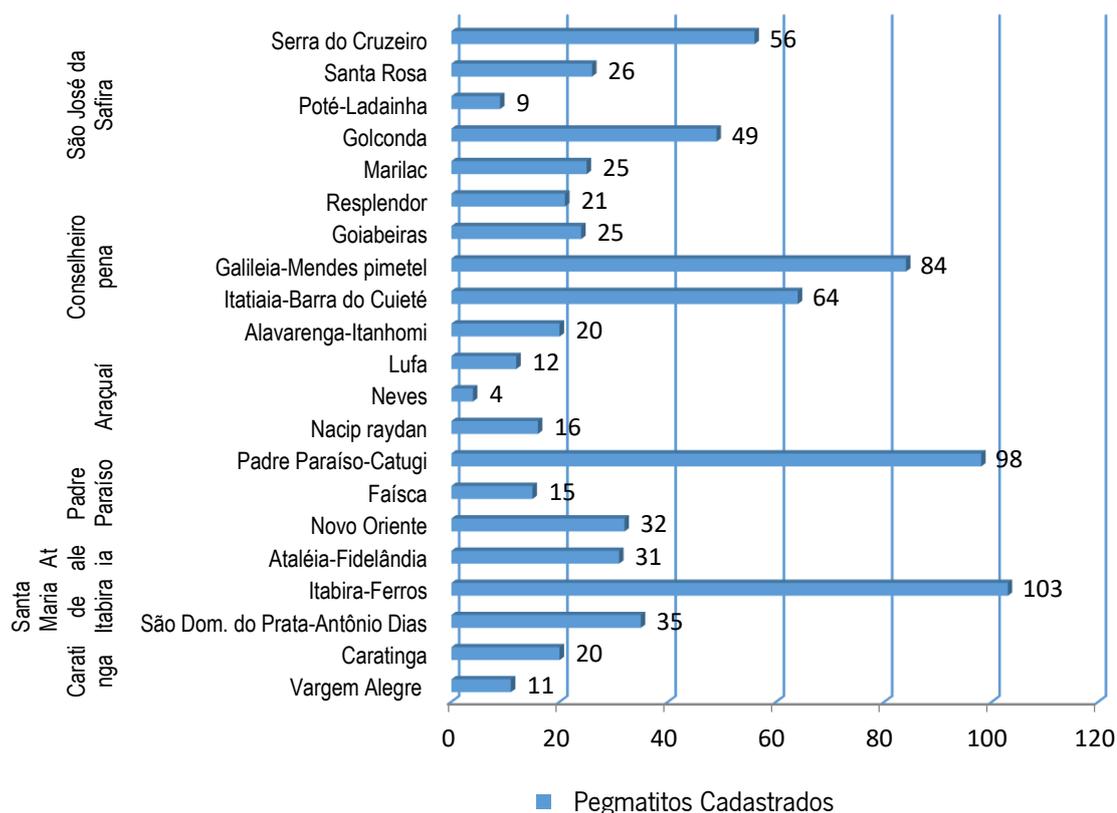


Gráfico 1 - Número de Pegmatitos cadastrados por Campo Pegmatítico em seus respectivos Distritos.

No presente trabalho, todos os dados do relatório Leste foram digitalizados e organizados em bancos de dados, no entanto, o aprofundamento da pesquisa mineral foi destinado somente aos Distritos: São José da Safira, Conselheiro Pena, Padre Paraíso e Ataléia, por razões estratégicas associadas à geologia e pesquisa mineral. Foram investigados em detalhe o total de 555 pegmatitos.

l) Enquadramento Geológico dos depósitos Pegmatíticos

As informações resultantes do mapeamento geológico e do cadastro dos corpos pegmatíticos (Projeto Leste, 1998), permitiram que se esboçasse uma tentativa de agrupamento dos campos pegmatíticos, considerando-se as encaixantes e possíveis rochas-fonte. Foram designados de A a F:

Domínio A – associados a xistos da sequência supracrustal (Grupo Rio Doce: formações São Tomé e Tumiritinga) e possivelmente relacionados ao granodiorito ou tonalito (eventualmente granito) da Suíte Intrusiva Galiléia.

Domínio B – associados a xistos da sequência supracrustal (Grupo Macaúbas: formações Salinas e Capelinha) com filiação provável ao Leucogranito Carai.

Domínio C – encaixados na interfície dos xistos da sequência supracrustal (Grupo Rio Doce) com as rochas do embasamento (Complexo Basal).

Domínio D - associados à Suíte Intrusiva Aimorés (Granito Caladão e Charnokito Padre Paraíso), situados no interior dos corpos graníticos ou em litótipos encaixantes da suíte, próximos ao contato.

Domínio E – Encaixados em sequência vulcanossedimentar (flogopita xisto), com filiação direta ou indireta aos granitos da Suíte Borrachudos.

Domínio F – Encaixados em litótipos do Complexo Mantiqueira.

Sessenta por cento dos 811 pegmatitos cadastrados concentram-se nos campos do domínio tipo A, B, C, 11% nos do tipo D, 19% nos do tipo E, 4% nos do tipo F e os restantes 6% estão dispersos, pegmatitos isolados. Os campos do domínio A e C têm os pegmatitos de maior porte. A figura 4 apresenta a localização das ocorrências dos pegmatitos cadastrados sobrepostos a carta geológica da área de estudos e seus domínios.

1	Depósito siliciclástico fluvial: aluvião
2	Coberturas detriticas e/ou lateriticas indiferenciadas
11	Granito tipo - I ou C pos-colisional ou intraplaca: Supersite $\gamma 5$: Suíte Aimorés (Granito Caladão e Charnockito Padre Paraíso)
21 ^q	Bacia intra-arco, litofáceis pelito predominante, com litofáceis vulcanoclástico, quartzito(q) e carbonatos: Grupo Rio Doce
24	Bacia rifte, margem passiva e proto-oceano, com inversão e associação de litofáceis ofiolítica: Grupo Dom Silvério, Grupo Macaúbas, Suíte Santo Antônio do Grama, Metaltramática Córrego do Rubinho. Litofáceis formação ferrífera (ff).
40	Granito tipo S, principalmente, pos-colisional: Suíte Santa Rosa e Suíte Faisca (Leucogranitos Carai, Faisca)
42	Granito tipo-S sin-colisional: Suíte Urucum (Granito Urucum, Granito Palmital), Carlos Chagas (Leucogranito Carlos Chagas, Granito Wolf).
43	Granito tipo-I pré-colisional: Suíte Galiléia (Granito Pau-de-Óleo, Tonalito Galiléia, Tonalito São Vitor, Tonalito Topázio, Sem denominação)
54	Magmatismo ácido alcalino, tipo A, pelo menos em parte relacionado à abertura do rifte Espinhaço: Suíte Borrachudos (Granito Morro do Urubu, Lambari, Açucena, Garcia, Borrachudos, Bicas, Monlevade, Jenipapo, Cansanção, Senhora do Porto, São Félix).
70	Complexos ortognáissicos em ambiente de arco magmático: complexos Quirino, Pocrane, Ipanema. Quartzitos e paragneisses no Complexo Pocrane (pq).
71	Ortognaisse calcialcalino/tholeiítico em ambiente de arco magmático/arco de ilhas: Suíte Caparaó, Complexo Juíz de Fora.
72	Ortognaisse tipo TTG: Complexo Mantiqueira, Gnaiss Caatinga - Lamim. Gnaisses São Gonçalo do Sapucaí, Pouso Alegre, Heliodora e Suíte Serra de São Gonçalo.
77	Complexo máfico-ultramáfico: Complexo Monsenhor Isidro e Suíte Itaguara - Rio Manso.

Figura 4 (Continuação) – Domínio Geológicos da Região Leste de Minas Gerais

II) Recursos Minerais dos Campos Pegmatíticos

Mesmo em caráter preliminar, observa-se alguma especialização, de cada distrito, quanto aos principais minerais-minério, sejam gemas, industriais ou metais estratégicos. No caso das gemas, a Água Marinha está presente em todos os 21 campos, já a Esmeralda, outra variedade de berilo, é restrita aos campos Caratinga e Vargem Alegre, ambas pertencentes ao Distrito Pegmatítico Caratinga. As turmalinas coloridas (azul, verde, vermelha e bicolor) são produzidas apenas nos Distritos São José da Safira e Conselheiro Pena (Projeto Leste, 1998).

Os minerais com Metais Estratégicos, nomeadamente lítio, nióbio e tântalo, também apresentam certa especialização. O espodumênio (Li) é encontrado apenas em 3 campos do Distrito Conselheiro Pena, já a Columbita-Tantalita (Nb-Ta) é encontrada apenas nos Distritos São José da Safira, Conselheiro Pena e Araçuaí.

Em relação aos minerais industriais, apenas os Distritos Ataleia-Fidelândia e Caratinga não produzem feldspato, já a albita é produzida em 5 dos 21 Campos pegmatíticos.

De um modo geral, os Distritos São José da Safira e Conselheiro Pena apresentaram as maiores diversidades de recursos minerais, abrangendo gemas, minerais industriais e metais estratégicos. A tabela 3 apresenta a relação dos minerais com aproveitamento econômico com os Campos Pegmatíticos.

Aproveitamento Econômico dos Recursos Minerais dos Campos Pegmatíticos																						
Recurso Mineral	Serra do Cruzeiro	Santa Rosa	Poté-Ladainha	Golconda	Mariac	Resplendor	Goiabeiras	Galiléia-Mendes pimetal	Itatiaia-Barra do Cuieté	Alavarenga-Itanhomi	Lufa	Neves	Nacip raydan	Padre Paraíso-Catugi	Faisca	Novo Oriente	Ataléia-Fidelândia	Itabira-Ferros	São Dom. do Prata	Caratinga	Vargem Alegre	
Albita																						
Alexandrita																						
Ametista																						
Água Marinha																						
Amostra de Coleção																						
Amazonita																						
Ambigonita																						
Berilo																						
Brasilianita																						
Caulim																						
Columbita/Tantalita																						
Crisoberilo																						
Cristal de rocha																						
Childrenita																						
Cordierita																						
Diopsídio																						
Esmeralda																						
Espodumênio																						
Feldspato																						
Granada																						
Goshenita																						
Kunzita																						
Mica																						
Morganita																						
Quartzo																						
Quartzo hialino																						
Quartzo leitoso																						
Quartzo Morion																						
Quartzo rosa																						
Safira																						
Topázio																						
Tumalina preta																						
Tumalina azul																						
Tumalina rosa																						
Tumalina verde																						
Tumalina vermelha																						
Tumalina bicolor																						

Tabela 2 – Recursos com aproveitamento econômico dos Campos Pegmatíticos.

III) Os Depósitos Explorados

O Distrito São José da Safira detém 165 lavras, estando 74 em atividade e 91 paralisadas, aquando do cadastramento. O Distrito comporta o maior número de pegmatitos de grande a muito grande porte, dentre todos os distritos, e contempla 67 corpos com espessura superior a 50 metros, apresentados no anexo I. São 160 lavras em depósito primário e apenas 5 lavras estão em depósito secundário (elúvio e colúvio), nenhuma em aluvião (Projeto Leste, 1998).

O Distrito Padre Paraíso reúne 145 lavras, das quais 41 estavam ativas e 104 paralisadas quando foram cadastradas, 49 em ambiente primário, (sendo 42 no Campo Padre Paraíso-Catugi) e 96 em

ambiente secundário, sendo 57 em aluviões, distribuídas pelos campos pegmatíticos do Distrito (Projeto Leste, 1998).

O Distrito Conselheiro Pena congrega 213 lavras, estando 83 em atividade e 130 paralisadas no ano do cadastramento. Reúne o maior número de lavras em ambiente primário dentre os distritos. São 193 em corpos primários e 20 em secundários (Projeto Leste, 1998).

O Distrito Santa Maria de Itabira reúne 138 lavras, com 32 em atividade e 106 paralisadas na época, das quais 132 em depósitos primários e 6 em depósitos secundários (Projeto Leste, 1998).

Os Distritos Ataléia e Caratinga são pequenos, com 31 e 20 lavras respectivamente. Em Ataléia, do total 24 são no primário e 23 estão paralisadas. Em Caratinga, todas são em depósito primário, com 16 paralisadas. O Distrito Araçuaí tem pouco representantes na área do projeto. Das 32 lavras cadastradas, 13 estavam paralisadas (Projeto Leste, 1998). A gráfico 2 apresenta as características dos depósitos em cada campo pegmatítico.

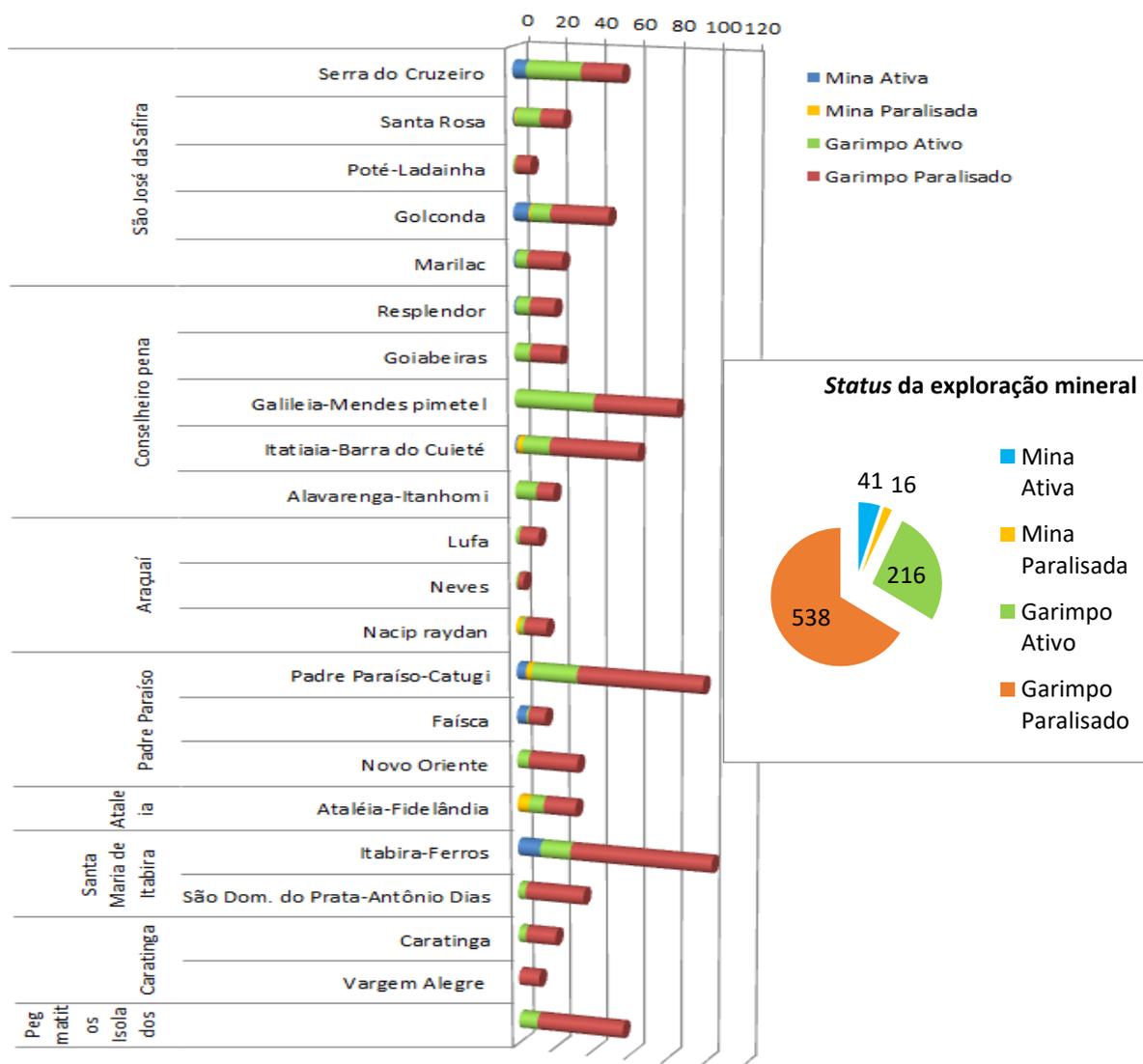


Gráfico 2 - Status da exploração mineral nos Campos Pegmatíticos (Projeto Leste, 1998).

IV) Potencial Econômico Dos Pegmatitos

Na presente conjuntura de valorização dos feldspatos como carro-chefe de uma política de aproveitamento dos recursos de pegmatitos, estes devem ser devidamente pesquisados e valorizados, o que poderá abrir espaço para projetos de lavra racional com desmonte total do corpo de minério e subsequente beneficiamento com possibilidades de operação auto-sustentável, de longo prazo (CETEM, 2003).

No Minifora Iberoeka, realizado em Lisboa, onde foram discutidas, apresentadas e realizadas propostas de interesse empresarial, devotadas a valorização de Pegmatitos Litiníferos, Leal Gomes (2011) publicou:

“Recentemente, aumentaram as intenções de aproveitamento de Lítio metálico tendo em perspectiva o crescimento da utilização de baterias de Lítio em automóveis elétricos. Em resposta a esta tendência, o conjunto de recursos base de Li, tornou-se mais vasto, incluindo: soluções e precipitados salinos em “salares” (Chile, Bolívia e Argentina), hectorite hidrotermal (USA), jadarite vulcanogénica-exalativa (Sérvia) e minerais de Li em pegmatitos graníticos”.

Estamos, portanto, diante de uma nova realidade do mercado, centrada em uma conjugação inédita de fatores, de um lado materializada por uma crescente demanda de minerais industriais e, de outro, por uma demanda também crescente de metais estratégicos de pegmatitos.

Esta constatação mercadológica, no que concerne à geologia, oferece uma oportunidade única, para o desenvolvimento da pesquisa geológica, focada na avaliação econômica e no planejamento de lavra dos corpos de minério, com vistas ao aproveitamento integral e sustentável dos corpos pegmatitos, até mesmo daqueles já parcialmente lavrados

VI) Geologia e Pesquisa Mineral

Entre os anos sessenta e o fim do século passado, agências de Governo, como, DNPM e CPRM; empresas de Governos Estaduais (COMIG) e Universidades, particularmente as dos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia e São Paulo, direcionaram esforços para o estudo de pegmatitos e curiosidades mineralógicas a eles associados. Estes trabalhos permitiram que a comunidade acadêmica e os órgãos de Governo conhecessem profundamente a geologia e a mineralogia dos pegmatitos da Província (CETEM, 2003).

Não obstante, não houve transferência deste conhecimento em benefício da comunidade produtiva, no caso, o pequeno minerador, ou garimpeiro, o que se reflete nas primitivas e precárias práticas de aproveitamento dos pegmatitos que ainda dominam a atividade nesta região (CETEM, 2003).

Há, portanto, um hiato entre o nível de conhecimento geológico-científico dos pegmatitos e a aplicação prática deste acervo de conhecimento, no sentido de inserir melhorias nos métodos e processos do pequeno minerador (CETEM, 2003). Em síntese, os pontos que refletem a presente situação da geologia e da pesquisa geológica no contexto da extração mineral na Província Pegmatítica Oriental são:

- i) Existe um grande acervo de trabalhos geológicos na Província Pegmatítica Oriental, executados por agências do Governo Federal, Governos Estaduais e Universidades;
- ii) Não houve transferência destes conhecimentos em benefício da comunidade produtiva, garimpeiros e pequenos mineradores, perpetuando-se, pela falta de inserção de novas tecnologias, as práticas de mineração predatórias, precárias e de baixo rendimento;
- iii) A contribuição efetiva da pesquisa geológica para o desenvolvimento da produção mineral dos pegmatitos do Leste de MG tem sido mínima ou ausente;
- iv) Carência de cartografia geológica, no que tange aos pegmatitos, e a ausência de um banco de dados sobre os mesmos;
- v) Não foi investigada, através de métodos corriqueiros de sondagem, a extensão em profundidade dos corpos mineralizados, nem tampouco métodos indiretos, como os geofísicos, foram aplicados;
- vi) Por imposição do mercado, a ênfase na exploração dos pegmatitos foi direcionada para a produção de minerais industriais (feldspato e caulim), para as indústrias de cerâmica e de vidro. A partir da última década o foco voltou a ser os minerais metalíferos, principalmente Nb/Ta e Li;
- vii) Atualmente, tanto os minerais metalíferos quanto os industriais têm demanda e preços crescentes, o que enseja melhor economicidade na lavra e por sua vez requer um conhecimento geológico mais completo dos corpos de minério, de modo a permitir uma avaliação econômica e o estabelecimento de modelos de lavra racional e bem planejada (CETEM, 2003).

O trabalho aqui apresentado, buscou preencher as lacunas apresentadas pela pesquisa mineral de pegmatitos no Leste de Minas Gerais, e pretende servir de apoio ao desenvolvimento da mineração na região.

3.2 Mineração de Pequena Escala – MPE

A situação mundial da MPE tem sido estudada há décadas, apesar da falta de dados estatísticos para o setor, que persiste até os dias de hoje. O panorama da MPE no mundo, em especial do garimpo, pode ser traçado com base nos estudos do Fórum Intergovernamental sobre Mineração e Desenvolvimento Sustentável (IGF, 2017).

A MPE é reconhecida como uma fonte significativa de renda em cerca de 80 países, sobretudo da África subsaariana, da Ásia, da Oceania e das Américas Central e do Sul. Estima-se que, no ano de 2017, cerca de 40,5 milhões de pessoas estavam diretamente envolvidas com a MPE (IGF, 2017). Para se ter uma ideia do crescimento explosivo e recente da MPE, em 2014 esse número era de 30 milhões, o que significa um aumento de 35% em três anos. Em comparação com tais cifras, em 2013 trabalhavam na mineração industrial 7 milhões de pessoas (IGF, 2017).

Apesar da baixa produtividade e de suas deficiências tecnológicas, a MPE é uma importante fonte na produção de bens minerais metálicos, não metálicos e gemas. Ela responde por cerca de 20% da produção global de ouro, 80% da produção global de safira e 20% da produção global de diamante. Também é importante no fornecimento de minerais indispensáveis para a manufatura de produtos eletrônicos, como celulares e laptops. Por exemplo, 26% do tântalo e 25% do estanho produzidos no mundo vêm da MPE (IGF, 2017).

Por outro lado, a MPE tem um considerável potencial de impacto negativo em termos ambientais e sociais. As práticas ambientais, de saúde e de segurança da MPE tendem a ser precárias, característica que está relacionada ao uso de mão de obra pouco qualificada e de ferramentas e técnicas rudimentares (MME, 2018).

Considerando a experiência internacional, a Organização das Nações Unidas – ONU (1987) propôs que uma mina de pequeno porte é aquela que produz menos de 50 mil t/ano ou 200 t/dia; possua investimento de capital abaixo de USD 1 milhão; faturamento anual inferior a USD 1,5 milhão; mão de obra ocupada máxima de 40 pessoas e vida útil limitada a 5 anos. No Brasil o DNPM, usa como critério. para definir uma instalação de mineração em pequena escala, a produtividade inferior a 100.000 ton / ano (MME, 2018).

3.2.1. Dados da MPE no Brasil

Seguindo as características que se apresentam em escala global, também no Brasil a MPE constitui uma oportunidade de trabalho, geração de renda com expressivo poder de articulação com a economia e as sociedades locais e regionais. Apesar do pequeno porte das unidades produtivas, a MPE responde por 25% da mão de obra contratada no setor da mineração. Considerando a informalidade, a parcela de trabalhadores da mineração que atua na MPE alcança 40% do seu total (MME, 2018).

De acordo com o relatório mais recente, publicado pelo Instituto Brasileiro de Mineração, em março de 2018, o DNPM classificou as minas de acordo com sua produção bruta (*run of mine*) agrupadas em 4 classes (Grandes, Médias, Pequenas e Micro).

Tal documento indica que a Mineração de Pequena Escala no Brasil é responsável por 89% dos empreendimentos mineiros, sendo 2.809 Pequenas minas, 5.415 minas classificadas como Micro e ainda 1.820 regimes de Lavra Garimpeira, totalizando 10.044 empreendimentos com produção bruta anual inferior a 100.00 toneladas (IBRAM, 2018). Esta cifra representa apenas parte do número real, uma vez que o nível de informalidade no setor é muito alto (MME, 2018).

Parte da MPE é constituída pela atividade garimpeira, organizada em Permissão de Lavra Garimpeira (PLG) ou de outras maneiras, muitas ilegais. No ano de 1993, o DNPM realizou um levantamento dos garimpeiros com matrícula, segundo a legislação da época, contabilizando entre 300 mil e 400 mil pessoas no País (MME, 2018).

A tarefa de entender e analisar a MPE, e de integrá-la à vida econômica do País, torna-se ainda mais difícil por não haver um critério consensual que defina com clareza o conjunto das unidades produtivas que constituem o setor. Como já vimos, essa é uma característica mundial da MPE, que se repete no Brasil¹.

Um aspecto do panorama empresarial brasileiro de grande interesse do ponto de vista da MPE, mas que costuma ser ignorado nas discussões sobre fomento e viabilidade econômica do setor,

¹ Uma fonte adicional de complicação no estudo da MPE no Brasil é a falta padronização na denominação do setor, mesmo em documentos oficiais, que podem referir-se a “minas de pequeno porte formal e informal” ou “pequena e média mineração incluindo o garimpo”. O Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM 2030), ao caracterizar a mineração brasileira, refere-se a “minas de pequeno porte”. Ainda, para acrescentar um pouco mais de complexidade à questão, a sigla MPE é utilizada com muita frequência como acrônimo para Micro e Pequenas Empresas. O próprio PNM 2030 contém a afirmação de que “as micro e pequenas empresas (MPEs) representam mais de 70% das empresas de mineração no país”.

é a robusta política pública voltada para as micro e pequenas empresas. Essas empresas contam com inúmeros benefícios, como a simplificação das contribuições à União, facilidades tributárias e menor número de obrigações trabalhistas e previdenciárias. Tais benefícios foram normatizados pela Lei Complementar nº 123/2006, que instituiu o Estatuto Nacional da Microempresa e Empresa de Pequeno Porte (MME, 2018).

Dentre as formas de organização do trabalho na MPE, o cooperativismo destaca-se como a mais comum. No final do primeiro semestre de 2018, a Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB) contava com 6.582 cooperativas filiadas, incluindo 97 cooperativas do ramo mineral, com 23.515 cooperados e 182 empregados (Sistema OCB, 2018). Das cooperativas do ramo mineral, 64% atuam em regime de PLG, 12% trabalham sob Licenciamento, 9% têm Concessão de Lavra, 3% operam em mais de um regime de extração e 12% em outros (MME, 2018).

Dois terços dessas cooperativas trabalham com lavra a céu aberto, 15% com lavra subterrânea, 9% a céu aberto e subterrânea e 12% em outros tipos de lavra. A maioria das cooperativas (67%) atua somente na extração mineral e 15% operam também no beneficiamento da substância extraída. Menos de um terço (27%) das cooperativas comercializam os produtos dos seus cooperados (MME, 2018).

Mais da metade (54%) das cooperativas já foi alvo de fiscalização por parte do DNPM e de outros órgãos públicos, e 27% já sofreram fiscalização do Ministério Público. Apesar de serem alvos frequentes de fiscalização, as cooperativas participantes da pesquisa têm pouco contato com os agentes públicos: 90% informaram que não participam de nenhuma ação dos governos federal, estadual ou municipal. Neste ponto, o Diagnóstico concluiu que há amplo espaço para o fomento de projetos governamentais específicos para o setor (MME, 2018).

3.2.2. Desenvolvimento Sustentável

Há bastante debate sobre a contribuição da mineração de pequena escala para a sustentabilidade e o desenvolvimento de modos de vida sustentáveis. Para os milhares de pobres atingidos com fome, pessoas nas áreas rurais e urbanas, a mineração em pequena escala é uma via de solução de problemas (MMSD, 2002).

Para muitas pessoas, particularmente aquelas envolvidas em ouro e minerais semipreciosos como esmeraldas e diamantes, a mineração em pequena escala representa o “processo acelerado de riquezas terrenas”. E ainda há aqueles que veem a mineração em pequena escala com alto desprezo (MMSD, 2002).

Este desprezo baseia-se na crença de que a mineração em pequena escala representa o “maior desastre ambiental”. As práticas ambientais, de saúde e de segurança da MPE tendem a ser precárias, característica que está relacionada ao uso de mão de obra pouco qualificada e de ferramentas e técnicas rudimentares (MMSD, 2002).

A poluição de cursos d’água é frequente, acarretando problemas de potabilidade e de estoques pesqueiros. A MPE para a extração de ouro é também a maior fonte de contaminação do ambiente por mercúrio, com sérias consequências para a saúde humana e os ecossistemas (MME, 2018).

Os impactos sociais incluem, entre outros, um grande afluxo de pessoas de fora. Este fenômeno, particularmente crítico nas situações conhecidas como “corrida do ouro”, resulta em grandes impactos negativos em termos de saúde, saneamento básico, consumo de bebida e de drogas, aumento de prostituição e violência contra a mulher. Ainda, é frequente o caso de abuso econômico por parte de compradores do produto da mineração (MME, 2018).

Por conta de tal combinação de características positivas e negativas, há amplos motivos para que a MPE seja objeto de políticas públicas robustas e de um esforço regulatório por parte dos estados em que ocorre. Os objetivos seriam maximizar os benefícios potenciais da MPE e sanar os problemas econômicos e sociais associados a ela (MME, 2018).

Não é, porém, o que se observa quanto se avalia o desempenho da MPE no cenário mundial. A atividade via de regra é ignorada por políticos e reguladores. Mesmo quando a MPE é objeto de atenção, as políticas tendem a ser incoerentes, instáveis, mal direcionadas, contraproducentes ou ineficientes, e cheias de contradições entre legislação, retórica normativa e aplicações práticas (MME, 2018).

Em muitos países que possuem legislações específicas para MPE, este setor é dividido em dois segmentos: mineração artesanal e mineração em pequena escala. Estes segmentos

correspondem a diferentes categorias de direitos minerários com características próprias. Esta abordagem parte do pressuposto adquirido na observação e estudo de que o universo da MPE é composto por empreendimentos minerários que possuem porte, capacidade técnica e financeira diferenciadas (MME, 2018).

Desta forma, aos direitos minerários referentes a essas unidades produtivas são atribuídas características distintas quanto a tamanho de área, prazo de vigência e renovação, obrigações de licenciamento ambiental, obrigações fiscais e outras obrigações legais. Na legislação de vários países é feita uma distinção entre os direitos minerários e a definição do porte dos empreendimentos autorizados, com base em critérios como investimento, faturamento bruto, número de trabalhadores, capacidade instalada de extração e beneficiamento, entre outros (MME, 2018).

O anexo II apresenta os 'Custo-Benefício da Mineração de Pequena Escala' em relação aos temas Geologia e Mineração, Meio Ambiente, Sociedade e Macro/Micro Economina e os problemas típicos enfrentados pela MPE.

4. MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICA APLICADOS

O presente trabalho é resultado da compilação de bancos de dados disponibilizados por diferentes entidades do Governo brasileiro (Projeto Leste, 1998; Projeto OTGM, 2008; DNPM, 2018) no âmbito da Pesquisa Mineral de Pegmatitos e da Mineração de Pequena Escala. Neste capítulo serão apresentados alguns métodos e técnicas de prospecção mineral aplicados para a classificação de Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração, descoberta e desenvolvimento de Reservas Minerais com vistas à mineração.

A prospecção dos pegmatitos e consequente planificação do seu aproveitamento, seguiu metodologias sistemáticas constituída pelas fases: Estratégica, Tática e Pontual. Neste trabalho as fases de prospecção foram organizadas em duas etapas sequenciais: Geoprocessamento (Prospecção Estratégica e Tática) e Geologia de Campo (Prospecção Pontual).

O intuito foi reunir a maior quantidade de informações possíveis visando aumentar a certeza de sucesso do projeto de investigação. Ao fim de cada fase de prospecção, as informações obtidas foram avaliadas e tomou-se decisões a respeito do planeamento da etapa seguinte. Essas informações foram acumuladas à medida em que as fases avançaram.

Inicialmente tratou-se da Prospecção Estratégica em escala regional, envolvendo a aquisição e compilação de bancos de dados e pesquisa bibliográfica, com o objetivo de contextualizar as ocorrências pegmatíticas com os diferentes temas da Geologia e Mineração. Em seguida, na fase de Prospecção Tática, foi feito o estudo das características dos pegmatitos investigados visando classificar "Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração (PRIM's)". Os depósitos classificados como PRIM's foram organizados em um "*Ranking*" de acordo com os graus de favorabilidade atribuídos pelo autor para cada pegmatito. Esses índices serviram de base para pré-seleção de alvos verificados na fase seguinte. A Prospecção Pontual incluiu a verificação *in loco* dos PRIM's, a descrição dos depósitos pegmatíticos, e em alguns casos ainda, foram realizados serviços mineiros que visaram a definição de blocos de reservas minerais.

4.1 Geoprocessamento

A primeira etapa contemplou a digitalização dos dados referentes ao cadastro de pegmatitos do Projeto Leste (1998), em Ambiente SIG, seguido da contextualização desses pegmatitos com os dados dos Cenários de Geologia e Mineração disponibilizados pelo Projeto OTGM (2008).

Através do cruzamento desses dados foi possível estabelecer condições favoráveis à pesquisa mineral de pegmatitos na área de estudos e ainda gerar novos produtos cartográficos referentes a temas relacionados aos depósitos do Leste de Minas Gerais.

Além dos mapas de contextualização dos pegmatitos da região Leste com os Cenários do OTGM (2008), foram gerados produtos cartográficos de Base Geológica (Metalotectos) e mapas de caracterização de atributos dos pegmatitos, que serviram de apoio seleção de Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração (PRIM's).

Os pegmatitos selecionados como PRIM's, foram analisados sob critérios de avaliação que visaram definir corpos pegmatíticos mais favoráveis ao aproveitamento mineral, através da atribuição de valores (pontuação) associadas às situações possíveis em cada atributo.

Cada pegmatito recebeu uma nota final de classificação, que representa o somatório das pontuações obtidas em cada atributo. Essa classificação deu origem a um *Ranking* de classificação dos Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração (PRIM's).

Esse Ranking foi utilizado como guia para o planejamento da etapa subsequente (Geologia de Campo). Os pegmatitos com melhor colocação no "*Ranking* de PRIM's" receberam atenção prioritária.

4.1.1 Aquisição e povoamento de Banco de dados

A base de dados utilizada para a geração dos resultados da Pesquisa Mineral de Pegmatitos é composta por dados georreferenciados provenientes de órgãos federais, dessa forma, foi realizado um trabalho de consistência nas informações. Os dados encontram-se no Sistema de Coordenadas

Planas (Universal Transversa de Mercator), referenciados ao Datum SAD 69. As principais fontes dos dados estão apresentadas na tabela do anexo III.

I) Banco de Dados do Projeto Leste (1998):

- i. Consulta aos relatórios de pesquisa do Projeto Leste (1998) (cadastramento dos recursos minerais – Pegmatitos); Utilização de dados provenientes de bancos de dados oficiais, fornecidos e consistidos pelo órgão que gerou e disponibilizou a informação. Os atributos descritos pelo Projeto Leste (1998) podem ser visualizados na tabela 4.
- ii. Lançamento dos pegmatitos cadastrados em ambiente SIG (Sistema de Informações Georreferenciadas - Softwares: Quantum GIS/Google Earth Pro).

DADOS PROJETO LESTE											
Distrito Pegmatítico	Campo	n° de ID	Coordenadas Geográficas	Nome	Município	Jazimento/Tamanho	Forma	Encaixante	Associação Mineral	Aproveitamento Econômico	Status

Tabela 3 - Atributos dos pegmatitos cadastrados pelo Projeto Leste (1998).

II) Banco de Dados do Projeto OTGM: Cenários da Geologia e Mineração no Brasil

Consulta às informações do Banco de Dados do “Aplicativo SIG – OTGM”, disponibiliza via Web. Informações essenciais e atualizadas do cenário nacional e internacional para apoio à tomada de decisão de gestão pública no Setor de Geologia e Mineração.

Os conteúdos disponibilizados pela publicação, utilizados pelo presente trabalho estão descritos na tabela 5.

Cenário 1	- Diagnóstico das áreas prioritárias para a realização de levantamentos geológicos e Geofísicos
Cenário 2	- Avaliação da disponibilidade mineral para o ordenamento territorial geomineiro
Cenário 3	- Diagnóstico dos distritos mineiros frente às intervenções no meio ambiente, como subsídio ao licenciamento ambiental
Cenário 4	- Avaliação de áreas com conflitos associados à Mineração de Pequena Escala– atividades irregulares e restrições legais

Tabela 4 – Cenários de Geologia e Mineração (OTGM,2008) utilizados para investigação.

A metodologia aplicada para a construção dos cenários, também chamados “Ambientes Geomineiros (AGM's) está detalhada nas tabelas do Anexo IV.

4.1.2. Dados compilados: Projeto Leste & Projeto OTGM

Através da análise combinada dos dados do Projeto Leste (1998) e do Projeto OTGM (2008) foram desenvolvidos dois instrumentos de avaliação para os depósitos: (1) Cartografia Temática dos Pegmatitos e (2) *Ranking* dos Pegmatitos Com Relevante Interesse para Mineração (PRIM's).

(1) A Cartografia Temática dos Pegmatitos:

Além dos mapas de contextualização dos pegmatitos da região Leste com os cenários do OTGM (2008), também foram gerados produtos cartográficos de Base Geológica (Metalotectos) e mapas de caracterização de atributos dos pegmatitos. Os temas cartografados foram distribuídos em três categorias:

a) Contextualização dos Pegmatitos nos Cenários do OTGM (2008):

- Área de estudos no Cenário 1
- Área de estudos no Cenário 2
- Área de estudos no Cenário 3
- Área de estudos no Cenário 4

b) Base Geológica: Metalotectos

- Pegmatitos & Ambientes Tectônicos
- Pegmatitos & Unidades Litológicas
- Pegmatitos & Estruturas Geológicas

(2) Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração (PRIM's):

Os mapas gerados serviram de suporte à seleção de Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração (PRIM's) e a criação do Ranking de PRIM's. Foram adotados critérios para avaliação e classificação dos pegmatitos, à luz do aproveitamento integral desses depósitos no Leste de Minas Gerais. Os pegmatitos selecionados como PRIM's, foram analisados sob critérios de avaliação que

visaram definir corpos pegmatíticos com maior favorabilidade ao aproveitamento mineral, através da atribuição de valores (pontuação) associadas às situações possíveis em cada atributo.

a) Critérios de avaliação:

1. Análise dos Pegmatitos disponíveis para Títulos Minerários (DNPM)
2. Verificação visual dos pegmatitos cadastrados (Google Earth Pro)
3. Classificação dos Pegmatitos por Tamanho do jazimento
4. Quantificação da Associação Mineral presente em cada Pegmatito – Geoestatística dos Campos Pegmatíticos (Software GS+)
5. Classificação dos Recursos Minerais disponíveis nos Pegmatitos

b) Graus de Favorabilidade:

Cada pegmatito recebeu uma nota final de classificação, que representa o somatório das pontuações obtidas em cada atributo. Essa classificação deu origem a um *Ranking* de classificação dos Pegmatitos Com Relevante Interesse para Mineração (PRIM's). As pontuações conferidas às situações possíveis estão representadas na tabela 6.

Favorabilidade	Pontuação	Fase DNPM	Identificação visual	Tamanho	Nº de Minerais	Recurso Mineral
Ótima	5	Área Livre	ID	muito grande	19 a 21	Gema + RMI + Metal Estratégico
muito boa	4	Disponibilidade	DUV	grande	15 a 18	Gema + RMI; Gema + Metal Estratégico
boa	3	Concessão de Lavra	CV/DUV	médio	11 a 14	RMI + Metal Estratégico
mediana	2	Requerimento de Lavra	NID/DUV	pequeno	7 a 10	Gemas; RMI; Metal Estratégico
ruim	1	Req./Autoriz. de Pesquisa	CV	muito pequeno	3 a 6	
péssima	0	Req. /Lavra Garimpeira	NID			

Tabela 5 –Graus de favorabilidade dos atributos de avaliação.

c) Ranking de Classificação dos PRIM's:

O Ranking foi utilizado como guia para o planejamento da etapa subsequente (Geologia de Campo). Os pegmatitos com melhor colocação no “*Ranking* de PRIM's” receberam atenção prioritária. A tabela 7 apresenta a estrutura de avaliação aplica aos Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração.

Ranking dos PRIM'S					
Fontes:	Dados:		Exemplo: PRIM-09 (Proberil)		
DNPM 2018	critérios de avaliação	Fase do Processo no DNPM	Favorabilidade	Disponibilidade	(4) muito boa
Google Earth		Identificação do Alvo		Identificado	(5) ótima
Relatório Leste		Tamanho		Grande	(4) muito boa
		Associação Mineral		7 minerais	(2) mediana
		Aproveitamento Econômico		Gemas + RMI	(4) muito boa
PRIM's	Colocação	9º colocado			
	Pontuação	17 pontos			
Relatório Leste	Nome	Proberil			
	Distrito Pegmatítico	Conselheiro Pena			
	Campo Pegmatítico	Galiléia - Mendes Pimentel			
	Município	Galiléia			

Tabela 6 – Estrutura de avaliação de Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração (PRIM's).

4.1.3. Pré-seleção de alvos para verificação em Campo

Com base nos resultados do Ranking de PRIM's foram realizadas análises distanciadas das imagens de satélites, disponibilizadas pelo Software Google Earth Pro, nas proximidades dos pegmatitos pré-selecionados, ainda em fase de Prospecção Tática, com intuito de dar base à etapa seguinte, de reconhecimento de campo e avaliação de Reservas. A figura 5 apresenta alguns alvos pré-selecionados para verificação em campo do PRIM-09.

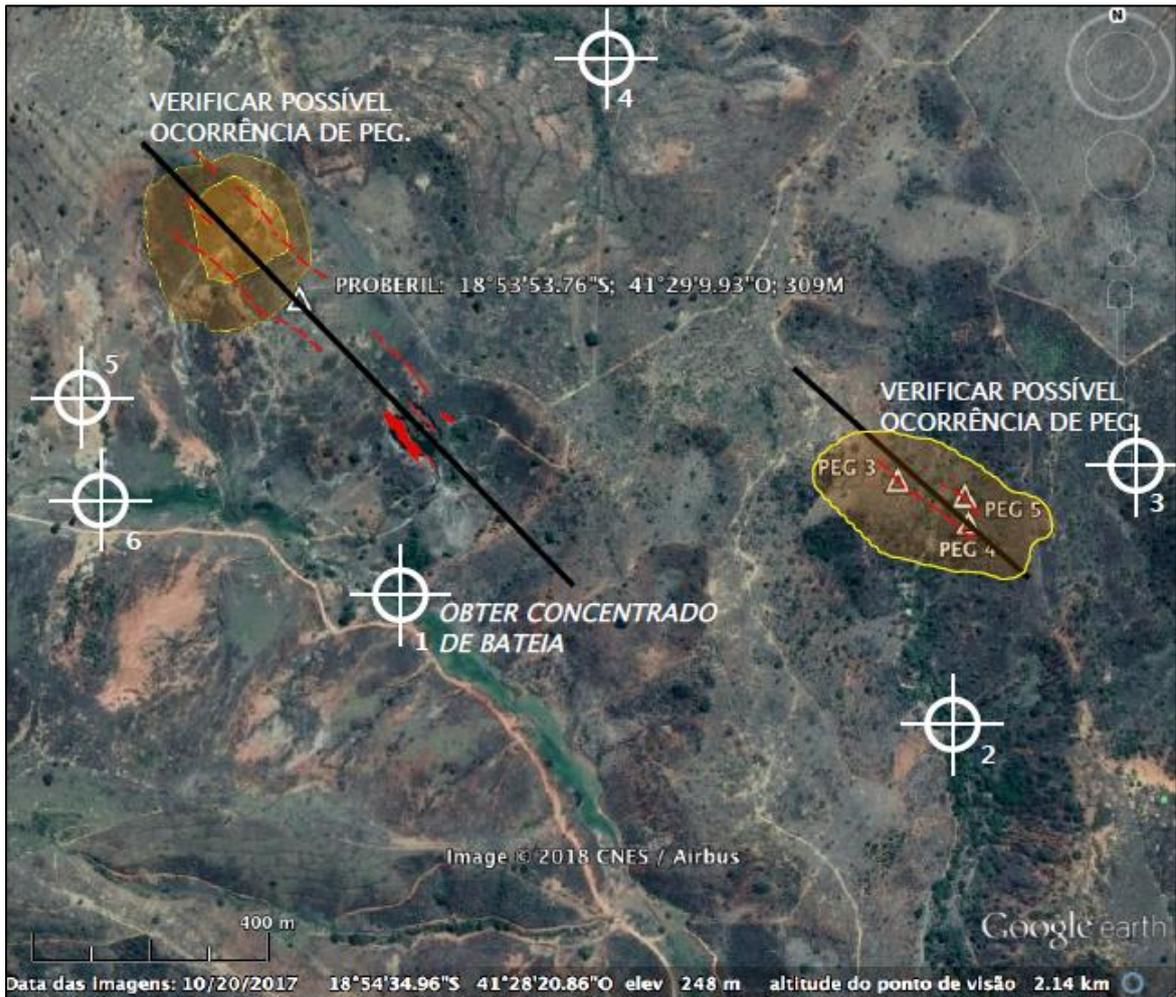


Figura 5 - Alvos pré-selecionados para verificação em campo. PRIM-09 (Proberil), Imagens Google Earth Pro, (2018).

4.2 Geologia de Campo

O levantamento geológico de campo envolveu três processos: 1) Reconhecimento in loco dos Pegmatitos (PRIM's); 2) Caracterização Geológica dos Depósitos; 3) Estudos de Reservas Minerais.

Primeiramente, os alvos que haviam sido pré-selecionados na fase de prospecção Tática, foram intercetados em campo visando confirmar no terreno os indícios observados em imagens de satélites. A Caracterização Geológica dos depósitos foi feita a partir de uma série de variáveis como a Mineralogia, Zoneamento, Estruturas, geometrização, quantificação, encaixante(s), entre outros.

Aqui trataremos, a nível informativo, dos aspectos descritivos de campo, numa primeira abordagem do depósito mineral. A cartografia geológica das minas e garimpos foram elaborados por

computação gráfica, sendo reduzidos a uma escala gráfica compatível. Além dos mapas de superfície, foram elaborados, quando aplicáveis, trabalhos de cartografia das galerias (subterrâneas), visando a caracterização dos jazigos pegmatíticos em subsuperfície.

O estudo de reservas foi desenvolvido através da realização de serviços mineiros que visavam a definição de Blocos de Reservas. Os serviços mineiros desenvolvidos nos depósitos investigados envolveram técnicas de 'sondagem mecânica' (abertura de novas galerias, cavas, raspagem de solos, corte de taludes, poços e etc.) e ainda foram realizados levantamentos geofísicos de subsuperfície por meio do Georadar (Ground Penetrating Radar - GPR).

4.2.1 Reconhecimento in loco dos pegmatitos (PRIM's)

Após a pré-seleção de alvos via sensoriamento remoto (Google Earth Pro), foram verificados em campo, os 'targets' identificados em fase Tática de prospecção. A deslocação até os pontos de verificação foi feita com auxílio de GPS de navegação. Os alvos foram conferidos e a partir daí foram desenvolvidas as fases subsequentes de pesquisa e prospecção.

4.2.2 Caracterização Geológica dos Depósitos

Uma vez verificados, os alvos foram interpretados a fim de estabelecer parâmetros geológicos segundo os quais se desenvolveram as concentrações anômalas e determinar a existência de depósitos minerais. As características geológicas mais importantes verificadas em campo foram:

- Mineralogia e Zoneamento: Associações mineralógicas, paragênese mineral, e identificação das zonas pegmatíticas;
- Controle Estrutural dos Depósitos: Morfologia, Relação com as rochas encaixantes, Ambiente de acolhimento das injeções pegmatíticas;

Os depósitos foram cartografados em detalhe, tanto em superfície, quanto no subterrâneo através de galerias pré-existentes na região de exploração. Após a cartografia dos depósitos foi possível estabelecer os recursos minerais que apresentaram aproveitamento econômico potencial nos PRIM's. Os recursos minerais foram categorizados como: Gemas, Minerais Industriais e Metais Estratégicos.

4.2.3 Estudo de Reservas

Para melhor avaliar a apetência dos depósitos pegmatíticos à mineração foram realizadas uma série de atividades de que incluíram, dentre outras, a abertura de galerias, cavas, poços, raspagem de solos e permitiram acesso direto às mineralizações.

Além dos serviços mineiros tradicionais supracitados, foram realizados também, levantamentos geofísicos de subsuperfície, através do método de prospecção eletro-magnética (*Ground Penetrating Radar*). O método foi aplicado tanto para identificar massas pegmatíticas instaladas em pequenas profundidades quanto para busca de cavidades (caldeirões) presentes em alguns pegmatitos.

Os serviços mineiros, de maneira geral, permitiram a definição de blocos de reservas minerais. Como se verá adiante, os Blocos de Reservas são figuras geométricas (quadrado, retângulo etc) que limitam espacialmente o Depósito Mineral (afloramento, galerias subterrâneas, sondagem geofísica).

As Reservas medidas, indicadas e inferidas, indicam o grau de certeza sobre a quantidade de minério calculada. Esse grau de certeza é em virtude da densidade e da qualidade dos dados obtidos, durante os trabalhos de pesquisa mineral. Para efeito de aprovação do relatório final de pesquisa o DNPM só considera as Reservas Medidas. Faz exceção para os casos de Depósitos Minerais de altíssimo coeficiente de variação, como é o caso dos depósitos de minerais gemas.

5. PESQUISA MINERAL DE PEGMATITOS

Neste capítulo foram apresentados os resultados da pesquisa mineral dos Pegmatitos na região Leste de Minas Gerais. Os resultados obtidos são fruto da análise de dados oficiais disponibilizados pelo Governo do Brasil ajustados aos métodos de Prospecção e Pesquisa Mineral desenvolvidos pelo autor de maneira particular para os depósitos pegmatíticos investigados.

A contextualização das mineralizações de pegmatitos (Projeto Leste, 1998) com os Cenários de Geologia e Mineração (OTGM, 2008) permitiu atualizar o panorama da pesquisa mineral em mapas temáticos que representam diferentes atributos dos pegmatitos investigados.

A análise combinada de atributos, elencados pelo autor como critérios de seleção e avaliação, possibilitou a classificação dos Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração (PRIM). Os pegmatitos foram organizados em um ranking de acordo com a apetência dos depósitos para o aproveitamento mineiro.

5.1. Prospecção Estratégica

5.1.1. Análise e Georreferenciamento dos atributos do Relatório Leste (1998)

Foram analisados os 811 pegmatitos cadastrados pelo Projeto Leste (1998). Dos quais 755 pegmatitos foram agrupados em 7 Distritos Pegmatíticos e os 56 pegmatitos restantes foram categorizados como 'isolados' e não foram considerados no presente trabalho. O gráfico 3 apresenta os pegmatitos cadastrados pelo Projeto Leste (1998) e seus respectivos Distritos.

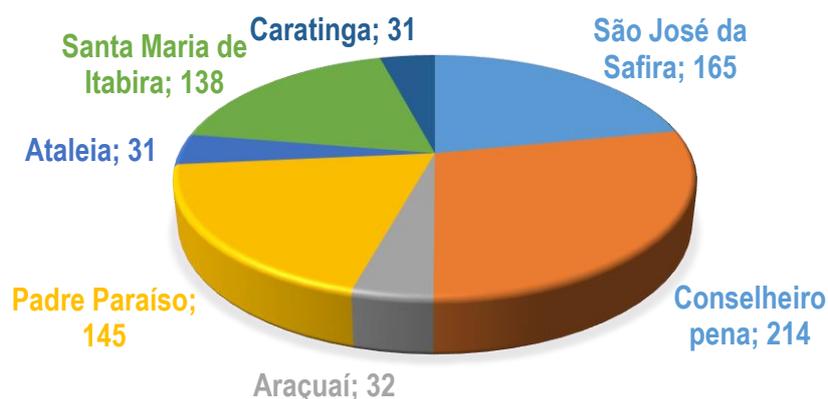


Gráfico 3 - Pegmatitos cadastrados em cada Distrito pelo Projeto Leste (1998).

Dos 7 Distritos cadastrados pelo projeto, foram estudados com maior profundidade os Distritos Pegmatíticos Serra do Cruzeiro, Conselheiro Pena, Padre Paraíso e Ataléia, totalizando 555 pegmatitos. A tabela 8 apresenta a divisão dessas ocorrências de acordo com seus respectivos Domínios geológicos, Distritos e Campos Pegmatíticos.

Domínio Geológico	Distrito Pegmatítico	Campo Pegmatítico	Pegmatitos Cadastrados
A	São José da Safira	Serra do Cruzeiro	56
		Santa Rosa	26
		Poté-Ladainha	9
		Golconda	49
		Marilac	25
	Conselheiro Pena	Resplendor	21
		Goiabeiras	25
		Galileia-Mendes Pimetel	84
		Itatiaia-Barra do Cuieté	64
		Alavarenga-Itanhomi	20
D	Padre Paraíso	Padre Paraíso-Catugi	98
		Faisca	15
	Ataleia	Novo Oriente	32
		Ataléia-Fidelândia	31
Total:			555

Tabela 7 - Agrupamento dos pegmatitos estudados em Campos, Distritos Pegmatíticos e Domínio Geológico.

Os pegmatitos inseridos no Domínio Geológico A representam um total de 379 pegmatitos e estão associados a xistos da sequência supracrustal (Grupo Rio Doce: formações São Tomé e

Tumiritinga) e têm origem possivelmente relacionada ao granodiorito ou tonalito (eventualmente granito) da Suíte Intrusiva Galiléia.

Os 176 pegmatitos restantes, inseridos no Domínio Geológico D, estão associados à Suíte Intrusiva Aimorés (Granito Caladão e Charnokito Padre Paraíso), situados no interior dos corpos graníticos ou em litótipos encaixantes da suíte, próximos ao contato.

Os Distritos São José da Safira (165 pegmatitos), Conselheiro Pena (214 pegmatitos) e Padre Paraíso se destacam em quantidade de ocorrências em relação ao Distrito Ataléia, com apenas 31 pegmatitos descritos. Os Campos Serra do Cruzeiro, Galileia-Mendes Pimentel, Itatiaia-Barra do Cuieté e Padre Paraíso-Catugi correspondem a mais da metade dos pegmatitos investigados em por menor, somando mais de 300 ocorrências.

Os dados relativos aos pegmatitos cadastrados foram georreferenciados em ambiente SIG (Sistema de Informações Georreferenciadas; Softwares: QuantumGis/Google Earth Pro) e serviram de base para o desenvolvimento das fases de investigação subsequentes. A Figura 6 apresenta a distribuição geográfica dos Distritos e Campos Pegmatíticos inseridos na área de estudos.

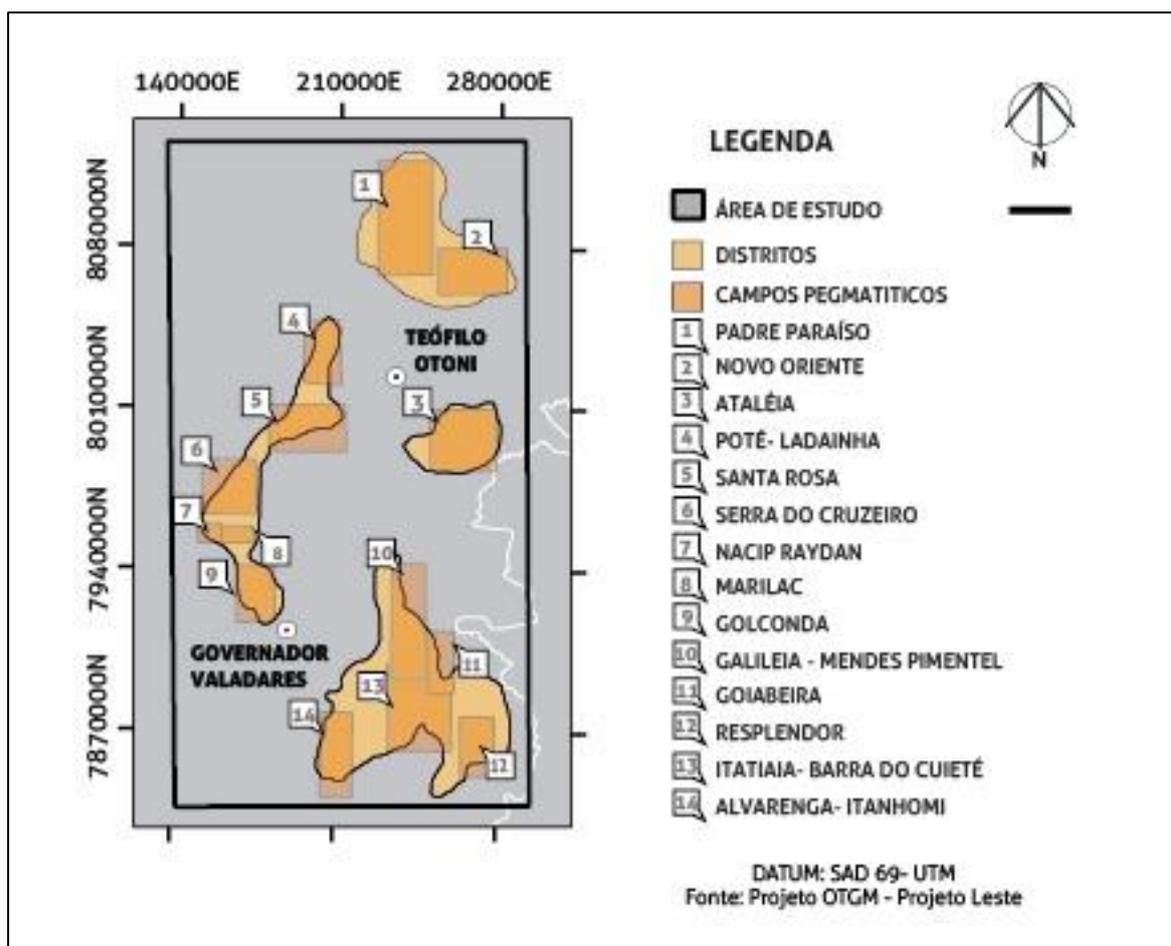


Figura 6 – Localização dos Distritos e Campos Pegmatíticos da área de estudos.

5.1.2. Contextualização da área de estudos com os Cenários da Geologia e Mineração no Brasil - Cartografia Temática dos Pegmatitos

A área de estudos foi submetida a contextualização com os Cenários de Geologia e Mineração pelo Projeto OTGM (2008), propostas no âmbito do Ordenamento Territorial Geomineiro e foram representadas cartograficamente como:

- a) Contextualização dos Pegmatitos nos Cenários do OTGM (2008)

Os temas e cenários propostos pelo OTGM (2008) utilizados para investigação foram:

- Cenário 1 - *Diagnóstico das áreas prioritárias para a realização de levantamentos geológicos e Geofísicos* (Escala 1:100.000 e 1:250.000)

- Cenário 2 – *Avaliação da disponibilidade mineral para o ordenamento territorial geomineiro*
- Cenário 3 - Diagnóstico dos distritos mineiros frente às intervenções no meio ambiente, como subsídio ao licenciamento ambiental
- Cenário 4 - *Avaliação de áreas com conflitos associados à mineração de pequeno porte – atividades irregulares e restrições legais*

Os resultados obtidos a partir dos conteúdos disponibilizados foram:

I. Área de estudos no Cenário 1

A contextualização da área de estudos com o Cenário 1, revelou que a área pesquisada está inserida, de modo geral, em zonas classificadas pelo OTGM (2008) com média prioridade para levantamentos geológicos e geofísico à escala 1:100.000. No entanto, a mesma área apresentou um nível de prioridade maior para levantamentos à escala 250.000, chegando a atingir níveis de alta prioridade na porção sudoeste da área. As figuras 7 e 8 representam, respectivamente, o diagnóstico das áreas prioritárias para a realização de levantamentos geológicos e geofísicos às escalas 1:100.000 e 1:250.000.

Foram acrescentados aos mapas do Cenário 1, informações relativas a logística que pudessem favorecer a deslocação no terreno e contribuir para futuras expedições e levantamentos.

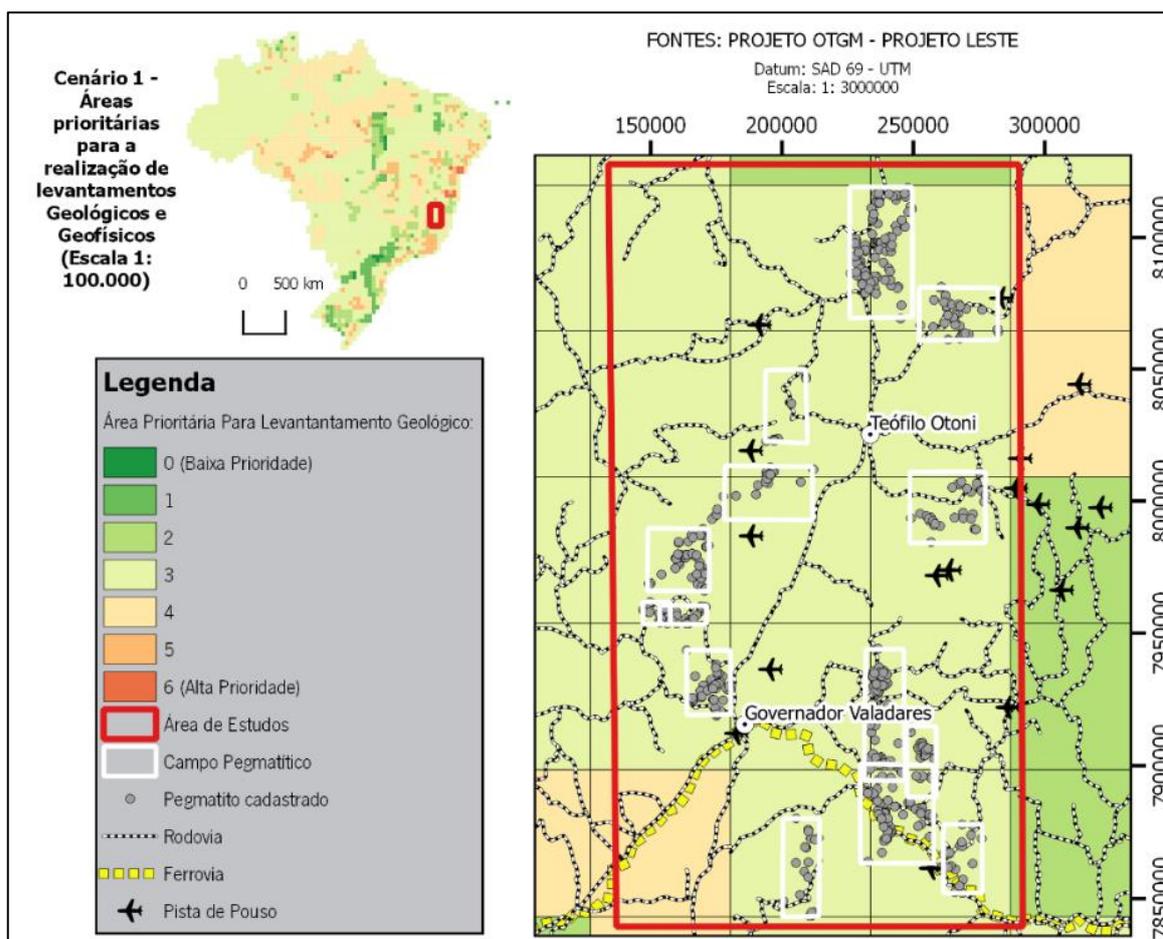


Figura 7 – Caracterização dos níveis de prioridades para levantamentos geológico e geofísicos à escala 1:100.000 presentes na área de estudos.

A área de estudos apresentou inúmeras formas de acesso que possibilitaram a realização dos levantamentos geológicos e geofísicos nesta pesquisa, além das vias terrestres (rodovias, estradas vicinais e ferrovia), a área é abrangida por inúmeras pistas de pouso e aeródromos. Tal constatação contribui para o desenvolvimento de projetos na área, pois a logística tem papel fundamental no setor da Mineração.

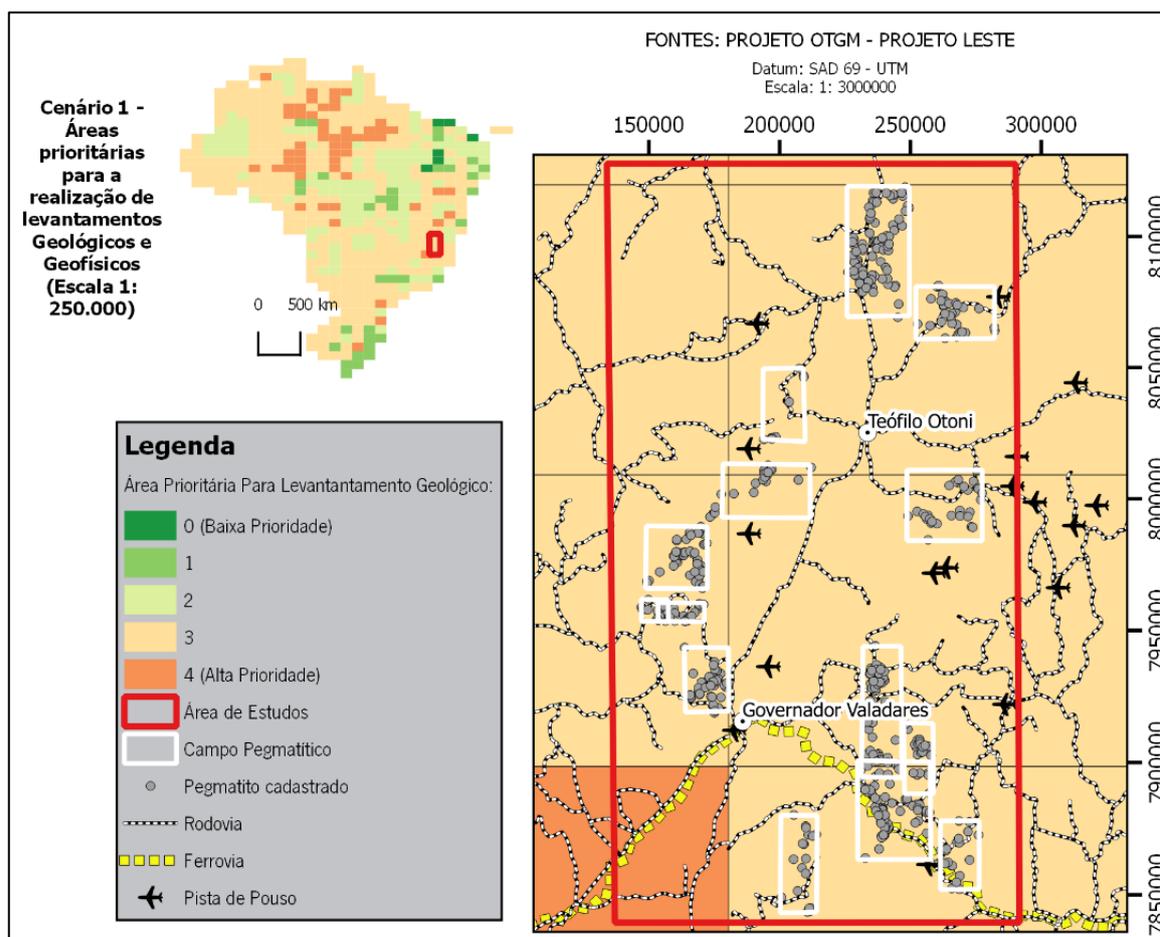


Figura 8 – Caracterização dos níveis de prioridades para levantamentos geológico e geofísicos à escala 1:250.000 presentes na área de estudos.

II. Área de estudos no Cenário 2

A “Avaliação da disponibilidade mineral para o ordenamento territorial geomineiro” passou pela análise de áreas com aproveitamento mineral comprovado, áreas com indícios de aproveitamento e áreas sem comprovação, mas com vocação mineral. Foram adicionadas ainda, informações relativas aos blocos de concessão mineira (DNPM/SIGMINE, 2018) que possibilitaram interpretar os campos pegmatíticos à luz da disponibilidade mineral.

Alguns Campos, apesar de contemplarem áreas com aproveitamento mineral comprovado, indícios de aproveitamento ou apenas com vocação mineral não apresentaram disponibilidade mineral devido aos títulos minerários já concedidos pelo DNPM.

O Campo Pegmatítico Santa Rosa, por exemplo, tem 100% de sua área já requerida no DNPM, no entanto, existem áreas com aproveitamento mineral comprovado, próximas aos limites espaciais definidos para tal campo. Por outro lado, outros Campos Pegmatíticos, apresentaram grande disponibilidade mineral em áreas comprovadas ou não, como por exemplo os Campos Padre Paraíso-Catugi, Ataleia e Itatiaia-Barra do Cuieté. A figura 9 apresenta as Áreas com Relevante Interesse Mineral existentes na área de estudos e seus níveis de disponibilidade mineral para Ordenamento Territorial Geomineiro.

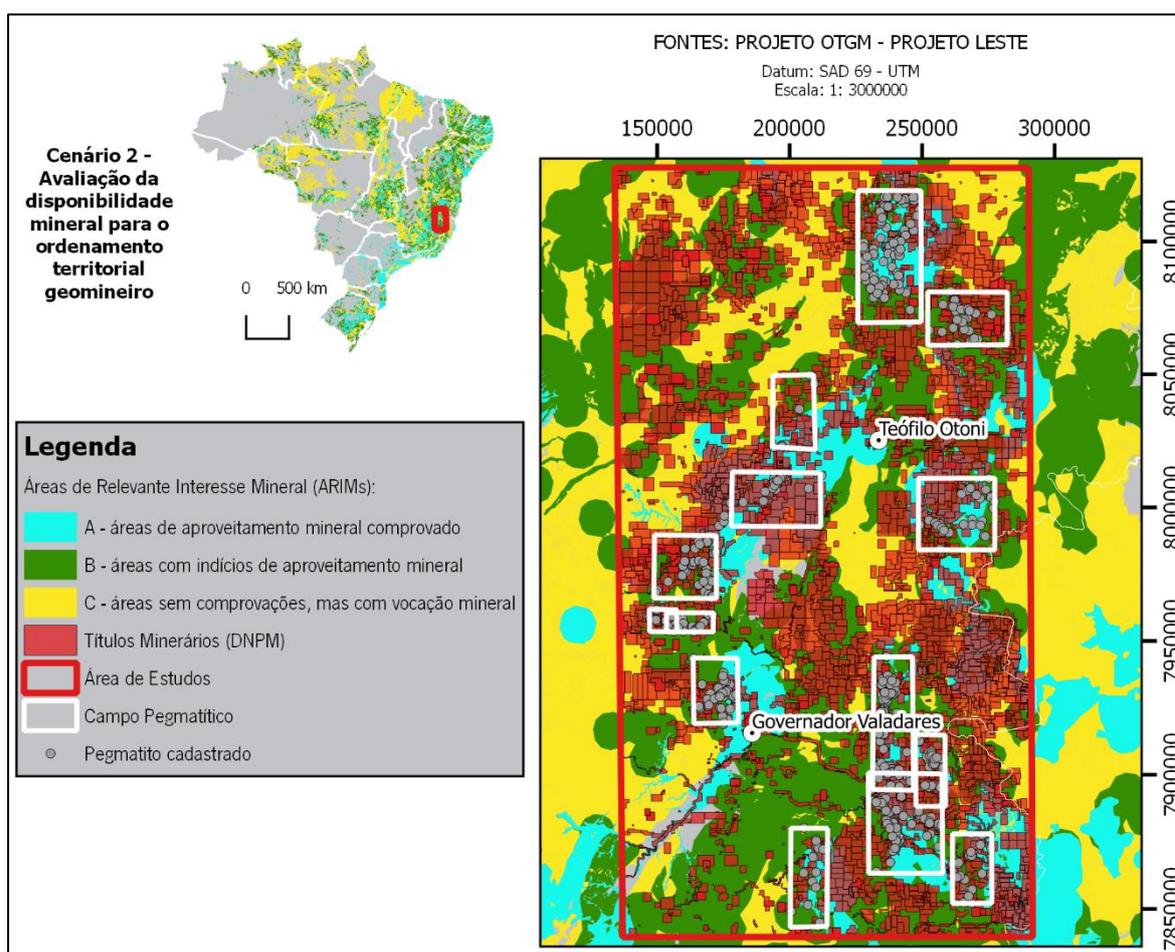


Figura 9 – Áreas com relevante Interesse Mineral presentes na área de estudos.

De uma maneira geral, a área de estudos apresenta alguns setores com áreas de aproveitamento mineral comprovado, principalmente na região central da área. A porção centro-sul da área de estudos apresentou grande distribuição de áreas com indícios de aproveitamento mineral, enquanto a porção norte da área contém tanto “áreas de aproveitamento mineral comprovado”, como

“indícios de aproveitamento e áreas com vocação mineral”. Já os títulos minerários estão distribuídos de maneira concentrada próxima aos campos pegmatíticos, exceto na porção sudoeste da área, onde contém a maior porção disponível para concessão de novos títulos pelo DNPM.

III. Área de estudos no Cenário 3

O “Diagnóstico dos distritos mineiros frente às intervenções no meio ambiente, como subsídio ao licenciamento ambiental” para a área de estudos, revelou que a área está inserida em cenários de média (MG) e baixa (ES) complexidade ambiental. A complexidade ambiental de cada estado é medida através dos instrumentos e agências regulamentadoras atuantes em cada unidade federativa. Quanto mais instrumentos e órgãos reguladores, maior a complexidade para licenciamento ambiental.

A área de estudos contém duas regiões definidas como Prioritárias para Conservação da Biodiversidade, e outras duas, definidas como Unidade de Conservação Estadual de Proteção Integral. A figura 10 apresenta a relação espacial existente entre os campos pegmatíticos e as áreas definidas como restritivas do ponto de vista ambiental.

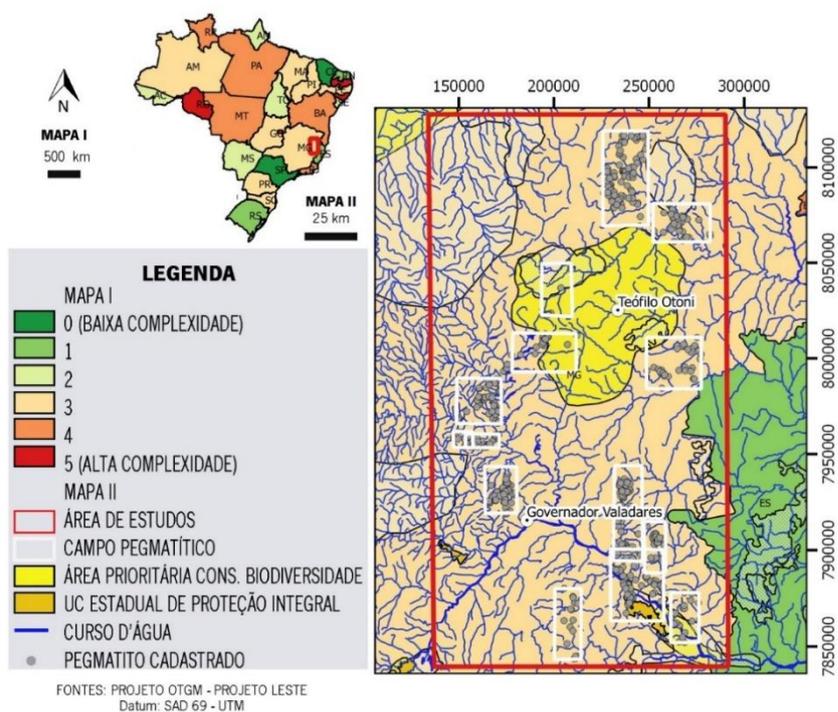


Figura 10 – Campos Pegmatíticos frente às intervenções no meio ambiente.

Os Campos Pegmatíticos Poté-Ladainha, Santa Rosa e Resplendor, têm aproximadamente, mais da metade de suas áreas inseridas em Área Prioritária para Conservação da Biodiversidade. Já as Unidades de Conservação Estadual de Proteção Integral interferem apenas na zona sul do Campo Itatiaia- Barra do Cuieté.

IV. Área de estudos no Cenário 4

A “Avaliação de áreas com conflitos associados à Mineração de Pequena Escala” para a área de estudos indica que a intensidade dos conflitos associados a MPE, quando existem, têm intensidade mediana e estão vinculadas principalmente a exploração de Materiais para construção civil, Rochas Ornamentais, Gemas, Minerais não Metálicos e Minerais metálico. A Figura 11 apresenta distribuição das zonas conflituosas presentes na área de estudos.

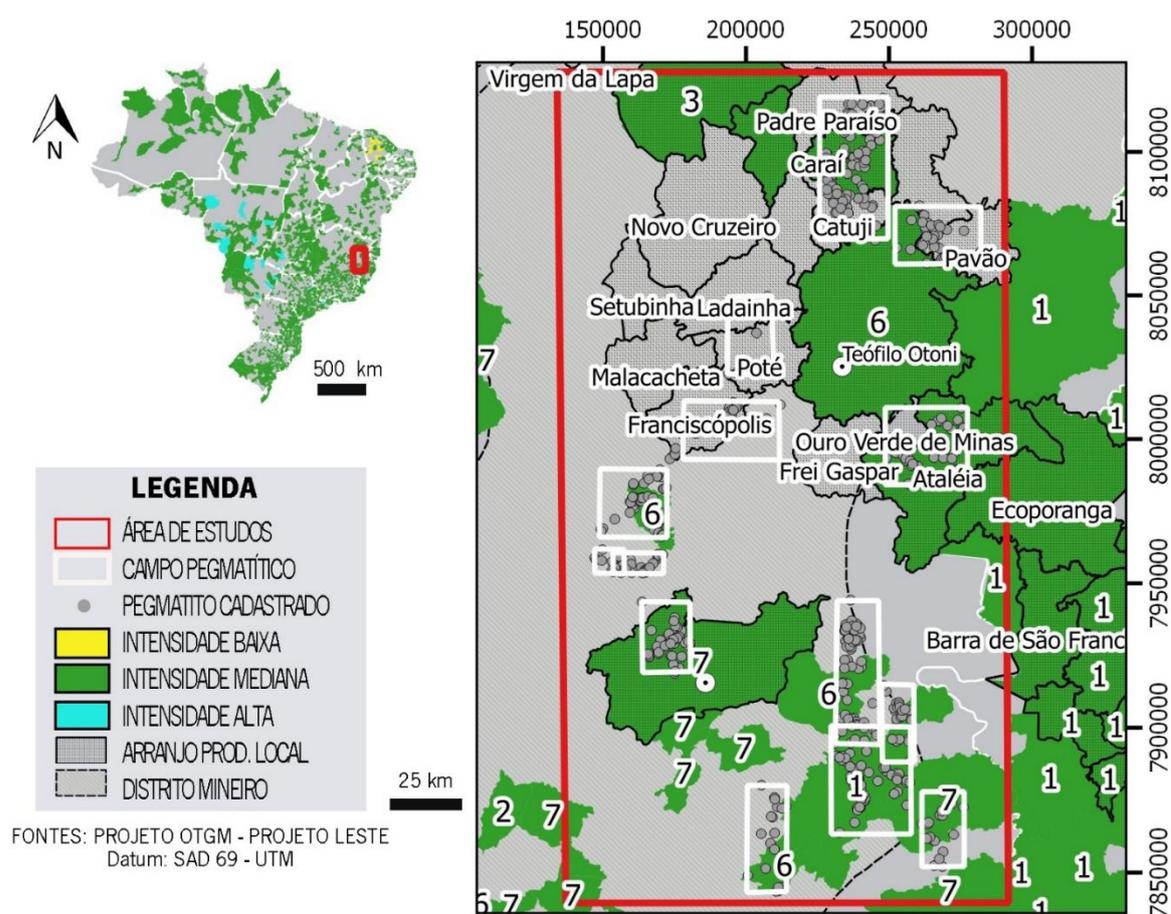


Figura 11 - Avaliação de áreas com conflitos associados à MPE.

À exceção dos Campos Poté-Ladainha e Santa Rosa, todos os outros apresentaram áreas com conflitos associados à Mineração de Pequena Escala. Já os Arranjos Produtivos Locais (APL's) contemplam principalmente os Campos inseridos na porção norte da área de estudos, com exceção do Campo Golconda.

b) Base Geológica: Metalotectos:

Além da contextualização da área de estudos com os temas relativos à Mineração, indicados pelos Cenários do OTGM (2008), buscou-se ainda estabelecer relações existentes entre as ocorrências pegmatíticas e as bases Geológicas fornecidas pelo mesmo projeto.

As informações de caris geológico, foram reunidas com intuito de caracterizar Metalotectos e compreender as interações existentes entre os pegmatitos, os Ambientes Tectônicos, as Unidades Litológicas e as Estruturas Geológicas presentes na região. Os produtos cartográficos gerados estão descritos a seguir e serviram de base para a pesquisa e prospecção dos pegmatitos nas fases seguintes.

V. Campos Pegmatitos & Ambientes Tectônicos

A experiência geológica permitiu afirmar que as mineralizações pegmatíticas têm relação estreita com os ambientes orogênicos. Províncias graníticas (granitos, leucogranitos e granitos pegmatoides) tendem a apresentar vocação mineral para produção de rochas ornamentais, materiais para construção civil, minerais industriais e gemas. A figura 12 apresenta a cartografia dos ambientes tectônicos aos quais os campos pegmatíticos estão associados.

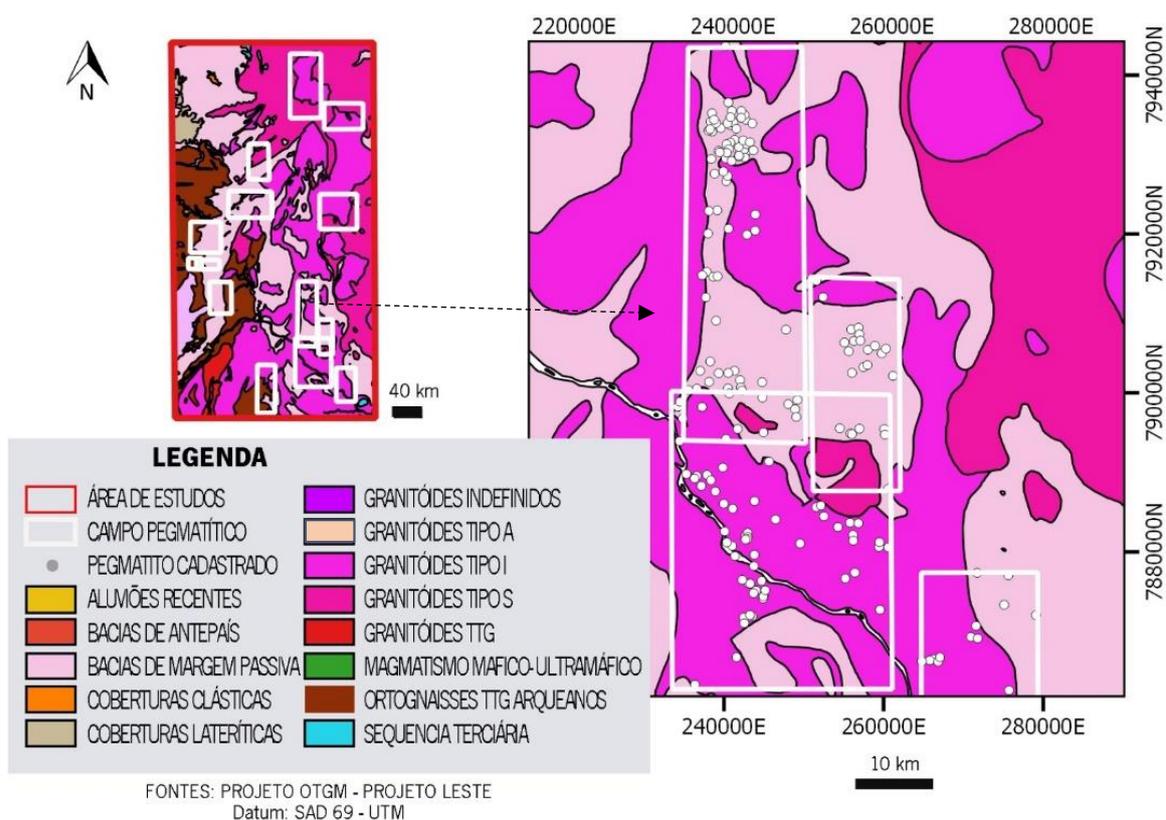


Figura 12 - Ambientes tectônicos e Campos pegmatíticos.

Em alguns campos, como nos Campos Galileia-Mendes Pimentel e Goiabeira, as ocorrências estão estritamente associadas à Bacia de margem passiva, enquanto outros Campos, como Itatiaia-Barra do Cuieté, apresentam estrita relação das ocorrências pegmatíticas com granitoides do tipo I. Dessa forma, os Campos foram interpretados considerando as relações existentes entre os depósitos pegmatíticos e os Ambientes Tectônicos, bem como os tipos crustais favoráveis às mineralizações.

VI. Campos Pegmatitos & Unidades Litológicas

As ocorrências pegmatíticas, em alguns campos, estão claramente associadas à uma determinada Unidade Geológica. Essas associações foram analisadas a fim de estabelecer uma relação entre os pegmatitos, a rocha fonte granítica e as rochas encaixantes presentes em cada Campo. A figura 13 permite observar a relação existente entre os pegmatitos do Campos Padre Paraíso-Catugi e as unidades litológicas adjacentes. As ocorrências parecem estar associadas preferencialmente ao granito, e correspondem, possivelmente, a pegmatitos de cúpula granítica.

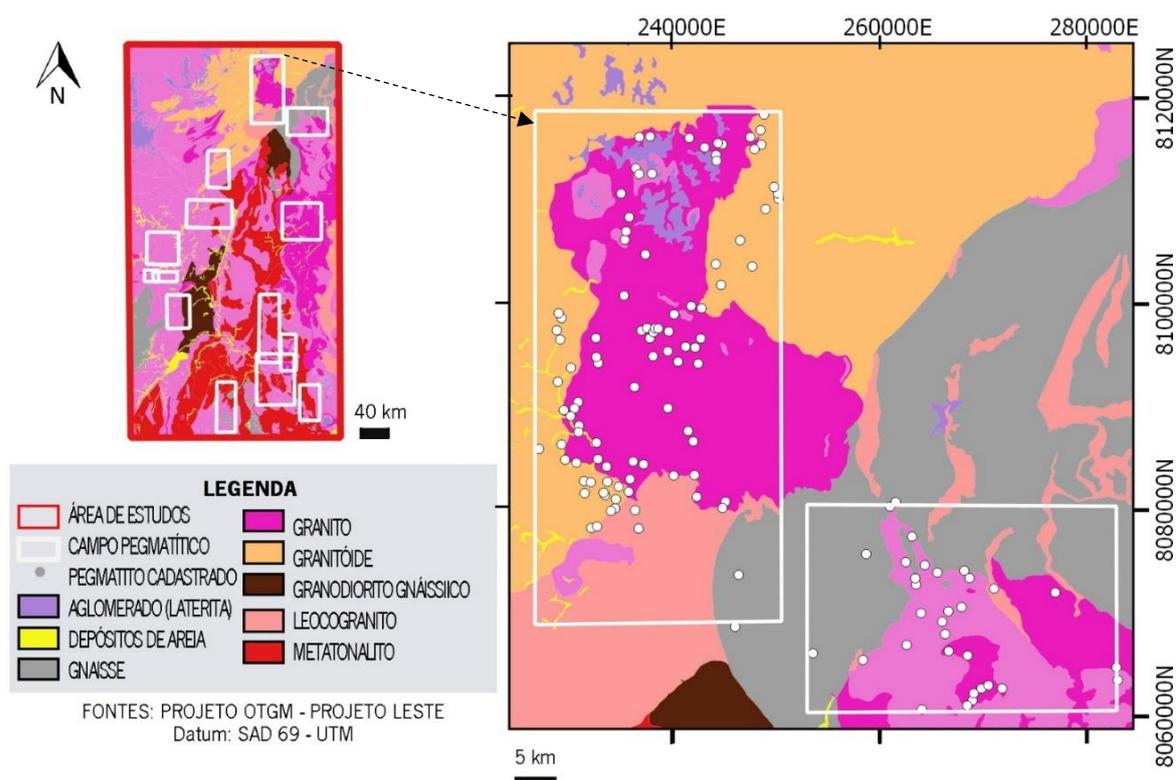


Figura 13 – Relações existentes entre os depósitos pegmatíticos e as unidades litológicas adjacentes.

VII. Campos Pegmatitos & Estruturas Geológicas

As estruturas geológicas, muitas vezes delimitam, interferem ou até mesmo condicionam a instalação de intrusões pegmatíticas. Em escala regional, as estruturas podem estar relacionadas a ambientes dilatacionais e/ou transpressivos. Essas estruturas de acolhimento tendem a interferir no controle estrutural dos depósitos e muitas vezes, servem como guia em campanhas de prospecção e cartografia geológica.

A figura 14 mostra em detalhe a relação existente entre as ocorrências pegmatíticas do Campo São José da Safira e a zona de cisalhamento transpressional presente na porção oeste da área. É evidente o alojamento exclusivo das injeções pegmatíticas nas unidades lito-estratigráficas de margem

passiva. Observa-se que todos os pegmatitos estão limitados pela área de influência da zona de cavalgamento, e que de certo modo, a estrutura interfere no controle das injeções magmáticas.

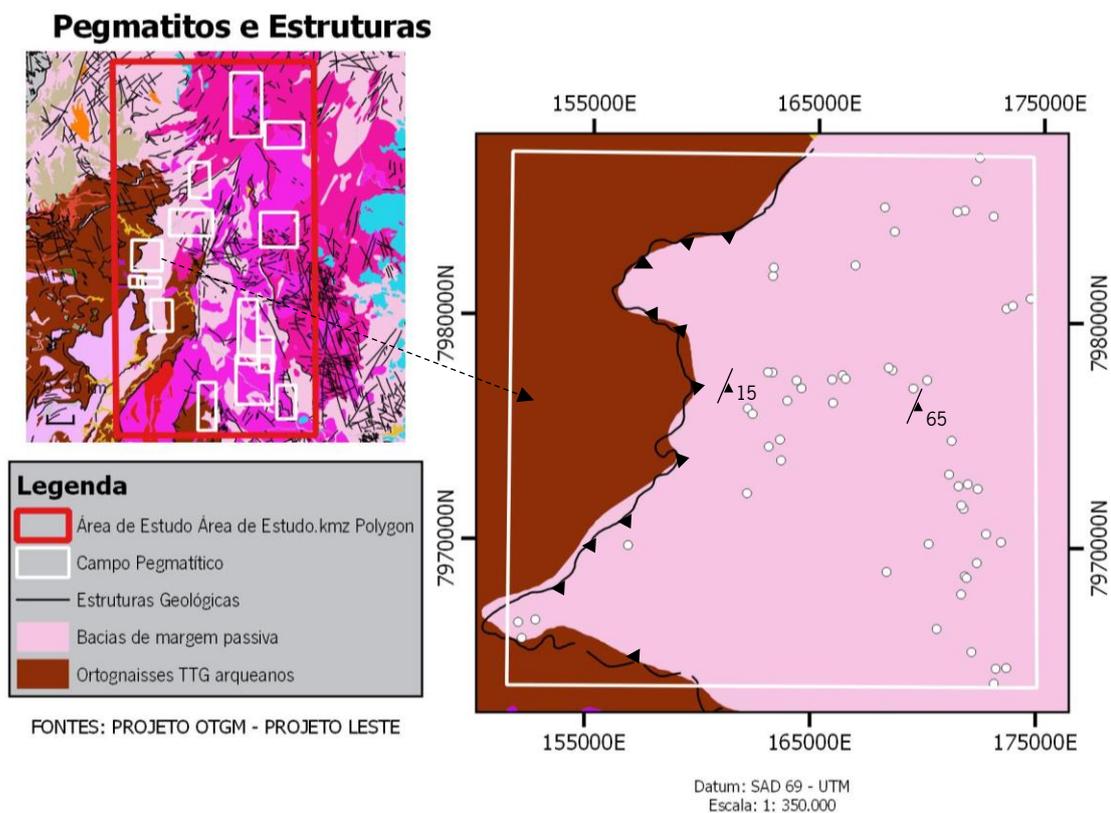


Figura 14 – Influência das estruturas geológicas em relação ao acolhimento de injeções pegmatíticas.

De modo geral, os Campos estudados apresentaram sempre alguma relação entre as estruturas regionais e os depósitos. Pode-se dizer que a área de estudos, num todo, possui forte orientação estrutural no sentido SE-NW, e tem sua zona de atuação limitada nas bordas laterais por rochas arqueanas e granitoides de idades mais antigas.

5.2. Prospecção Tática

A fase de Prospecção Tática serviu para caracterizar e classificar os pegmatitos da área de estudos. A análise combinada dos atributos de cada depósito permitiu organizar os Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração (PRIM) em um 'ranking' de prioridades.

Os pegmatitos inseridos em áreas livres ou disponíveis para novos blocos de concessão mineira, foram avaliados criteriosamente seguindo uma metodologia desenvolvida pelo autor, onde as características geológicas dos depósitos receberam valores atribuídos às situações, mais ou menos favoráveis, ao aproveitamento mineral desses depósitos.

Os PRIM's com maior pontuação no *ranking* tiveram prioridade na pesquisa e análise distanciada de imagens de satélites através do Google Earth. Foram observados não só a localidade precisa dos pegmatitos em si, mas também a presença de indícios, nas proximidades, que pudessem contribuir para compreensão da mineralização ou ainda indicar a presença de outros depósitos não explorados.

5.2.1. PRIM's - Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração

Os Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração foram selecionados a partir da avaliação da disponibilidade dos depósitos para novos projetos mineiros e da identificação visual das ocorrências através de imagens de satélites. Esses dois critérios serviram de pré-requisito para definição de PRIM's.

As características dos depósitos (Tamanho dos jazimentos, Associação mineralógica e os Recursos Minerais Econômicos) tiveram caráter classificatório na organização dos PRIM's num *ranking*. Os pegmatitos com maior pontuação e conseqüentemente com maior favorabilidade foram tratados como prioritários para verificação em campo.

5.2.1.1. Critérios de Eliminação:

Dois critérios tiveram caráter eliminatório na classificação de PRIM's:

- A primeira condição para um depósito pegmatítico ter sido classificado como relevante para mineração é o fato dele estar inserido em uma área livre ou disponível para atividades de mineração (DNPM).

- A segunda condição é que esse mesmo depósito tenha sido identificado visualmente através de imagens de satélites (Google Earth Pro).

Dos 555 depósitos investigados, 78 pegmatitos atenderam às tais condições e por isso foram qualificados como Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração (PRIM's).

i) Pegmatitos & DNPM - Áreas Livres para requerimento

Com base no banco de dados do DNPM/SIGMINE (Julho,2018), obteve-se a cartografia das áreas livres para mineração presentes na área de estudos. As áreas colocadas em Disponibilidade pelo DNPM foram consideradas como áreas livres.

A figura 15 apresenta o mapa das ocorrências do Campo Pegmatítico Serra do Cruzeiro, pertencentes ao Distrito Pegmatítico São José da Safira. As áreas já requeridas como blocos de concessão mineira ocupam aproximadamente 70% da área total do Campo. A maior parte desses requerimentos refere-se a processos em fase de Autorização de pesquisa, Requerimento de pesquisa e requerimento de Lavra Garimpeira. O campo ainda apresenta 7 áreas em disponibilidade e pelo menos 5 blocos de áreas livres. No entanto apenas os blocos livres disponíveis na porção Leste do Campo, apresentam indícios de aproveitamento mineral de pegmatitos.

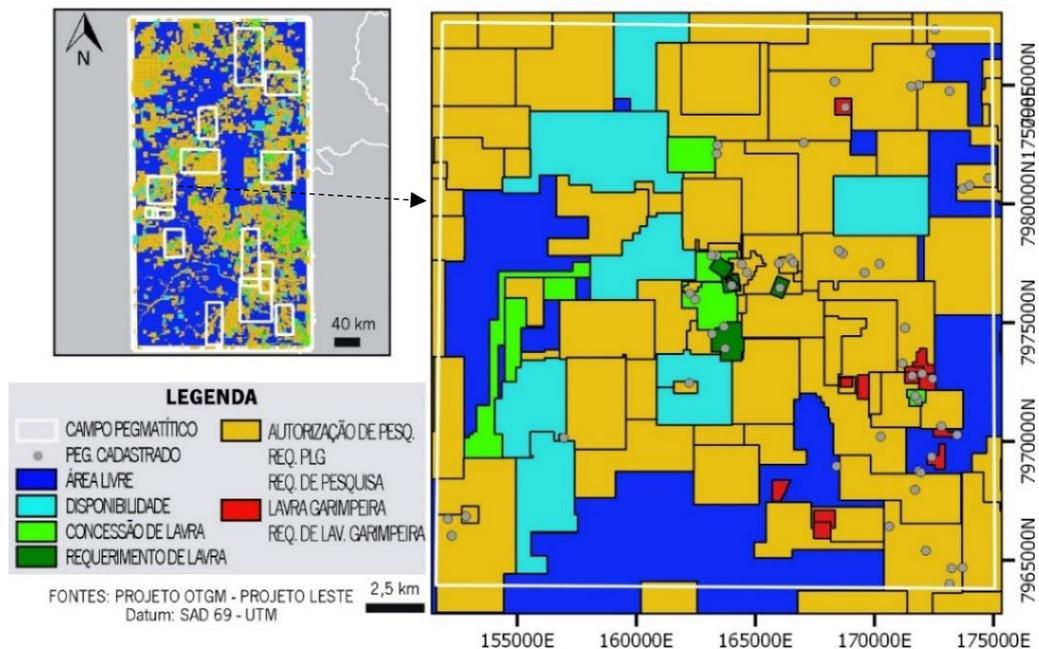


Figura 15 - Blocos de concessão mineira requeridas no Campo Serra do Cruzeiro.

Os Campos que apresentaram maior disponibilidade territorial para o desenvolvimento de novos projetos mineiros são: Alvarenga- Itanhomi, Itatiaia-Barra do Cuieté, Golconda, Ataléia e Padre Paraíso-Catugi. Em contrapartida os Campos Santa Rosa, Nacip Raydan e Goiabeira não apresentaram praticamente nenhuma área livre para novas explorações. Os demais Campos pegmatíticos, apesar de apresentarem grande quantidade de títulos minerários já requeridos ainda possuem algumas zonas aptas a novas concessões de exploração mineral.

ii) Identificação visual dos pegmatitos cadastrados (Google Earth Pro)

O Projeto Leste (1998) cadastrou as coordenadas geográficas de cada depósito catalogado. Essa informação foi verificada através da identificação visual de cada pegmatito por meio de imagens de satélites disponibilizadas pelo Google Earth Pro. Os pontos cadastrados foram interpretados a fim de identificar nas imagens de satélites a localização exata dos garimpos e minas registradas pelo Projeto.

Em algumas situações, os pontos de registro coincidiram exatamente com os indícios mineiros identificados via sensoriamento remoto. Em outros casos, a localização descrita no cadastro estava 'ligeiramente' distorcida, ou um pouco afastada do ponto de verificação da imagem de satélite.

Algumas minas e garimpos não foram identificadas devido a cobertura vegetal abundante presente nas localizações verificadas. Houve ainda casos em que os pontos de cadastro não coincidiam com nenhum vestígio de atividade mineira, porém nas proximidades dos pontos, havia qualquer outro indício que pudesse levar a detecção de pegmatitos.

Por fim, também ocorreram situações em que não foram identificados os pontos cadastrados nas imagens utilizadas, nem tão pouco se verificou vestígios de atividades mineiras, ou qualquer indício da presença de pegmatitos no local.

Os pegmatitos cadastrados pelo Projeto Leste (1998) que não foram identificados em imagens de satélites foram descartados das fases seguintes da investigação. A tabela 9 apresenta a situações de identificação visual possíveis e a descrição sucinta da fotointerpretação dos depósitos.

Siglas dos Alvos	Descrição
ID	Pegmatitos claramente identificados
DUV	Pegmatitos identificados com certo grau de dúvida – indícios proximais
CV/DUV	Cobertura Vegetal com presença duvidosa de vestígios mineiros
NID/DUV	Pegmatitos não identificados, mas que apresentaram indícios duvidosos proximais
CV	Cobertura Vegetal predominante
NID	Pegmatitos não identificado e sem indícios de ocorrência de pegmatitos na proximidade

Tabela 8 - Identificação visual dos pegmatitos via imagens de satélites (Google Earth).

A figura 16 apresenta a identificação visual dos pegmatitos do Campo Golconda. Nesse Campo a maioria dos depósitos cadastrados pelo Projeto Leste foram claramente identificados nas imagens do Google Earth Pro, totalizando 17 pegmatitos. 7 registros foram identificados com certo grau de dúvida – indícios proximais e 11 depósitos cadastrados não foram identificados, mas apresentaram indícios duvidosos proximais. Apenas 2 depósitos apresentaram cobertura vegetal predominante e 8 pegmatitos não foram identificados e também não apresentaram indícios de ocorrências nas proximidades. Esses 8 depósitos foram excluídos das fases seguintes da pesquisa.

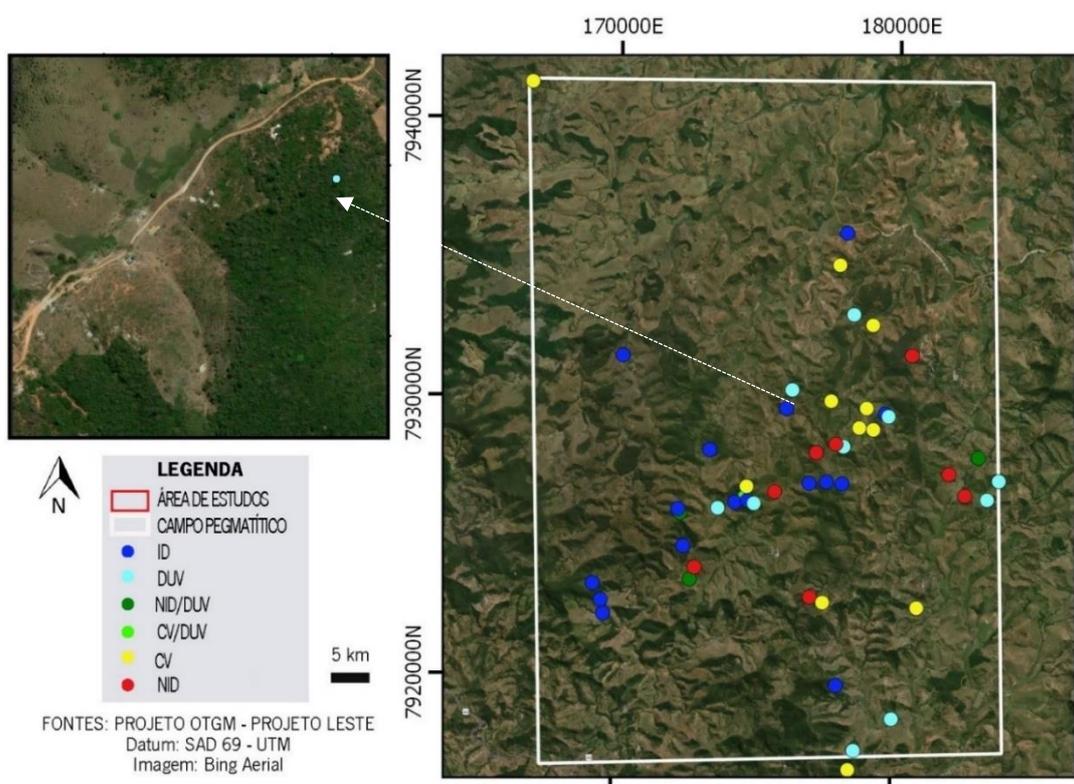


Figura 16 - Identificação visual dos pegmatitos do Campo Golconda.

Dos 555 pegmatitos investigados inicialmente na fase de Prospecção Estratégica, 78 ocorrências estão em Áreas Livres ou Disponíveis pelo DNPM e foram, de alguma maneira, identificadas visualmente em imagens de satélites do Google Earth Pro. Esses 78 pegmatitos receberam o título de Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração (PRIM's) e foram estudados detalhadamente nas fases subsequentes da investigação.

5.2.2.2. Critérios de Classificação

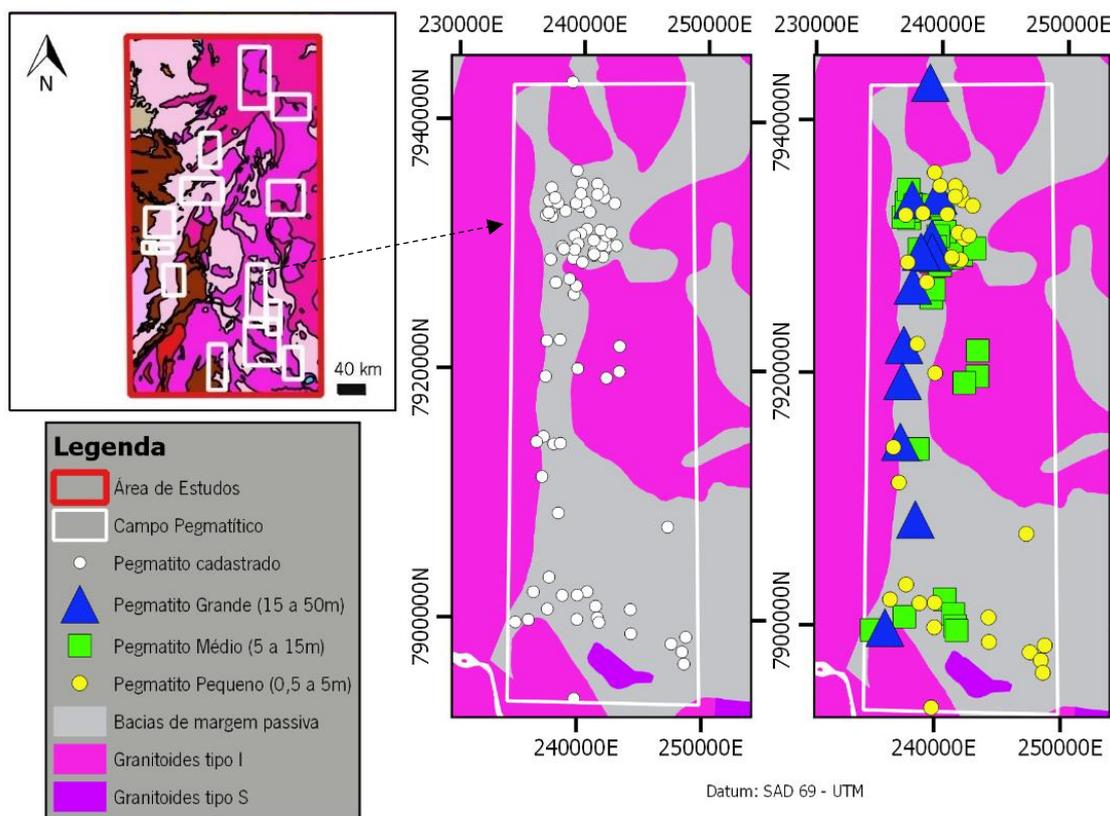
Os 78 Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração foram então avaliados em três atributos:

- i) Tamanho dos Pegmatitos
- ii) Número de minerais associados na Paragênese
- iii) Recursos Minerais de Pegmatitos

Cada atributo foi dividido em classes de acordo com suas características intrínsecas.

i) Tamanho dos Pegmatitos

Os tamanhos dos jazigos pegmatíticos foram representados cartograficamente em cada campo e foram classificados, de acordo com as dimensões das espessuras dos depósitos, em: Muito Grande (superior a 50 metros), Grande (de 15 a 50 metros), Médio (5 a 15 metros), Pequeno (0,5 a 5 metros) e Muito Pequeno (inferior a 0.5 metros). A Figura 17 apresenta o Campo pegmatítico Galiléia – Mendes Pimentel do Distrito Conselheiro Pena e os tamanhos dos jazimentos cartografados.



FONTES: PROJETO OTGM - PROJETO LESTE

Figura 17 – Cartografia dos depósitos pegmatíticos do campo Galiléia – Mendez Pimentel em relação ao tamanho dos pegmatitos.

O Campo Galiléia- Mendez Pimentel é composto em sua maioria, por pegmatitos de pequeno porte, como espessura média de 0.5 a 5 metros. Os pegmatitos de médio porte (5 a 15 metros de espessura) também compõem os depósitos desse campo e estão, a grosso modo, distribuídos nas porções sul, centro e norte da área. Já os pegmatitos Grandes (15 a 50 metros de espessura), parecem obedecer uma direção preferencial de alojamento no sentido N-S na porção oeste do campo. Estes depósitos de maior porte estão estritamente encaixados em rochas metassedimentares do Grupo Rio Doce, que representam litofácies de Bacia de margem passiva.

ii) Número de minerais associados na Paragênese

O Relatório Leste (1998) descreveu a associação mineralógica de cada pegmatito catalogado. A quantidade de minerais presentes em cada depósito foi considerada com o intuito de delimitar regiões com maior propensão a ocorrência de pegmatitos complexos, do ponto de vista mineralógico.

A contagem numérica desses minerais foi considerada para a criação de mapas previsionais geoestatísticos que permitiram identificar as zonas dentro dos campos em que a variabilidade numérica de minerais é maior.

Os mapas geoestatísticos, gerados em duas e três dimensões (2D e 3D) foram elaborados com auxílio do *software GS+*. Os procedimentos geoestatísticos aplicados para a construção desses mapas estão descritos em detalhe no Apêndice I. As figuras 18 e 19 ilustram a variabilidade do número de minerais dos pegmatitos do Campo Padre Paraíso- Catugi.

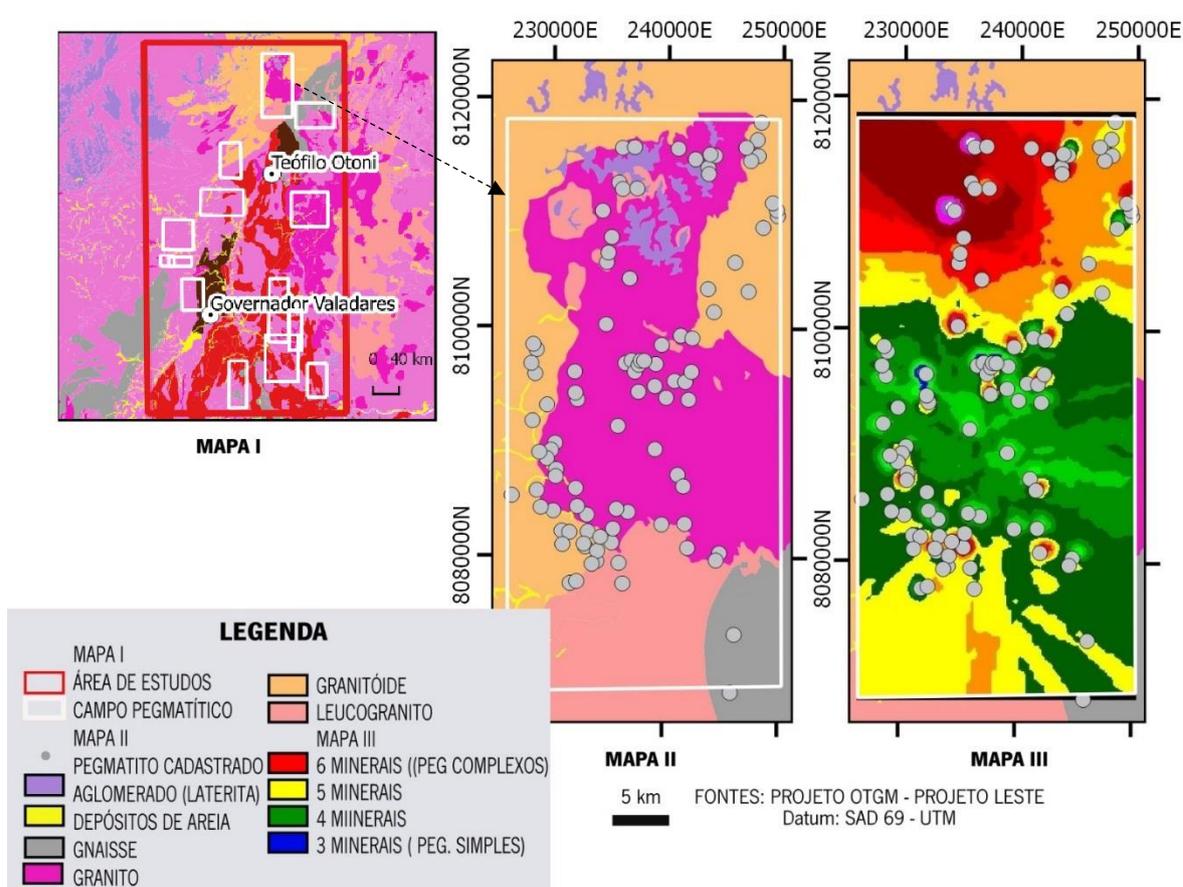


Figura 18 - Geoestatística (mapa 2D) dos pegmatitos do Campo Padre Paraíso- Catugi em relação ao número de minerais da paragênese.

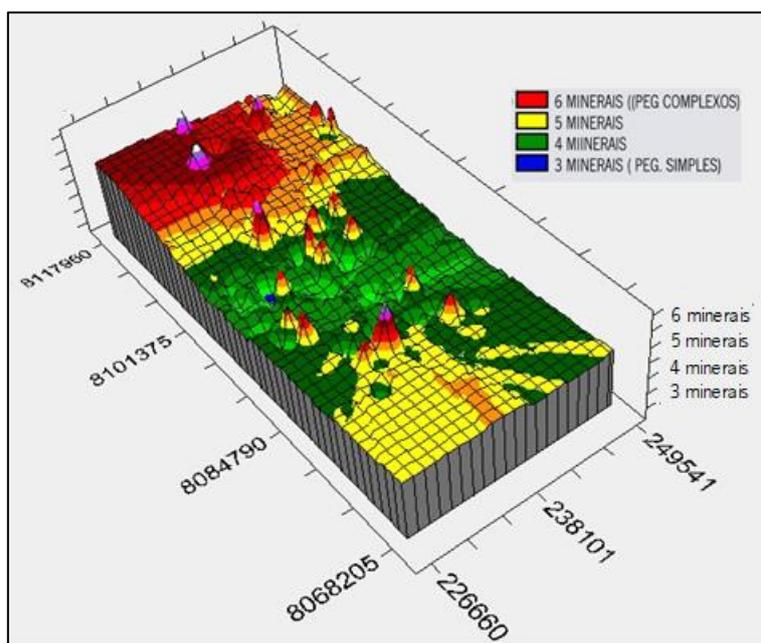


Figura 19 - Geoestatística dos pegmatitos do Campo Padre Paraíso- Catugi quanto ao número de minerais da paragénese (Modelo 3D).

A análise geoestatística dos pegmatitos do Campo Padre Paraíso- Catugi permitiu compreender que os pegmatitos com maior variedade de minerais (6 minerais) concentram-se mais, a norte da área, enquanto a porção SW contém propensão à ocorrência de pegmatitos com 5 minerais e a porção central do Campo tende a acolher os pegmatitos menos diferenciados, com 4 minerais, e alguns poucos depósitos com apenas 3 minerais.

Os mapas geoestatísticos contribuíram para interpretação dos depósitos com relação a variedade mineralógica dos pegmatitos e seus graus de complexidade. Assim a pesquisa mineral pôde ser direcionada para regiões que atendiam ao interesse da investigação.

Cada campo apresentou características distintas, quanto ao número de minerais nas paragéneses e quanto a distribuição das ocorrências. Num geral, a variedade mineralógica dos pegmatitos envolveu associações que agregavam de 3 a 21 minerais. O Campo Serra do Cruzeiro é onde estão os pegmatitos com maior variedade de espécies minerais (até 21 minerais na paragénese), enquanto os Campos Ataleia e Alvarenga- Itanhomi apresentaram a menor variedade mineralógica, com associações paragenéticas contendo de 3 a 5 minerais.

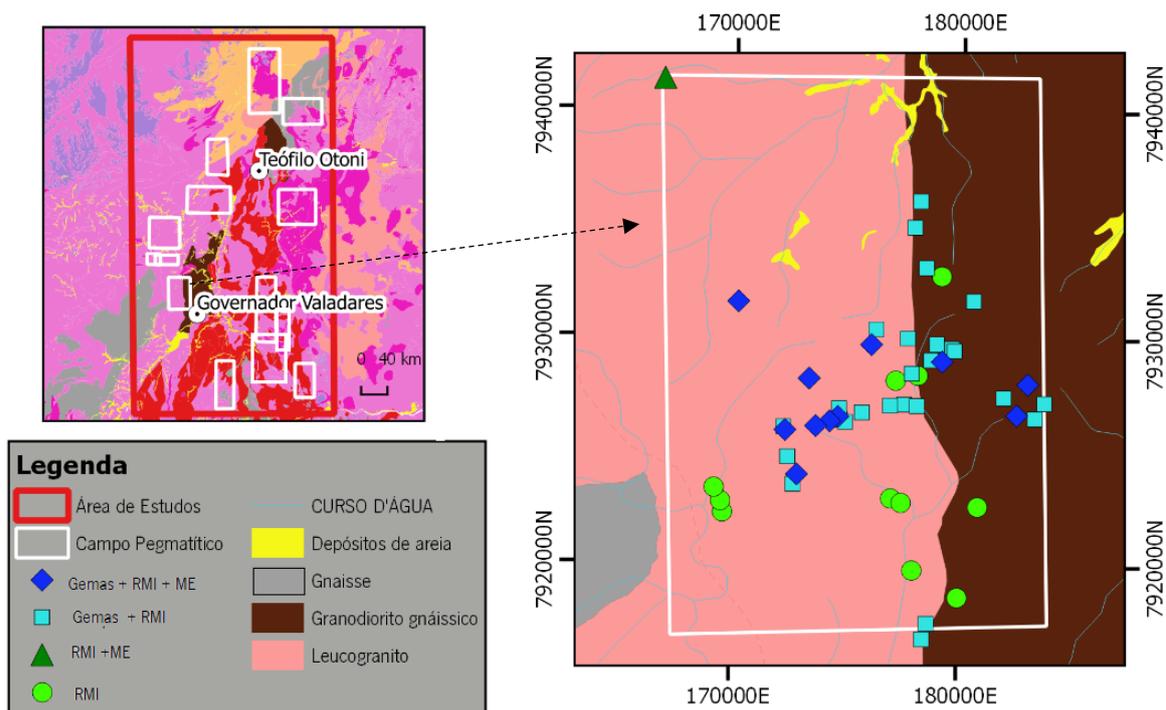
iii) Recursos Minerais de Pegmatitos

Os recursos minerais de cada depósito foram representados cartograficamente em três classes e estão detalhados na tabela 10. Em alguns casos, o mesmo depósito apresentou mais de uma classe de recursos com aproveitamento econômico, em outras situações alguns pegmatitos têm vocação exclusiva para um tipo de recurso.

Gemas e Amostras de Coleção	Minerais Industriais	Metais Estratégicos
Alexandrita, ametista, Água Marinha, Amazonita, Brazilianita, Crisoberilo, Cristal de rocha, Cordierita, Diopsídio, Childrenita, Esmeralda, Granada, Goshenita, Kunzita, Morganita, Quartzo Morion, Safira, Topázio, Turmalinas	Albita, Berilo, Caulim, Feldspato, Mica, Quartzo, Quartzo hialino, Quartzo leitoso, Quartzo rosa	(Nb-Ta) Columbita-Tantalita; (Li) Amblygonita, Espodumênio

Tabela 9 – Classes de recursos minerais com aproveitamento econômico.

A figura 20 apresenta a cartografia dos recursos minerais com aproveitamento econômico do Campo Pegmatítico Golconda. A observação do mapa permite afirmar que a maior parte das ocorrências desse campo produzem simultaneamente, minerais industriais e gemas. Não obstante, uma parte considerável dos depósitos produz as três classes de recursos. Apenas uma ocorrência tem produção de minerais industriais e metais estratégicos associados, enquanto pelo menos uma dezena de depósitos fornecem exclusivamente minerais industriais.



Datum: SAD 69 - UTM

FONTES: PROJETO OTGM - PROJETO LESTE

Figura 20 - Recursos minerais com aproveitamento econômico do Campo Pegmatítico Golconda.

5.2.2.3. Ranking dos Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração

Os critérios de classificação, descritos na fase anterior dessa pesquisa, foram avaliados de modo que cada atributo recebeu um valor numérico (pontuação), associado às condições de favorabilidade do depósito à exploração mineira. Os graus de favorabilidade variam entre ótima, muito boa, boa, mediana, ruim e péssima. A esses graus, foram relacionadas as características de cada critério já descrito. A tabela 11 apresenta os graus de favorabilidade, as pontuações atribuídas a cada grau, as fases dos processos do DNPM, a situação de identificação visual dos depósitos, o tamanho dos jazigos, o número de minerais da paragênese de cada pegmatito e os recursos minerais econômicos extraídos em cada depósito.

Os 78 Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração (PRIM's) foram avaliados e cada critério recebeu uma nota (pontuação) de acordo com o grau de favorabilidade dos atributos.

Tabela 10- Graus de favorabilidade

O somatório da pontuação obtida em cada atributo deu origem a pontuação final de cada pegmatito. Os PRIM's foram ordenados em ordem decrescente num ranking, em que os depósitos com maior pontuação de favorabilidade ocupam as primeiras posições.

Favorabilidade	Pontuação	Fase do Processo no DNPM	Identificação visual (Google Earth)	Tamanho dos Pegmatitos	Nº Minerais	Recursos Minerais
Ótima	5	Área Livre	ID	Muito grande	19 a 21 minerais	Gemas + RMI + ME
Muito boa	4	Disponibilidade	DUV	Grande	15 a 18 minerais	Gemas + RMI; Gemas + ME
Boa	3	Concessão de Lavra	CV/DUV	Médio	11 a 14 minerais	RMI + ME
Mediana	2	Requerimento de Lavra	NID/DUV	Pequeno	7 a 10 minerais	Gemas; RMI; ME
Ruim	1	Requerimento/Autorização de Pesquisa	CV	Muito pequeno	3 a 6 minerais	-
Péssima	0	Requerimento /Lavra Garimpeira	NID	-	-	-

Os pegmatitos cadastrados pelo Projeto Leste (1998) receberam então um novo nome de identificação nessa fase da pesquisa e foram renomeados com a sigla PRIM acrescidos da posição de classificação do depósito no Ranking (exemplo: Proberil = PRIM-09). A tabela 12 apresenta os 20 pegmatitos, melhor classificados no ranking de PRIM's, e os restantes dos depósitos classificados podem ser verificados no apêndice II.

PRIM's			DNPM	GOOGLE EARTH	RELATÓRIO LESTE			
Nome	Colocação	Média Final	Fase do Processo	Identificação dos Alvos	Tamanho do Corpo	Nº Minerais	Recursos Minerais	Campo pgmt
PRIM-01	1ª	20	Área livre	CV/DUV	médio	15 a 18	Gema + RMI + ME	Serra do Cruzeiro

PRIM-02	2º	18	Área livre	CV/DUV	médio	11 a 14	Gema + RMI; Gema + ME	Serra do Cruzeiro
PRIM-03	3º	18	Área livre	ID	pequeno	7 a 10	Gema + RMI; Gema + ME	Poté_Ladainha
PRIM-04	4º	18	Área livre	DUV	grande	3 a 6	Gema + RMI; Gema + ME	Galileia_Mendes Pimentel
PRIM-05	5º	17	Área livre	DUV	pequeno	3 a 6	Gema + RMI + ME	Padre Paraíso_Catugi
PRIM-06	6º	17	Disponível	ID	grande	7 a 10	Gemas; RMI; ME	Golconda
PRIM-07	7º	17	Área livre	DUV	pequeno	3 a 6	Gema + RMI + ME	Ataleia Fidelândia
PRIM-08	8º	17	Área livre	ID	médio	3 a 6	Gemas; RMI; ME	Galileia_Mendes Pimentel
PRIM-09	9º	17	Área livre	ID	médio	3 a 6	Gemas; RMI; ME	Galileia_Mendes Pimentel
PRIM-10	10º	17	Área livre	ID	médio	3 a 6	Gemas; RMI; ME	Galileia_Mendes Pimentel
PRIM-11	11º	17	Área livre	ID	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; ME	Galileia_Mendes Pimentel
PRIM-12	12º	16	Área livre	CV/DUV	médio	11 a 14	Gemas; RMI; ME	Serra do Cruzeiro
PRIM-13	13º	16	Área livre	DUV	pequeno	3 a 6	Gema + RMI; Gema + ME	Novo Oriente
PRIM-14	14º	16	Disponível	CV	médio	11 a 14	Gema + RMI + ME	Santa Rosa
PRIM-15	15º	16	Disponível	CV	grande	7 a 10	Gema + RMI + ME	Marilac
PRIM-16	16º	16	Área livre	DUV	pequeno	3 a 6	Gema + RMI; Gema + ME	Itatiaia-Barra do Cuieté
PRIM-17	17º	16	Área livre	DUV	pequeno	3 a 6	Gema + RMI; Gema + ME	A9 Itatiaia-Barra do Cuieté
PRIM-18	18º	16	Disponível	ID	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; ME	Galileia_Mendes Pimentel
PRIM-19	19º	15	Disponível	ID	pequeno	7 a 10	Gemas; RMI; ME	Santa Rosa
PRIM-20	20º	15	Área livre	CV/DUV	pequeno	11 a 14	Gemas; RMI; ME	Serra do Cruzeiro

Tabela 11 – Ranking dos Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração.

Dos 78 pegmatitos do Ranking, 25 pertencem ao Distrito São José da Safira, 23 estão inseridos no Distrito Conselheiro Pena, 20 pertencem ao Distrito Padre Paraíso e 10 PRIM's pertencem ao Distrito Ataléia. O ranking permitiu identificar que 27 pegmatitos são de porte muito pequeno, 36 são de pequeno porte, 14 são de médio porte e apenas 1 depósito é de grande porte.

Do total de Pegmatitos com Relevante Interesse para a Mineração, 9 depósitos apresentam aproveitamento econômico das três classes em conjunto (gemas + minerais industriais + metais estratégicos), 16 apresentam aproveitamento econômico de duas classes de recursos (gemas + minerais industriais, gemas + metais estratégicos ou minerais industriais + metais estratégicos), e os

53 pegmatitos restantes, produzem apenas uma das três classes de recursos, ou produzem exclusivamente gemas, exclusivamente minerais industriais ou exclusivamente metais estratégicos. A figura 21 apresenta a localização dos PRIM's na área de estudos.

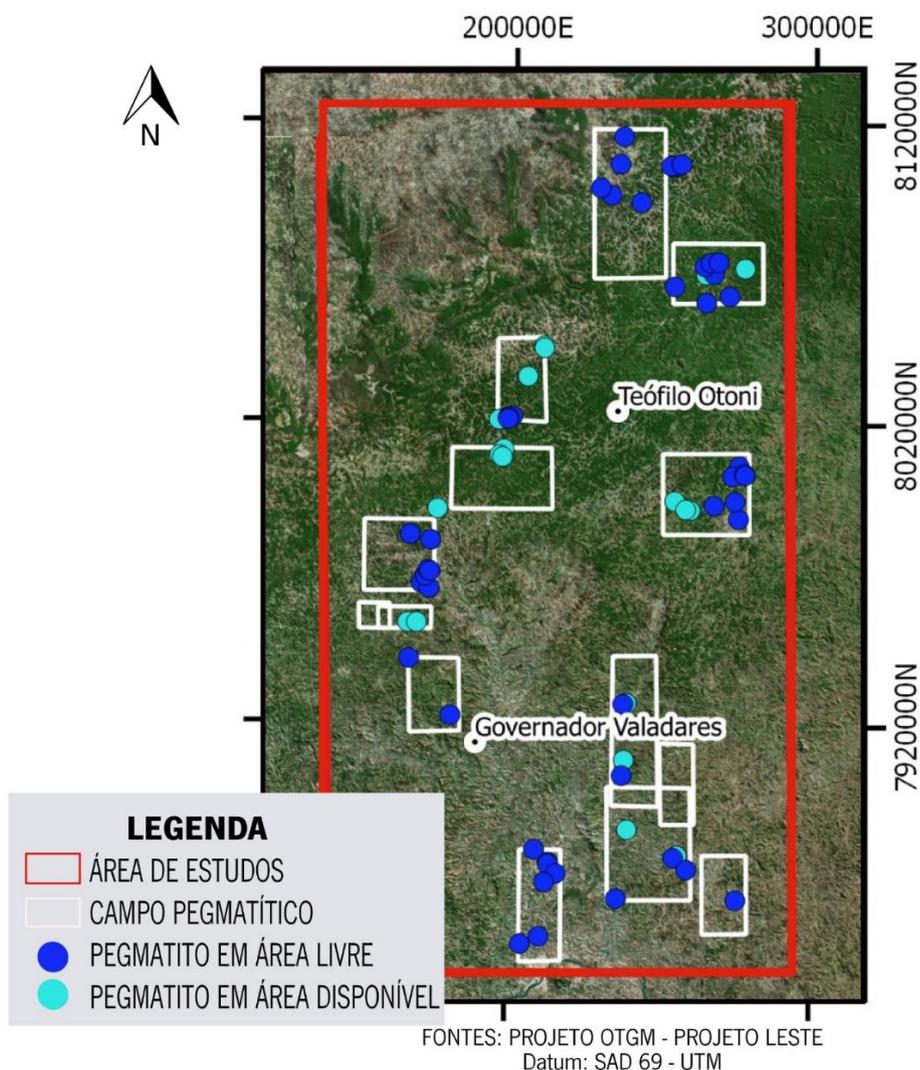


Figura 21 – Localização dos Pegmatitos com Relevante Interesse para Mineração.

5.2.2. Seleção de Alvos com Imagens de Satélite (Google Earth Pro)

Com base nos resultados do Ranking de PRIM's foram realizadas análises distanciadas através de imagens de satélites (Google Earth Pro) nas proximidades dos pegmatitos com intuito de dar base à etapa seguinte, de reconhecimento de campo e avaliação de Reservas.

5.2.2.1. Interpretação Geológica de Imagens

Alguns alvos foram pré-selecionados a partir de interpretações de imagens de satélites, e proporcionaram uma visão prévia do comportamento das Litologias, Geologia Estrutural e outras questões associadas ao trabalho de campo. A figura 22 apresenta a foto-interpretação da zona de ocorrência do depósito PRIM-06.

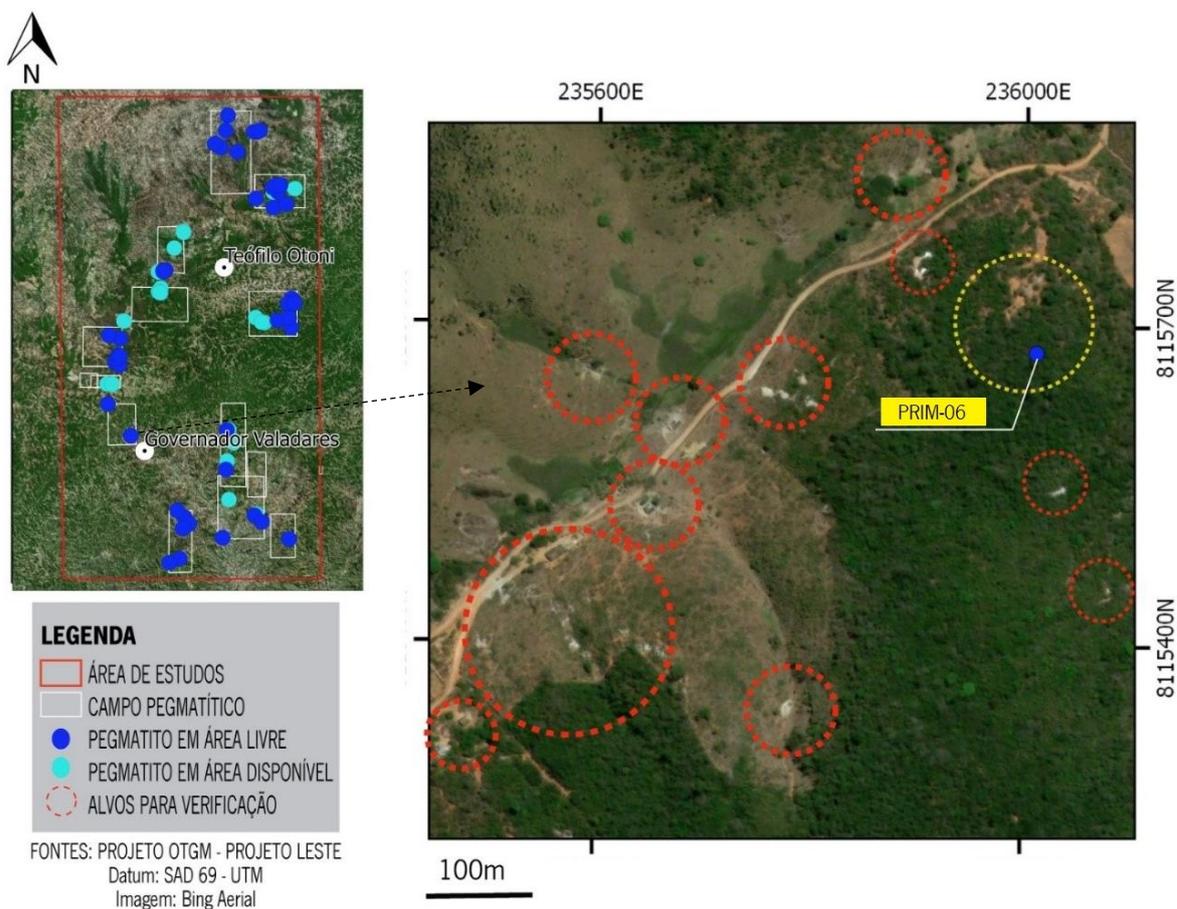


Figura 22 – Fotointerpretação da zona de ocorrência do PRIM-06

Assim, os alvos pré-selecionados para posterior verificação em campo auxiliaram no entendimento da área com maior rapidez e menor custo. Proporcionaram também a confecção de mapas fotogeológicos e de zonas homólogas que foram muito importantes tanto no planejamento da etapa de campo, como na execução destes.

5.3. Prospecção Pontual

Os Pegmatitos foram avaliados em campo com o intuito de descobrir novas reservas. As ocorrências foram verificadas nos quatro Distritos Pegmatíticos e seus respectivos Campos, através de 14 campanhas de levantamento geológico de campo que possibilitaram compreender o controle das mineralizações por meio da caracterização mineralógica e estrutural dos depósitos. Os pegmatitos foram cartografados no terreno através de levantamentos expeditos em superfície e de mapeamento de galerias subterrâneas, abundantes nas regiões de pesquisa.

Foram realizados diferentes serviços mineiros que permitiram a abordagem direta do corpo de minério em profundidade para estudo de avaliação de reservas. As técnicas prospectivas aplicadas incluíram a abertura de novas galerias, cavas mineiras, poços, raspagens de solos e geofísica de subsuperfície através do método de radar eletro-magnético (*Ground Penetrating Radar – GPR*).

O conjunto de técnicas prospectivas aplicadas aos depósitos possibilitaram a definição de blocos de reservas de recursos minerais com aproveitamento econômico e incluiu reservas de minerais industriais, metais estratégicos e gemas.

5.3.1. Intercetação dos alvos

Os alvos pré-selecionados para verificação em campo foram intercetados no terreno. As ocorrências foram identificadas e os indícios observados em imagens de satélites foram caracterizados no campo. As minas e garimpos foram visitadas e criteriosamente avaliadas no âmbito do aproveitamento integral dos recursos minerais de pegmatitos. O estudo permitiu indicar a presença de reservas não exploradas e a avaliar o potencial para produção mineira dos diferentes recursos: gemas, minerais industriais e metais estratégicos.

A figura 23 mostra os alvos pré-selecionados para verificação da antiga mina Proberil (Projeto Leste, 1998). Foram verificados indícios foto-interpretados no Google Earth Pro, que confirmaram a presença de outros depósitos pegmatíticos próximos a área já explorada.

Nas imagens de satélite foi possível observar indícios de leuco afloramentos pegmatíticos. As rochas encaixantes, xistos da formação São Tomé, apresentaram coloração escura com foliação metamórfica perceptível, os solos associados aos xistos apresentaram coloração alaranjada (*latossolos*), e os solos associados aos depósitos pegmatíticos apresentaram coloração esbranquiçada devido a caulinização dos feldspatos presentes na composição do depósito.

Os alvos verificados revelaram afloramentos de rocha pegmatítica, e minerais satélites na prospecção pontual.

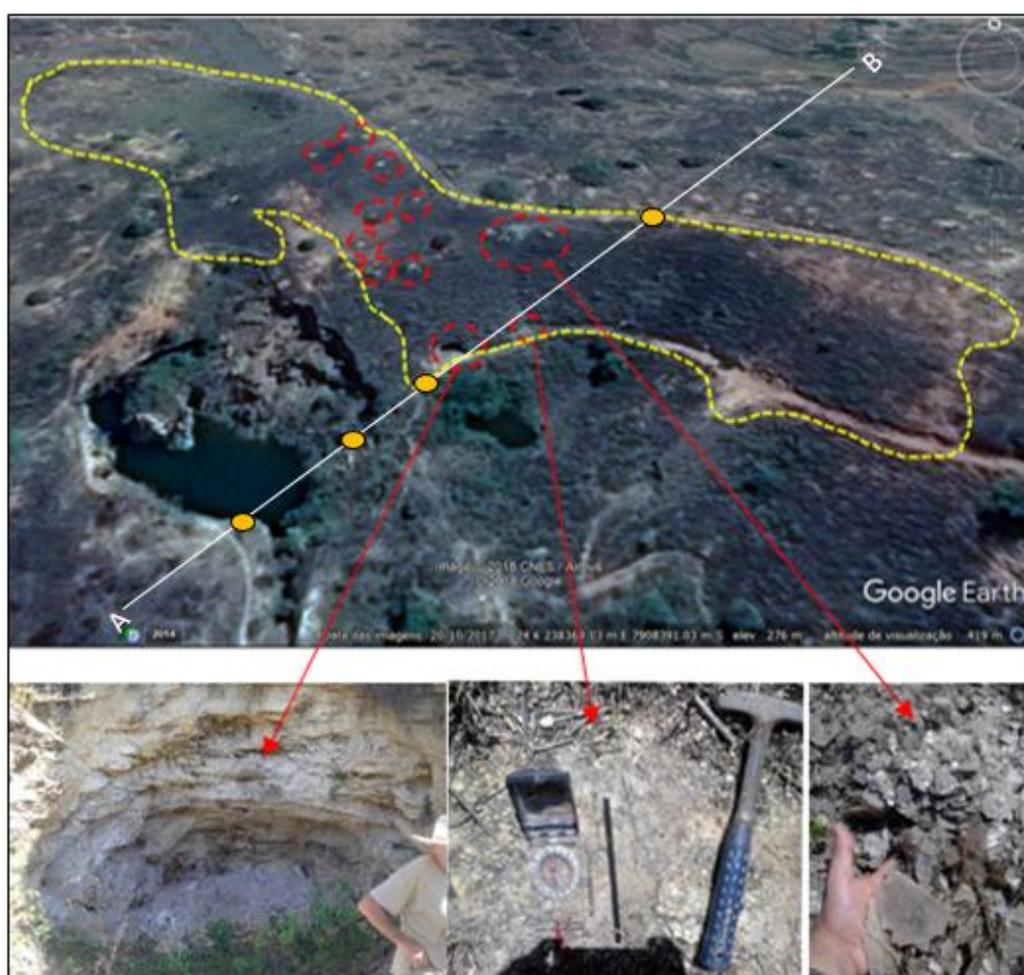


Figura 23– Alvos verificados próximos ao PRIM-09 (Proberil)

Um corte de talude à beira da estrada da antiga mina, revela um corpo pegmatítico com pelo menos 25 metros de espessura, confirmados em pontos de afloramento, cotados em altitudes de 250, 260, 265 e 275 metros de elevação, em relação ao nível médio do mar. A figura 24 mostra o perfil topográfico dos depósitos verificados em campo.

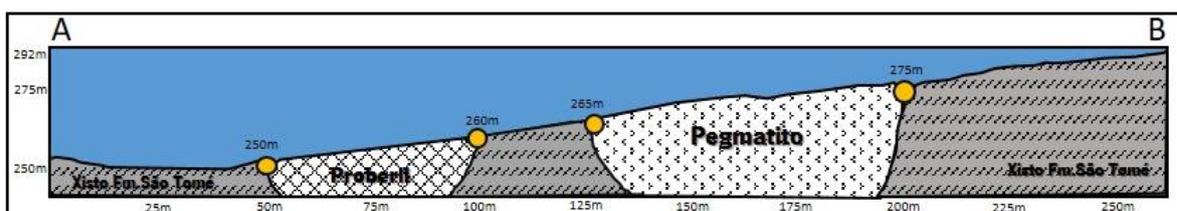


Figura 24 – Perfil geológico do PRIM-09.

5.3.2. Controle das Mineralizações

A gênese dos depósitos foi caracterizada através da análise de parâmetros geológicos de controle das mineralizações. A mineralogia e zoneamento das zonas pegmatíticas foram descritas e cartografadas juntamente com as estruturas e morfologias de cada depósito.

a) Mineralogia e Zoneamento

A paragênese mineral e as características das zonas pegmatíticas foram documentadas em croquis e esquemas geológicos de caracterização de jazigos. A figura 25 mostra um croqui geológico da antiga mina Proberil. O modelo conceitual construído permitiu extrapolar as características da jazida a depósitos não explorados localizados muito próximos a área da mina.

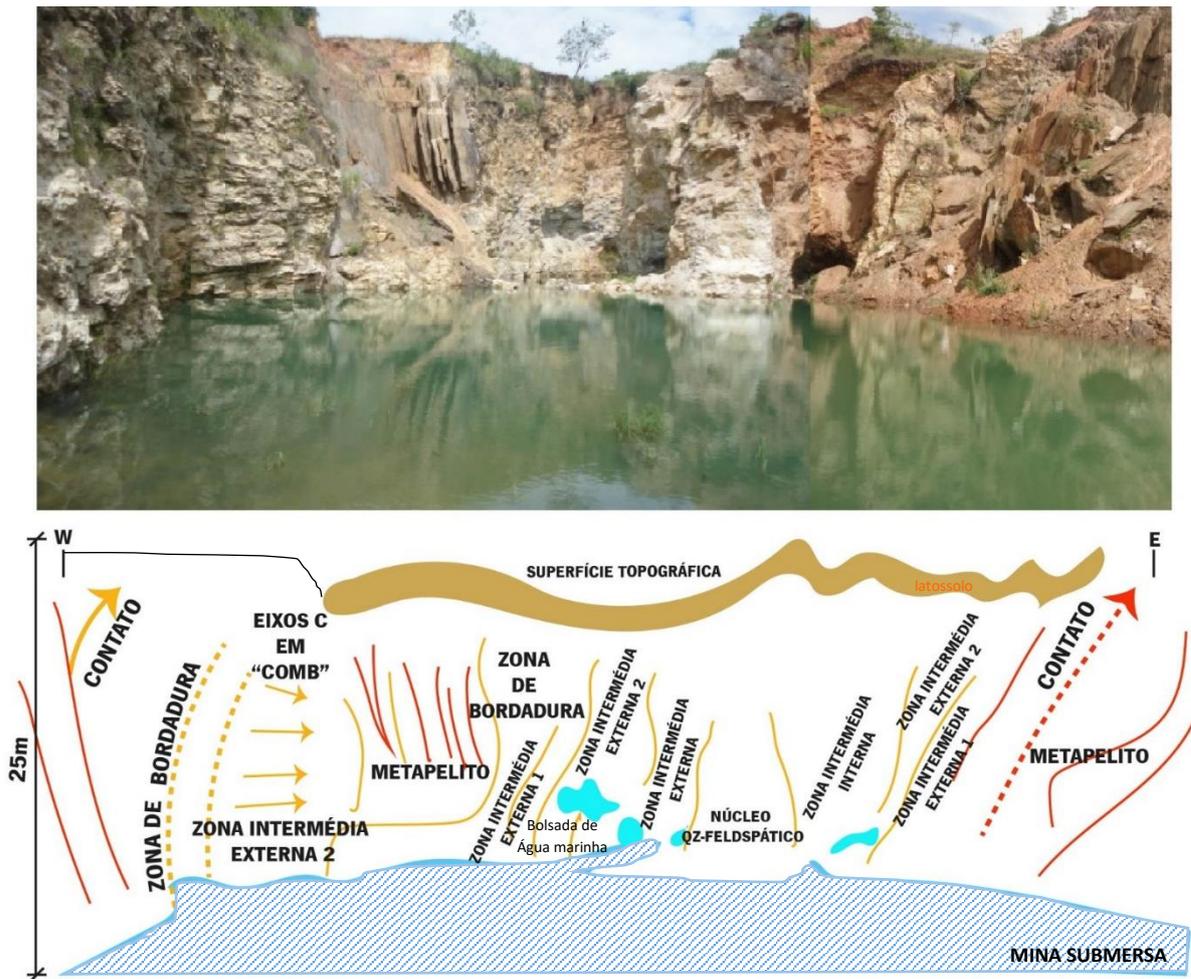


Figura 25 – Croqui esquemático do PRIM-09

b) Controle Estrutural dos Depósitos

Os pegmatitos foram caracterizados quanto a estrutura e morfologia dos depósitos. As ocorrências estavam encaixadas em rochas metassedimentares, xistos em geral, ou em granitos proximais. A morfologia dos depósitos é variada, ocorrendo desde filões horizontalizados a filões verticalizados, até depósitos lenticulares ou em bolsadas do tipo *stockwerke*. A figura 26 ilustra algumas das morfologias dos pegmatitos investigados e das rochas encaixantes encontradas em campo, utilizadas para controle estrutural dos jazigos.



Figura 26 – Exemplo das morfologias dos depósitos de pegmatitos investigados.

Os depósitos investigados, de modo geral, estavam submetidos, do ponto de vista estrutural, aos ambientes tectônicos e os setores transpressivos e dilatacionais da faixa móvel Araçuaí, relacionados

à Orogenia Brasileira e suas fases de granitogênese Cambriana a neoproterozoica (600 Ma – 530 Ma).

c) Cartografia Geológica de Detalhe

Foi realizado o registro gráfico dos PRIM's, através de mapas, perfis, croquis, desenhos esquemáticos, blocos diagramas, fotografias, inclusive fotografias auxiliadas por interpretação, etc. Os mapas foram confeccionados ainda no campo, o mais próximo possível de sua versão final pós processados em softwares de computação gráfica. A figura 27 apresenta a planta de situação dos depósitos associados ao PRIM-09 (Proberil).

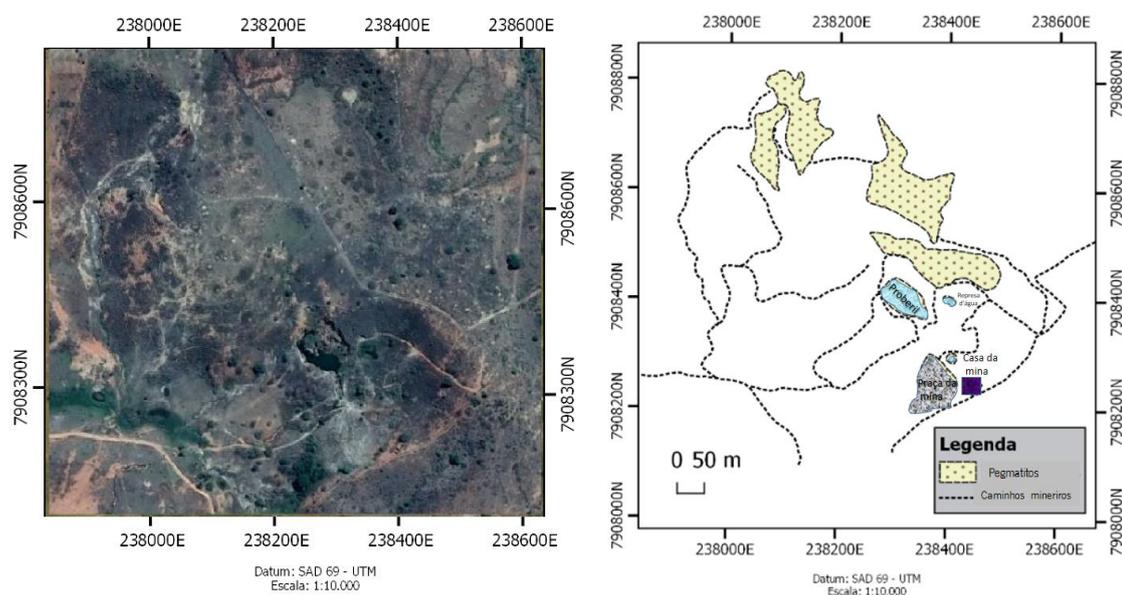


Figura 27 – Planta de situação do PRIM-09 (Proberil)

Foi realizada a cartografia das reservas aflorantes ou em subsuperfície, acessadas através de aberturas subterrâneas de galerias, visando o desenvolvimento de um Bloco de Reserva e/ou a Pesquisa Mineral em profundidade através da abordagem direta dos depósitos.

As galerias, de um modo geral, são acessos subterrâneos horizontalizados, com um pequeno ângulo de inclinação ascendente em direção à frente de lavra. Essa inclinação variava desde 1° até no máximo 5°, com o objetivo de fazer escoar as águas para fora das galerias.

Outros acessos subterrâneos verticalizados, denominados de '*Shafts*', também foram verificados em algumas minas. A figura 28 apresenta a cartografia de detalhe de um conjunto de galerias instaladas próximas ao PRIM-11, e a figura 29 mostra alguns exemplos de acessos subterrâneos que foram cartografados nos diferentes Distritos Pegmatíticos.

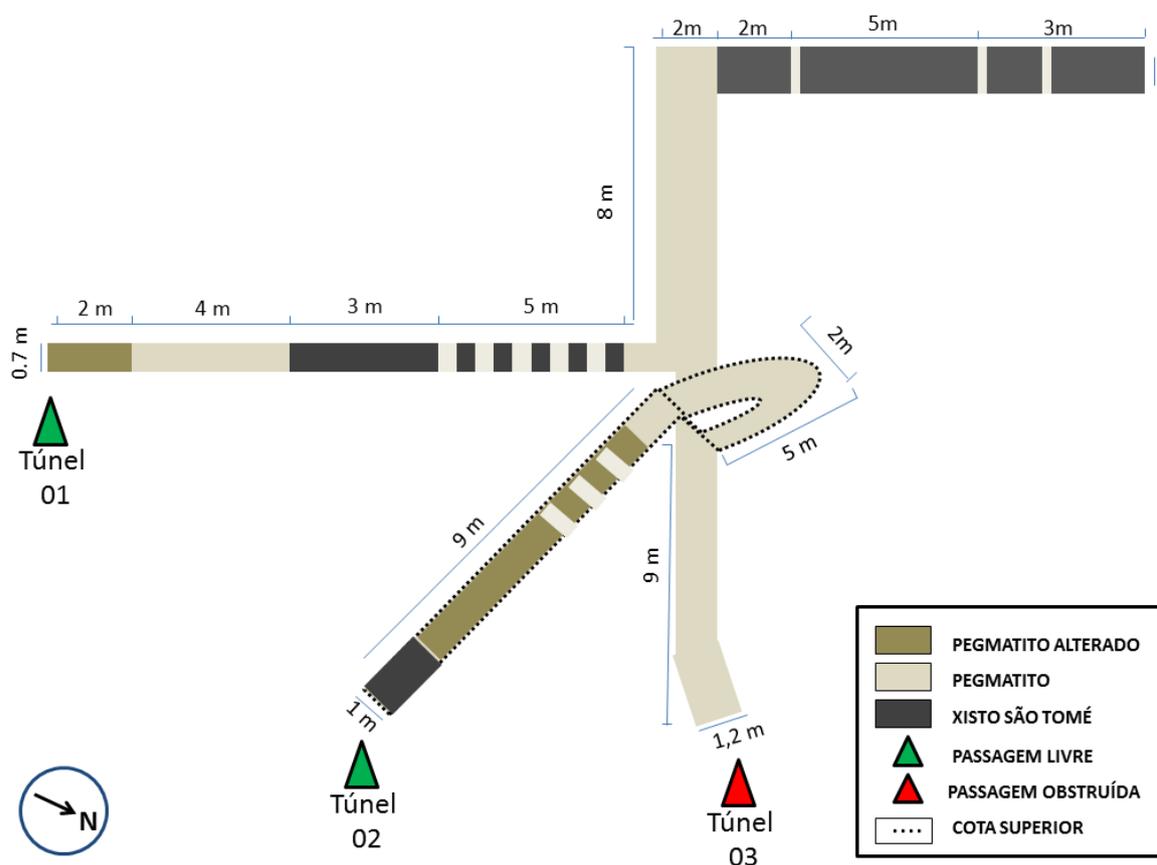


Figura 29 – Exemplos de acessos subterrâneos cartografados pela pesquisa.

A cartografia subterrânea, das galerias, visou medir os avanços e atualizar mapas e reservas. Na fase de desenvolvimento os piquetes, devidamente identificados, foram instalados no chão das

galerias e os caminhamentos foram feitos observando ou o alcance da visada ou uma equidistância previamente definida (desde que no limite da visada).

Os métodos de mapeamento geológico consideraram o mapeamento da parede, do teto, da frente da galeria ou do rebatimento conjunto das paredes e do teto. A cartografia do teto foi escolhida nos casos em que a estrutura do depósito era verticalizada, enquanto o detalhamento das paredes das galerias, foi escolhido para o caso de estrutura horizontalizada. O método do rebatimento conjunto das paredes e do teto buscou proporcionar uma visão tridimensional dos jazigos.

d) Recursos Minerais Econômicos

As fases anteriores da pesquisa conduziram a identificação de recursos minerais com aproveitamento econômico potencial nos depósitos pegmatíticos. Os pegmatitos cartografados revelaram indícios de reservas de Gemas, Minerais industriais e Metais estratégicos.

i. Gemas

Dentre as diversas gemas existentes nos pegmatitos do Leste de MG, as variedades de berilo (água marinha, morganita e esmeralda), e as turmalinas coloridas (rosa, azul, verde, vermelha e 'melancia'), têm destaque especial nos distritos pegmatíticos. Além dessas, outras gemas foram identificadas nas expedições de campo, como alexandrita e brasilianita.

O Distrito Padre Paraíso tem destaque na produção de água marinha e topázio, além de ser o único distrito investigado a produzir alexandrita. As turmalinas coloridas e bicolores ocorrem com grande destaque nos distritos São José da Safira e Conselheiro Pena, que também produzem algumas variedades de berilo. A ocorrência de brasilianita está restrita a alguns poucos depósitos pegmatíticos do Campo Galileia-Mendes Pimentel. A figura 30 apresenta algumas gemas coletadas no terreno, dos diferentes campos Pegmatíticos.

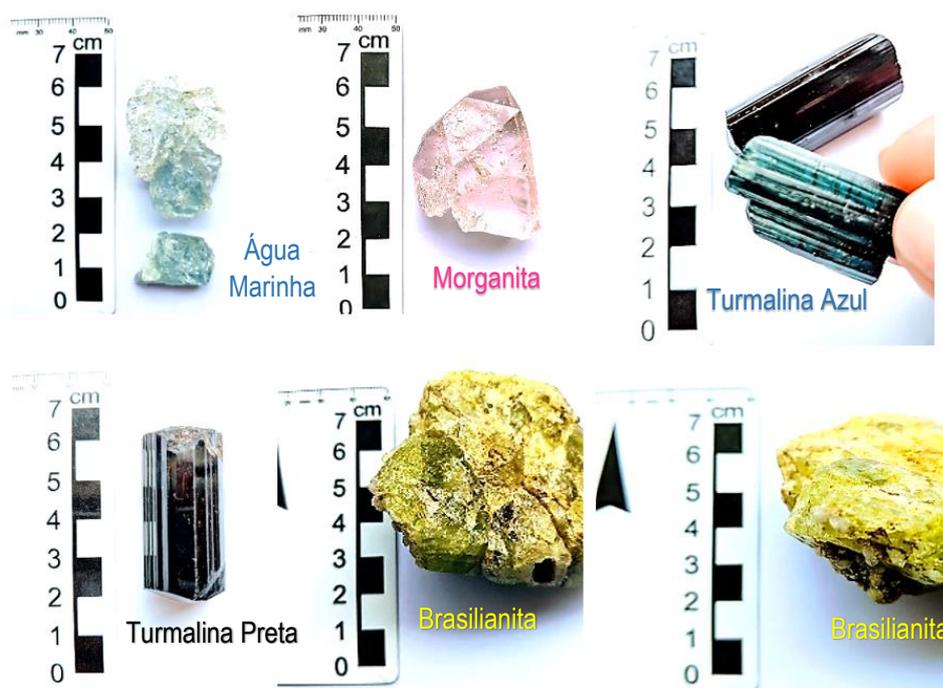


Figura 30 – Amostras de gemas coletadas em campo.

Durante as campanhas de investigação, algumas lavras ativas produziram gemas. A figura 31 mostra a produção de turmalina melancia de um dos pegmatitos do Campo Santa Rosa e a produção de alexandrita, do Campo Padre Paraíso- Catugi.

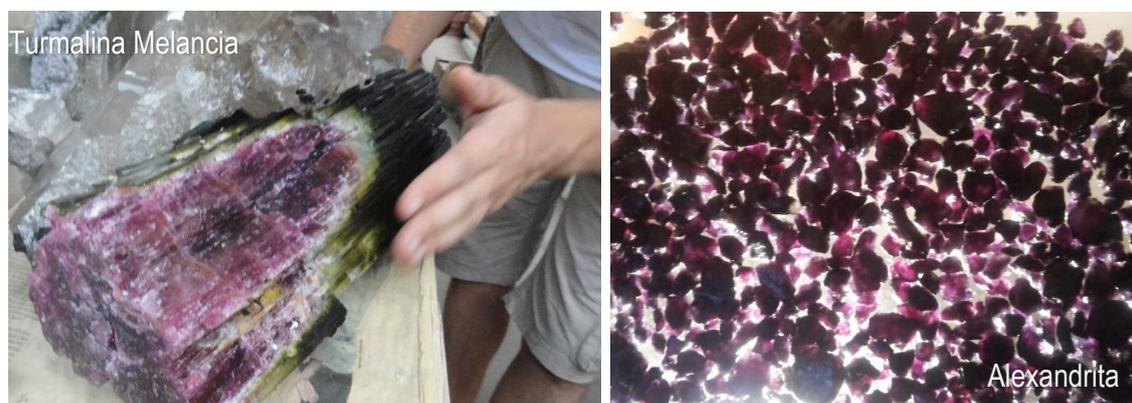


Figura 31 – Turmalina melancia, Campo pegmatítico Santa Rosa e Alexandritas, Campo Padre Paraíso – Catugi.

ii. Minerais Industriais:

Os depósitos verificados apresentaram potencial para aproveitamento de minerais industriais de diferentes tipos. Os feldspatos cerâmicos, micas, berilo e quartzo industrial são as principais fontes de recursos industriais nos diferentes Distritos. Os jazigos foram caracterizados e descritos de acordo

com a qualidade e variedade de produtos pétreos industriais presentes nos depósitos. A figura 32 apresenta amostras dos depósitos feldspáticos encontrados em campo.



Figura 32 – Amostras de depósitos feldspáticos

As micas também foram caracterizadas e amostradas nos diferentes depósitos. Dentre a variedade de micas, muscovitas e as biotitas (mica rubi) têm destaque maior como produtos minerais. A figura 33 apresenta algumas amostras de micas encontradas nos depósitos investigados.



Figura 33 – Micas diversas, coletadas em campanhas de prospecção de pegmatitos no Leste –MG.

Além dos feldspatos e micas o berilo e o quartzo também apresentaram potencial para aproveitamento integral dos depósitos pegmatíticos em diversos campos dos distritos investigados e merecem uma atenção especial na valorização integral de projetos de exploração mineira.

iii. Metais Estratégicos

Os recursos minerais de metais estratégicos, nomeadamente Nióbio, Tântalo e Lítio raramente aparecem como produto principal, mas devido ao elevado valor agregado, em alguns casos representaram um incremento importante na valorização económica dos depósitos.

A Columbita e a Tantalita são os minerais que encerram os elementos Nióbio e Tântalo na natureza, ocorrem associados e distinguem-se principalmente pelo peso específico (Nb 8,57 e Ta 16,6). Apenas alguns campos pegmatíticos dos Distritos São José da Safira e Conselheiro Pena possuem pegmatitos que contêm esses minerais.

Os principais minerais de Lítio presentes nos pegmatitos cartografados foram espodumênio e amblygonita. Em alguns jazigos ocorrem lepidolita e petalita nas paragêneses, porém sem expressão para aproveitamento mineral. A figura 34 mostra gigacristais de espodumênio de alguns depósitos investigados.



Figura 34 – Gigacristais de espodumênio amostrados em campo.

Em algumas zonas pegmatíticas o espodumênio era abundante, com quantidades relevantes para o aproveitamento econômico do minério. As amostras coletadas foram encaminhadas para análise no Laboratório de Difração de Raio-X, do Departamento de Ciências da Terra da Universidade do Minho, mas até a data desta publicação não foi possível a entrega dos resultados por questões administrativas. De qualquer forma a amostragem dos depósitos visou caracterizar os minerais na tentativa de quantificar o teor de lítio presente nos pegmatitos.

5.3.3. Serviços Mineiros

Os Serviços Mineiros na Pesquisa Mineral visaram a abordagem direta do corpo de minério em profundidade para estudo de avaliação, incluindo, entre outros, abertura de galerias, cavas mineiras, raspagem de solos, instalação de poços de pesquisa e geofísica terrestre de subsuperfície (GPR). O objetivo principal foi acessar diretamente as mineralizações.

Os objetivos secundários foram: determinar a relação entre estéril e minério, definir de modo mais apurado a geometria dos depósitos, espessura lavrável de minério, recuperação da lavra, método de lavra mais adequado, cálculo (cubagem) de reservas e a viabilidade técnica e econômica do jazigo mineral. A figura 35 apresenta alguns exemplos de serviços mineiros executados nos pegmatitos investigados.



Figura 35 – Serviços mineiros de abordagem direta dos depósitos.

Além dos serviços mineiros tradicionais, foram aplicados levantamentos geofísicos de subsuperfície visando identificar massas pegmatíticas em pequenas profundidades através do Georadar *GSSI SIR 3000* (Ground Penetrating Radar – GPR) com antenas blindadas de 400 MHz e 200 MHz.

A prospecção geofísica permitiu identificar estruturas relacionadas aos depósitos pegmatíticos e inferir a presença de massas com potencial para aproveitamento mineral. A antena de maior frequência teve alcance de até 3 metros de profundidade nos pegmatitos investigados, enquanto a antena de 200 Mhz teve alcance maior, chegando a profundidades entorno de 6 a 8 metros. A figura 36 mostra imagens das duas antenas utilizadas nos levantamentos geofísicos de campo e a tela do computador de bordo que permitiu visualizar em tempo real os dados que estavam a ser gerados.



Figura 36 – Georadar de prospecção geofísica – GPR GSSI SIR 3000, com antenas blindadas de 400 MHz e 200 MHz.

O objetivo principal da prospecção geofísica foi identificar em subsuperfície volumes de massa pegmatítica com potencial para exploração, através da identificação das zonas de contato dos pegmatitos com as rochas encaixantes, sempre que possível. O método serviu ainda para tentar identificar a ocorrência de cavidades (bolsadas) que pudessem revelar jazidas de gemas. Nesse segundo caso, a antena de 400 MHz apresentou melhor definição das anomalias eletromagnéticas.

Foram realizadas seções geofísicas nas galerias e nas lavras visando investigar a continuidade dos depósitos em profundidade e reconhecer ‘spots’ favoráveis a concentração de gemas. A figura 37 apresenta o mapa de situação do PRIM-54, com indicação das seções geofísicas realizadas na lavra.

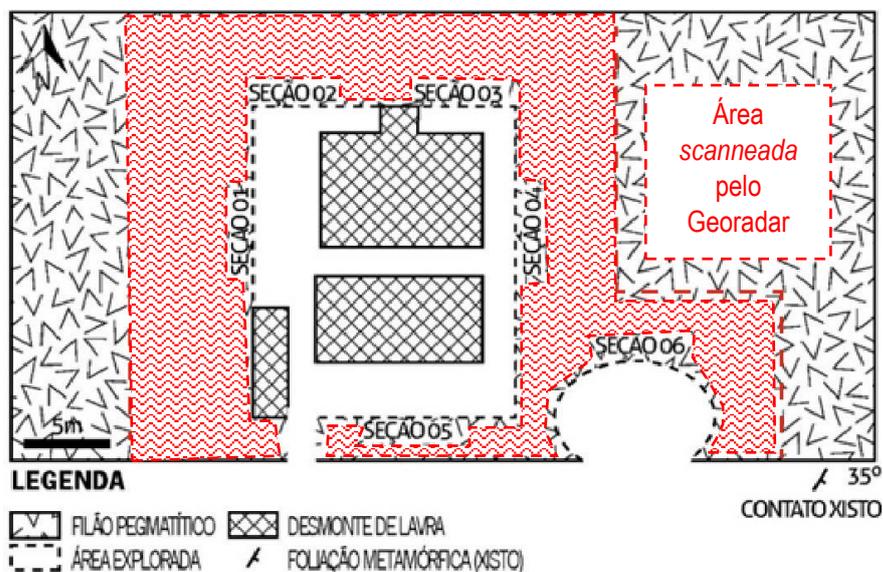


Figura 37 – Mapa de situação do PRIM-54: seções geofísicas realizadas através do método de georadar (GPR).

O depósito foi prospectado através de seções horizontais realizadas nas paredes da antiga mina. O radar de penetração possibilitou confirmar a presença de massas pegmatíticas em profundidades de até 8 metros a partir da atual cota da frente de lavra. O pegmatito tem continuidade nos sentidos N-S e E-W, já sua espessura não ultrapassa os 2,50 metros. As galerias do PRIM-54 tinham o chão e o teto de xisto, apenas as paredes eram formadas por rocha pegmatítica (fila horizontal).

A Figura 38 apresenta imagens do levantamento geofísico do PRIM-54 e a seção de uma das paredes do depósito, indicando a presença de uma anomalia eletromagnética a 1,20m de profundidade, entres as posições 8 e 12 metros.

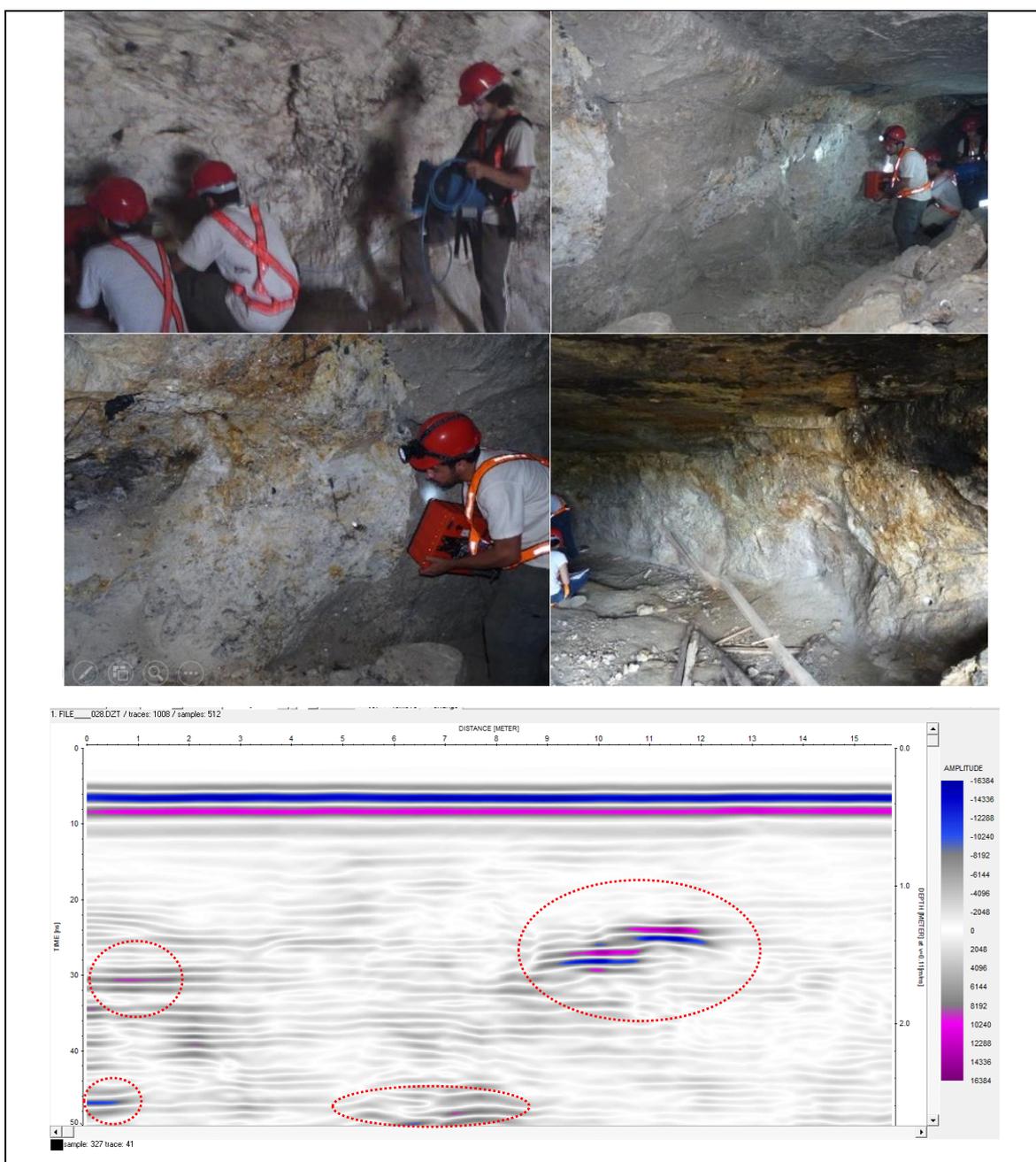


Figura 38 - Levantamento geofísico do PRIM-54. Seção 01, indicando a presença de anomalias eletromagnéticas.

Até o presente momento, não foram realizados trabalhos de exploração que pudessem confirmar o conteúdo das anomalias detetadas nessas seções geofísicas. No entanto a caracterização mineralógica da área de rebatimento das anomalias para as paredes, revelou indícios de minerais de substituição (cleavelandita e turmalinas bicolors recristalizadas), associadas a uma possível zona de cristalização mineral residual, favorável a concentração de gemas e minerais de coleção.

5.3.4. Definição de Blocos de Reservas

O cálculo da quantidade de minério das reservas minerais foi feito por abordagem direta dos jazigos (afloramentos, galerias, cavas e *shafts*). As Reservas foram classificadas em medidas, indicadas e inferidas evolutivamente em função da precisão e acurácia das informações.

5.4.4.2. Cubagem

Basicamente resumiu-se ao cálculo de área, volume e tonelagem de minério. O cálculo da área foi realizado de acordo com a forma geométrica mínima dos Blocos de Reservas (A). Os volumes (V) foram calculados através da multiplicação das áreas das reservas (A) pela espessura média dos depósitos (EM). A partir do cálculo do volume das reservas, pôde-se fazer a estimativa da tonelagem de minério (TM), que foi obtida através da multiplicação do volume pela densidade específica do minério (DE). As expressões a seguir apresentam as fórmulas aplicadas:

- Volume das Reservas: $(V) = (A) \times (EM)$

- Tonelagem de Minério: $(TM) = (V) \times (DE)$

Os controles das mineralizações e os serviços mineiros desenvolvidos nas fases anteriores da pesquisa serviram de suporte para a compreensão dos modelos conceituais de formação dos depósitos e para a definição de novas reservas não exploradas. A figura 39 apresenta o modelo geológico conceitual (3D) da área onde está inserida o PRIM-09 (Proberil).

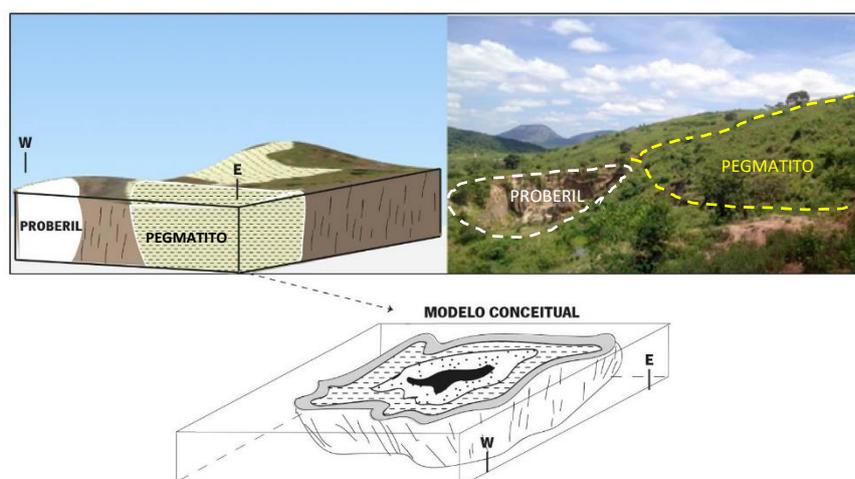


Figura 39 - Modelo geológico conceitual (3D) da área onde está inserida o PRIM-09.

A figura 40 apresenta o bloco de reservas do PRIM-09 e a cubagem de uma reserva medida de bloco viável para exploração mineral de feldspato cerâmico.

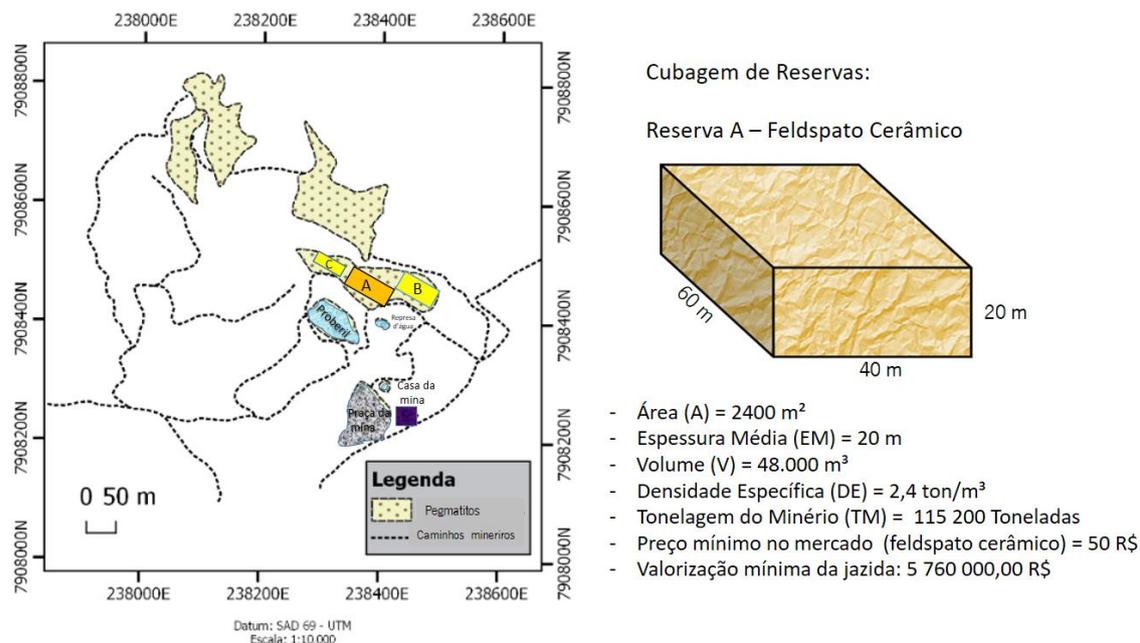


Figura 40 – Cubagem de reserva mineral (Feldspato Cerâmico), PRIM-09 antiga mina da Proberil.

As questões acima estão colocadas de maneira simplista, pois o intuito desse trabalho foi gerar uma base de informações geológicas que pudessem servir de apoio a Mineração de Pequena Escala local ao introduzir e aplicar esses conceitos nos projetos de pesquisa. Questões mais complexas como cálculo de *Krigagem*, modelagens, e etc., não serão tratadas aqui por considerar que se afasta das necessidades prioritárias da investigação.

5.3.5. Avaliação dos Depósitos Minerais

A Avaliação dos depósitos minerais foi feita a partir de fatores geológicos, econômicos, tecnológicos, regionais e de mercado. Os fatores geológicos referiram-se aos tipos genéticos das jazidas, aos tipos de ambientes geológicos, a morfologia e arquitetura dos pegmatitos e a composição mineralógica das jazidas. Os fatores econômicos dependeram da capacidade produtiva e da grandeza dos investimentos necessários para produção mineral: custos de extração, perdas e empobrecimento do minério. Os fatores tecnológicos abrangeram a problemática do beneficiamento e extração e

transformação tecnológica. Os fatores regionais abrangeram questões a respeito da comunicação, demografia local, fonte de energia, abastecimento em água e materiais.

Nesses termos o PRIM-09 foi avaliado como depósito favorável ao desenvolvimento de novo projeto de exploração mineira, que vise o aproveitamento integral das reservas adjacentes a área da antiga mina da Proberil, que agora serão alvos de pesquisa geológica em profundidade.

O autor desse orientou o superficiário da fazenda onde está localizada a antiga mina Proberil, no processo de requerimento de uma nova área de exploração. Segundo o requerente, por diversas vezes ele havia tentado requerer a área em disponibilidade, da antiga mina Proberil, e o DNPM não o autorizava avançar com o processo. O autor sugeriu então que fosse tentado a via da Permissão de Lavra Garimpeira, para aproveitamento de feldspato e gemas. Por opção do interessado, foi pedido o requerimento de Lavra Garimpeira para a substância 'água marinha', protocolado na Superintendência Regional do DNPM em Governador Valadares- MG em 22 de março de 2018. A figura 41 apresenta a área requerida para Lavra Garimpeira e a localização dos depósitos e reservas minerais cartografados em campo.

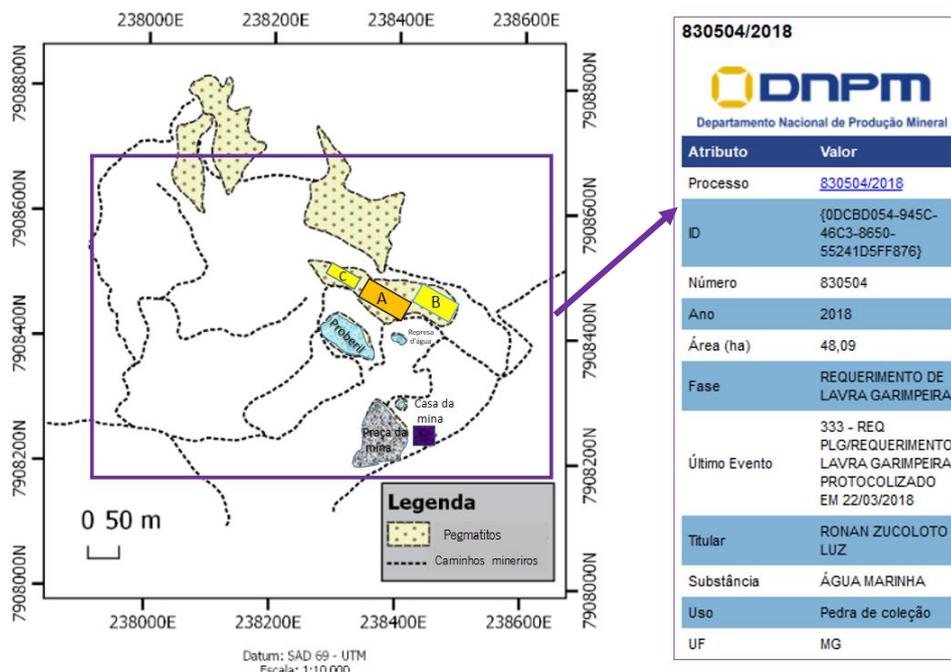


Figura 41 - Nova área requerida para Lavra Garimpeira com a localização dos depósitos minerais cartografados nessa investigação.

O interesse maior foi dar apoio ao pequeno minerador, reavaliando reservas minerais, classificando os produtos pétreos disponíveis e regulamentando as áreas de exploração mineira junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM/ANM). Os serviços mineiros que serão desenvolvidos na área de concessão deverão cumprir as normas e orientações do órgão regulamentador.

5.4. Sugestões de linhas de ação

A maior contribuição que a geologia de exploração poderá oferecer diretamente aos garimpeiros e pequenos mineradores reside na pesquisa e definição espacial dos corpos pegmatíticos como um todo, sua forma, geometria, zoneamento, distribuição e qualificação dos minerais econômicos.

Este leque de informações é um pressuposto necessário, não só para que se proceda à avaliação econômica do depósito, principalmente como subsídios para a elaboração de um plano racional de lavra.

O procedimento metodológico que conduz a este conjunto de informações é multidisciplinar e envolve, em maior ou menor grau, as atividades:

- i) mapeamento geológico de detalhe dos pegmatitos. Caberia, no caso, uma revisão e atualização, quando aplicável;
- ii) pesquisa dos corpos pegmatíticos em profundidade, através de furos de sonda exploratórios, com sondas rotativas a diamante;
- iii) o uso de métodos geofísicos (GPR- Georadar, Eletrorresistivímetro) tanto na fase da pesquisa de novos corpos pegmatitos, e de extensões dos já conhecidos, como na etapa de lavra.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A monografia de síntese pretendeu ser útil ao planeamento de atividades direcionadas para a evidência e gestão de recursos minerais e monitorização da lavra de pequena escala em pegmatitos, na região Leste do estado de Minas Gerais e pode ser encarada como um contributo ou manual de procedimentos para o ordenamento da atividade extrativa sobre pequenas jazidas pegmatíticas nesta região.

Após o desenvolvimento das fases de investigação, foi possível propor e discutir um manual de procedimentos para ordenamento da atividade extrativa de pequena escala sobre depósitos pegmatíticos da região Leste de Minas.

Além disso, foi produzida uma metodologia integrada de inventário dos recursos/reservas, prospecção e pesquisa, capaz de ser replicável e generalizável a depósitos pegmatíticos de outras regiões do Brasil e ainda foi possível estabelecer formas de comunicação dos procedimentos adotados nessa investigação em interação com agentes e interlocutores das comunidades locais (administradores regionais e municipais, produtores, entidades de pesquisa e serviços de proteção ambiental).

Desse modo, a dissertação almeja ainda servir de base para pesquisas futuras que tenham como interesse o desenvolvimento da Mineração de Pequena Escala e a valorização de depósitos de Pegmatitos. Não obstante a isso, espera-se que em um futuro breve a região venha a se tornar um pólo produtor de recursos minerais com importância regional, nacional e global.

Diante de tal aspiração, pretende-se estimular o crescimento e melhoria da qualidade de vida das populações dos arredores dos distritos mineiros, de maneira prática, com a construção de centros de formação e capacitação de mão-de-obra qualificada e a geração de oportunidades de emprego relacionadas ao setor de extração mineral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, F.F.M. de; Hasui, Y.; Brito Neves, B. B. (1976) - The upper precambrian of South America. *Boletim do Instituto de Geociências da USP*. São Paulo: USP. v.7, p.45-80.

Cameron E.N. et al. (1949) - Internal structure of granitic pegmatites. *Economic Geology*. Monograph 2, 115p.

Cerný, P. (1982) - Anatomy and classification of granitic pegmatites. *Granitic Pegmatites in Science and Industry*. Winnipeg: Mac, Geoscience Canada, vol.18, p. 49-81.

CETEM/MCT. (2003) - Pegmatitos do Nordeste – diagnósticos sobre o aproveitamento racional e integrado. Rio de Janeiro.

Correia Neves, J. M. (1981) - Pegmatitos Graníticos: morfologia, mineralogia, geoquímica, gênese e metalogênese. *Tese apresentada em concurso a Professor Titular da UFMG*; Belo Horizonte: IGC/UFMG. p.262.

Correia Neves, J. M. Pedrosa Soares, A.C.; Marciano, V.R.P.R.O. (1986) - A Província Pegmatítica Oriental do Brasil à luz dos conhecimentos atuais. *Revista Brasileira Geociências*, Belo Horizonte, IGC/UFMG. v.16, n.1, p.106-118.

CPRM. (2009) - Áreas de relevante interesse mineral no Brasil – ARIM, Belo Horizonte – MG.

Fersman, A.E. (1951) - Les pegmatites, leur importance scientifique et pratique. *Acad. Sci. URSS*. Traduzido para o francês por R. du Trien de Terdonck e J. Thoureau. *Universidade de Louvain*, Bélgica, v.3, 675p.

Hayu. (1822) - *Traité de Minéralogie*. *Publié par le conseil des mines*. Paris. Disponível em: <https://archive.org/details/traitdeminralog01goog/page/n371>.

IBRAM . (2018) - Obtido de Portal da Mineração: <https://portaldamineracao.com.br/wp-content/uploads/2017/10/economia-mineral-mg-mar2018-1.pdf>

IGF Guidance for Governments. (2017) *Managing Artisanal and Small-Scale Mining*. - *Intergovernmental Forum For Mining, Minerals, Metals And Sustainable Development Forum, Rcs Global*, Winnipeg; Disponível em: <<http://igfmining.org/guidance-for-governments/artisanal-and-small-scale-mining/>>. Acesso em jun. 2018.

Leal Gomes, C. (2011) - Uma perspectiva naturalista sobre recursos base de Li e prospecção estratégica de pegmatitos graníticos em territórios lusófonos. *Minifora Iberoeka*, Lisboa, 9p.

MME. (2018) - Plano Mestre para avaliação de Recursos Minerais. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/10584/1727130/Plano_Mestre_Para_Avaliacao_de_Recurso_s_Minerais_do_Brasil_1965_-_1974.pdf/a7932b66-1109-464b-821e-e335f8ddb319.

MMSD. (2002) - Artisanal and small scale Mining, *Final Report on Mining. Minerals and Sustainable Development, International Institute for Environment and Development an World Business Council for Sustainable Development*, UK, cap. 13

OCB. (2018) - Organização das Cooperativas Brasileiras. Disponível em: (<http://www.ocb.org.br/ramo-mineral>).

OTGM. (2008) - Projeto Ordenamento Territorial Geomineiro, BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, Brasília, 2008. 1 DVD

Pedrosa Soares, A. C. et al. (1994) Nota Explicativa dos Mapas Geológico, Metalogenético e de Ocorrências Minerais do Estado de Minas Gerais. SEME/COMIG, Belo Horizonte. p.97.

Paiva, G. (1946).Províncias Pegmatíticas do Brasil. DNPM,Rio de Janeiro. b.78, p.72.

Projeto Leste . (1998) - Projeto Leste, Minas Gerais: Cadastramento de Recursos Minerais. CPRM/COMIG/ SEME. Belo Horizonte, 200p.

Souza. (1985) - Granitos e mineralizações associadas. *Publicação Técnica CPRM*. Rio de Janeiro, v.1, n.1, pp. 5-104.

ANEXOS

ANEXO I – CARACTERÍSTICAS DOS DEPÓSITOS

ANEXO II – CUSTO BENEFÍCIO DA MPE

ANEXO III – PRINCIPAIS FONTES DE DADOS

ANEXO IV – A METODOLOGIA APLICADA PARA A CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS - “AMBIENTES GEOMINEIROS (AGM’S)”

ANEXO I – CARACTERÍSTICAS DOS DEPÓSITOS

Tabela 2 - Tipos de pegmatitos graníticos, segundo Černý (1990).										
MINERALIZAÇÃO				AMBIENTE METAMÓRFICO			RELAÇÃO COM GRANITOS		FEIÇÕES ESTRUTURAIS	
CLASSES	Elementos Menores	Concentrações	Minerais	Fácies	Pressão (kbars)	Temperatura (°C)	Tipo	Característica	Encaixante	Ambiente Tectônico
Abissal	U, Th, Zr, Nb, Ti, Y, ETR, Mo	pobre ou moderada		anfíbolo de alta pressão a granulito de baixa a alta pressão	~ 4 a 9	~ 700 a 800	nenhuma relação	pegmatitos de segregação, leucossomas anatóticos	veios concordantes a mobilizados discordantes em gnaisses, migmatitos, granulitos e charnoquitos	faixas colisionais
Moscovita	Li, Be, Y, ETR, Ti, U, Th, Nb > Ta	pobre ou moderada	micas e minerais cerâmicos	tipo barrowiano: anfíbolo de alta pressão, (sillimanita - cianita)	~ 5 a 8	~ 580 a 650	nenhuma relação	corpos anatóticos	quase concordantes a discordantes em gnaisses, migmatitos, xistos e quartzitos	faixas colisionais
El. Raros/ Mosc.	MISTO (entre os tipos moscovita e elementos raros)		mineralizações também mistas	tipo barrowiano: anfíbolo de média pressão (cianita - sillimanita)	~ 4 a 6	~ 550 a 650	externos a marginais	corpos residuais	quase concordantes a discordantes em xistos e quartzitos	faixas colisionais
Elementos Raros	Família LTC: Li, Rb, Cs, Be, Ga, Sn, Hf, B, P, F, Nb > Ta	pobre a abundante	gemíferos, minerais de Li, Be etc	tipo abukuma: anfíbolo de baixa pressão (andaluzita - sillimanita)	~ 2 a 4	~ 500 a 650	externos, internos a marginais	granitos tipo-S principalmente	quase concordantes a discordantes em xistos e quartzitos	faixas colisionais
	Família NYF: Y, ETR, Ti, U, Th, Zr, F, Nb > Ta	pobre a abundante	minerais cerâmicos	variável	variável	variável	internos a marginais	granitos tipo-A principalmente	podr. internos em corpos marginais, discordantes ou concordantes em rochas diversas	ambientes extensionais, incluindo rifts abortados
Microítico	Família NYF: Be, Y, F, ETR, Ti, U, Th, Zr, Nb > Ta	pobres em gemas		raros a sub-vulcânicos	~ 2 a 4		internos a marginais		podr. internos e diques	

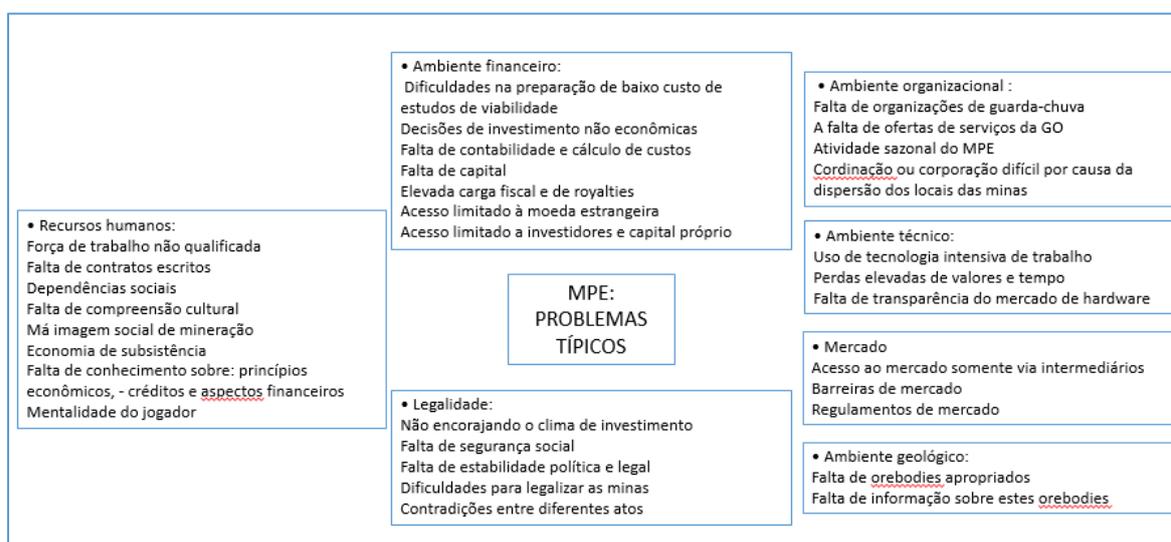
Tabela 2- Tipos de pegmatitos graníticos (Černý, 1982).

Campos Pegmatíticos	Características dos depósitos								Total
	primários					secundários			
	Espessura > 50m	Espessura 15 - 50m	Espessura 5-15m	Espessura 0,5 - 5m	Espessura < 0,5m	Alúvio	Elúvio	Colúvio	
Serra do Cruzeiro	1	19	21	14			1		56
Santa Rosa	4	11	5	4				2	26
Poté-Ladainha			5	3			1		9
Golconda	4	20	17	7			1		49
Marilac	1	7	13	4					25
Resplendor		4	3	14					21
Goiabeiras		2	5	14				3	24
Galileia-Mendes pimetel	1	12	42	26				3	84
Itatiaia-Barra do Cuieté		1	27	22		3	8	3	64
Alavarenga-Itanhomi				20					20
Lufa				9		1	1	1	12
Neves				4					4
Nacip raydan		2	9	5					16
Padre Paraíso-Catugi			1	41		30	9	17	98
Faísca						13	2		15
Novo Oriente				7		14	5	6	32
Ataléia-Fidelândia			1	18	5	5	1	1	31
Itabira-Ferros	1		18	78		5		1	103
São Dom. do Prata- Antônio Dias		9	19	7					35
Caratinga			4	16					20
Vargem Alegre			2	6				3	11
Pegmatitos Isolados			7	34	3	6	3	3	56
Total	12	87	199	353	8	77	32	43	811

ANEXO II – CUSTO BENEFÍCIO DA MPE

Aspectos	Custos	Benefícios
Geologia e Mineração	<ul style="list-style-type: none"> ○ Exploração de um recurso não renovável ○ trabalho irracional de material de alta qualidade ○ exploração incompleta ○ métodos de processamento ○ transporte 	<ul style="list-style-type: none"> ○ possibilidade de explorar depósitos menores ○ AM alcança prospecção bem sucedida sem custos elevados ○ trabalhando para pilares abandonados, rejeitos etc. ○ mineradores de pequena escala descobrem depósitos importantes em áreas remotas
Meio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> ○ Riscos ambientais, emissões e danos a: ○ terra ○ solo ○ água (subterrânea e de superfície) ○ ar ○ flora e fauna ○ recursos energéticos ○ ecossistemas 	
Social e Micro Economia	<ul style="list-style-type: none"> ○ Condições de trabalho precárias ○ consequências negativas para a saúde (doença, acidentes) ○ condições de vida infra-humanas ○ relações de dependência complicadas ○ trabalho infantil ○ desenvolvimento desequilibrado entre homens e mulheres ○ violação dos direitos da comunidade residente e indígena ○ mudanças no sistema de valores éticos e suas consequências ○ segurança social insuficiente 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Qualificação de mão de obra ○ fonte de renda (em dinheiro) ○ criação de emprego
Macroeconomia	<p>conflitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ devido ao uso da terra e da água ○ com corpos diretivos (conflitos judiciais) ○ com mineração em larga escala ○ com a população indígena ○ com objetivos de proteção de paisagem (parques nacionais, áreas protegidas) ○ contrabando ○ ilegalidade (produtos e lucros) ○ sem geração de impostos ○ custos de controle do setor ○ custos contínuos resultantes de causas sociais ○ desenvolvimento descontrolado devido à falta de exploração planejada 	<ul style="list-style-type: none"> ○ mobilização de recursos naturais ○ Arrecadação de impostos ○ efeito ativo para o balanço de pagamentos ○ amortecedor para o mercado de trabalho nos casos de programas de adaptação estrutural ○ fornece reservas de pessoal para mineração em larga escala ○ contribuição para o desenvolvimento econômico regional por meio de: ○ circulação de dinheiro (produto social) ○ investimento ○ demanda por produtos e serviços ○ mobilidade ○ consequências estruturais (alternativa à agricultura) ○ evitar o êxodo rural

		<ul style="list-style-type: none"> ○ desenvolvimento de infraestruturas (construção de estradas, escolas, fornecimento de energia) pela mineração de pequena escala e a população vizinha ○ Vantagens financeiras comparativas (produtos com alto coeficiente de mão-de-obra em países com alta disponibilidade de mão-de-obra) ○ Fornecimento de produto relativamente estável mesmo com flutuações de mercado ○ contribui para a diversidade de produtos e exportação
--	--	---



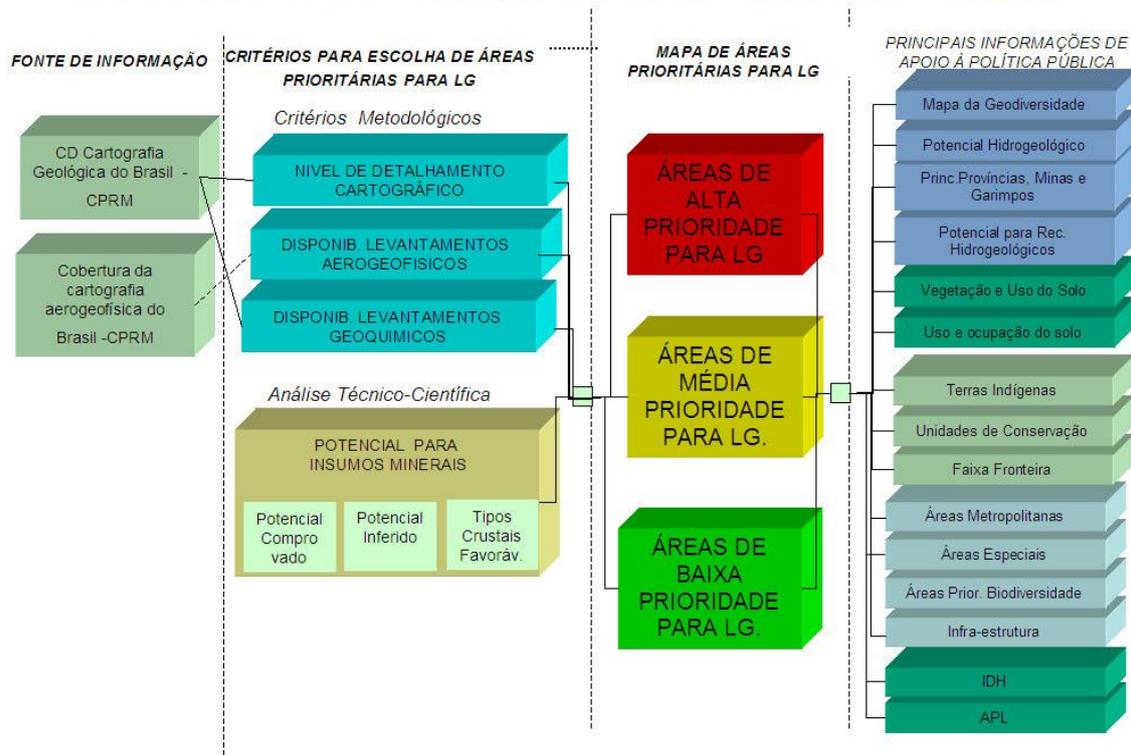
ANEXO III – PRINCIPAIS FONTES DE DADOS

As principais fontes dos dados estão apresentadas na tabela a seguir:

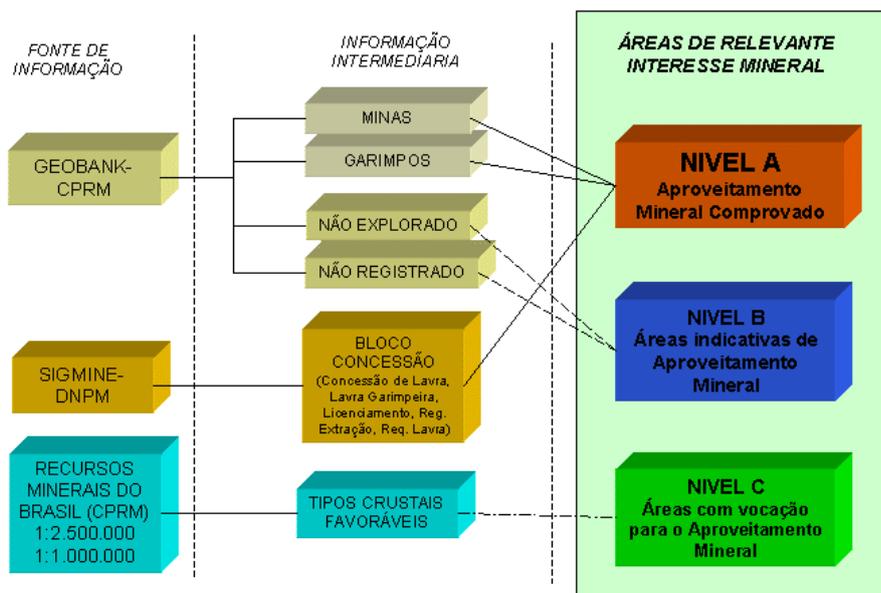
INFORMAÇÃO	FONTE	ACESSO
Base Cartográfica	IBGE	Publicação bCIMd (Versão 2.2.1) Informações: http://www.ibge.gov.br
Recursos Minerais, minas e ocorrências	Banco de Dados GEOBANK – CPRM	Banco de dados GEOBANK – Exportação de Dados: http://geobank.sa.cprm.gov.br/ Informações adicionais: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM http://www.cprm.gov.br
Títulos Minerários	Banco de Dados Sigmine - DNPM	Banco de dados SIGMINE Cadastro Mineiro – opção Download http://sigmine.dnpm.gov.br/ Informações adicionais: Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM http://www.dnpm.gov.br
Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo – CPRM/2004	CPRM	Publicação CPRM Informações: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM https://www.cprm.gov.br
Geologia, Tectônica e Recursos Minerais – CPRM/2004	CPRM	Publicação CPRM Mapa Tectônico do Brasil 1:2.500.000 Informações: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM https://www.cprm.gov.br
Unidades de Conservação, Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade, Biomas, Macrozoamento Ecológico Econômico da Amazônia	MMA	Download de Dados Geográficos do MMA http://mapas.mma.gov.br/13geo/datadownload.htm Informações adicionais: Ministério do Meio Ambiente http://www.mma.gov.br
Terras Indígenas	FUNAI	IBGE: Mapoteca Digital – Base Cartográfica Vetorial Contínua ao Milionésimo Informações: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE http://www.ibge.gov.br
Geoparques, Sítios Geológicos, Áreas Suscetíveis à Desertificação,	CPRM	Publicação CPRM Mapa Geodiversidade do Brasil Informações: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM https://www.cprm.gov.br
Bacias Hidrográficas	ANA-MMA	Download de Dados Geográficos da ANA http://hidroweb.ana.gov.br/ Informações: http://www.ana.gov.br
Barragens, Usinas, Linhas de Transmissão, Subestações	ANEEL	Download de Dados Geográficos da ANEEL: http://sigel.aneel.gov.br/brasil/viewer.htm Informações: http://www.aneel.gov.br

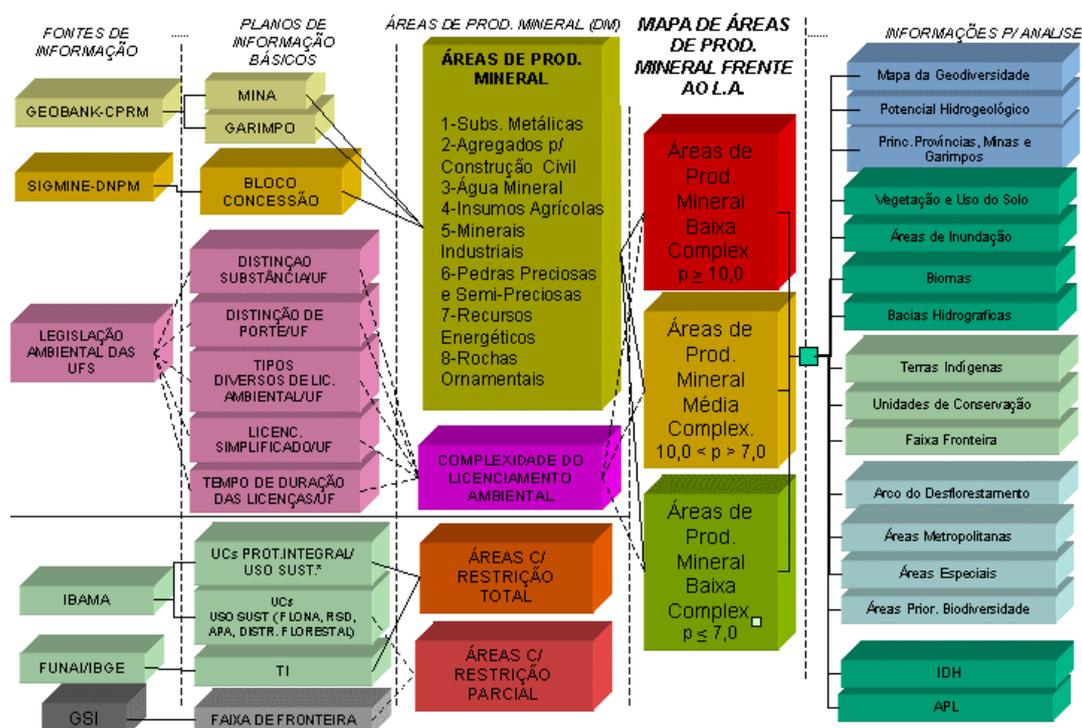
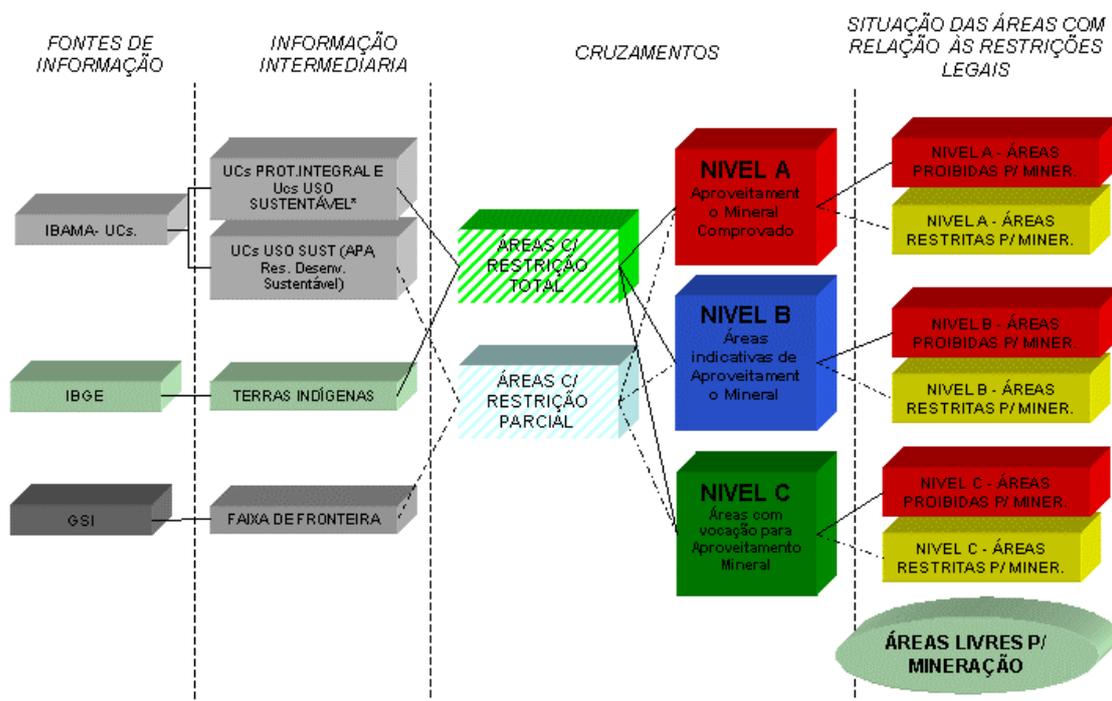
ANEXO IV – METODOLOGIA APLICADA PARA A CONSTRUÇÃO
DOS CENÁRIOS - “AMBIENTES GEOMINEIROS (AGM’S)”

METODOLOGIA PARA A SELEÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA LG



METODOLOGIA PARA A IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL





APÊNDICES

APÊNDICE I – GEOESTATÍSTICA APLICADA A PROSPECÇÃO MINERAL DE PEGMATITOS

APÊNDICE II – RANKING DOS PEGMATITOS COM RELEVANTE INTERESSE PARA MINERAÇÃO

APÊNDICE III – DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICAS DAS EXPEDIÇÕES DE CAMPO

APÊNDICE I – GEOESTATÍSTICA APLICADA A PROSPECÇÃO
MINERAL DE PEGMATITOS

Aplicação de Geoestatística em Pesquisa de Minerais de Pegmatitos

(Artigo não Publicado)

LEONARDO SANTANA BARROSO ¹

¹ Universidade do Minho, Gualtar – Braga, Portugal

Resumo. Os minerais de pegmatitos vêm se mostrando cada vez mais complexos e diversificados, com a ocorrência de novos achados e o desenvolvimento de novas tecnologias envolvendo minerais de Pegmatitos, faz-se primordial a realização de estudos nessa área, principalmente no que tange a descoberta de novas áreas mineralizadas e a caracterização das jazidas já exploradas. O presente trabalho busca trazer para a pesquisa mineral de pegmatitos novas metodologias, pouco utilizadas na prática da pesquisa mineral desse corpo de minério. A insuficiência de tecnologias e processamentos específicos para este setor da mineração, vêm contribuindo para um atraso inestimável para o desenvolvimento da pesquisa, da indústria e sociedade brasileira. Processamentos geoestatísticos, poupam tempo, energia e outros recursos, se bem ajustados a realidade dos dados da variável em cheque. Neste trabalho foram utilizados dados de ocorrência de minerais de Pegmatito no campo Pegmatítico Padre Paraíso – Catugi, região Leste de MG. Os procedimentos geoestatísticos adotados, envolveram análise exploratória dos dados, modelagem de semivariograma empírico e interpolação por Krigagem Ordinária. Com os procedimentos adotados, foram realizadas análises quanto à verificação de continuidade espacial e considerando, também, a existência de tendência ou não nos valores de ocorrência. A reamostragem de dados de ocorrência de minerais de pegmatitos possibilitaram a obtenção de novas informações geológicas para áreas ainda pouco aproveitadas. O modelo de ocorrência de Minerais de Pegmatitos processados através de ferramentas de geoprocessamentos, permitem a obtenção de mapas com “Áreas de Relevante Interesse Mineral (ARIM)” capazes de agregar valores quantitativos à pesquisa mineral de Pegmatitos.

Palavras-chave: Geoestatística, Pegmatitos, Padre Paraíso – Catugi.

1. Introdução

O campo pegmatítico Padre Paraíso – Catugi abrange parte das folhas Padre Paraíso e Novo cruzeiro, na escala 1:100 000, inserindo-se nos municípios do Padre Paraíso, Itaipé, Carai e Catugi. O acesso se faz pela rodovia BR-116 (Rio –Bahia). Inúmeras estradas secundárias, vicinais ou trilhas permitem o acesso as lavras (garimpos).

Esta região sofreu um intemperismo intenso, gerando solos espessos e extensos aluviões. O processo de denudação do terreno ocasionou as formações de vales abertos com drenagens meandriiformes, nas zonas mais arrasadas, passando a vales mais encaixados no sentido da cabeceira das drenagens, onde configuram relevos mais acidentados, com morros altos e formas em pão-de-açúcar.

Os pegmatitos estão associados às rochas graníticas da suite Intrusiva Aimorés (Granito Caladão e Charnockito Padre Paraíso) e a medida que se vai adentrando os granitos Faisca e Itaipé, verifica-se que a quantidade de pegmatitos diminui, indicando que a favorabilidade para prospecção, pesquisa e lavra de pedras coradas está praticamente restrita à zona de influência dessa suite.

O trabalho apresenta uma metodologia para a elaboração do modelo de ocorrência de Minerais de Pegmatitos no campo pegmatítico Padre Paraíso – Catugi, no estado de Minas Gerais através da amostragem de espécies minerais de pegmatitos.

2. Fundamentação Teórica

O surgimento da geoestatística se deu a partir da necessidade de uma complementação de dados à variância, em busca de uma melhor acurácia na análise e interpretação. Assim, aprimora-se a estatística clássica com um novo estudo que considera a localização geográfica e a dependência espacial entre pontos de amostragem. Avalia-se então, variáveis regionalizadas, ou uma função com distribuição espacial que varia de um ponto a outro, com continuidade aparente, mas cujas variações não podem ser representadas por uma função matemática simples. (ARANHA, 2009).

Quando esta possui continuidade espacial, a metodologia mais aplicada é a função variograma com semi-variograma, no qual associa as semivariâncias das diferenças dos valores dos atributos com a distância de localização dos dados.

É definido como uma função que reflete o comportamento dos dados, a partir das covariâncias entre amostras de espaçamento h . Segundo Salviano (1996), analisa o grau de dependência espacial entre amostras dentro de um campo experimental, além de definir parâmetros necessários para estimativa de valores para locais não amostrados, através da krigagem.

O gráfico se ajusta a um modelo matemático a partir de análises de parâmetros como o de efeito pepita, alcance, patamar e variância dos dados.

Tendo em vista que o lag representa a diferença de distância entre pares de dados, dependerá diretamente da malha usada para regulamentação de distribuição de pontos na área, podendo ser do tipo regular ou não.

Amostras separadas por distâncias menores do que o alcance, são espacialmente dependente, enquanto aquelas separadas por distâncias maiores, não são, ou seja, um semivariograma igual à variância dos dados implica em variação aleatória. O alcance também é utilizado para definir o raio de ação ("range") máximo de interpolação por krigagem, onde os pesos utilizados na ponderação podem afetar os valores estimados (SOUZA, 1992).

O patamar possui sua maior importância em determinar a distância limite de dependência dos dados, marcando ainda a independência dos mesmos após dado ponto. É atingido quando a variância dos dados se torna constante com a distância entre as amostras. O valor de (h) nesse ponto é aproximadamente igual à variância total dos dados. (Silva, 1988). O efeito pepita consiste no erro associado, reflete o erro analítico que se dá por erro de medição ou de variações naturais.

Dentre os modelos de ajuste, os principais são do tipo: esférico, exponencial, Gaussiano, Linear, Logarítmico. Será analisado o que melhor se enquadra em relação ao comportamento do gráfico a partir dos dados. A figura 1 apresenta os modelos citados.

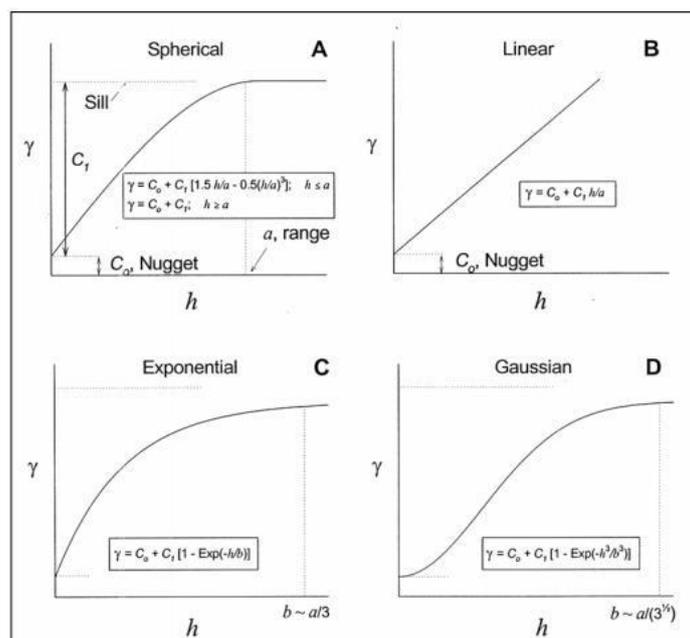


Figura 1 – Principais modelos de ajuste de semivariograma.

Como complementação da aplicação de metodologia de variograma, a krigagem contribui na interpolação dos dados. Baseada na Lei de Geografia de Tobler, em que dados proximais apresentam uma maior semelhança que os dados de maior distância entre si.

Assim, a krigagem tem função de estabelecer dados estimados entre os dados reais, a fim de refinar a malha, com maior número de amostras. Segundo BETTINI (2007), os pesos colocados no espaço não amostral, são calculados com base na distância entre a amostra e o ponto estimado; na continuidade espacial e no arranjo geométrico do conjunto.

Caracteriza-se pela correlação espacial, e por isso dependente diretamente do resultado dos semi-variogramas. Pode ser do tipo Ordinária, Universal, Pontual, de Blocos e Co-krigagem, de acordo com o objetivo do trabalho. Assim, tendo em vista a metodologia aplicada, tem como princípio a krigagem do tipo ordinária, em que a estimativa ocorre de forma linear, em que, segundo Landim (2003), não requer o conhecimento prévio dos valores médios e assume hipótese de estacionaridade local, além disso, é um método ‘não viciado’ e minimiza a variância dos erros, quando se busca diminuir os erros com tendência de valor do resíduo igual a 0 (ISAKS E SRIVASTAVA, 1989).

3. Metodologia

O trabalho foi realizado nos municípios de Padre Paraíso, Itaipé, Catuji e Carai, em Minas Gerais, inseridos no Distrito Pegmatítico Padre Paraíso. Foram identificados 96 pontos de ocorrência de minerais de pegmatitos, dentre eles lavras, garimpos e afloramentos de rocha, formando uma malha irregular de amostragem, como pode ser observado no mapa de pontos da figura 2.

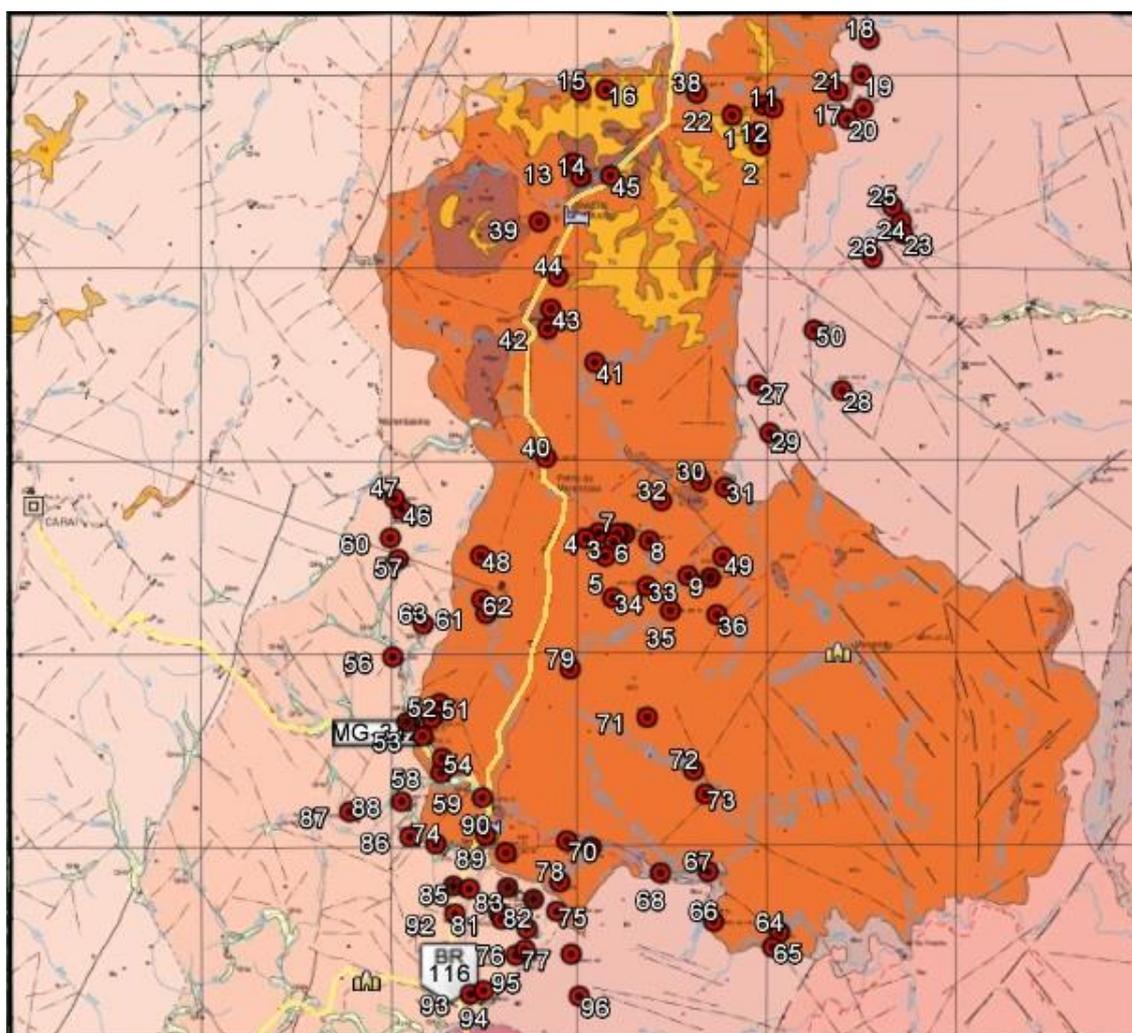


Figura 2: mapa de pontos de amostragem.

Foram feitas as contagens dos diferentes tipos de espécies minerais por ponto amostrado, dentre eles minerais gema (Ex: Topázio e Água Marinha) e também minerais industriais (Quartzo, Feldspato e Mica), todos com mesmo peso de importância para o processamento geoestatístico.

Os dados obtidos em campo foram analisados sob a ótica da estatística descritiva, observando a presença de outliers, afim de uma melhor acurácia dos resultados, e a normalidade dos dados para teste da dependência espacial dos dados.

Após a análise da estatística descritiva foram gerados os modelos de semivariograma para a correlação dos dados e análises de tendência. Os ajustes de modelos de semivariograma foram realizados com o intuito de ajustar os melhores parâmetros de Índice de Dependência Espacial (IDE), Soma do Quadrado dos Resíduos, Resíduos, Alcance (Range) e Efeito Pepita.

Por fim foi realizado uma krigagem ordinária, separadas em 15 classes, gerando um mapa de ocorrência 2D e um modelo 3D.

Para realização de análises estatísticas e geoestatísticas foi utilizado o software GS+ Geoestatistics for the Environmental Science.

4. Resultados e discussão

4.1 Análises exploratória dos dados

O sumário de estatísticas descritivas dos valores de ocorrência mineral amostrados, são apresentados na Tabela 1, a seguir.

Mínimo	1° Quartil	Mediana	Média	3° Quartil	Máximo
2	3	4	4.04	5	6

Tabela 1 – Estatísticas descritivas dos valores de ocorrência mineral utilizados como dados pontuais.

De acordo com o observado na tabela anterior, os valores de 'ocorrência mineral' variaram de 2 a 6 minerais por ponto amostrado. A proximidade dos valores da média e da mediana sugerem a distribuição normal dos dados, não obrigatória no caso das análises geoestatísticas.

Ainda em consonância com o explanado anteriormente, a distribuição dos Quartis (Figura 3) e o histograma da distribuição de frequência dos valores de ocorrência (Figura 4) não apresenta assimetria acentuada.

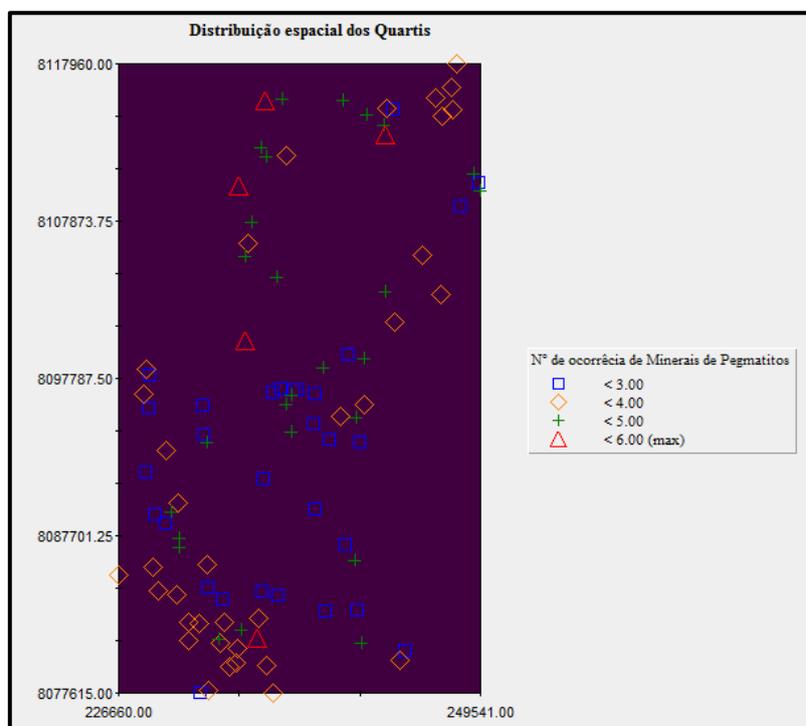


Figura 3 – Distribuição espacial dos quartis

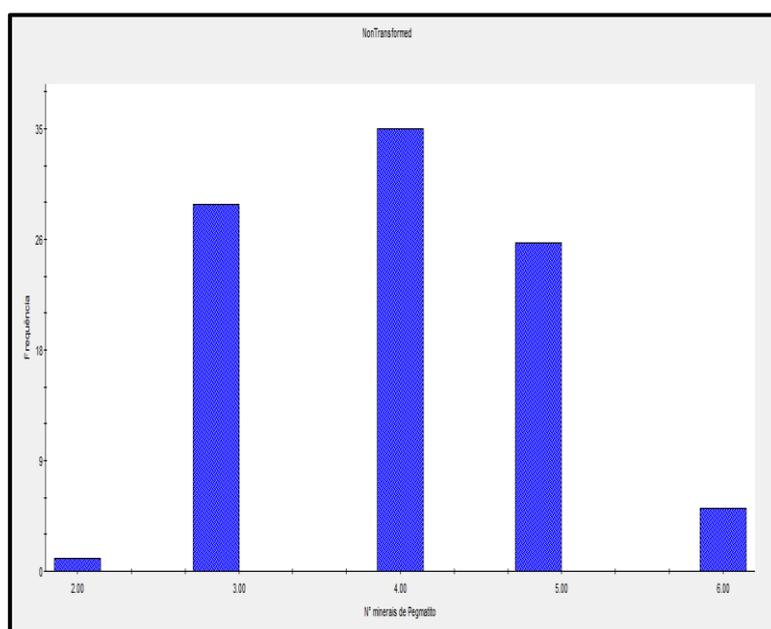


Figura 4 - Histograma.

4.2 Modelagem do semivariograma empírico

Após a verificação de diversas estruturas para construção do semivariograma empírico, foram estabelecidos os gráficos semivariogramas, mostrados na Figura 5.

O semivariograma construído apresenta estrutura compatível com a existência de dependência espacial, conforme observa-se na figura que segue.

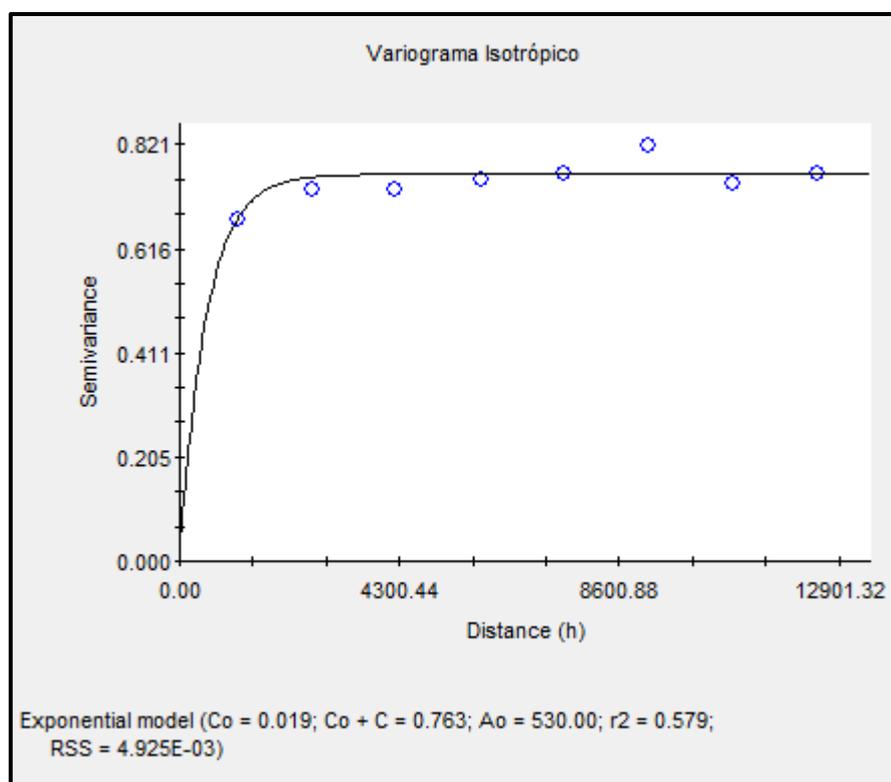


Figura 5– Semivariograma Empírico para os dados.

4.2 Ajuste e seleção de modelos

Para o semivariograma estabelecido foi ajustado o modelo teórico Exponencial, cuja curva apresentou semelhança e possibilidade de ajustar-se, de forma mais eficaz, à estrutura do semivariograma empírico. Com a definição dos valores dos parâmetros das equações do modelo

teórico (Alcance, Efeito Pepita e Patamar), procedeu-se à obtenção do IDE para o modelo, cujos valores estão na Figura 6.

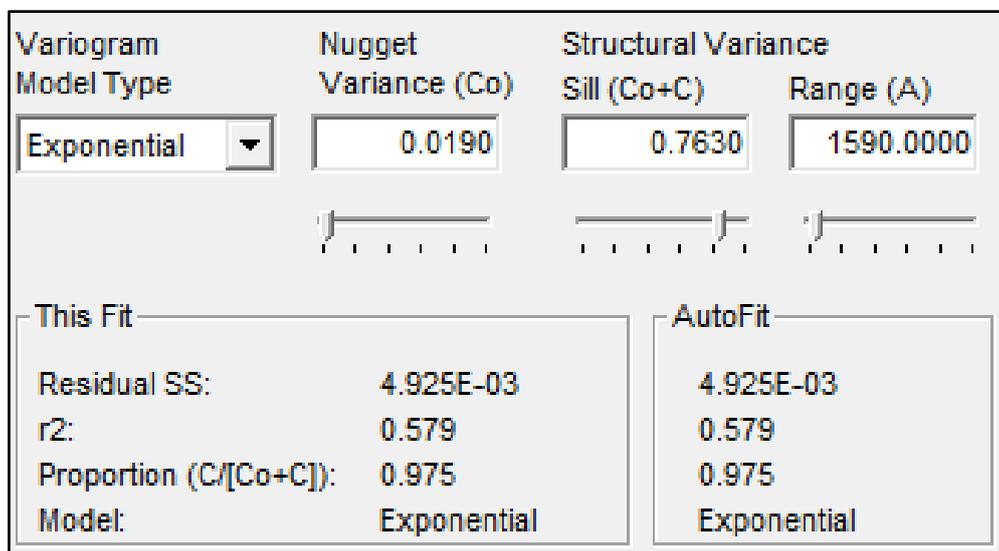


Figura 6 – Critérios de Informação de Índice de dependência Espacial (IDE) para o modelo teórico selecionado

Como pode ser observado pela figura anterior, o modelo semivariograma construídos com os dados, obtiveram os maiores valores de IDE para o modelo teórico Exponencial, apresentando o melhor ajuste das curvas às semivariâncias, dos semivariogramas empíricos.

Para este modelo os melhores resultados de IDE foram 97.5%, efeito pepita (Co) de 0,019, patamar (Co+C) de 0,763 e alcance (A) de 1590,00.

4.3 Interpolação espacial por krigagem

Os procedimentos de interpolação espacial foram efetuados utilizando krigagem, com o modelo de semivariograma Exponencial. A krigagem, elaborada para estes dados foi do tipo ordinária. A partir da análise da validação cruzada dos dados, pode-se observar que, para a krigagem dos dados, o modelo que melhor se ajustou aos dados observados foi exponencial, confirmando assim a avaliação dos resultados preditos com o IDE representados na figura 7..

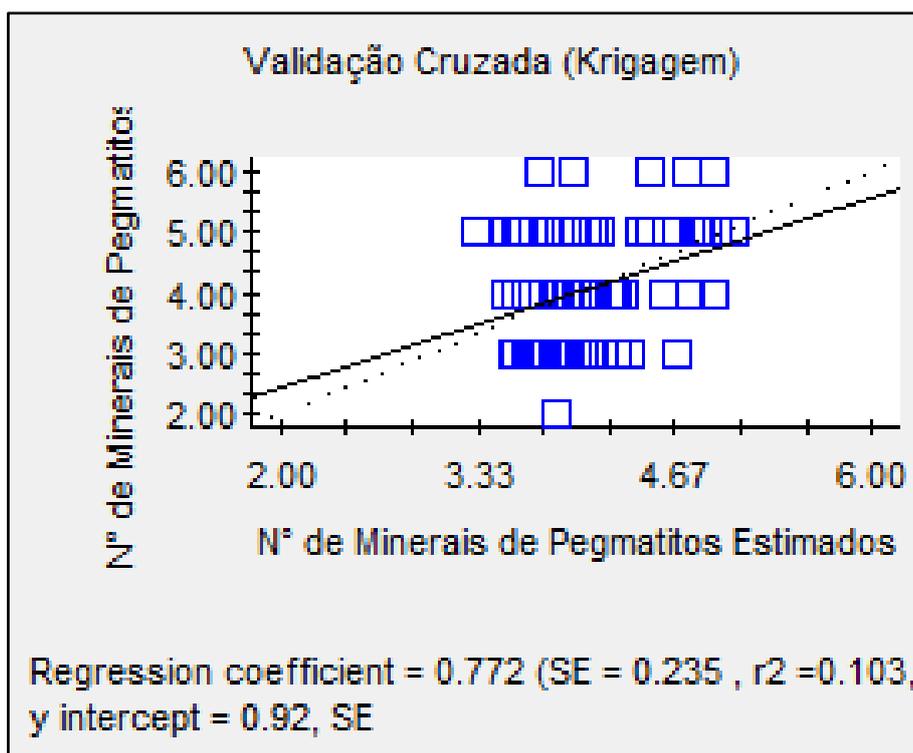


Figura 7 – Sumário dos valores preditos dos procedimentos de interpolação espacial por krigagem.

A Figura 8 ilustra o modelo 2D das ocorrências de minerais de pegmatitos preditos para área restrita ao campo Pegmatítico Padre Paraíso – Catugi, em estudo e na Figuras 9 a representação 3D do modelo. Em (a e b) as tonalidades em branco representam os maiores valores de ocorrência de minerais de pegmatitos da região, já os menores valores de ocorrência estão representados em azul.

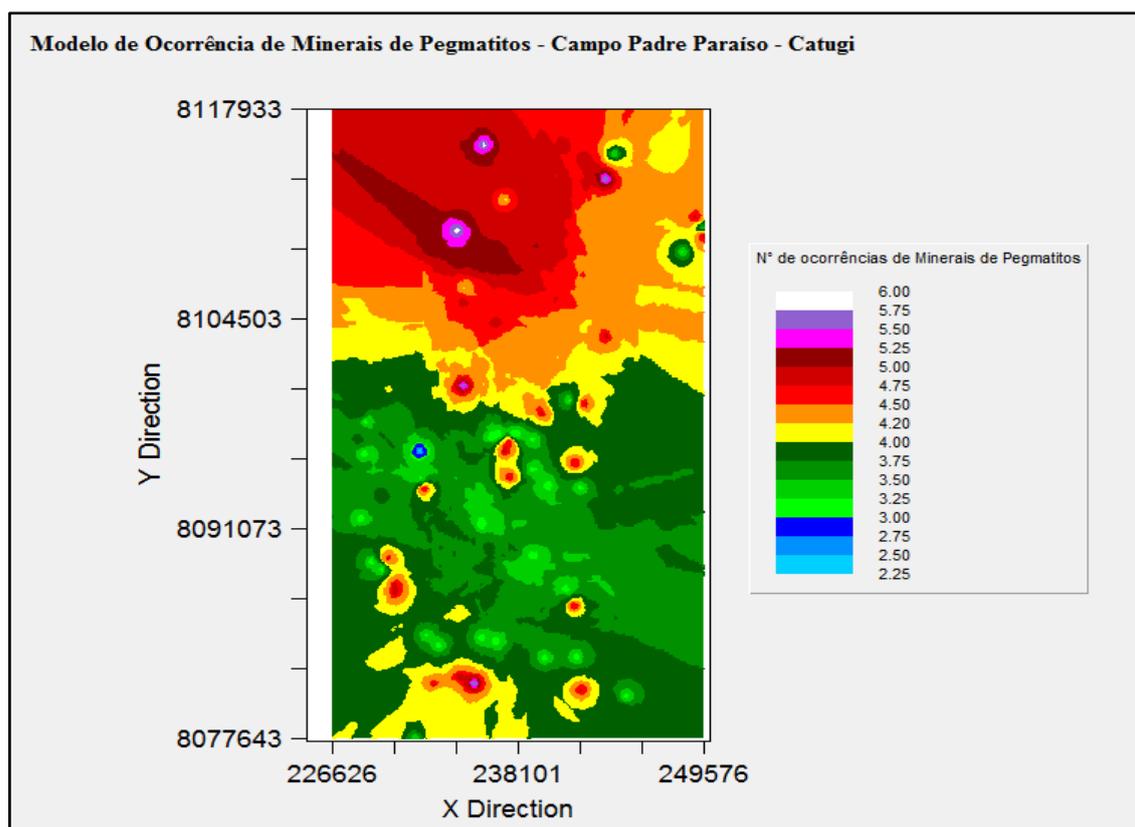


Figura 8 – Modelo 2D de predição de ocorrência de minerais de Pegmatitos.

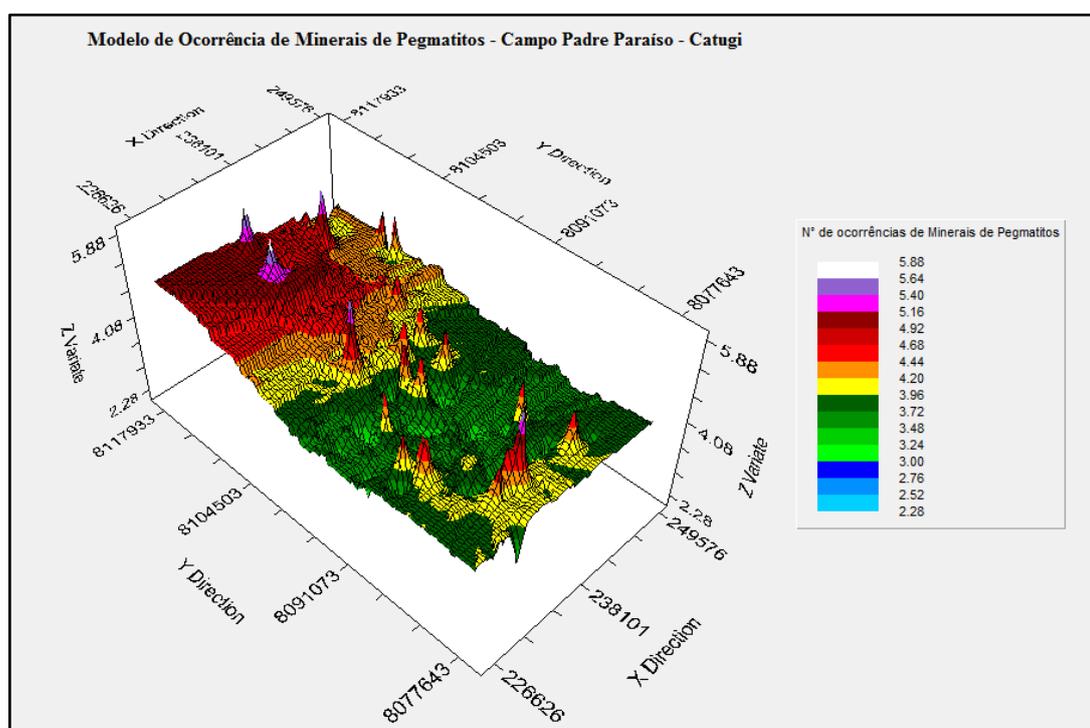


Figura 9 – Modelo 3D de predição de Ocorrência de minerais de Pegmatitos

As superfícies produzidas (Figura 8 e 9) podem ser exportadas na forma de grade “.asc”, passível de serem importadas para ambientes computacionais SIG.

5. Considerações finais

O uso de procedimentos geoestatísticos possibilitou a elaboração do modelo de predição de ocorrência de minerais de Pegmatitos para o campo Padre Paraíso – Catugi, possibilitando de tal forma a análise espacial dos dados embasados em processamentos geoestatísticos. Desta forma, os novos dados produzidos podem contribuir para pesquisas na área de recursos minerais relacionados a Pegmatitos, com uma maior eficácia e abrangência nos resultados .

A informação geográfica produzida pode ser utilizada em SIG como requisito à execução de modelos, bem como para obtenção de novas camadas de informações, na forma de mapas Geológicos, na busca por Zonas Homólogas mineralizadas. Com a nova camada de informação, em ambiente SIG, também é possível estabelecer algumas características do Campo em estudo, como o Trend das injeções pegmatíticas, preferencialmente SW-NE, com maior frequência de ocorrência mineral na porção N-NW da área pesquisada.

Os métodos e técnicas implementados no software GS+, mostraram-se capazes de permitir experimentação na escolha das opções a serem observadas durante os procedimentos de interpolação espacial.

Os procedimentos adotados colaboram como suporte à tomada de decisão em relação ao planejamento, execução e gestão de Pesquisa Mineral de Pegmatitos, abrindo uma janela para expansão desse tipo de metodologia para todos os Campos Pegmatíticos do Brasil.

Referências

- LANDIM, P. M. B. Análise estatística de dados geológicos. 2. ed. São Paulo: Unesp, 2003. 253 p.
- ARANHA, T. R. B. T. Aplicação de geoestatística para reamostragem de dados SRTM. Belém, 2009.

SILVA, A.P. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo. Piracicaba, 1988, 105p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz/USP).

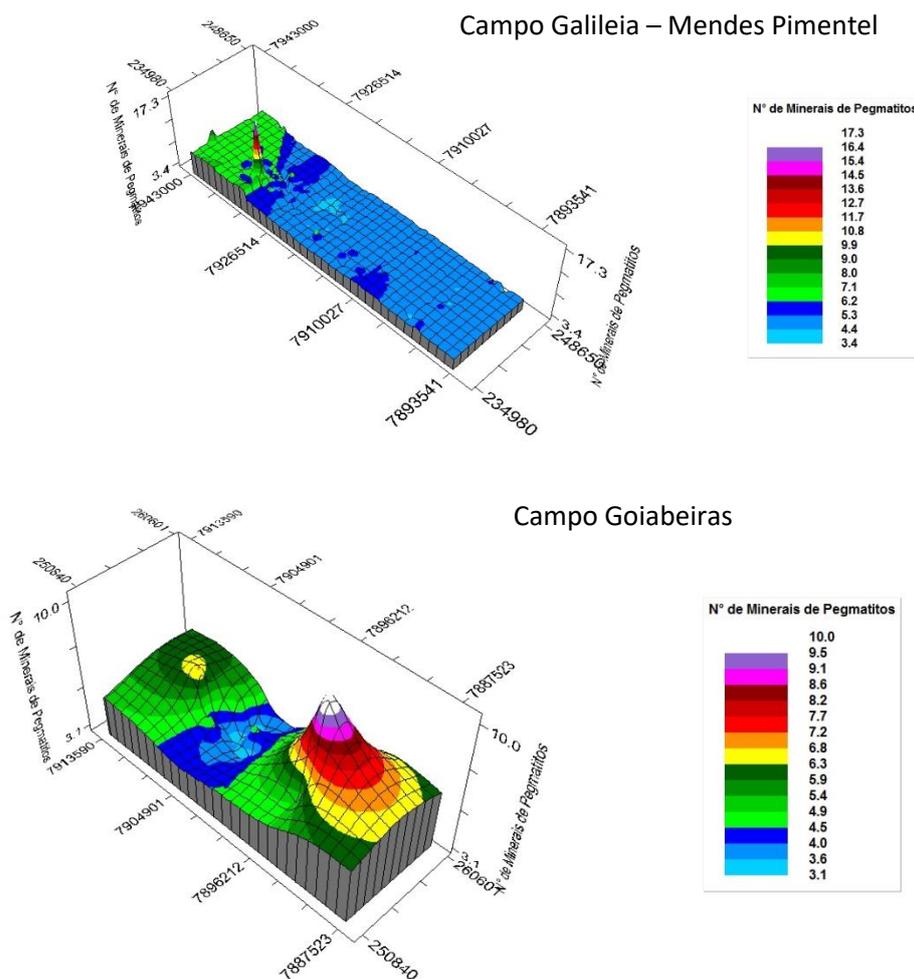
SOUZA, L.S. Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo. Porto Alegre, 1992. 162p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

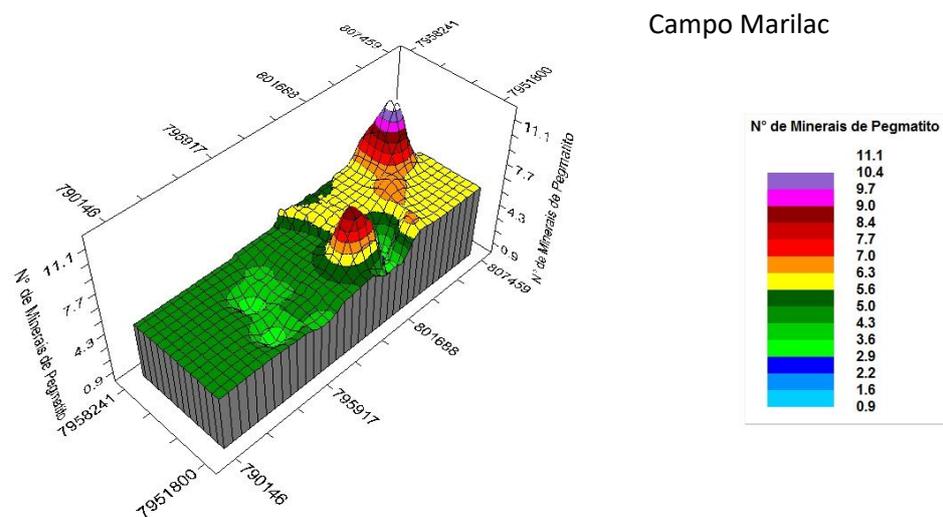
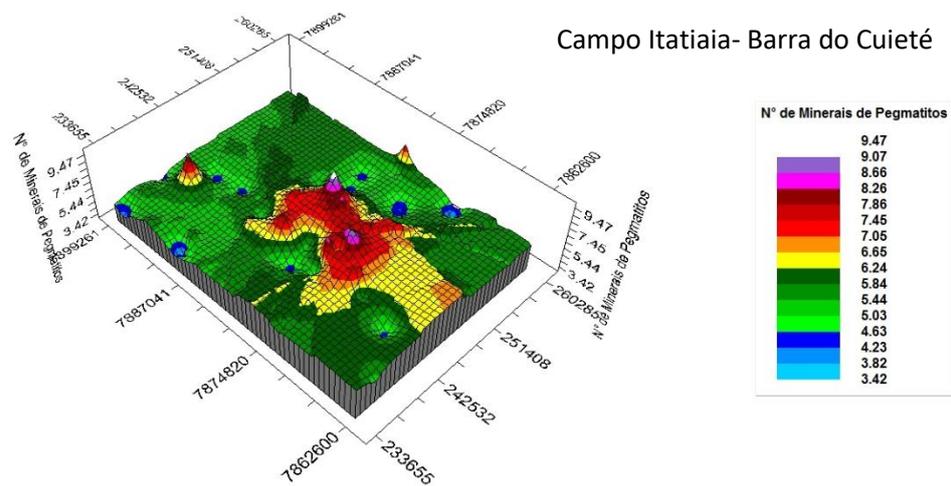
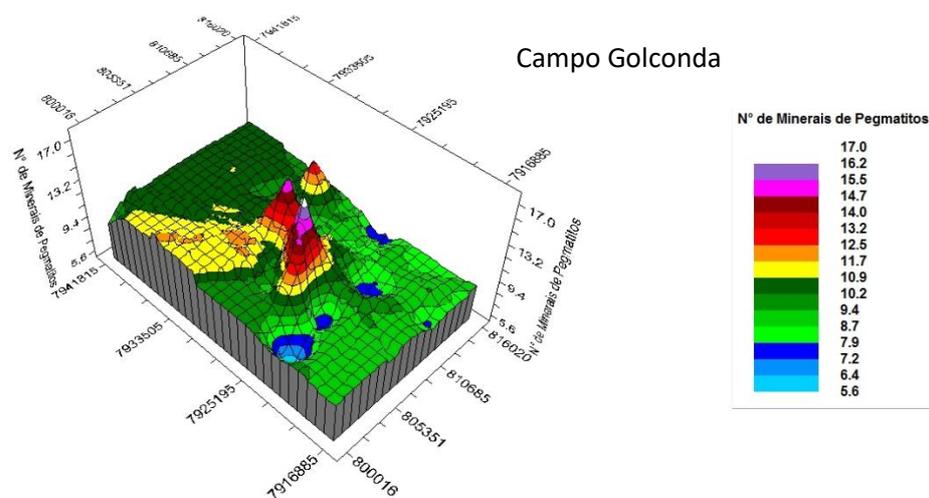
BETTINI, C. Conceitos básicos de geoestatística. In: MEIRELLES, M. S. P.; CAMARA, G.;

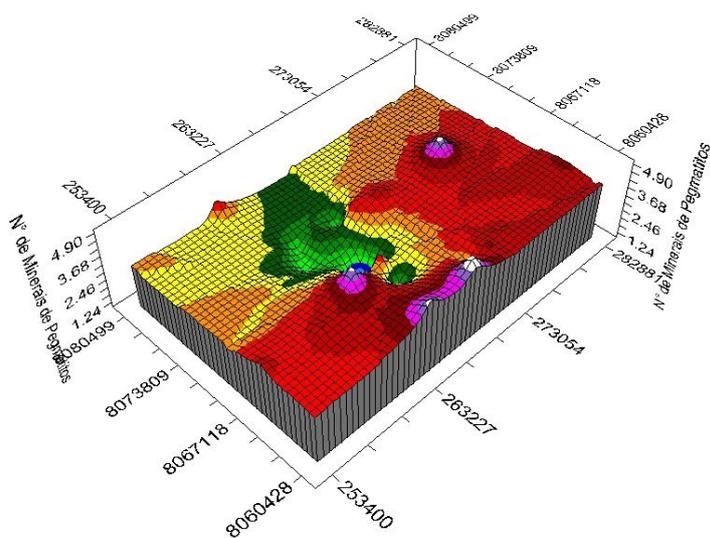
ALMEIDA, C. M.(Ed.). Geomática: modelos e aplicações ambientais. Brasília: Embrapa, 2007. cap. 4, p. 193-234.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. An introduction to applied geostatistics. New York: Oxford - University Press, 1989. 561 p.

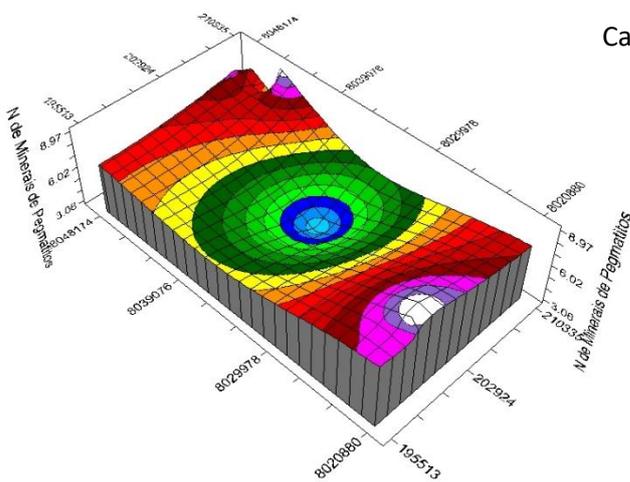
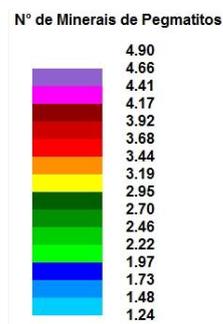
- **Mapas Geoestatísticos dos Campos Pegmatíticos:**



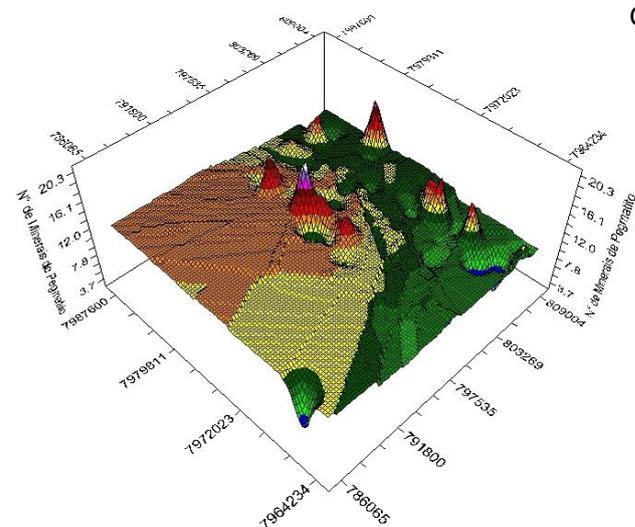
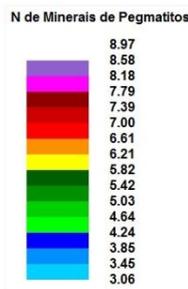




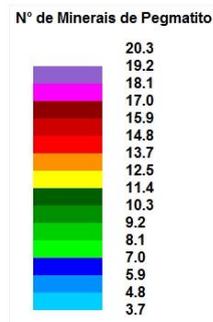
Campo Novo Oriente



Campo Poté - Ladainha



Campo Serra do Cruzeiro



APÊNDICE II – RANKING DOS PEGMATITOS COM RELEVANTE
INTERESSE PARA MINERAÇÃO (PRIM's)

RANKING DOS PEGMATITOS COM RELEVANTE INTERESSE PARA MINERAÇÃO (PRIM's)

PRIM's			DNPM	GOOGLE EARTH	RELATÓRIO LESTE			
Nome	Colocação	Média Final	Fase do Processo	Identificação dos Alvos	Tamanho do Corpo	Nº Mine Peg	Recursos Minerais	Campo pgmt
PRIM-01	1º	20	Área livre	CV/DUV	médio	15 a 18	Gema + RMI + RE	A1 Serra do Cruzeiro
PRIM-02	2º	18	Área livre	CV/DUV	médio	11 a 14	Gema + RMI; Gema + RE	A1 Serra do Cruzeiro
PRIM-03	3º	18	Área livre	ID	pequeno	7 a 10	Gema + RMI; Gema + RE	A3 Poté_Ladainha
PRIM-04	4º	18	Área livre	DUV	grande	3 a 6	Gema + RMI; Gema + RE	A8 Galileia_Mendes Pimentel
PRIM-05	5º	17	Área livre	DUV	pequeno	3 a 6	Gema + RMI + RE	D1 Padre Paraíso_Catugi
PRIM-06	6º	17	Disponível	ID	grande	7 a 10	Gemas; RMI; RE	A8 Galileia_Mendes Pimentel
PRIM-07	7º	17	Área livre	DUV	pequeno	3 a 6	Gema + RMI + RE	D4 Ataleia Fidelândia
PRIM-08	8º	17	Área livre	ID	médio	3 a 6	Gemas; RMI; RE	A8 Galileia_Mendes Pimentel
PRIM-09	9º	17	Área livre	ID	médio	3 a 6	Gemas; RMI; RE	A8 Galileia_Mendes Pimentel
PRIM-10	10º	17	Área livre	ID	médio	3 a 6	Gemas; RMI; RE	A8 Galileia_Mendes Pimentel
PRIM-11	11º	17	Área livre	ID	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	A8 Galileia_Mendes Pimentel
PRIM-12	12º	16	Área livre	CV/DUV	médio	11 a 14	Gemas; RMI; RE	A1 Serra do Cruzeiro
PRIM-13	13º	16	Área livre	DUV	pequeno	3 a 6	Gema + RMI; Gema + RE	D3 Novo Oriente
PRIM-14	14º	16	Disponível	CV	médio	11 a 14	Gema + RMI + RE	A2 Santa Rosa
PRIM-15	15º	16	Disponível	CV	grande	7 a 10	Gema + RMI + RE	A5 Marilac
PRIM-16	16º	16	Área livre	DUV	pequeno	3 a 6	Gema + RMI; Gema + RE	A9 Itatiaia-Barra do Cuieté
PRIM-17	17º	16	Área livre	DUV	pequeno	3 a 6	Gema + RMI; Gema + RE	A9 Itatiaia-Barra do Cuieté
PRIM-18	18º	16	Disponível	ID	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	A8 Galileia_Mendes Pimentel
PRIM-19	19º	15	Disponível	ID	pequeno	7 a 10	Gemas; RMI; RE	A2 Santa Rosa
PRIM-20	20º	15	Área livre	CV/DUV	pequeno	11 a 14	Gemas; RMI; RE	A1 Serra do Cruzeiro
PRIM-21	21º	15	Área livre	NID/DUV	muito pequeno	7 a 10	Gema + RMI + RE	A1 Serra do Cruzeiro
PRIM-22	22º	15	Disponível	DUV	muito pequeno	3 a 6	Gema + RMI + RE	A3 Poté_Ladainha
PRIM-23	23º	15	Disponível	CV	pequeno	11 a 14	Gema + RMI + RE	A2 Santa Rosa
PRIM-24	24º	15	Disponível	CV/DUV	médio	3 a 6	Gema + RMI; Gema + RE	A5 Marilac

APÊNDICES

PRIM-25	25 ^a	15	Área livre	ID	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	A10 Alvarenga_Itanhomi
PRIM-26	26 ^a	15	Área livre	CV	pequeno	7 a 10	Gema + RMI + RE	A3 Poté_Ladainha
PRIM-27	27 ^a	15	Disponível	ID	muito pequeno	3 a 6	Gema + RMI; Gema + RE	A3 Poté_Ladainha
PRIM-28	28 ^a	15	Disponível	DUV	pequeno	3 a 6	Gema + RMI; Gema + RE	A9 Itatiaia-Barra do Cuieté
PRIM-29	29 ^a	15	Área livre	CV/DUV	pequeno	3 a 6	Gema + RMI; Gema + RE	A10 Alvarenga_Itanhomi
PRIM-30	30 ^a	14	Área livre	DUV	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D4 Ataleia Fidelândia
PRIM-31	31 ^a	14	4	NID/DUV	muito pequeno	7 a 10	Gema + RMI + RE	A3 Poté_Ladainha
PRIM-32	32 ^a	14	Área livre	NID/DUV	muito pequeno	7 a 10	Gema + RMI; Gema + RE	A4 Golconda
PRIM-33	33 ^a	14	4	CV/DUV	médio	7 a 10	Gemas; RMI; RE	A2 Santa Rosa
PRIM-34	34 ^a	14	Área livre	NID/DUV	pequeno	7 a 10	RMI + RE	A4 Golconda
PRIM-35	35 ^a	14	4	ID	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D4 Ataleia_Fidelândia
PRIM-36	36 ^a	14	Área livre	DUV	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D4 Ataleia Fidelândia
PRIM-37	37 ^a	14	Área livre	DUV	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D4 Ataleia Fidelândia
PRIM-38	38 ^a	14	Área livre	DUV	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	A10 Alvarenga_Itanhomi
PRIM-39	39 ^a	14	Área livre	DUV	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	A10 Alvarenga_Itanhomi
PRIM-40	40 ^a	13	Área livre	DUV	muito pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D4 Ataleia Fidelândia
PRIM-41	41 ^a	13	Área livre	NID/DUV	muito pequeno	11 a 14	Gemas; RMI; RE	A1 Serra do Cruzeiro
PRIM-42	42 ^a	13	4	CV/DUV	pequeno	7 a 10	Gemas; RMI; RE	A3 Poté_Ladainha
PRIM-43	43 ^a	13	Área livre	NID/DUV	muito pequeno	7 a 10	Gema + RMI; Gema + RE	A1 Serra do Cruzeiro
PRIM-44	44 ^a	13	4	DUV	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D3 Novo Oriente
PRIM-45	45 ^a	13	Área livre	NID/DUV	pequeno	7 a 10	Gemas; RMI; RE	A3 Poté_Ladainha
PRIM-46	46 ^a	13	4	CV/DUV	médio	3 a 6	Gemas; RMI; RE	A8 Galileia_Mendes Pimentel
PRIM-47	47 ^a	13	Área livre	DUV	muito pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D1 Padre Paraíso_Catugi
PRIM-48	48 ^a	12	Área livre	NID/DUV	muito pequeno	7 a 10	Gemas; RMI; RE	A3 Poté_Ladainha
PRIM-49	49 ^a	12	Área livre	DUV	muito pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D2 Faisca
PRIM-50	50 ^a	12	Área livre	DUV	muito pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D2 Faisca
PRIM-51	51 ^a	12	Área livre	DUV	muito pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D2 Faisca
PRIM-52	52 ^a	12	Área livre	NID/DUV	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	A9 Itatiaia-Barra do Cuieté
PRIM-53	53 ^a	12	Área livre	NID/DUV	muito pequeno	3 a 6	Gema + RMI; Gema + RE	D1 Padre Paraíso_Catugi

APÊNDICES

PRIM-54	54 ^o	12	Área livre	CV	muito pequeno	3 a 6	Gema + RMI; Gema + RE	D4 Ataleia Fidelândia
PRIM-55	55 ^o	12	Área livre	CV/DUV	muito pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	A1 Serra do Cruzeiro
PRIM-56	56 ^o	12	Área livre	NID/DUV	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	A10 Alvarenga_Itanhomi
PRIM-57	57 ^o	12	Área livre	NID/DUV	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	A6 Resplendor
PRIM-58	58 ^o	12	Área livre	DUV	muito pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D3 Novo Oriente
PRIM-59	59 ^o	12	Área livre	NID/DUV	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	A8 Galileia_Mendes Pimentel
PRIM-60	60 ^o	12	Área livre	NID/DUV	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	A10 Alvarenga_Itanhomi
PRIM-61	61 ^o	12	Área livre	NID/DUV	muito pequeno	3 a 6	Gema + RMI; Gema + RE	D2 Faisca
PRIM-62	62 ^o	12	Área livre	DUV	muito pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D3 Novo Oriente
PRIM-63	63 ^o	12	Área livre	NID/DUV	muito pequeno	3 a 6	Gema + RMI; Gema + RE	D2 Faisca
PRIM-64	64 ^o	12	Área livre	NID/DUV	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D3 Novo Oriente
PRIM-65	65 ^o	12	Área livre	NID/DUV	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D1 Padre Paraíso_Catugi
PRIM-66	66 ^o	12	Área livre	NID/DUV	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D4 Ataleia Fidelândia
PRIM-67	67 ^o	12	Área livre	NID/DUV	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D1 Padre Paraíso_Catugi
PRIM-68	68 ^o	12	Área livre	NID/DUV	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	A10 Alvarenga_Itanhomi
PRIM-69	69 ^o	11	Disponível	NID/DUV	muito pequeno	7 a 10	Gemas; RMI; RE	A2 Santa Rosa
PRIM-70	70 ^o	11	Disponível	NID/DUV	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	A8 Galileia_Mendes Pimentel
PRIM-71	71 ^o	11	Disponível	NID/DUV	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	A9 Itatiaia-Barra do Cuieté
PRIM-72	72 ^o	11	Disponível	DUV	muito pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D4 Ataleia_Fidelândia
PRIM-73	73 ^o	11	Disponível	NID/DUV	pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D4 Ataleia_Fidelândia
PRIM-74	74 ^o	11	Disponível	DUV	muito pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D3 Novo Oriente
PRIM-75	75 ^o	10	Área livre	NID/DUV	muito pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D3 Novo Oriente
PRIM-76	76 ^o	10	Área livre	NID/DUV	muito pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D3 Novo Oriente
PRIM-77	77 ^o	10	Área livre	NID/DUV	muito pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D3 Novo Oriente
PRIM-78	78 ^o	9	Área livre	CV	muito pequeno	3 a 6	Gemas; RMI; RE	D3 Novo Oriente

APÊNDICE III – DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA DAS
EXPEDIÇÕES DE CAMPO

Distrito São José da Safira

Distrito Conselheiro Pena

Distrito Ataléia



Distrito Padre Paraíso

