



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA DE MINAS E TÉCNICAS DE
LAVRA A CÉU ABERTO**

LUIS ANTONIO RAPOSO BONFIM

**DEPÓSITOS ESTANÍFEROS E TÉCNICAS DE PESQUISA E PROSPECÇÃO.
EXEMPLO DO DEPOSITO DE SN DA FAIXA PLACHA, PROVÍNCIA
ESTANÍFERA DE GOIÁS, BRASIL.**

**BELÉM
2016**

LUIS ANTONIO RAPOSO BONFIM

**DEPÓSITOS ESTANÍFEROS E TÉCNICAS DE PESQUISA E PROSPECÇÃO.
EXEMPLO DO DEPOSITO DE SN DA FAIXA PLACHA, PROVÍNCIA
ESTANÍFERA DE GOIÁS, BRASIL.**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação Lato Sensu do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará – UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Especialista em Geologia de Mina e Técnicas de Lavra a Céu Aberto. Área de concentração: Pesquisa Mineral. Orientador: Adriana Araújo Castro.

BELÉM
2016

LUIS ANTONIO RAPOSO BONFIM

**DEPÓSITOS ESTANÍFEROS E TÉCNICAS DE PESQUISA E PROSPECÇÃO.
EXEMPLO DO DEPOSITO DE SN DA FAIXA PLACHA, PROVÍNCIA
ESTANÍFERA DE GOIÁS, BRASIL.**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação Lato Sensu do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará – UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Especialista em Geologia de Mina e Técnicas de Lavra a Céu Aberto. Área de concentração: Pesquisa Mineral. Orientador: Adriana Araújo Castro.

Data de aprovação: ____/____/____

Conceito: _____

Banca examinadora:

Prof. Adriana A. Castro- Orientadora
Mestra em Geologia
Universidade Federal do Pará

Prof. Estanislau
Doutor em Geologia
Universidade Federal do Pará

Prof. Carlos Marcelo
Doutor em Geologia
Universidade Federal do Pará

*“Quem abandona a luta não
poderá nunca saborear o gosto de
uma vitória”.*

([Textos Judaicos](#))

RESUMO

O maciço granítico Pedra Branca está localizado na Província Estanífera de Goiás, inserido na Província Estrutural Tocantins, Brasil Central, porção central da plataforma sul-americana. O estudo deste maciço teve como intuito proporcionar um modelo de depósito e estratégia de exploração, direcionado a detectar mineralizações de Sn associados a plútons graníticos. Estudos sobre as características geológicas, geoquímicas e metalogenéticas observadas neste depósito e comparadas a importantes províncias estaníferas brasileiras foi a base para este trabalho. A metodologia utilizada correspondeu à análise interativa de mapas temáticos que consideraram os fatores como geologia, geoquímica, geofísica e conceitos metalogenéticos, e técnicas de avaliação de jazidas (trincheiras e sondagem), possibilitando a indicação e localização de depósitos mineralizados em estanho. Tal metodologia de integração pode ser aplicada para a descoberta de mineralizações de Sn relacionadas a plútons graníticos que é o caso da Faixa Placha, localizada no maciço granítico Pedra Branca. Lá, detectou-se mineralizações estaníferas primárias da ordem de 15.000t de estanho contido, em apenas uma faixa de 1,5 km de comprimento, significando que o potencial de toda a Faixa Placha pode ser triplicado, se considerados a sua extensão de mais de 5 km de comprimento, além dos depósitos secundários, que são constituídos por aluviões relativamente rasos e por material residual de pequena espessura, distribuídos por extensas áreas.

Palavras-chave: Exploração; estanho, depósitos minerais; Província Estanífera de Goiás.

ABSTRACT

The massive granite Pedra Branca is located in the Tin Province of Goiás, located on the Tocantins Structural Province, Central Brazil, the central portion of the South American platform. The study of this massive was intended to provide a deposit model and exploration strategy, aimed at detecting Sn mineralization associated with granitic plutons. Studies on the geological, geochemical and metallogenetic observed in this deposit and compared the major Brazilian tin provinces was the basis for this work. The methodology used corresponded to the interactive analysis of thematic maps that considered factors such as geology, geochemistry, geophysics and metallogenic concepts and fields of valuation techniques (trenches and drilling), enabling the display and location of mineralized deposits of tin. Such integration methodology can be applied to finding mineralization Sn related to granitic plutons which is the case of Placha range, located in the massive granite white stone. There was detected primary mineralization of tin 15.000t order contained in one track only 1.5 km long, meaning that all potential Placha range can be tripled if deemed its extension over 5km long, addition of secondary deposits that are formed by relatively shallow alluvium and small waste material thickness distributed over large areas.

Keywords: Exploration; tin, mineral deposits; Tin Province of Goiás.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	OBJETIVOS	8
3	REFERENCIAL TEÓRICO	9
4	MATERIAS E METODOS	9
5	LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	10
6	GEOLOGIA REGIONAL	11
6.1	Á Província Estanífera de Goiás	13
6.1.1	Geologia da área de estudo	14
7	RESULTADOS	16
7.1-	Técnicas de Avaliação de Depósitos	24
7.1.1-	Trincheiras	24
7.1.2-	Poços de Pesquisa	26
7.1.3-	Sondagem	27
8-	CONCLUSÃO	30
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1 INTRODUÇÃO

O maciço Pedra Branca possui importantes mineralizações estaníferas primárias, constituindo-se num dos corpos graníticos de maior potencial econômico da Província Estanífera de Goiás. Além disso, importantes depósitos secundários associados às acumulações em aluviões ocorrem no sopé e nas imediações da Serra da Pedra Branca.

As mineralizações ocorrem em quatro áreas principais do maciço granítico: 1) associadas a granitos albitizados, greisenizados e greisens, compondo as chamadas mineralizações endograníticas; 2) e as associadas às rochas encaixantes, formando as mineralizações exograníticas (Botelho, 1984).

As reservas de minério primário medidas até o momento são da ordem de 15.000 toneladas de Sn contido (Padilha & Laguna 1981), referentes às acumulações medidas da Faixa Placha, existindo ainda outras áreas com potenciais até então não comprovados, e os depósitos secundários constituídos por aluviões relativamente rasos e por material residual de pequena espessura, distribuídos por extensa área.

O Granito Pedra Branca constitui o principal modelo de mineralizações estaníferas associadas a cúpulas graníticas albitizadas e greisenizadas da Província Estanífera de Goiás (PEG). As características geológicas, geoquímicas e os conceitos metalogenéticos observados nesta área de trabalho foram utilizados como base para apresentar um modelo de depósito para mineralizações de Sn, que visa ser utilizado para auxiliar trabalhos de pesquisa mineral com o intuito de detectar mineralizações estaníferas associadas a corpos graníticos.

2 OBJETIVOS

Objetiva-se neste trabalho propor um modelo de exploração (modelo de depósito e estratégia de exploração) aplicável ao país, com o intuito de facilitar a descoberta de áreas mineralizadas em estanho (Sn), espacial e geneticamente relacionadas a plútons granitos.

A intenção é apresentar um modelo que atenda programas de exploração mineral, relacionados a pesquisa de depósitos estaníferos, utilizando-se como guia a geologia do depósito de estanho da Faixa Placha, na Província Estanífera de Goiás.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Vários modelos teóricos de exploração (modelo de depósito e estratégia de exploração) foram construídos e aplicados em várias regiões do país, com o intuito de se descobrir novos depósitos mineralizados em Sn. Silva & Pressionotti (1991) aplicaram um modelo para o Estado de São Paulo, no Vale do Ribeira, para descobrir mineralizações de estanho (Sn), espacial e geneticamente relacionadas com granitoides. A intenção era apresentar um modelo de exploração que atenderia às exigências de custo/benefício inerentes aos programas de exploração mineral.

Marini & Botelho (1986), aplicaram na Província Estanífera de Goiás, que abrange as porções centro-norte e nordeste do Estado de Goiás, e a descreveram como granitos estaníferos de idade Paleo a Mesoproterozóicos, distribuídos em duas sub-províncias: A Subprovíncia do Rio Paranã (SRP), a leste e Subprovíncia do Rio Tocantins (SRT), a oeste. Esses granitos estaníferos apresentam assinaturas petrográficas e geoquímicas semelhantes aos granitos do tipo anorogênicos, ricos em álcalis e com altos teores de Sn, associados a processos de alteração tarde a pós-magmáticas, tais como microclinitização, albitização e greisenização (Botelho *et al.* 1993; Lenharo *et al.* 2002).

Considerando o aspecto pragmático da exploração mineral, tem-se o cuidado de montar um modelo de exploração com independência em relação aos modelos geotectônicos existentes para o país, os quais, apesar de bem engendrados do ponto de vista teórico, ainda são bastante carentes de dados reais e comprobatórios.

4 MATERIAS E METODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida nas seguintes etapas de trabalho:

1) pesquisa bibliográfica.

Na etapa de pesquisa bibliográfica foram coletadas informações a respeito do estado de conhecimento geológico dos depósitos estaníferos brasileiros, a exemplo da Província Estanífera de Goiás, além de mapas geológicos e imagens de satélite da região nordeste do Estado de Goiás. Foram também coletadas informações bibliográficas sobre as características geológicas, geoquímicas, geocronológicas e metalogenéticas de outras províncias estaníferas no Brasil, com o objetivo de municiar a pesquisa de informações científicas atualizadas.

2) pesquisa de campo.

A etapa de pesquisa de campo foi realizada em dois períodos: 25 a 31 de março de 2013 e 19 a 22 de julho de 2014. Nessas etapas, foram realizadas o reconhecimento geológico da Faixa Placha, acompanhado de coleta de amostras, com o intuito de compreender as relações de campo entre rocha hospedeira e a mineralização, bem como o reconhecimento geológico da área em torno ao depósito de estanho da Faixa Placha, localizado no granito Pedra Branca.

3) tratamento e interpretação das informações obtidas.

Finalmente, na etapa de tratamento e interpretação das informações obtidas, buscou-se integrar todas as informações adquiridas nas etapas anteriores, cujas interpretações e conclusões estão presente nos resultados deste trabalho.

5 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

O maciço Pedra Branca está situado à margem esquerda do Rio Paranã, a 24 km NW da cidade de Nova Roma (figura 1). O acesso à região pode ser feito partindo de Brasília, através da BR-020 (Brasília-Fortaleza) até a cidade de Alvorada do Norte-GO.

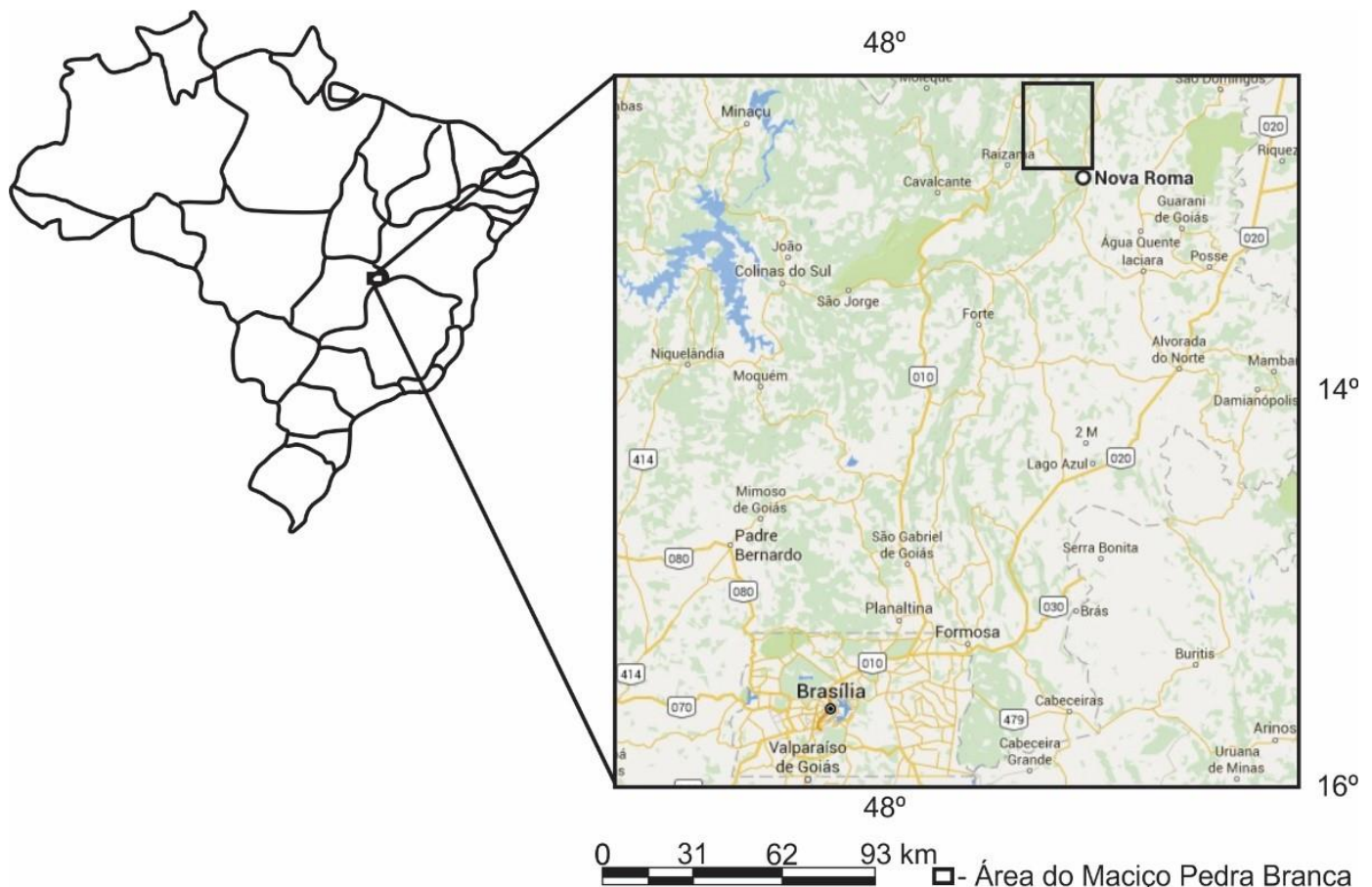


Figura 1 - Mapa esquemático de localização do Maciço Pedra Branca.

Segue-se pela GO-112, passando por Iaciara e Nova Roma-GO, de onde se alcança a Serra da Pedra Branca através de estrada municipal não pavimentada. No total, o percurso possui 402 km, sendo 257 km por rodovia pavimentada e 145 km por estradas com revestimento ou leito natural. Também se pode chegar ao granito Pedra Branca através da GO-118.

6 GEOLOGIA REGIONAL

A área de estudo está inserida na Província Estrutural Tocantins, no Brasil Central (figura 2), porção central da Plataforma Sul-Americana. De acordo com Fuck (1994), a Plataforma Sul-Americana é composta por escudos pré-cambrianos e Faixas Moveis proterozoicas, e foi consolidada no fim do Neoproterozoico, com o encerramento do Ciclo Brasileiro (650-530 Ma).

A Província Tocantins, localizada a oeste do Cráton São Francisco e a leste do Cráton Amazônico, é um sistema orogênico Neoproterozóico, relacionado ao processo de convergência entre os crátons, com vergência para leste, e configura um sistema de dobras e empurrões, que gerou metamorfismo e retrabalhamento crustal durante Ciclo Orogenético Brasileiro. A Província Tocantins é composta por três faixas moveis: a Faixa Brasília, que bordeja o Cráton São Francisco, e as Faixas Paraguai e Araguaia, que bordejam o Cráton Amazônico; além do terreno arqueano de Crixas-Goiás, os complexos maficos-ultramáficos acamadados e o Arco Magmático de Goiás (Fuck *et al.* 1994).

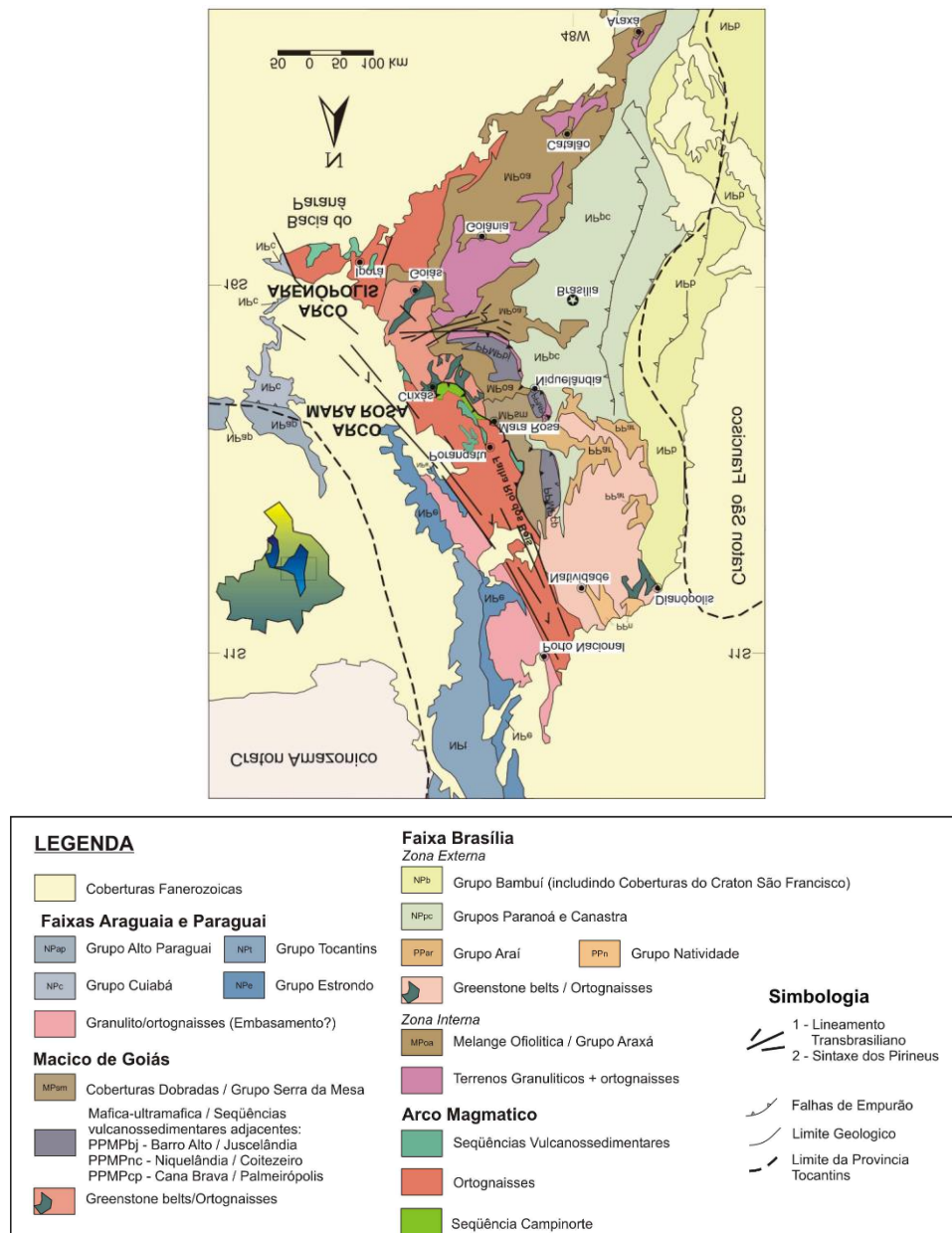


Figura 2- Mapa geológico esquemático da Faixa Brasília e de seu embasamento. (Fuck *et al.* 1993).

A Faixa Brasília constitui uma importante unidade geotectônica neoproterozoica e é caracterizada por um cinturão de dobras e falhas de empurrão com transporte tectônico em direção ao Cratão São Francisco (Rodrigues *et al.* 1999). Está situada na porção leste da Província Tocantins e se estende por mais de 1000 km na direção N-S (Dardenne 2000).

Esta faixa é dividida em zona cratônica externa e interna, com base nas diferenças no grau metamórfico e no nível de deformação, que aumentam na direção E – W (Fuck *et al.* 1994). A Zona cratônica externa é composta por unidades de metassedimentos dos Grupos Paranoá e Canastra e pelas Formações Vazante e Ibiá, além de exposições de seu embasamento. A Zona interna inclui unidades alóctones, rochas associadas representantes do

Grupo Araxá e áreas de embasamento (Fuck *et al.* 1994). Esse embasamento é representado por rochas da Formação Tincuzal, Suíte Aurumina, Suíte Pedra Branca, Grupo Araí, e Serra da Mesa (Pimentel *et al.* 2000).

O maciço granítico Pedra Branca faz parte da subprovíncia do Rio Paranã (Província Estanífera de Goiás) e está inserido na zona externa da Faixa Brasília, na porção onde aflora o embasamento granítico-gnáissico. Este embasamento é constituído em grande parte, por rochas graníticas peraluminosas da Suíte Aurumina.

A granitogênese no nordeste do Estado de Goiás e sudeste do Estado do Tocantins engloba ainda um importante magmatismo de natureza intraplaca, mais jovem do que a Suíte Aurumina (2,0 e 2,2 Ga), representado por intrusões subvulcânicas de granitos tipo A e por um extenso vulcanismo de rifte, nos domínios conhecidos como Grupo Araí (1,77 Ga). As rochas plutônicas desse evento constituem a Suíte Pedra Branca com idades de 1,6 e 1,77 Ga (Botelho *et al.* 1999).

6.1 Á Província Estanífera de Goiás

A Província Estanífera de Goiás (PEG) é constituída de maciços graníticos e pegmatitos do Proterozóico Médio (figura 3), mineralizados em estanho e nióbio-tântalos, intrusivos em rochas do Embasamento Granítico-Gnáissico e Suíte Aurumina (Arqueano/Proterozóico Inferior) e da Formação Tincuzal (Proterozóico Inferior), e recobertos por metassedimentos dos Grupos Araxá, Serra da Mesa e Araí, de idade proterozóica média (Padilha & Laguna 1984, Marini & Botelho 1986, Pimentel *et al.* 1991, 1999).

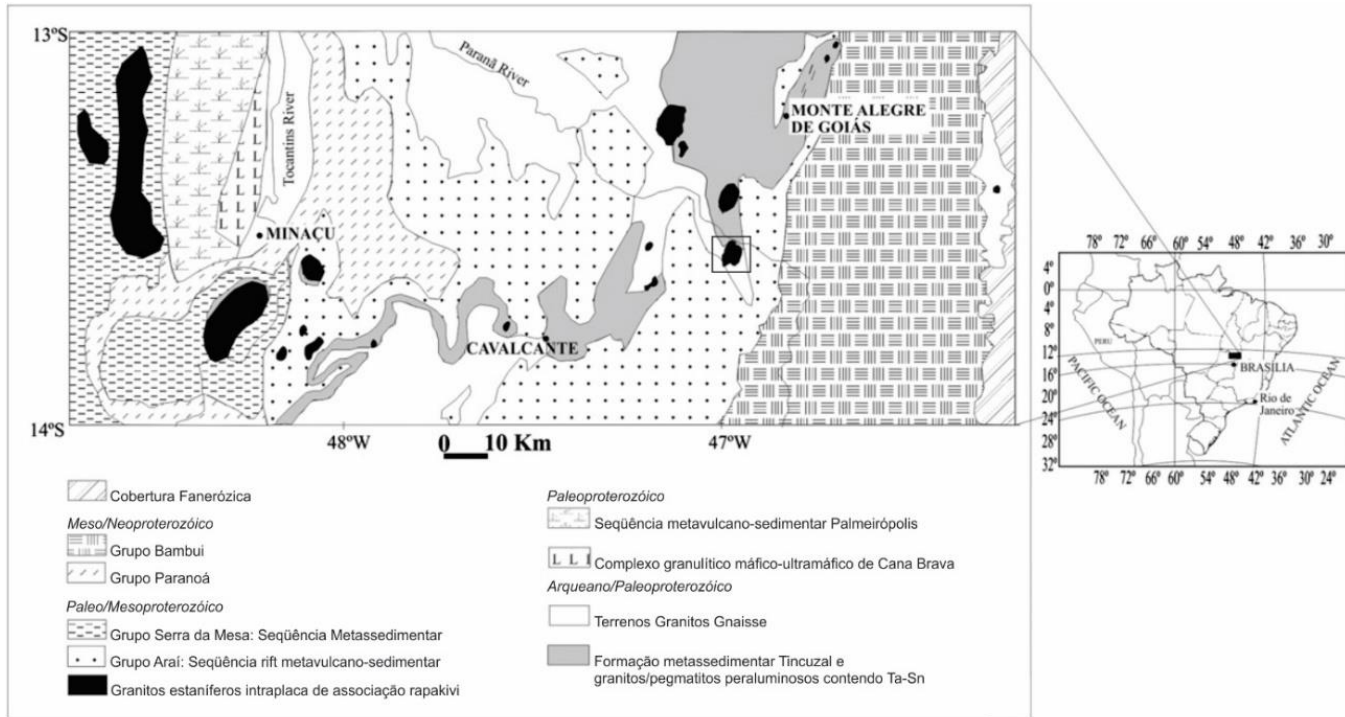


Figura 3- Mapa litológico do norte da província estanífera de Goiás (PEG). Destaque para o maciço Pedra Branca. Modificado de Alvarenga et al. (2000).

A província foi subdividida em quatro subprovíncias por Marini & Botelho (1986): Rio Tocantins, Rio Paranã, Pirenópolis-Goianésia e Ipameri. A única subprovíncia a ser discutida neste trabalho é a do Rio Paranã, por conter o Granito Pedra Branca. As unidades geológicas identificadas na Subprovíncia do Rio Paranã são Suíte Aurumina, a Formação Tincuzal, o Grupo Arai e a Suíte Pedra Branca.

6.1.1 Geologia da área de estudo

O Granito Pedra Branca constitui o principal modelo de mineralizações estaníferas associadas a cúpulas graníticas albitizadas e greisenizadas da Província Estanífera de Goiás. Os depósitos de estanho encontrados neste maciço são divididos em depósitos primários e depósitos secundários, os secundários são caracterizados por aluviões favorecidos pela topografia do granito e pela formação de cabeceiras de drenagens na cúpula granítica.

As principais mineralizações primárias do maciço granítico Pedra Branca são encontradas nas áreas denominadas Zona da Bacia, Faixa Placha e Manchão dos Baianos (figura 4), enquanto os depósitos secundários, presente em aluviões, são conhecidos como Grota Seca, Grota Rica, Grota do Jair e Garimpinho (Botelho & Rossi 1988).

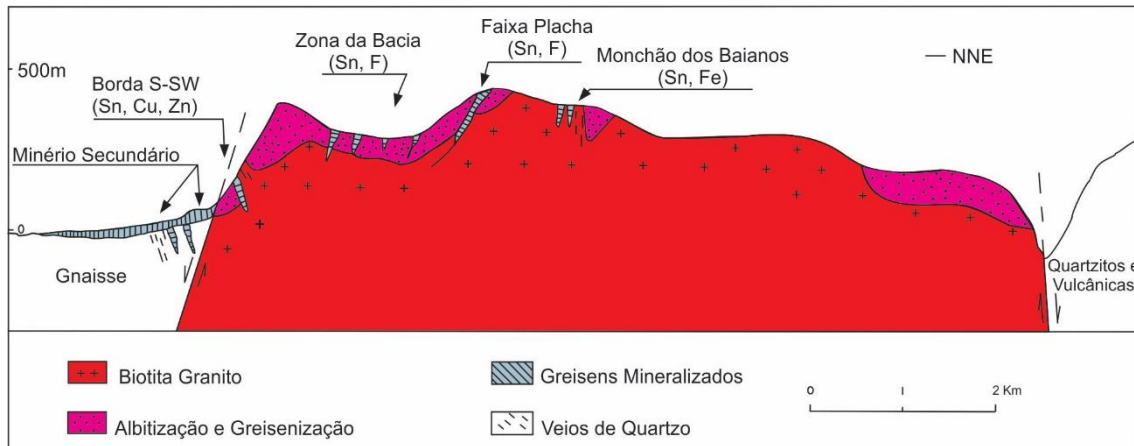


Figura 4- Perfil esquemático da cúpula granítica do maciço Pedra Branca, contendo as principais mineralizações primárias, denominadas de Zona da Bacia, Borda S-SW, Faixa Placha e Monchão dos Baianos, os depósitos secundários estão presentes em aluviões (Botelho & Rossi 1988).

A Faixa Placha constitui-se, atualmente, no depósito primário de cassiterita mais importante do Maciço Pedra Branca, onde foram realizadas a maior parte dos trabalhos de prospecção, pela Rio Doce Geologia e Mineração (DOCEGEO) e Goiás Estanho, e resultaram na cubagem preliminar da reserva lavrável de 15.000t de estanho contido, em apenas uma faixa de 1,5 km de comprimento, sendo que o potencial de toda a faixa pode ser triplicado, levando em consideração a extensão desta faixa, que atinge mais de 5 km (figura 5).

Esta Faixa constitui-se em uma importante zona de falha, orientada NE-SW, onde afloram o biotita-granito greisenizado e greisens intensamente cataclasados e cisalhados, em faixa de espessura variável (até 180 metros largura) e com 5 km de extensão. A zona central da faixa, com cerca de 20m de largura, orientada N45E, com mergulho de 50 a 60 NW e possui a concentração mais importante de cassiterita, hospedada em topázio – Li-siderofilita – quartzo greisen de cor escura, que contrasta com faixas claras amareladas, fracamente mineralizadas. Devem ainda ser ressaltados os teores de índio na cassiterita da Faixa Placha, em torno de 1500 ppm em média, que pode ser recuperado como subproduto na metalurgia. Merece ainda destaque a presença de esfalerita e estanita ricas em índio (Botelho e Moura

1998).

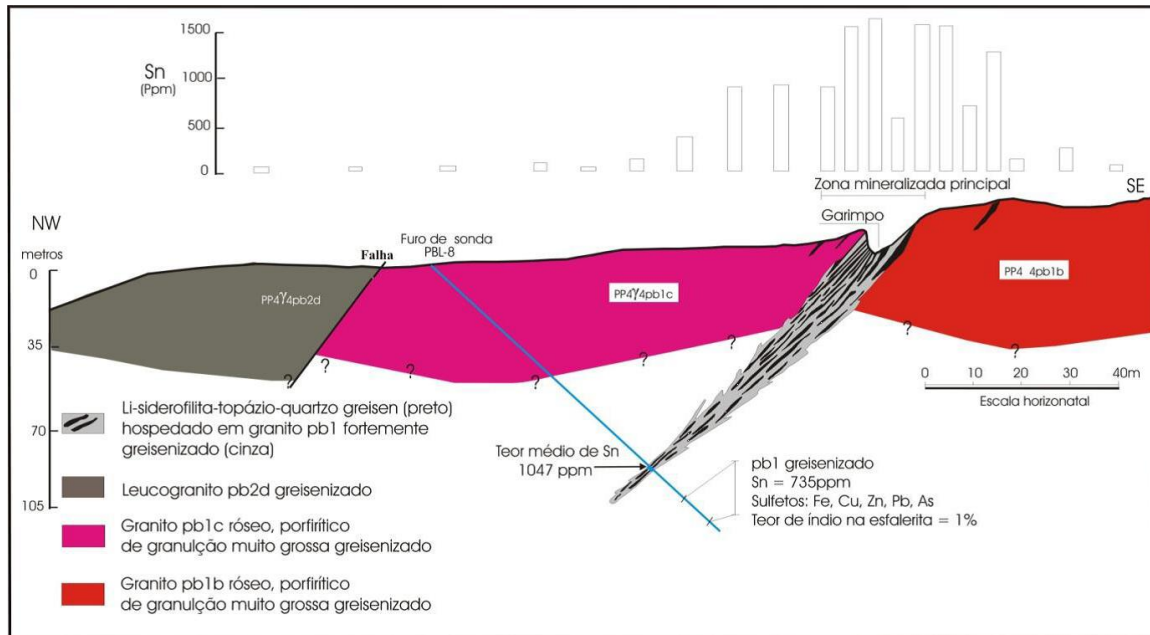


Figura 5: Perfil esquemático do Maciço Pedra Branca com detalhe na Faixa Placha (Adaptado de Botelho & Rossi 1988).

7 RESULTADOS

A exploração mineral pode ser definida como um esforço científico para descobrir e obter um recurso natural, o qual é, por natureza, não renovável. A exploração mineral compreende a pesquisa para se descobrir, identificar e avaliar economicamente o referido recurso (De Geoffroy & Wignall 1985; Woodall 1984). A principal finalidade da exploração mineral é encontrar o melhor depósito, com o menor custo possível. Seguindo-se esta premissa, a exploração mineral moderna utiliza como pedra de toque o modelo de depósito (figura 6).

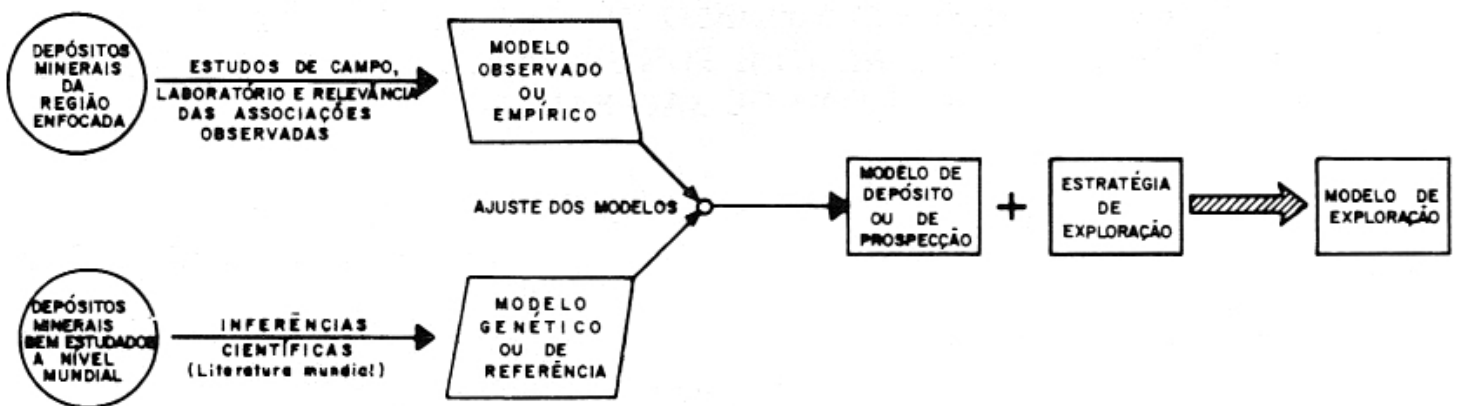


Figura 6- Fases de elaboração do modelo de pesquisa e exploração (Silva & Pressinotti, 1991).

O estabelecimento de rigorosos modelos de depósitos é muito dificultoso não só pela falta de dados adequados como pelo entendimento bastante rudimentar de aspectos genéticos de diversos depósitos (e. g. Kipushi - Cu, Zn, Pb e Ge; Olympic Dam - Cu, Au e U - Cox & Singer 1986).

As características observadas no maciço granito Pedra Branca foram descritas a partir de relatórios, visitas de campo e dados obtidos na literatura, e comparados com informações bibliográficas analisadas de outras Províncias Estaníferas, a exemplo de Rondônia e Pitinga (Lenharo 2002; Feio *et al* 2011), foi possível selecionar os seguintes aspectos:

- os granitos relacionados com as mineralizações são granitos não-foliados, tardi a pós-tectônicos;
- os granitos são, no geral, corpos mimeticamente e geneticamente evoluídos;
- a mineralização na maioria dos corpos graníticos, está associada com mineralização do tipo *greisen*, a exemplo do maciço Pedra Branca (figura 7);

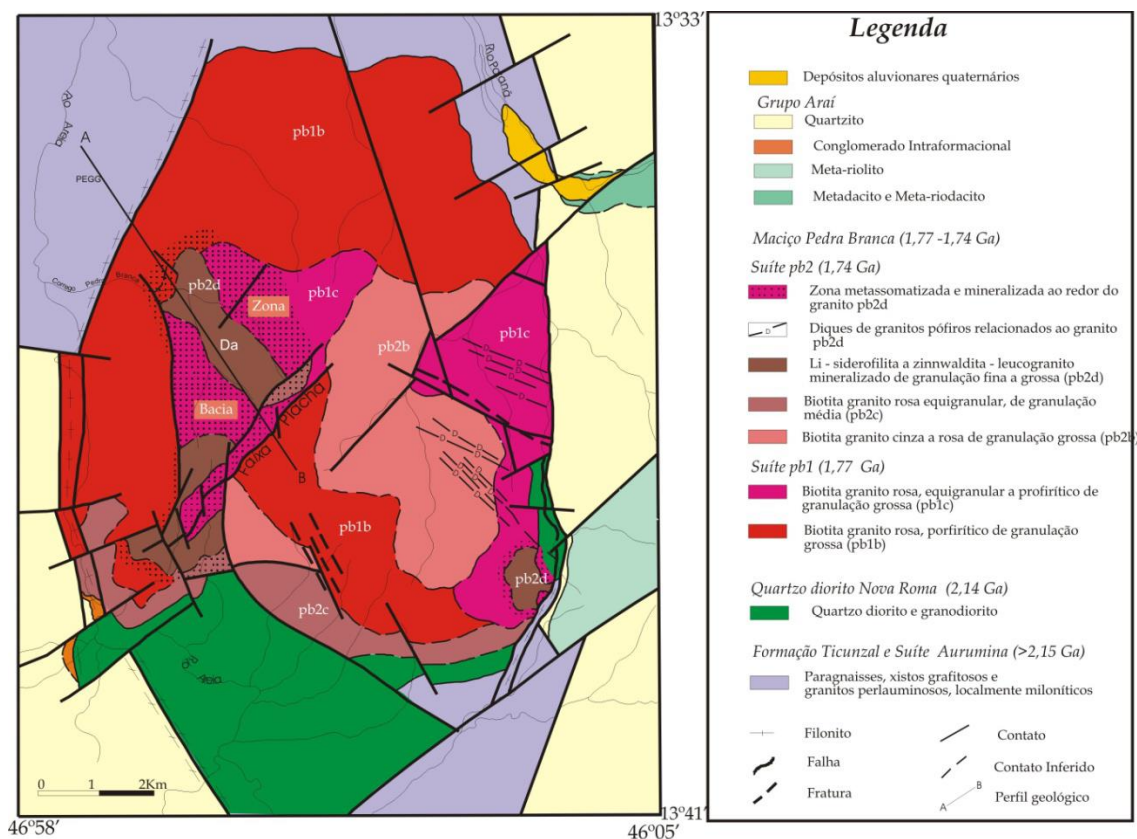


Figura 7: Mapa Geológico do Maciço Pedra Branca (modificado Lenharo et al. 2002).

d) a mineralização no Granito Pedra Branca é predominantemente de Sn, com relevantes mineralizações de F, W e In; de forma secundária, mineralizações sulfetadas também podem ser um bem mineral importante neste granito, as principais ocorrências de minerais sulfetados

são esfalerita, calcopirita, pirita, galena, covelita e arsenopirita; em outros granitos, no geral, as mineralizações podem ser de Sn, W, Cu, Au, Mo, F e B;

e) no geral, os granitos apresentam tanto anomalias radiométricas totais quanto anomalias gravimétricas negativas, indicativas de alto grau de diferenciação magmática;

f) são granitos circunscritos e detectáveis através de fotografias aéreas, imagens de satélite e mosaicos de radar;

g) alguns granitos podem hospedar veios gigantes de quartzo, fluorita ou boro. Provavelmente representantes de indicações da atuação pretérita de sistemas de fluidos que agem como agentes transportadores, mineralizantes e de alteração, e, portanto, passíveis de terem se formado a partir de atividades hidrotermais (figura 8).

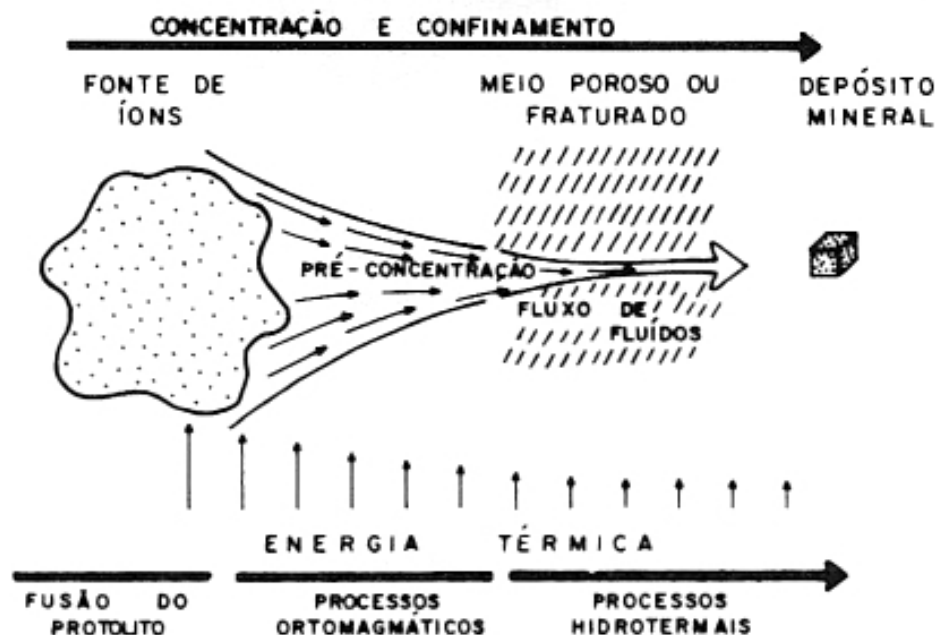


Figura 8- Representação esquemática da interação de fatores essenciais para geração de depósitos minerais (Silva & Pressinotti, 1991).

Com base nestes dados, buscou-se na literatura geológica nacional um modelo genético que englobasse estas características e pudesse ser adaptado para a situação geológica da Província Estanífera de Goiás e que pudesse ser utilizado, como guia prospectivo mineral, em território brasileiro.

A metalogênese preconiza para os modelos genéticos a necessidade da interação de vários fatores para a geração de um depósito mineral, os quais incluem: uma fonte de íons, uma fonte de fluidos, meio com porosidade e/ou sistema de fraturamento adequado, fonte de energia que pode ser calor magmático, calor radiogênico, calor de cristalização ou tectonismo e um sítio de deposição adequado.

Levando-se em consideração essas premissas, a metalogênese para depósitos estaníferos associados com granitoides pode ser visualizada em duas etapas: uma fase de pré-concentração e outra fase de mineralização propriamente dita (Le Fort 1987).

A fase de pré-concentração é admitida como necessária para elementos com abundância crustal menor que 10 ppm (Sn, W, Mo, U, Hg, Ag, Se, As, Bi etc.), segundo Plant *et al.* (1983), e pode acontecer por vários processos: baixa taxa de fusão parcial, alta taxa de cristalização fracionada, interação plutão/encaixante etc. Além da própria herança do protólito que originou o líquido magmático.

Nos depósitos estaníferos, durante a evolução magmática, os elementos incompatíveis (Sn, W, F, B, Li) tendem a aumentar de concentração no líquido magmático, dando origem aos granitos especializados ou evoluídos, muito comuns na Província Estanífera de Goiás.

Os principais fatores de geração de depósito dependem dos processos presentes nos últimos estágios do magmatismo, quais sejam:

- a) composição do magma (Sn, W, S, Cl, F, B).
- B) e, acima de tudo, do desenvolvimento de uma fase aquosa; e
- b) profundidade de posicionamento do corpo granítico.

A evolução de uma fase aquosa a partir do magma é controlada principalmente pela solubilidade da água no líquido magmático, a qual é muito dependente da pressão e muito pouco da temperatura (Burnham & Ohmoto 1980).

De acordo com Manning (1982 *apud* Le Fort, 1987), composicionalmente, se o sistema for em sua maioria dominado por água, no magma, com pouca presença de elementos complexantes, ele produzirá pegmatitos, mas, se existir uma combinação de água, F, B e Li, então o sistema será predominantemente hidrotermal (Silva & Pressinotti, 1991).

Estas duas condições antagônicas foram compatibilizadas no modelo de Plant *et al.* (1983), onde a hidratação do magma é feita por fluidos das encaixantes a altas temperaturas, acarretando a retirada dos elementos formadores de minério, por redução dos minerais primários e acessórios. Numa dada profundidade é desenvolvida a fase fluida que juntamente com a tectônica regional determinam o grau de faturamento e a atividade hidrotermal do sistema.

Quando a pressão do fluido excede a resistência das rochas confinantes, acontece o hidrofraturamento, permitindo o escape de fluidos e marcando o início da instalação de células de convecção hidrotermal (fluidos magmáticos e meteóricos), que reagem com as porções solidificadas do granito e rochas encaixantes, removendo e transportando elementos

mineralizantes, até iniciar a deposição dos minerais de minério através de neutralização das soluções mineralizantes. Isto ocorre tanto em função da natureza das encaixantes como em função da mistura com águas meteóricas (Silva & Pressinotti, 1991; Lenharo, 2002).

A figura 9 sintetiza e ilustra os processos envolvidos na geração de um depósito de Sn e W, de acordo com o modelo de Plant *et al.* (1983).

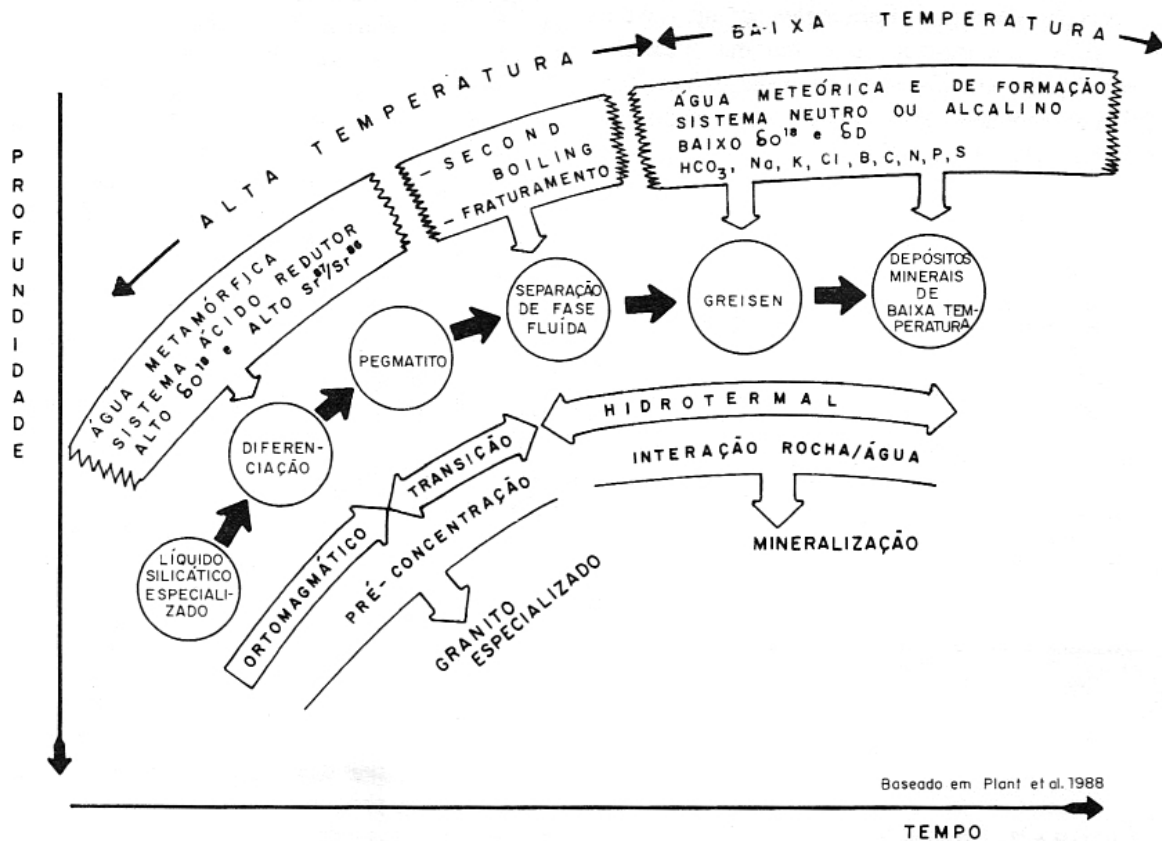


Figura 9- Representação esquemática da metalogênese de Sn e W em granitos (Plant *et al.* 1983).

Uma vez estabelecido o modelo de prospecção ou depósito, cria-se condição para se responder sobre o que, onde e de que forma deve-se procurar a mineralização ensejada. As respostas a essas perguntas constituem a estratégia de exploração, a qual, juntamente com o modelo de depósito, responde ao modelo de exploração. A estratégia de exploração pode abranger três situações distintas: regional, distrital e local, onde cada uma tem objetivo e logística próprios em função da escala de investigação.

Na etapa regional, é importante ter conhecimento de teor e tonelagem dos depósitos já descobertos na região, para permitir decisões de investimentos econômicos com maior segurança. As informações sobre controle, distribuição espacial com as encaixantes, morfologia e dimensões dos corpos mineralizantes são fundamentais nas etapas distrital e local (Silva & Pressinotti, 1991; Lenharo, 1998).

O principal objetivo nesta etapa é selecionar, em nível de escala

regional, áreas com potencial para conter mineralizações dos elementos desejados, no caso específico aqui considerado, o Sn. Isso é conseguido através da utilização do conceito de domínio metálico de Routhier (1980), bem como em função do mérito geológico da região considerada.

As fontes de dados para essa avaliação são os mapas geológicos, mapas de ocorrências, mapas geoquímicos, províncias geoquímicas e geofísicos (figura 10).

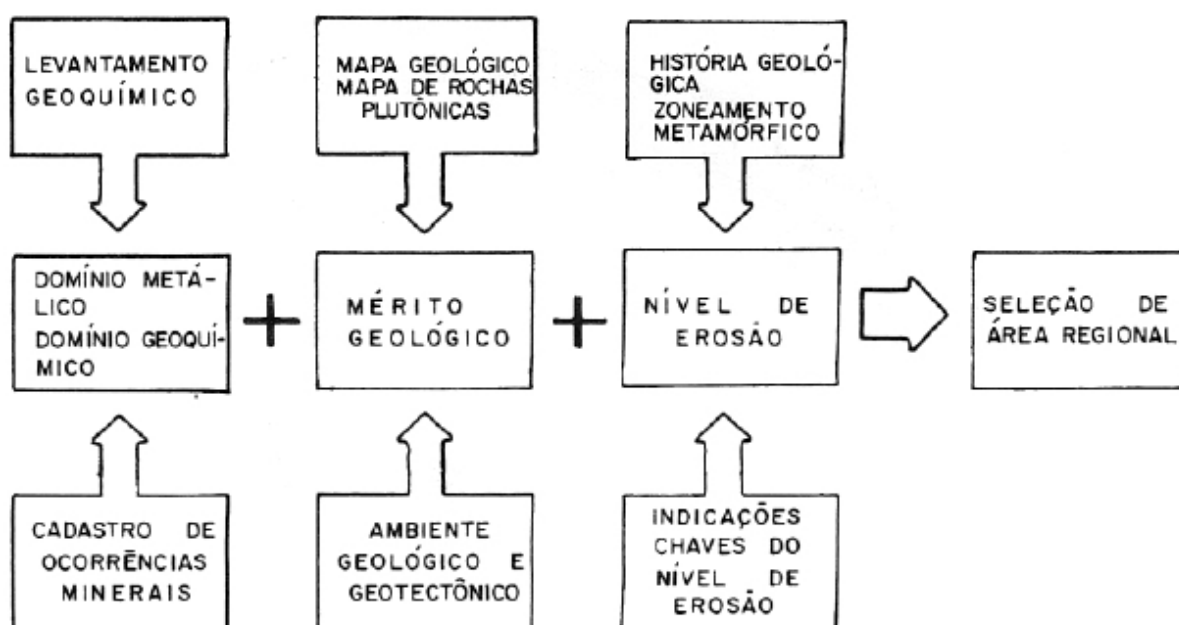


Figura 10- Estratégia regional para depósitos estaníferos (Silva & Pressinotti, 1991).

No caso da Província Estanífera de Goiás, os principais granitos mineralizados foram identificados a partir de trabalhos realizados pela CPRM (Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais), a antiga DOCEGEO (Rio Doce Geologia e Mineração S.A) e investigações realizadas por garimpeiros, no início da década de 70, utilizando-se a justaposição dos domínios metálicos de B, F, Sn e W, pois os depósitos de Sn conhecidos, correspondem a *greisens* contendo B, F, Sn e W; portanto, é de se esperar que áreas de recobrimento de tais domínios possam indicar uma situação muito favorável ao aparecimento de mineralizações desses elementos.

Como as mineralizações estão, no geral, em cúpulas graníticas, introduziu-se um conceito modificador, que foi o de nível de erosão. Este, gerador de depósitos secundários de Sn. Na estratégia distrital, o maior empenho é na seleção de áreas-alvo com possibilidade de conterem um tipo específico de depósito mineral, para posterior cheque de campo (estratégia local). Com base no modelo de prospecção, considera-se como de maior relevância a conjugação de, pelo menos, três situações:

a) indicação da presença de corpo granítico diferenciado pós e/ou tardi-tectônico;

- b) área bastante fraturada, favorável à circulação de fluidos; e
- c) indicação de atuação pretérita de células de convecção, denunciadas pela presença de veios gigantes de quartzo, boro ou flúor, significando a interação rocha-água (hidrotermalismo).

Na estratégia de exploração, evidencia-se os meios utilizados para a obtenção de cada indicação considerada como relevante para o aparecimento de um depósito mineral. Esta estratégia é baseada na elaboração de vários mapas temáticos, que são interativamente correlacionados no sentido de se adicionarem evidências e critérios. A priorização das áreas alvo, selecionadas neste processo, reflete a somatória dos vários critérios de exploração (Silva & Pressinotti, 1991; Neto & Rocha 2010).

No Brasil, os mapas temáticos que podem ser utilizados são:

- a) mapa geológico compilado: evidencia corpos granitóides pós-tectônicos (com base em elementos estruturais e fotogeológicos), corpos granitóides não foliados, rochas carbonáticas (escarnítos), rochas alcalinas e principais discontinuidades estruturais.
- b) mapa de parâmetros vetoriais de lineamentos: utilizado para rastrear campos locais de fraturas, com azimutes distintos dos de cunho regional, e conseqüentemente rastrear intrusões tardi a pós-tectônicas, aflorantes e subaflorantes;
- c) mapa morfoestrutural por assimetria de drenagem: é uma tentativa de detectar, através de morfoestruturas positivas, possíveis intrusões aflorantes e subaflorantes;
- d) mapa de padrões de drenagem: utilizado para indicar áreas com possíveis plutões intrusivos aflorantes e subaflorantes;
- e) mapa de densidade de lineamentos: utilizado para identificação das áreas mais fraturadas;
- t) mapa de associações geoquímicas regionais: através das assembleias geoquímicas típicas de rochas granitóides, permite delimitar áreas com possibilidade de conterem intrusões aflorantes e subaflorantes;
- g) mapa da radiometria total: por meio do padrão de anomalia e pela conjugação com outros mapas temáticos, torna possível diferenciar áreas portadoras de corpos graníticos especializados em elementos radioativos, podendo identificar em granitos onde houve a separação de uma fase fluida rica em concentrações de elementos incompatíveis;
- h) mapa gravimétrico: a correlação dos mapas gravimétricos com outros mapas temáticos pode indicar áreas portadoras de granitos magmaticamente evoluídos. Os granitos evoluídos constituem massas quartzo-feldspáticas com densidades contrastantes com as das rochas regionais, podendo se manifestar em levantamentos gravimétricos como anomalias negativas;

i) mapa de feições indicativas de veios gigantes de quartzo, boro e fluorita: devido à presença de veios gigantes de quartzo, boro e fluorita supostamente representam a prova mais direta da atuação de processos hidrotermais.

No caso do Granito Pedra Branca, são bastante representativos para exemplificar a formação dos *greisens* e da mineralização estanífera.

Na estratégia local, os objetivos são a constatação da existência do corpo granítico, a nível aflorante ou subaflorante, e a comprovação da interação plúton/água e da existência de mineralização (figura 11).

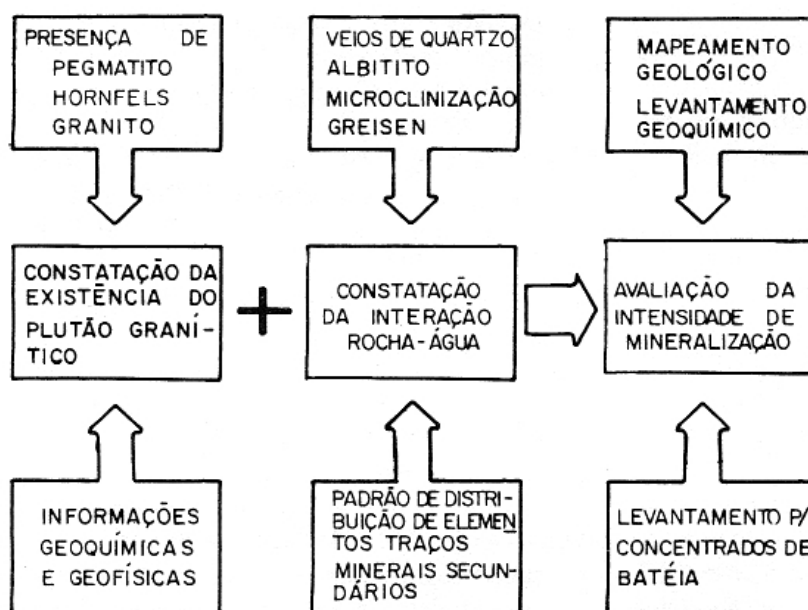


Figura 11: Estratégia local (Silva & Pressinotti, 1991).

A interação rocha-água, além da presença de veios de quartzo, boro ou fluorita, pode ser indicador de fluidos portadores de elementos mineralizantes em rochas mineralizadas e não-mineralizadas, bem como através de indicações propostas por Plant *et al.* (1983), conforme se segue:

- presença de processos autometassomáticos/ tardimagmáticos (microclinização, moscovitização e albitização);
- presença de processos metassomáticos pós-magmáticos (greisenização);
- a ordem normal de cristalização da biotita e do quartzo mostra-se invertida;
- alteração de feldspato para sericita e/ou caulinita, alteração dos minerais ferromagnesianos para clorita e/ou epídoto e calcita, hematitização e martitização dos minerais ferromagnesianos e da magnetita.

- e) minerais acessórios são reduzidos para fases estáveis em baixa pressão e temperatura;
- t) urânio e tório - que normalmente estão no zircão, alanita, biotita, apatita e xenotima, passam para minerais secundários, como uraninita, pitchblenda, hematita, martita e thorita;
- g) a caracterização da assembleia dos minerais gerados pelo metamorfismo de contato, quanto à pressão e a temperatura, permite estimar o nível de posicionamento estrutural da intrusão.

7.1- Técnicas de Avaliação de Depósitos

Após as etapas de estratégia regional, distrital e local, inicia-se a fase de avaliação do recurso mineral, com o intuito de definir a viabilidade do alvo selecionado que, posteriormente, poderá ser definido como uma reserva mineral inferida, indicada ou medida, de acordo com o grau de confiabilidade obtido nos resultados de cubagem (Neto & Rocha 2010).

Na avaliação de depósitos estaníferos relacionados com plútons graníticos, posteriormente afetados por processos hidrotermais, a exemplo do granito Pedra Branca (greisenização), pode-se utilizar as técnicas de trincheiras, poços e sondagem, para fazer a identificação da mineralização e as feições geológicas do corpo mineral.

A abertura de trincheiras, poços e galerias oferecem melhores condições de identificação e visualização 3D das estruturas geológicas relacionadas com o depósito mineral. Isso ocorre devido ao fato de que estão disponíveis mais de 1 face (plano) de observação dessa estrutura mineralizada. No caso das trincheiras, estão disponíveis duas faces: o plano paralelo e o “horizontal” do fundo da trincheira. No caso de poços, estão disponíveis 2 conjuntos de faces ou planos ortogonais entre si (Strieder, 2014).

7.1.1- Trincheiras

Durante o planejamento da Trincheira, tomam-se por base as informações até então obtidas no campo, como mapa geológico, geofísica e geoquímica. O planejamento inclui a localização e a orientação em relação ao “trend” (paralelo ou perpendicular), a profundidade, o espaçamento entre os piquetes na trincheira, a escala do levantamento e o que será mapeado (Neto & Rocha 2010). As trincheiras (valas) são escavações lineares a céu aberto, que possuem largura e profundidade menores do que o comprimento.

As trincheiras devem ser abertas de forma que o seu comprimento seja perpendicular às estruturas geológicas, de tal modo que toda a variabilidade da mineralização estanífera (cassiterita) e das rochas encaixantes possam ser avaliadas. No granito Pedra Branca as trincheiras foram realizadas em áreas greisenizadas, na cúpula granítica, com o intuito de se identificar o modo de ocorrência da mineralização de cassiterita (figura 12).



Figura 12- Cúpula greisenizada do maciço Pedra Branca, onde foram realizadas as primeiras trincheiras, no início da década de 70 (Fonte: Autor).

A largura das trincheiras está em torno de 1,0 m, enquanto a profundidade varia entre 1,0 m a 6,0-7,0 m, conforme a espessura do manto de intemperismo e o objetivo do mapeamento (Maranhão 1982). Assim, para o caso de minérios primários, a profundidade das trincheiras deve ultrapassar os horizontes A e B do solo e adentrar, o mais possível, no horizonte C, onde ainda são reconhecidos elementos geológicos importantes passíveis de mapeamento, como: tipo de rocha, atitude dos contatos das diferentes litologias, presença de vênulas ou de veios, tipo de alteração hidrotermal associada e o modo de ocorrência da mineralização. O comprimento das trincheiras deve ser definido de forma a ultrapassar a espessura dos corpos de minério e adentrar nas rochas encaixantes (Strieder, 2014).

As trincheiras constituem um instrumento de pesquisa mineral de superfície para corpos de minérios com geometria tabular inclinada (camadas inclinadas, zonas de veios, diques,). A abertura de trincheiras justifica-se em áreas com poucos afloramentos rochosos, onde se faz necessária complementação de informações sobre a estrutura do corpo de minérios e de suas encaixantes para a modelagem geológica do mesmo e o planejamento sequencial da pesquisa e cubagem.

O espaçamento das trincheiras, na

fase inicial dos trabalhos, está normalmente entre 100 e 50m; dependendo da variabilidade (geométrica e de teores) dos corpos de minérios e dos resultados promissores das primeiras análises (geológica e geoquímica), o espaçamento entre as trincheiras pode ser diminuído para intervalos de 25 a 10m, por meio da intercalação de trincheiras de segunda etapa, entre as trincheiras abertas na etapa inicial (Strieder, 2014).

7.1.2- Poços de Pesquisa.

Os poços também são escavações a céu aberto, que permitem o acesso direto ao (s) corpo (s) de minério em profundidade. Os poços são mais indicados para o caso de corpos tabulares, horizontalizados ou com pequeno mergulho e que estão localizados a uma pequena profundidade (até 6,0 a 7,0m). Alguns poços de pesquisa são sempre necessários em situações onde existem poucos afloramentos do minério e haja necessidade de investigações mais detalhadas quanto à sua estrutura geológica e à sua variabilidade geométrica e composicional.

De outro modo, a abertura de poços de pesquisa é justificada quando há necessidade de investigações mais detalhadas das estruturas geológicas ligadas com a mineralização do que aquelas fornecidas por sondagens. Nesse aspecto, é importante perceber que as sondagens constituem amostragens pontuais, em que determinadas feições e estruturas geológicas não podem ser apropriadamente definidas (Strieder, 2014).

Os poços para pesquisa mineral devem apresentar diferentes seções horizontais, conforme a profundidade requerida pela investigação. Assim, poços com até 2m de profundidade podem apresentar uma seção quadrada de 1m de lado; poços com profundidade entre 2,0 a 4,0m podem possuir seção retangular de 1,2 x 2,0m; e, poços com profundidade de mais de 4,0m devem possuir seções quadradas mínimas de 2,0m de lado (Maranhão 1982).

A abertura de poços com profundidade superior a 2,0m deve ser feita de forma escalonada (vista em perfil), de tal forma que a parte superior do poço tenha uma seção horizontal maior do que a parte inferior (de seção horizontal mais reduzida). Tal procedimento justifica-se principalmente em áreas com manto de intemperismo (horizontes A, B e C) muito espessos (greisenizados), ou em poços abertos em materiais inconsolidados como areias e cascalhos (mineralizações secundárias).

Além disso, tanto para o caso de poços, quanto para as trincheiras profundas, é importante considerar a utilização de estruturas de contenção para o caso de rompimento de taludes.

7.1.3- Sondagem

A Sondagem geológica tem por objetivo abordar as rochas em profundidades que não possam ser atingidas por trincheiras ou poços de pesquisa, podendo ser sistemática ou assistemática (eventual), dependendo dos objetivos do estudo de cubagem. Existem dois tipos classificações gerais de sondagem: Percussão e Rotativa (Tabela 1). Na Sondagem a Percussão um peso cai em queda livre sobre o conjunto de equipamentos que penetra na rocha. Na Sondagem Rotativa a rocha é perfurada pelo movimento de rotação que corta a rocha (Neto & Rocha 2010).

TABELA 1 – Tipos de sondagens rotativa e a percussão (Neto & Rocha 2010).

Rotativa	Manual: Sondagem a trado, Sondagem “empire” ou “banka” e Mecânica: Sondagem a diamante, Sondagem a grenalha ou calix e Sondagem “rotary”.
Percussão	Manual e Mecânica: alguns tipos de Banka, SPT, DER.

Conforme a tabela 1, na Sondagem a Percussão um peso cai em queda livre sobre o conjunto de equipamentos que penetra na rocha. Esse peso desfere golpes ritmados contra o fundo do poço de sondagem cortando a rocha em fragmentos. As Sondagens Percussivas podem ser manuais ou mecânicas e com ou sem circulação de água. Este tipo de sondagem percussiva apresenta como principal vantagem o baixo custo por metro linear perfurado, possibilidade de coletar amostras maiores, inclusive para testes industriais, melhor recuperação de materiais inconsolidados, quebradiços e muito friáveis (figura 13).

Como principais desvantagens citam-se, sem excluir outras, as seguintes: a impossibilidade de realização de furos inclinados, ascendentes (em subsolo), baixo rendimento em rochas duras, maior possibilidade de contaminação de amostras, testemunhos de sondagem em fragmentos dificultando identificação petrográfica como textura, composição, estrutura e mergulho (Neto & Rocha 2010).

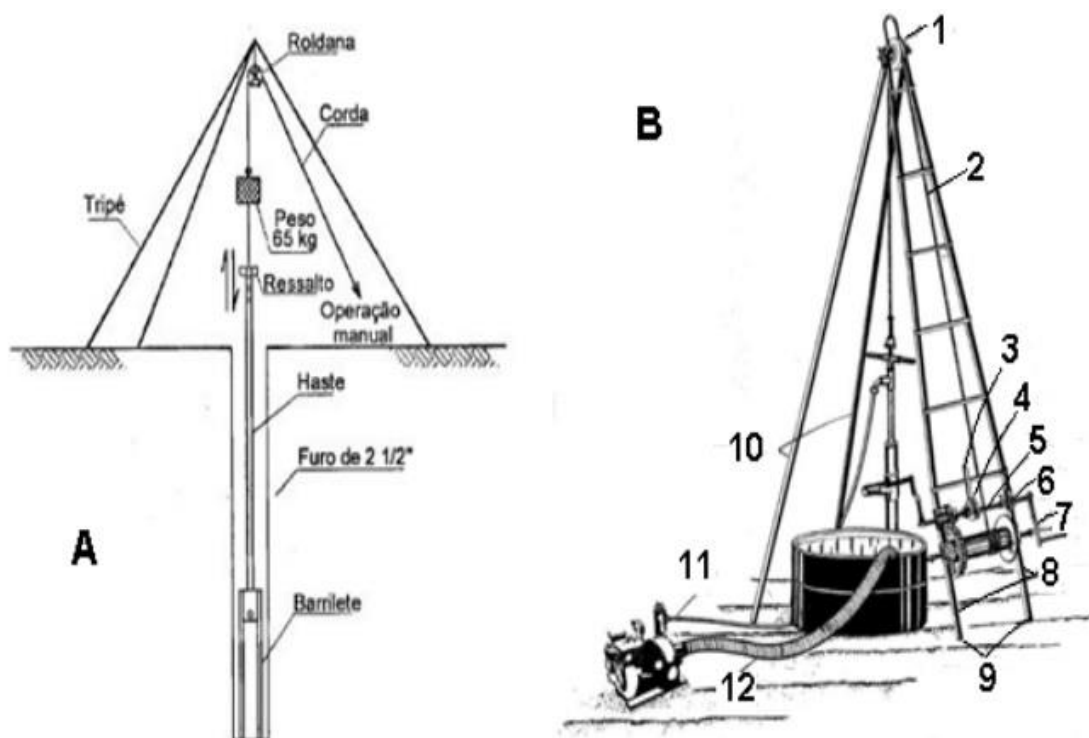


Figura 13- (A) Esquema Geral de Sondagem a Percussão; (B) Sondagem a Percussão com circulação de água e os seguintes equipamentos: 1 – Roldana; 2 - Cabo de Aço; 3 - Alavanca do Engate de Redução; 4 - Engate de Redução; 5 - Eixo de Transmissão; 6 – Mancal; 7 – Manivela; 8 - Pernas com escada; 9 - Cone para apoio das pernas; 10 – Pernas Simples; 11 – Mangueira de Recalque; 12 – Mangote de Sucção. Maranhão (1982).

Este tipo de sondagem é utilizado para amostragens de grandes volumes de material, com o intuito de verificar a tipologia do minério e, posteriormente, identificar a melhor forma de beneficiamento, na lavra do minério de estanho, primário (áreas intemperizadas e greisenizadas) ou secundário.

Sondagens Rotativas podem ser manuais (a trado, empire ou banka) ou mecânica (a diamante, a grenalha ou calix e “rotary”). As Sondagens Manuais são utilizadas em rochas inconsolidadas, para coleta de amostras de solo de pouca profundidade entre outros. O trado manual tem mais restrições na sua empregabilidade. A perfuração progride graças à rotação manual do trado diretamente no terreno. São constituídos de um punho, um conjunto de hastes (simples canos de ferro com roscas nas extremidades) e um elemento cortante (Neto & Rocha 2010), normalmente, são utilizados em depósitos estaníferos intemperizados ou contendo mineralização secundária (aluvião).

A Sondagem Empire ou Banka é indicada na pesquisa de aluviões com espessuras de no máximo 30 m a 40 m dependendo da consistência do aluvião, em áreas de acesso difícil e com disponibilidade de trabalhadores braçais. Indicadas para depósitos estaníferos aluvionares, e as sondagens rotativas mecânicas principais são: a diamante, a grenalha ou calix e “rotary”. A mais utilizada em pesquisa e cubagem de depósitos de Sn é a sondagem a

diamante em que se desejam testemunhos contínuos para estudo petrográfico (textura, estrutura incluindo mergulho, mineralogia etc) e lito-geoquímico (figura 14).



Figura 14- Testemunho de sondagem percussiva diamantada, do maciço Pedra Branca, em destaque para o contato do greisen mineralizado, com o biotita granito Pb1 (Fonte: Autor).

Esse tipo de sondagem não é indicado para rochas inconsolidadas, pulverulentas, de matriz mole ou rochas muito fraturadas.

Os dois principais tipos de Sondagem Rotativa a Diamante são a Sondagem a Diamante ou Diamond Core Drilling e Sondagem com Circulação Reversa ou RVC. A Sondagem a Diamante (Diamond Core Drill) pode ser de dois tipos: com manobra e sem manobra (ou wire line). O tipo Diamond Core Drilling usa uma coroa com bit de diamantes que gira no final das hastes (ou tubulações). A sondagem diamantada com manobra foi utilizada no maciço Pedra Branca.

Uma abertura, no final da coroa, é indicada para rochas inconsolidadas, pulverulentas, de matriz mole ou rochas muito fraturadas. Os dois principais tipos de Sondagem Rotativa a Diamante são a Sondagem a Diamante ou Diamond Core Drilling e Sondagem com Circulação Reversa ou RVC. A Sondagem a Diamante (Diamond Core Drill) pode ser de dois tipos: com manobra e sem manobra (ou wire line). O tipo Diamond Core Drilling usa uma coroa com bit de diamantes que gira no final das hastes (ou tubulações), diamantada (bit) permite que a rocha se mova para dentro do Barrilete (onde ficará alojada até que seja retirada), tendo passado antes pelo calibrador.

O equipamento penetrante é composto, pela ordem, de coroa, calibrador, barrilete e hastes (ou haste-guia). Basicamente a coroa tem a função de cortar a rocha, o calibrador (acoplado à coroa) tem a função de reabrir o furo para facilitar o trabalho da sondagem e evitar aprisionamento da composição penetrante. O barrilete tem a função de armazenar as amostras e as hastes e de permitir o aprofundamento do furo e transmitir a rotação e pressão para que a sondagem possa progredir (Neto & Rocha 2010).

8- CONCLUSÃO

O depósito de estanho da Faixa Placha está localizado no granito Pedra Branca, Província Estanífera de Goiás. O estudo geológico desta área serviu de base para a confecção de um modelo geológico para os demais depósitos de estanho relacionados a plútons graníticos, com dados geológicos e metalogenéticos semelhantes.

O modelo de depósito gerado é útil para a formulação da estratégia de exploração, que normalmente abrange três situações distintas (regional, distrital e local), onde cada uma tem objetivo e logística próprios em função da escala de investigação utilizada na pesquisa mineral. Deve ficar claro que nem sempre se dispõe das ferramentas mais adequadas para se executar a estratégia de exploração, conforme preconiza o modelo de depósito.

Quando a mineralização na área de trabalho foi descoberta, que se deu informalmente por nativos da região, ainda não se dispunha de levantamentos regionais de geoquímica e geofísica.

As características do modelo de depósito no qual se enquadra o maciço granítico Pedra Branca são:

- a) é um corpo granítico diferenciado pós e/ou tardi-tectônico;
- b) apresentar-se fraturado, possibilitando à circulação de fluidos; ou esta circulação ter propiciado um fraturamento hidráulico;
- c) contem veios gigantes de fluorita, resultante da interação rocha-água (greisenização);
- d) profundidade de colocação da intrusão granítica proximal (rasa) e composição geologicamente evoluída ou especializado;
- d) no geral, ele apresenta anomalia radiométrica total e anomalia gravimétrica negativa, indicativa de alto grau de diferenciação magmática;

f) é um granito circunscrito e detectável através de fotografias aéreas, imagens de satélite e mosaicos de radar;

g) teores de urânio alcança 380 ppm em minerais de zircão, alanita, biotita, apatita e xenotima, e minerais secundários, como uraninita, pitchblenda, hematita, martita e thorita;

As reservas de minério primário medidas a partir de poços, trincheiras e sondagem até o momento, no granito Pedra Branca, são da ordem de 15.000 toneladas de Sn contido, referentes as acumulações inferidas da Faixa Placha, existindo ainda outras áreas com potenciais ainda não comprovadas e os depósitos secundários, constituídos por aluviões relativamente rasos e por material residual de pequena espessura, distribuídos por extensa área. O Granito Pedra Branca constitui o principal modelo de mineralizações estaníferas associadas a cúpulas graníticas albitizadas e greisenizadas da Província Estanífera de Goiás (PEG). Entre os vários parâmetros considerados, conclui-se que os principais fatores necessários para localizarem novos depósitos estaníferos, relacionados a maciços graníticos são:

a) o conhecimento da existência de granitos isotrópicos, observável através de mapas geológicos;

b) as características estruturais do corpo granítico, detectadas através de fotografias aéreas, que possam sugerir o posicionamento tardi a pós-tectônico, com grande chance, portanto, de ser um granito evoluído ou especializado; e

c) indicação, da existência de veios de quartzo, boro ou fluorita, encaixado no granito ou rocha encaixante e que são resultado da fase fluida rica em concentrações de elementos incompatíveis, fluidos responsáveis pelas concentrações de Sn e W.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALVARENGA, C.J.S., BOTELHO, N.F., DARDENNE, M.A., CAMPOS, J.E.G., MARTINS, F.A.L., MENESES, P.R., MOURA, M.A., 2000. Magmatic and stratigraphic evolution of a Paleo/ Meso Proterozoic syn-rift to post-rift Basin: example of the Araçuaí Basin, Brazil. In: 31st International Geology Congress, Rio de Janeiro, Brazil, Abstr. Vol. Rio de Janeiro, Geol. Surv. Brazil [CD-ROM].

BOTELHO, N.F. & MARINI, O.J. – 1984 – Petrografia, petroquímica e transformações tardi/pós-magmáticas do Granito Estanífero da Pedra Branca (GO). In: CONG. BRAS. GEOL. 33, Rio de Janeiro, 1984, Anais..., Rio de Janeiro, SBG, V.6, p.2935-2949.

BOTELHO N.F. & ROSSI G. 1988. Depósito de estanho da Pedra Branca, Nova Roma, Goiás. Principais Depósitos Minerais Brasileiros - Metais Básicos Não Ferrosos, Ouro e Alumínio. DNPM, Vol. 3, 267-285.

BOTELHO, N.F.; BILAL, E.; MOUTTE, J. & FONTEILLES M., 1993, Precambrian A type tin-bearing granites in the Goiás Tin Province, central Brazil: a review. In: Workshop MAGMA... Resumos Expandidos, Acad. Brasil.Cienc., Rio de Janeiro, 1993, pp. 5-8.

BOTELHO N.F., ALVARENGA C.S., MENESES P.R. & D'EL-REY L.H. 1999. Suíte Aurumina: Uma Suíte de Granitos Paleoproterozóicos, Peraluminosos e Sin-tectônicos na Faixa Brasília, VII Simpósio de Geologia de Centro-Oeste e X Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Anais, p. 17.

BURNHAM C.W. & OHMOTO H. 1980. Late-stage processes of felsic magmatism. Mining Geology, Special Issue, 8:1- 11.

COX, D.P. & SINGER, DA. (1986) Mineral Deposit Models. U.s.Geological Survey Bulletin, (1693):1.379.

DE GEOFFROY, I.G. & WIGNALL, T.K. 1985. *Designing optimal strategies for mineral exploration*. 1-ed. New York, Plenum Press. 364 p.

FEIO, G.R.L.DALL'AGNOL, R.BORGES, R. M. K.COSTI, H. T.LAMARÃO, Claudio Nery. Mineralogia dos greisens da área Grota Rica, Plúton Água Boa, Pitinga, Amazonas. Revista Brasileira de Geociências, v.41, p. 436-446, 2011

FUCK R.A., JARDIM DE SÁ E.F., PIMENTEL M.M., DARDENNE M.A. & PEDROSA-SOARES A.C. 1993. As faixas de dobramentos marginais do Cráton do São Francisco: síntese do conhecimento. In: Dominguez J.M.L. & Misi A. (eds). O Cráton do São Francisco. SBG/SGM/CNPq, Salvador, 121-146.

FUCK R.A. 1994. A Faixa Brasília e a compartimentação tectônica na Província Tocantins. In: SBG, Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, 4, Brasília, 1994. Atas..., Brasília, p. 184-187.

LE FORT, P. 1987. Mineralization of Sn, W, Mo and collision plutonism. *Rev. Bras. Geoc.* 17(4): 551-554.

LENHARO S.L.R. 1998. *Evolução magmática e modelo metalogenético dos granitos mineralizados da região de Pitinga, Amazonas, Brasil*. Tese de Doutorado, Escola Técnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 290 p.

LENHARO, S.L.R.; MOURA, M.A.; BOTELHO, N.F. 2002, Petrogenetic and mineralization processes in Paleo- to Mesoproterozoic rapakivi granites: Examples from Pitinga and Goiás, Brazil. *Precambrian Research*, 119: 277-299.

MARANHÃO, R. J. L. *Introdução à pesquisa mineral*. Fortaleza: BNB. Etene, 1982.

MARINI O.J. & BOTELHO N.F. 1986. A província de granitos estaníferos de Goiás. *Revista Brasileira de Geociências*. 16(1): p. 119-131.

NETO, M.T.O.C & ROCHA, A.M.R. *Noções de Prospecção e Pesquisa Mineral para Técnicos de Geologia e Mineração*. Natal/RN: Editora do IFRN-RN, 2010. 260 p.

PADILHA, J.L. & LAGUNA, A.M.G. – 1981 – Geologia dos granitos da Pedra Branca, Mocambo, Mangabeira e Serra do Mendes-Goiás, In: SIMP. GEOL. CENTRO-OESTE, 1, Goiânia, 1981, Atas..., Centro-oeste SBG. P. 622-643.

PADILHA J. L & LAGUNA A. M. G. 1984. Geologia dos granitos da Pedra Branca, Mocambo, Mangabeira e Serra do Mendes - Goiás. In: Simpósio de Geologia do Centro Oeste, 1º. Goiânia, 1984, Anais, Goiânia, p. 622-643.

PLANT, J.A.; SIMPSON, P.R.; GREEN, P.N.; WATSON, J.V., FOWLER, N. 1983. Metalliferous and mineralized Caledonian granites in relation to regional metamorphism and fracture systems in Northern Scotland. *Trans. Instn. Min. Metall.* (sect B: Appl. earth sei.) 92. p. 33-48.

PIMENTEL, M. M., HEAMAN, L., FUCK, R. A. and MARINI, O. J. 1991. U-Pb zircon geochronology of Precambrian tin-bearing continental-type acid magmatism in central Brazil. *Precambrian Res.* 52: 321-335.

PIMENTEL, M. M.; FUCK R. A. e BOTELHO N. F. – 1999 – Granites and the geodynamic history of the neoproterozoic Brasília Belt, Central Brazil: A review. *Lithos*, 46: 463 – 483.

PIMENTEL M.M., FUCK R.A., JOST, H., FERREIRA-FILHO C.F., ARAÚJO S.M. 2000. The basement of the Brasília Belt and the Goiás Magmatic Arc. In: U.G.

RODRIGUES, A.F. da S. Estanho da Amazônia: sobre a dinâmica e a gestão do boom. In: *Anais do VI Simpósio de Geologia da Amazônia*. Manaus: SBG, 1999. p. 118-121.

ROUTHIER, P. 1980. Ou sont les métaux pour l' avenir?, les provinces métalliques. Essai de metallogénie globale. 409 p. BRGM. (Memoir 105).

SILVA, R.B., & PRESSIONOTTI, P.C. 1991. Proposição de um modelo de exploração para mineralizações de estanho e tungstênio em granitóides do estado de São Paulo. *Rev. IG, São Paulo*, 12(1/2), 55-66.

STRIEDER, Adelir. Geologia de mina e modelagem geológica. Rio Grande do Sul: Cortez, 2014. 148 p.

WOODALL, R. 1984. Success in mineral exploration: confidence in science and ore deposits models. *Geoscience Canada* 11(3):127-132.