

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

PHL
007490
2006

PROJETO MOLIBDÊNIO

SUREMI	
SEDETE	
CPRM	I 96
ARQUIVO TÉCNICO	
Relatório nº:	101-5
N.º de Volumes:	1 V. -
OSTENSIVO	



COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
AGÊNCIA BELO HORIZONTE

1972



CPRM

.1.

PROJETO MOLIBDÊNIO

LOCALIZAÇÃO

Planalto de Poços de Caldas, sul do Estado de Minas Gerais. Coordenadas geográficas do centro da área: 46°32'W e 21°54'S.

SUPERFÍCIE

Até a presente data foram localizadas - quatro áreas distintas, dentro dos oitocentos quilômetros - quadrados que constituem o Planalto de Poços de Caldas, onde foram encontradas ocorrências significativas de minérios - contendo molibdênio. São elas:

- a) Morro do Taquari, município de Caldas, medindo aproximadamente 170 hectares.
- b) Campo do Agostinho, município de Poços de Caldas, medindo cerca de 50 hectares.
- c) Campos do Cercado, município de Andradas e Caldas, medindo mais ou menos 200 hectares.
- d) Campos do Tamanduá, municípios de Andradas e Poços de Caldas, abrangendo uma área de aproximadamente 200 hectares.

OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA DO PROJETO

Cresce dia a dia a importância do molibdênio na produção de ligas e aços especiais, principalmente



CPRM

.2.

após o advento da tecnologia espacial.

Poucos países do mundo possuem jazidas economicamente exploráveis desse metal. Os Estados Unidos, com cerca de 90% da produção do mundo ocidental, detêm, praticamente, o monopólio desse elemento. Na América Latina apenas o México e o Chile possuem jazidas significativas. É óbvio que, nestas condições, será de grande interesse para o Brasil a descoberta de concentrações ricas em molibdênio, que lhe possam garantir auto suficiência em relação a esse importante material. Foi objetivando esse fim que o Departamento Nacional da Produção Mineral resolveu incrementar, a partir de julho de 1.968, a procura do mesmo na região de Poços de Caldas, onde de há muito se vinha constatando, nos trabalhos de sondagem efetuados pelo referido Departamento no Morro do Taquarí, a presença de pequenos veios de um minério escuro, untuoso, contendo molibdênio. Furos distantes entre si de mais de quatrocentos metros acusavam a presença desse material, sugerindo a possibilidade da existência de concentrações mais volumosas do que os simples indícios até então manifestados. Efetivamente, ao se executar o furo "TAQUARÍ XXX", locado no quadrante NW do referido morro, constatou-se um aumento substancial no número de passagens de material contendo molibdênio, elevando-se essas passagens a quarenta e cinco, num total de 198 metros de perfuração. Essa perfuração forneceu o primeiro ponto de concentração significativa de molibdênio no morro do Taquarí. Partindo dela foi que teve início efetivo o "Projeto Molibdênio" na área em questão, conforme se-



rá descrito mais adiante.

GENERALIDADES SOBRE AS ÁREAS FAVORÁVEIS À PESQUISA DE MOLIBDÊNIO.

Conforme já foi dito no início, são quatro, por enquanto, as áreas dentro do Planalto de Poços de Caldas onde se constatou com segurança a presença de minérios contendo molibdênio. São elas os campos do "Taquari", "Agostinho", "Cercado" e "Tamanduá", esquematicamente representados quanto às suas localizações no desenho nº 1. As distâncias que medeiam entre esses campos variam, em linha-reta, de 5 a 10 quilômetros. É muito provável que outras áreas ainda venham a ser localizadas, dada a afinidade que o molibdênio apresenta na região pelo manganês e pelas ocres-ferro-manganesíferas, materiais esses que se encontram presentes em extensas superfícies do Planalto Caldense.

Das quatro áreas indicadas, duas apresentam interesse mais imediato, visto que nelas ocorre a presença de molibdenita, mineral primário, do qual é extraída a totalidade do molibdênio produzido do mundo atualmente. São essas áreas o "Morro do Taquari" e o "Campo do Agostinho". Nas duas outras, "Cercado" e "Tamanduá", o molibdênio parece ocorrer sob forma secundária, ligado ao minério de manganês residual e às cangas ferro-manganesíferas aí existentes.



TRABALHOS EXECUTADOS

A equipe do D.N.P.M. sediada em Poços de Caldas efetuou, a partir dos últimos meses de 1.969 até junho de 1.971, os seguintes trabalhos referentes ao "Projeto Molibdênio":

- a) Reconhecimentos preliminares em campo, com coleta de amostras para análises, visando localizar novas áreas, além do Morro do Taquari e do Campo do Agostinho, onde os trabalhos de sondagem para urânio já haviam acusado a presença de molibdênio. Com esses reconhecimentos foi possível localizar mais duas áreas mineralizadas, os campos do "Cercado" e do "Taman-duá". Nelas o molibdênio ocorre na superfície, mas sob forma secundária, associado ao manganês residual e às cangas ferro-manganesíferas aí existentes.
- b) Foram efetuadas no laboratório de Raios X então pertencente ao 3º Distrito Centro Sul do DNPM, em Belo Horizonte, 130 determinações espectrométricas de teores em MoO_3 de amostras colhidas na região de Poços de Caldas, tanto de material de superfície, quanto de testemunhos de sondagem.
- c) No "Morro do Taquari" foram executados, em função do Projeto Molibdênio, 13 furos de son



da rotativa a corôa de diamantes, totalizando 1.429 metros de perfuração, com diâmetros BX e AX e recuperação de testemunhos. Esses furos, locados na planta de desenho 2, são os indicados pelos números XXX a XL e pelas características LPC-1MG e LPC-2MG. Os onze primeiros foram efetuados pelo DNPM e os dois últimos, pela C.P.R.M. Os furos situados na parte interna da achura em vermelho deram resultados positivos para molibdênio e os externos, negativos. Com isto foi possível delimitar pela referida achura três lados da área mineralizada, faltando apenas sondar o lado norte para se fechar o contorno da referida área.

No Morro do Taquari não há superficialmente nenhuma evidência de molibdênio. Os primeiros indícios só começaram a aparecer depois de 15 a 20 metros de profundidade. Devido à fraca consistência e fácil solubilização do minério situado na parte sujeita aos efeitos do intemperismo, ele é aí totalmente lixiviado. Por isso a sua pesquisa tem que ser feita exclusivamente por meio de sondagens e de galerias, o que a torna morosa e cara.

Em todos os furos a rocha cortada é constituída por um microfoiuito bastante brechado e remineralizado por efeito de ações hidrotermais. A mesma se apresenta muito alterada mas ainda suficientemente resistente para

dar boa testemunhagem. A remineralização é formada principalmente por microcristais de pirita, veios e grandes cristais de fluorita roxa, veios e inclusões de caldasito uranífero, além do material molibdênico que se apresenta em pequenos veios e impregnações nas fissuras da rocha. Esse material é constituído por delgadas palhetas de molibdenita e de produtos secundários, oriundos da alteração desse mineral.

Os furos XXX, XXXI, XXXIII e XXXIV, que acusaram apreciável número de ocorrências de molibdênio, mostraram resultados muito baixos quanto à radioatividade, parecendo, à primeira vista, que havia completa separação, na jazida do Taquari, entre a parte mineralizada em molibdênio daquela em que a mineralização é constituída por minério zircono-uranífero. A improcedência dessa impressão, entretanto, foi comprovada pelos furos XXXVIII, que acusaram numerosas passagens de minério de molibdênio intermeadas por veios e nódulos de caldasito uranífero, conforme mostram os desenhos 3 e 4, que representam os perfís desses furos. Essa coexistência é altamente auspiciosa, pois, no caso de se delimitarem volumes suficientes desse material, ela dará muito melhores condições de viabilidade econômica à sua exploração, com o aproveitamento global, num só beneficiamento,

do molibdênio, zircônio, urânio, fluorita e piritita contidos na rocha mineralizada.

Para termos uma idéia dos teores em urânio e zircônio da rocha do furo XXXVIII, preparamos cinco amostras médias ponderais da lama decantada correspondentes às seguintes profundidades:

Amostra nº 1	-	23,55	a	32,30	metros
Amostra nº 2	-	44,90	a	55,05	metros
Amostra nº 3	-	65,80	a	77,70	metros
Amostra nº 4	-	90,75	a	92,05	metros
Amostra nº 5	-	126,15	a	130,45	metros

Os teores em óxido de zircônio foram obtidos por análise química e os de óxido urânoso-urânico (U_3O_8), por dosagem radiométrica. Os resultados foram os seguintes:

23,55	a	32,30	metros.....	8,50 % ZrO_2	...0,14 % U_3O_8 equiv.
44,90	a	55,05	metros.....	10,50 % ZrO_2	...0,15 % U_3O_8 equiv.
65,80	a	77,70	metros.....	12,10 % ZrO_2	...0,17 % U_3O_8 equiv.
90,75	a	92,05	metros.....	10,50 % ZrO_2	...0,13 % U_3O_8 equiv.
126,15	a	130,45	metros.....	7,00 % ZrO_2	...0,07 % U_3O_8 equiv.

RESULTADOS ANALÍTICOS PARA MOLIBDÊNIO

Foi efetuada uma amostragem do furo... XXXVII somente das zonas onde, a olho nú, se podia notar a presença de impregnações de material contendo molibdênio,



num total de 35 tomadas de amostras. Os resultados dos exames espectrométricos feitos no 3º Distrito do DNPM, em Belo Horizonte, foram os seguintes:

16,60 metros de profundidade.....	0,132 %	de MoO ₃
20,90 metros de profundidade.....	0,010 %	de MoO ₃
24,00 metros de profundidade.....	0,114 %	de MoO ₃
33,45 metros de profundidade.....	0,038 %	de MoO ₃
47,10 metros de profundidade.....	0,069 %	de MoO ₃
49,40 metros de profundidade.....	0,037 %	de MoO ₃
52,55 metros de profundidade.....	0,108 %	de MoO ₃
56,45 metros de profundidade.....	0,184 %	de MoO ₃
58,90 metros de profundidade.....	0,115 %	de MoO ₃
61,60 metros de profundidade.....	0,027 %	de MoO ₃
67,05 metros de profundidade.....	0,022 %	de MoO ₃
70,25 metros de profundidade.....	0,373 %	de MoO ₃
73,20 metros de profundidade.....	0,107 %	de MoO ₃
74,00 metros de profundidade.....	0,046 %	de MoO ₃
76,65 metros de profundidade.....	0,248 %	de MoO ₃
80,40 metros de profundidade.....	0,015 %	de MoO ₃
84,20 metros de profundidade.....	0,202 %	de MoO ₃
89,40 metros de profundidade.....	0,589 %	de MoO ₃
94,05 metros de profundidade.....	0,071 %	de MoO ₃
95,40 metros de profundidade.....	0,722 %	de MoO ₃
97,70 metros de profundidade.....	0,066 %	de MoO ₃
101,50 metros de profundidade.....	0,095 %	de MoO ₃
103,30 metros de profundidade.....	0,147 %	de MoO ₃
106,85 metros de profundidade.....	0,062 %	de MoO ₃
109,50 metros de profundidade.....	0,066 %	de MoO ₃

110,50 metros de profundidade.....	0,166 %	de MoO ₃
112,80 metros de profundidade.....	0,034 %	de MoO ₃
116,20 metros de profundidade.....	0,225 %	de MoO ₃
118,15 metros de profundidade.....	0,055 %	de MoO ₃
123,15 metros de profundidade.....	0,204 %	de MoO ₃
126,20 metros de profundidade.....	0,084 %	de MoO ₃
127,85 metros de profundidade.....	0,084 %	de MoO ₃
130,95 metros de profundidade.....	0,018 %	de MoO ₃
137,40 metros de profundidade.....	0,510 %	de MoO ₃
138,25 metros de profundidade.....	0,026 %	de MoO ₃

Analisando-se os resultados dessas doses, vemos que todas as 35 amostras acusaram presença de molibdênio. O material enviado ao laboratório era constituído por fragmentos de 5 a 10 centímetros de comprimento, de testemunhos da rocha impregnada, com diâmetro aproximado de 4cm (Corôa BX). Os resultados analíticos foram obtidos da amostra média resultante da moagem total de cada testemunho, isto é, das infiltrações mineralizantes mais a rocha suporte.

Eles mostram a continuidade da mineralização desde 16 até 140 metros, principalmente, como se pode ver no desenho representativo do perfil do furo XXXVII, dos 50 aos 140 metros, onde são relativamente curtos os intervalos não mineralizados.

Com respeito ao grau de riqueza, devemos ter em conta que os minérios de molibdênio explorados até hoje são todos de baixo teor. Geralmente, de 0,07 a 0,10 % de Mo, sendo que a mina mais rica do mundo, que é a



CPRM

.10.

de CLIMAX, nos Estados Unidos, opera com minério na base de 0,30 %. Em vista disto, achamos que as perspectivas de aproveitamento do minério do Morro do Taquari são bastante promissoras, desde que feito num processo global, onde sejam simultaneamente recuperados urânio, zircônio, molibdênio, fluorita e pirita. A rocha aí existente é um sienito nefelínico bastante alterado e remineralizado por efeito de intensas ações hidrotermais. Não possuindo quartzo e estando os feldspatos muito decompostos, a rocha em queatão, embora firme, é de consistência branda, fácil de ser britada e moída. Nestas condições, parece que não haverá dificuldade na separação mecânica dos componentes valiosos contidos na mesma, uma vez que ela é de fácil desagregação e esses componentes são todos de pesos específicos acentuadamente superiores aos dos minerais típicos do sienito. Caso seja viável economicamente essa operação, obter-se-á um concentrado no qual os percentuais de molibdênio, urânio, zircônio, fluorita e pirita serão muito mais elevados do que os da rocha natural, passando a constituir esta, pelo seu respeitável volume de muitas dezenas de milhões de toneladas, grandiosa jazida dos elementos citados. Até lá, entretanto, muito trabalho de sondagem e de galerias e muitos ensaios de concentração em laboratórios especializados terão que ser feitos, mas eles são plenamente justificados, tendo-se em vista a grandiosidade e a perspectiva altamente favorável de sucesso do empreendimento.

CAMPOS DO CERCADO

Há, no sul do Planalto de Poços de Caldas, extensa área denominada "Campos do Cercado", onde grandes superfícies são cobertas por uma camada de minério de manganês residual, geralmente de alto teor em ferro. Aí ocorrem também numerosos veios de canga ferro-manganesífera, além de alguns veios de psilomelana de boa qualidade. Procurando verificar a extensão das ocorrências de molibdênio, efetuamos uma coleta de amostras desses materiais na área do Cercado, de modo a abranger quase todos os afloramentos de maior significado. Essas amostras foram analisadas espectrometricamente pelo Dr. Jair Carvalho da Silva, no laboratório do 3º Distrito do DNPM, em Belo Horizonte, e os resultados obtidos foram altamente positivos. Todas as 18 amostras enviadas apresentaram teores significativos em molibdênio, tendo algumas delas evidenciado resultados bastante elevados.

São os seguintes esses resultados:

Amostra nº 2-C.....	0,018 % de MoO ₃
Amostra nº 3-C.....	0,035 % de MoO ₃
Amostra nº 5-C.....	0,123 % de MoO ₃
Amostra nº 6-C.....	0,434 % de MoO ₃
Amostra nº 7-C.....	0,282 % de MoO ₃
Amostra nº 8-C.....	0,205 % de MoO ₃
Amostra nº 9-C.....	0,341 % de MoO ₃
Amostra nº 10-C.....	0,362 % de MoO ₃
Amostra nº 11-C.....	0,375 % de MoO ₃
Amostra nº 12-C.....	0,455 % de MoO ₃

Amostra nº 13-C.....	0,529 % de MoO ₃
Amostra nº 14-C.....	0,430 % de MoO ₃
Amostra nº 15-C.....	0,202 % de MoO ₃
Amostra nº 16-C.....	0,259 % de MoO ₃
Amostra nº 17-C.....	0,166 % de MoO ₃
Amostra nº 18-C.....	0,115 % de MoO ₃
Amostra nº 19-C.....	0,059 % de MoO ₃
Amostra nº 20-C.....	0,984 % de MoO ₃

Todas as amostras em questão foram coletadas na superfície dos veios aflorantes e dos elúvios oriundos da desagregação desses mesmos veios. É óbvio que aí o molibdênio se apresenta sob forma secundária, retido pelas concentrações de óxidos de ferro e de manganês. É possível que trabalhos de pesquisa em profundidade venham a constatar a existência de minerais primários, do tipo molibdenita ou jordisita, responsáveis pela presença das concentrações secundárias superficiais.

CAMPO DO AGOSTINHO

Distante, em linha reta, aproximadamente sete quilômetro do Morro do Taquarí e cinco do Campo do Cercado, situa-se a jazida de molibdênio e urânio denominada "Campo do Agostinho", à margem da estrada de rodagem Poços - Andradas. Aí a Comissão Nacional de Energia Nuclear efetuou, por si e por intermédio da C.P.R.M., um intenso trabalho de prospecção, constituído por cerca de 10.000 metros de sondagens profundas, quase duzentos metros lineares de galerias de pesquisa, além de numerosos furos de Roc-601. Com esses trabalhos ficou perfeitamente evidenci



ada a existência de uma verdadeira jazida de molibdênio e urânio. O primeiro desses elementos se apresenta a maiores profundidades sob forma de molibdenita ou jordisita, Na zona de maior oxidação esses sulfetos se transformam em ilsemanita, óxido hidratado de molibdênio, que toma bela cor azulada quando exposta ao ar, e, possivelmente, em umohoita, molibdato de urânio tetravalente. Ambos são bastante solúveis, sendo facilmente lixiviados até pela água natural.

O teor médio de óxido de molibdênio - obtido em análise feita sobre uma amostra representativa - de 600 toneladas de minério extraído de uma das galerias - acusou 0,80 %, praticamente o dobro do teor médio da mina de CLIMAX, considerada a mais rica do mundo ocidental. Isto nos dá exata medida da importância que representa para o País a jazida de molibdênio do "Campo" do Agostinho", a primeira das ocorrências do Planalto de Poços de Caldas a se evidenciar como capaz de ser lavrada com excelentes perspectivas econômicas.

CAMPOS DO TAMANDUÁ

Quase em frente ao "Campo do Agostinho" e mais ou menos cinco quilômetros de distância, em linha reta, dos Campos do Cercado há uma extensa área de terras, parte no município de Poços de Caldas e parte no de Andradas, denominada "Tamandua". Aí ocorrem também veios e diques de canga ferro-manganesífera, bem como pequenas manchas de minério residual de manganês, em tudo semelhante aos que ocorrem nos Campos do Cercado. Colhemos algumas amostras desses materiais e as análises espectrométricas -

das mesmas acusaram a presença de significativas percentagens de molibdênio. Os resultados dessas análises foram os seguintes:

Amostra 1-T (manganês residual),.....0,057 % MoO₃
Amostra 2-T (manganês residual).....0,063 % MoO₃
Amostra 3-T (canga Fe - Mn).....0,400 % MoO₃
Amostra 4-T (manganês residual).....0,130 % MoO₃

Trata-se, pois, de uma área favorável e que deverá merecer especial atenção em qualquer trabalho sistemático de pesquisa para molibdênio que se efetuar na região. Uma parte dessa área foi intensamente sondada pela C.N.E.N. por intermédio da C.P.R.M. e, embora se tenha constatado em alguns furos a presença de molibdênio, os resultados gerais não foram muito satisfatórios quanto a reservas desse elemento. Trata-se, porém, de uma fração da área total e é muito possível que essa fração não tenha sido a mais promissora. Reconhecimentos abrangendo maiores áreas nas imediações deverão ser feitos antes de se poder emitir opinião conclusiva sobre as possibilidades desse campo quanto a molibdênio.

CONCLUSÕES

Do que foi resumidamente descrito podemos tirar as seguintes conclusões:

- 1) Há realmente uma mineralização extensa de molibdênio no Planalto de Poços de Caldas. Os primeiros estudos já evidenciaram a existência de quatro áreas, distantes entre si de 5 a 10 qui-



lômetros em linha reta, onde se constatou a presença desse elemento. É muito provável que outras áreas ainda venham a ser localizadas.

2) Dessas quatro áreas, uma já revelou possuir concentração mineralizada suficientemente rica em volume e teor para permitir lavra econômica. É o "Campo do Agostinho". Outra, o "Morro do Taquari", ainda não completamente pesquisada, permitirá, nas condições atuais, a obtenção de regular quantidade de molibdênio como subproduto de uma lavra em que sejam aproveitados englobadamente urânio, zircônio, fluorita e molibdênio. Isto será possível nas duas áreas assinaladas - em contorno vermelho do mapa do desenho 2. As outras duas, "Cercado" e "Tamanduá" foram apenas objeto de reconhecimento superficiais em sua maior parte. Principalmente os campos do Cercado apresentam reais possibilidades de conterem verdadeiras jazidas em seu subsolo.

3) O molibdênio, por intermédio de suas ligas, ocupa lugar proeminente na tecnologia moderna, principalmente como elemento insubstituível na fabricação de aços inoxidáveis e em outros de composição especial, empregados na construção de engenhos espaciais. O Brasil, no momento, não possui nenhuma fonte produtora desse elemento. Daí a importância que representa para o País a des-



CPRM

.16.

coberta e o possível aproveitamento industrial dos minérios de molibdênio do Planalto de Poços de Caldas.

- 4) Somos de parecer que o "Projeto Molibdênio" deverá ter prosseguimento, aproveitando os resultados que forem obtidos na intensa programação de sondagens e de galerias que está sendo executada para CNEN, complementando esses trabalhos onde se fizer necessária essa complementação, bem como efetuando trabalhos pioneiros nas áreas que se mostrarem favoráveis e que forem cobertos pela pesquisa de interesse da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

- 5) Como decorrência do item anterior, somos de parecer que se deverá prosseguir com as sondagens do "Morro do Taquari" no lado norte da área I, assinalada em contorno vermelho no desenho nº 2, de modo a fechar o contorno mineralizado da mesma. Conforme o resultado obtido, executar-se-á uma galeria de prospecção, cujo eixo terá aproximadamente a direção assinalada no desenho 2. Essa galeria, além de esclarecer definitivamente o real valor das impregnações de molibdênio acusadas pelas sondagens, atravessará, também uma zona altamente mineralizada em urânio e zircônio acusada pelos furos XXXVII e XXXVIII.



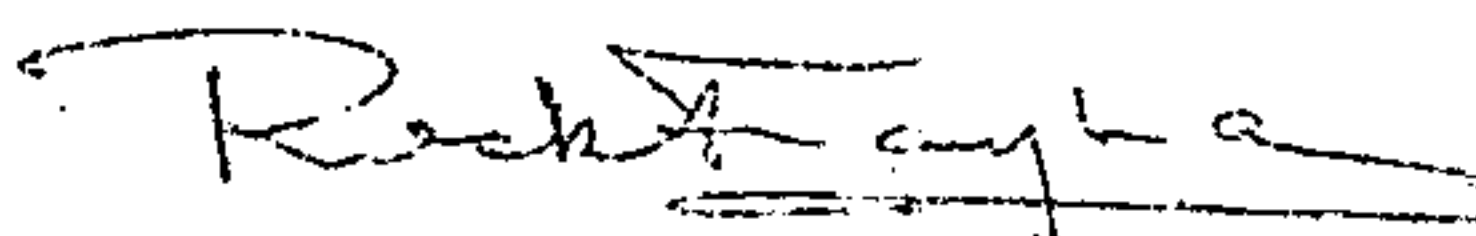
- 6) Na área II em contorno vermelho as sondagens efetuadas para a CNEN acusaram em diversos furos numerosas faixas de impregnações de material contendo molibdênio. Seria importante complementar esses resultados com a execução de mais alguns furos, de modo a se poder delimitar a área de maior mineralização.
- 7) Quanto à área do "Cercado", a Comissão Nacional de Energia Nuclear pretende executar, no ano de 1.972, vasto programa de sondagens cobrindo a maior parte da mesma. O objetivo dessa pesquisa é a verificação da presença de urânio mas, naturalmente, ela porá também em evidência o molibdênio, se o mesmo ocorrer em profundidade. O programa para essa área, caso ela se mostre positiva, será então complementar os trabalhos projetados pela CNEN, após o término destes.
- 8) Finalmente, para a área do "Tamanduá", os resultados das sondagens feitas pela CNEN no setor... C-05, embora acusando presença de molibdênio em alguns furos, não indicou concentrações susceptíveis de interesse econômico. O setor C-05, entretanto, é apenas uma parte do "Tamanduá". Seria de real interesse cobrir-se todo o campo com um mapeamento geológico e coleta sistemática de amostras dos resíduos ferro-manganesíferos que seriam analisados espectrometricamente quanto a molibdênio. Conforme os resultados obtidos, poder-se-iam executar mais alguns furos pioneiros nas

porções mais afastadas da área já sondada.

OBSERVAÇÃO

Devemos esclarecer que o PROJETO MOLIBDÊNIO, que vinha sendo executado pelo D.N.P.M. no "Morro - do Taquari", foi suspenso no segundo semestre de 1.970 porque a C.N.E.N. havia contratado com a C.P.R.M. a execução de 7.000 metros de sondagens na mesma área do referido Projeto. Para não haver superposição de trabalhos, com graves danos para o erário público, achamos de bom alvitre suspender temporariamente o "Projeto Molibdênio", até que fossem executados todos os furos da C.N.E.N., aproveitando, então, os resultados dos mesmos no que se referisse a molibdênio, prosseguindo posteriormente com Projeto iniciado no ano anterior pelo DNPM.

Poços de Caldas, dezembro de 1971



Resk Frayha - Eng^o de Minas e Metalurgia.