Prospecção de calcário por métodos geofísicos em Matosinhos - MG Geologia - Eletrorresistividade

José Milton Benetti Mendes

DEDALUS - Acervo - IGC

30900005285

Dissertação de Mestrado
apresentada ao Instituto de
Geociências da Universidade
de São Paulo

Orientador: Prof. Dr. André Davino

São Paulo 1979

Í N D I C E

I	- GEOLOGIA	01
1.	INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	01
2.	O GRUPO BAMBUÍ	02
3.	A FORMAÇÃO SETE LAGOAS	09
4.	CARACTERÍSTICAS DO CALCÁRIO DA REGIÃO	13
5.	GEOLOGIA ECONÔMICA: IMPORTÂNCIA E USO DO CALCÁRIO	17
6.	SITUAÇÃO DA LAVRA NO LOCAL NA ÉPOCA DO ESTUDO	19
II	- GEOFÍSICA	21
7.	PRINCÍPIOS E MÉTODOS	21
8.	EQUIPAMENTO	24
9.	DESENVOLVIMENTO DOS TRABALHOS	25
10.	SONDAGENS ROTATIVAS	26
11.	INTERPRETAÇÃO DAS SONDAGENS ELÉTRICAS	27
12.	CORRELAÇÃO ENTRE AS SONDAGENS ROTATIVAS E SONDAGENS ELÉTRICAS	29
13.	AValiação DOS RESULTADOS	31
14.	CONCLUSÕES	32
III	- RESUMO E CONCLUSÕES	33
IV	- AGRADECIMENTOS	36
V	- BIBLIOGRAFIA	38

A N E X O S

- I - PLANTA GEOLÓGICA E DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA
- II - PLANTA DE LOCAÇÃO DAS SONDAGENS ELÉTRICAS
E ROTATIVAS
- III - CURVAS DE RESISTIVIDADE APARENTE
- IV - PLANTA DOS PONTOS INVESTIGADOS COM A PRO
FUNDIDADE DETERMINADA PARA O TOPO ROCHOSO

I - GEOLOGIA

1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O calcário ocupa uma posição de destaque entre os recursos minerais não metálicos, fato esse ressaltado face a sua utilização como matéria prima na fabricação de cimento portland e na indústria do cal, de importância inquestionável na construção civil.

Embora de larga distribuição, a exploração do calcário é condicionada pela sua composição química e impurezas que, devido às suas características genéticas, apresenta-se de forma bastante variada.

Os outros fatores que restringem sua utilização são aqueles comuns à exploração de qualquer frente de lavra, dentre os quais pode-se destacar: topografia desfavorável, distância aos centros consumidores de seus produtos e grandes espessuras de capeamento.

Este último fator é de importância vital na exploração de maciços de uma maneira geral, tanto que é aconselhável um estudo prévio do comportamento do topo rochoso antes de se iniciar a fase de lavra. Não são raros os casos em que jazidas têm que ser abandonadas devido ao espessamento do capeamento, resultando em grandes prejuízos pela perda de toda a infraestrutura montada para sua exploração.

Este problema é muito comum em rochas calcárias que, devido a sua fácil dissolução, tende a apresentar a topografia do topo bastante irregular.

O presente trabalho teve por finalidade básica determinar a espessura do capeamento em uma mina de calcário, no sentido de se avaliar a viabilidade da continuidade da exploração no ritmo atual, e procurar compatibilizar a possibilidade da abertura de novas frentes para exploração simultânea.

Com tal objetivo foi empregado o método geofísico da eletrorresistividade, uma vez que, uma campanha através de sondagens mecânicas se tornaria por demais onerosa e demandaria prazos não compatíveis com a necessidade dos interessados. Assim sendo, esta campanha de sondagens elétricas serviu para se avaliar a aplicabilidade dos métodos geofísicos na pesquisa de bens minerais não metálicos, no que tange a precisão-prazos-custos, trinômio fundamental em qualquer atividade.

O local estudado foi a Pedreira Matosinhos, propriedade da Companhia Mineira de Cimento Portland - COMINCI, em Matosinhos-MG.

O calcário ali explorado faz parte da Formação Sete Lagoas, o que deu ensejo a que se fizesse um estudo bibliográfico do Grupo Bambuí, e um estudo geológico detalhado do local de exploração.

O mapa geológico, simplificado, da região, segundo a Equipe Técnica da Diretoria de Geologia do IGA/SECT - 1978, com a localização da Pedreira Matosinhos é apresentado no Anexo I.

2 - O GRUPO BAMBUÍ

Estudos recentes baseados em dados geofísicos (comunicação verbal) e ainda não publicados, levaram Almeida, Davino, Hasui e Haralyi a estender o Craton do São Francisco a

limites mais amplos do que os até hoje admitidos, o que o coloca como parte central de um craton maior, denominado por Almeida Craton do Paramirin, de idade Arqueana.

Dessa forma, o Grupo Bambuí corresponderia a sedimentos de cobertura de plataforma da parte central do Craton do Paramirin, que foram preservados e que se apresentam dobrados em suas bordas.

As rochas deste grupo afloram numa extensa área do Brasil Central - mais de 650 000 km² - abrangendo principalmente os Estados de Minas Gerais, Goiás e Bahia. A primeira referência a estas rochas pelíticas carbonáticas data de 1879, quando Derby as denominou de Série de São Francisco. Mais tarde esta denominação foi modificada para Série Bambuí (Rimann - 1917). No entanto, a primeira sequência litoestratigráfica foi proposta a menos de 20 anos (Costa e Branco - 1961).

Muito embora vários trabalhos já tenham sido realizados, no mais corretamente denominado Grupo Bambuí, a maioria dos estudiosos ainda adotam a coluna estratigráfica proposta por estes autores. É o caso de Dardene (1978), Scholl (1972 e 1973) e Oliveira (1967) entre outros. Dentre estes autores abordaremos a opinião de Dardene, da Universidade Nacional de Brasília, em contraposição às idéias de Braun (1968) então geólogo da Prospec.

Segundo Dardene, em concordância com Costa e Branco (1961), o Grupo Bambuí tem em sua base um conglomerado, que denominam Formação Jequitai e Formação Carrancas, respectivamente, a que se sobrepõem as rochas carbonatadas da Formação Sete Lagoas. Estratigraficamente acima, e em sequência, Dardene coloca as Formações Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias. Costa e Branco (1961) teriam invertido as posições estratigráficas das duas unida-

des superiores, e juntamente com Serra de Santa Helena e Lagoa do Jacaré as denominaram Membro da Formação Rio Paraopeba.

<i>Costa e Branco (1961)</i>		<i>Dardene (1978)</i>	<i>Braun (1968)</i>
<i>Fm</i>	<i>Membro</i>	<i>Fm</i>	<i>Fm</i>
<i>Rio Paraopeba</i>	<i>Serra da Saudade</i>	<i>Três Marias</i>	<i>Três Marias</i>
	<i>Três Marias</i>	<i>Serra da Saudade</i>	<i>Paraopeba</i>
	<i>Lagoa do Jacaré</i>	<i>Lagoa do Jacaré</i>	
	<i>Serra de Santa Helena</i>	<i>Serra de Santa Helena</i>	
<i>Sete Lagoas</i>		<i>Sete Lagoas</i>	<i>Paranoá</i>
<i>Carrancas</i>		<i>Jequitai</i>	

Figura 1 - Colunas Estratigráficas do Grupo Bambuí.

O mesmo autor assinala as seguintes características principais para estas unidades:

Formação Jequitai - Paraconglomerado com matriz esverdeada e seixos de quartzito, calcário, dolomito, gnaiss, micaxisto, granito e rochas vulcânicas. Corresponde a uma glaciação continental no Proterozóico Superior.

Formação Sete Lagoas - Rochas carbonatadas em lentes de várias dimensões em sequência margosa e pelítica. Mostram, da base para o topo, uma sequência de calcários e dolomitos bastante característica, na região cratônica estável de Januária, Itacarambi, Montalvânia e Serra do Ramalho.

Formação Serra de Santa Helena - Folhelhos e siltitos cinza a cinza esverdeado intercalados a dois horizontes carbonatados. Apresenta algumas lentes de calcário. Esta formação tende a desaparecer na Bacia de Irecê-BA.

Formação Lagoa do Jacaré - Calcários oolíticos e pisolíticos cinza escuros, lenticulares, alternados com siltitos e margas.

Formação Serra da Saudade - Folhelhos e argilitos verdes que passam progressivamente a siltitos feldspáticos ou arcoseanos em direção ao topo. Costa e Branco (1961) situaram esta unidade acima da Formação Três Marias. Eventos tectônicos é que os levaram a incorrer neste erro, sendo que trabalhos de campo posteriores desenvolvidos em Minas Gerais comprovaram sua posição estratigráfica.

Formação Três Marias - Siltitos e arcósios verde escuros que se sobrepõem concordante e transicionalmente aos folhelhos, argilitos e siltitos da formação anterior.

Ainda segundo Dardene (1978) as espessuras destas for-

Figura 2 - Litoestratigrafia do Grupo Bambuí (Dardene-1978)

mações variam muito em função da subsidência mais ou menos acentuada da bacia (figura 2).

Braun (1968), baseado em mapeamentos junto ao Departamento Nacional da Produção Mineral, propunha sua coluna estratigráfica do Grupo Bambuí baseada em três formações: Paranoá, Paraopeba e Três Marias, da base para o topo, com as seguintes características:

Formação Paranoá: composta essencialmente de quartzitos, filitos e metassiltitos com uma espessura variando de algumas dezenas de metros a 3 800 metros em Goiás. Em geral começa por um conglomerado, terminando quase sempre em um quartzito claro e grosseiro.

Formação Paraopeba: engloba as Formações Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré e Serra da Saudade de Dardene. É predominantemente pelítica e carbonática, sendo a marga o elemento mais comum; secundariamente são encontrados calcários, argilitos, siltitos, ardósias e arenitos. Sua espessura varia em torno de 1 000 metros. Começa por um calcário dolomítico e silicoso que vai passando a mais puro para cima, passando depois para marga, onde se intercalam siltitos, argilitos, lentes de calcário e arenitos. No topo desta formação predomina siltitos arcóseos em contato com a Formação Três Marias.

Formação Três Marias: siltitos e arcóseos com espessura máxima de 400 metros. Sua base é caracterizada por um arcóseo fino de coloração esverdeada.

Ainda segundo o referido autor, a Formação Paranoá representa o surgimento da depressão pelo soerguimento dos maciços orogênicos ocidental e oriental; a Formação Paraopeba uma fase de lenta subsidência originando uma suave transgressão, e a Formação Três Marias corresponderia a uma fase de regressão relacionada ao levantamento do alto da Serra Geral

de Goiás. Correspondendo a uma sedimentação transgressiva, os sedimentos da Formação Paraopeba recobre rochas de natureza variada, transcendendo os limites da Formação Paranoá.

O mesmo autor não considera o conglomerado de Costa e Branco (1961) e Dardene (1978) como formação, muito embora lhe atribua uma grande importância por ocorrer em quase toda a bacia. Para Braun o conglomerado corresponderia ao topo dos sedimentos detríticos do que denominou Formação Paranoá. Já Dardene propõe a individualização destes sedimentos sob a denominação de Grupo Paranoá, atribuindo a denominação de Formação Jequitai ao conglomerado, base do Grupo Bambuí. Este autor justifica sua opinião citando uma correlação não comprovada entre o conglomerado São Miguel, da base do Grupo Paranoá, com o conglomerado Carrancas de Costa Branco (1961).

Braun e Dardene concordam no entanto quanto à incorreção de Costa e Branco em situar os folhelhos e argilitos da Formação Serra da Saudade - Costa e Branco (1961) e Dardene (1978) - estratigraficamente abaixo dos siltitos e arcólios da Formação Três Marias.

Para Braun a bacia do Bambuí formou-se a partir do soerguimento dos maciços orogênicos ocidental e oriental, mantendo-se quase imperturbável até o fim da sedimentação. O processo tectônico que se seguiu e lhe deu a atual estruturação constituiu-se de esforços tangenciais dirigidos dos bordos leste e oeste para o centro, resultando num intenso dobramento e metamorfismo que dificulta o reconhecimento e individualização das rochas da borda da bacia, suavizando para o centro, de maneira às rochas da parte central da bacia apresentarem-se em camadas praticamente horizontais.

3 - A FORMAÇÃO SETE LAGOAS

Segundo Dardene (1978) as rochas carbonatadas desta formação apresentam um perfil típico na região cratônica estável de Januária, Itacarambi, Montalvânia e Serra do Ramalho, onde apresentam da base para o topo:

Figura 3 - Litoestratigrafia da Formação Sete Lagoas (Dardene-1978)

Evidentemente que a continuidade lateral dessas camadas é bastante irregular, tendo Braun (1968) atribuído a elas a denominação Fácies Sete Lagoas.

Na região de Arcos, Pains e Lagoa da Prata (MG), Mada-loso e Veronese (1978) fizeram uma descrição mais pormenori-zada destas rochas carbonatadas, atribuindo-lhes a sequência da figura 4.

Resumidamente os mesmos autores descrevem as seguintes características para estas unidades lito-estratigráficas, da base para o topo:

a) Margas, argilitos e siltitos

Espessura variando entre 5 e 50 metros. Apresentam co-loração verde, rosada e cinza esverdeada com películas argi-losas e palhetas sericíticas no plano da estratificação. São

EPISÓDIOS DE DEPOSIÇÃO	AMB. DE SEDIMENTAÇÃO	SIMBOLOGIA DAS UNID.	DESCRIÇÃO DA LITOLOGIA	ESPESSURA (m)
TRANSGRESSÃO	ÁGUAS RASAS COM PERÍODOS CALMOS E AGITADOS		g) CALCÁRIO PRETO, MICRÍTICO COM BANCOS OOLÍTICOS	40
	ÁGUAS RASAS E MOVIMENTADAS		f) CALCÁRIO PRETO COM ESTROMATÓLITOS.	4
-----HIATO-----				
REGRESSÃO E DOLOMITIZAÇÃO	ÁGUAS RASAS ALTERNANDO PERÍODOS CALMOS E AGITADOS		e) DOLOMITO CALCÍFERO LAMINADO	15
TRANSGRESSÃO			d) DOLOMITO CALCÍFERO SACARÓIDE	5
-----HIATO-----				
LENTA E PROGRESSIVA REGRESSÃO	ÁGUAS RASAS E AGITADAS		c) CALCARENITO E BRECHAS LAMELARES	10-30
	ÁGUAS MOVIMENTADAS PEQUENA PROFUNDIDADE		b) CALCÁRIO PRETO PLAQUEADO	20-50
TRANSGRESSÃO	ÁGUAS CALMAS PROFUNDIDADE MODERADA		a) ARGILITOS, SILTITOS E MARGAS	5-50
~~~~~DISCORDÂNCIA~~~~~
		EMBASAMENTO GRANITO-GNÁISSICO	

Figura 4 - Quadro do desenvolvimento sedimentológico da sequência estratigráfica das rochas carbonatadas do Grupo Bambuí na região de Arcos-Pains-Lagoa da Prata (Madalosso e Veronese - 1978)

piritosos e muitas vezes apresentam-se com o plano de estratificação ondulado. As intercalações centimétricas de calcário preto e micrítico que aparecem no topo evidenciam uma passagem gradacional para a unidade sobreposta.

b) Calcário preto plaqueado

Espessura variando entre 20 e 50 metros. Coloração preta, carbonoso, fétido, geralmente micrítico. Em escala de afloramento é caracterizado pelo aspecto plaqueado (estratificado em bancos centimétricos) resultado da intercalação de películas e lâminas geralmente submilimétricas argilosas cinza esverdeadas, e carbonosas pretas.

Apresenta intercalações de brechas lamelares com intraclastos do mesmo calcário micrítico ligados por matriz de material argilo-carbonatado de cor cinza-esverdeada. Tanto as intercalações quanto os intraclastos apresentam tamanhos variáveis, da ordem de centímetros, observando-se uma variação crescente da base para o topo, culminando com a presença de bancos decimétricos de brechas lamelares situadas na base da unidade superior, evidenciando também uma passagem gradacional.

c) Calcarenitos e brechas lamelares

Espessura variando entre 10 e 30 metros. Intercalações de bancos de calcário cinza escuro a médio com espessura média de 1 metro, com bancos decimétricos a métricos de brechas lamelares, calcarenitos e calcários oolíticos.

As brechas apresentam intraclastos alongados, raramente ultrapassando 10 centímetros de comprimento, dispostos, em geral, paralelamente à estratificação. A matriz é composta por material argilo-carbonatado cinza claro e os fragmentos são de calcário micrítico cinza escuro.

Os calcarenitos são de cor cinza escuro, com intraclas-
tos de calcário micrítico da mesma cor, geralmente milimétricos e de forma irregular.

As intercalações de calcários oolíticos são menos abundantes. Os oólitos são constituídos por calcários micríticos cinza claros e pretos com diâmetro médio de 2 milímetros.

O contato superior destas rochas é abrupto e irregular sugerindo um contato erosivo.

d) Dolomito calcífero sacaróide

Espessura aproximadamente constante de 5 metros. Apresenta-se poroso e maciço, coloração cinza claro a cinza médio.

Devido à maior resistência à erosão, constitui normalmente o topo das escarpas. Uma característica constante destas rochas é a presença de calcita grosseira branca e preta preenchendo fraturas e cavidades.

e) Dolomito calcífero laminado

Apresenta-se estratificado em bancos com espessura média de 1 metro e espessura total em torno de 15 metros. Coloração cinza claro a cinza médio.

As laminações são caracterizadas pela alternância milimétrica de níveis micríticos e recristalizados. Podem ser paralelas ou cruzadas, do tipo planar e de pequeno porte, sendo comuns as laminações algais.

f) Calcário preto com estromatólito

Apresenta espessura média em torno de 4 metros. Cor preta, micrítico, maciço com nódulos e lentes de espessura centimétrica de chert preto.

A principal característica é a presença de abundantes estromatólitos do tipo SH e localmente ramificados, cujas laminações são compostas por calcita preta, grosseira e recristalizada.

g) Calcário preto, micrítico, com bancos oolíticos

Espessura aproximada de 40 metros. Apresenta-se plaqueado em bancos centimétricos ou estratificados em camadas decimétricas.

Localmente ocorrem intercalações centimétricas de siltito calcífero e de brecha lamelar com intraclastos centimétricos de calcário argiloso cinza-escuro ligados por matriz de calcário preto recristalizado.

Foram observadas ondulações no plano da estratificação cruzada planar de pequeno porte.

4 - CARACTERÍSTICAS DO CALCÁRIO DA REGIÃO

No local estudado foi possível a observação "in situ" de algumas características macroscópicas do calcário em exploração. Outras informações foram extraídas de boletins e relatórios internos da Companhia Mineira de Cimento Portland.

Segundo elas, o calcário se apresenta em atitude horizontal a sub-horizontal. A região é bastante carstificada, apresentando muitos sumidouros, o que sugere uma tectônica de abatimento.

O calcário explorado é bastante homogêneo, apresenta coloração cinza médio a preta, granulometria muito fina e planos de acamamento dificilmente visíveis.

Nos locais sujeitos a esforços ocorrem estrias que de-

vem corresponder a deslissamento interestratal com a formação de películas grafitosas.

Não aparecem estruturas estilolíticas, sendo comum o preenchimento de fraturas por calcita secundária.

Antes do início da lavra foram feitos alguns furos de sondagem rotativa em afloramentos, cujas descrições fornecidas pela COMINCI são as seguintes:

SONDAGEM 1 - VERTICAL - DIÂMETRO: NX até 12,55 metros
BX até 20,20 metros

<u>Perfuração</u>	<u>Descrição do Material</u>
00,00 - 10,26m	Calcário cinza médio, granulação média, com acamamento evidenciado por calcita branca secundária. Segundo esse acamamento pode-se ver claramente as zonas de fraqueza impregnadas de película carbonosa (grafita?). Passagens de material mais claro podem ser observadas. Mergulho do acamamento em torno de 15°.
10,26 - 10,75m	Passagem de zona carstificada (caverna) preenchida por argila carbonática de cor alaranjada.
10,75 - 13,38m	Calcário cinza médio com zonas de dissolução; caracteriza-se por conspícuo bandamento entre calcário mais escuro e calcário mais claro, com este último apresentando películas de óxido de ferro.
13,38 - 15,00m	Calcário cinza escuro, granulação média, homogêneo.
15,00 - 18,05m	Calcário bem estratificado bastante cortado por veios de calcita branca, lembrando uma brecha calcária. Estratos mais

18,05 - 20,20m

claros se alternam com estratos mais escuros, todos os dois da ordem de milímetros. Mergulho em torno de 20° . Películas ferruginosas presentes.

Calcário bastante estratificado, brechado e com mergulho da ordem de 30° . Alguns grandes veios de calcita secundária. Zona bastante tectonizada.

SONDAGEM 2 - VERTICAL - DIÂMETRO: NX

<u>Perfuração</u>	<u>Descrição do Material</u>
00,00 - 03,75m	Calcário cinza escuro, granulação fina a média e com algumas passagens carbonáticas mais claras.
03,75 - 04,60m	Fenda.
04,60 - 08,10m	Calcário cinza médio, intensamente fraturado e poluído por argila vermelha em zonas de carstificação.
08,10 - 12,70m	Calcário cinza escuro, granulação fina, homogêneo e intensamente fraturado, segundo o provável acamamento. Películas carbonosas recobrem as zonas de fratura.
12,70 - 15,20m	Calcário cinza claro, granulação fina, cortado por veios de calcita branca sem direção preferencial.
15,20 - 20,70m	Calcário cinza escuro, granulação fina, homogêneo e intensamente fraturado, segundo o provável acamamento. Películas carbonosas recobrem as zonas de fraturas.

Algumas análises químicas dos calcários amostrados numa área ao lado da estudada mostram uma grande homogeneidade

e, segundo os interessados, é bastante semelhante à composição química do calcário que está sendo explorado.

Os furos atingiram o calcário a diferentes profundidades e as amostras analisadas foram coletadas de 5 em 5 metros.

Furo nº	Amostra nº	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	P.F. %
01	1	1,5	0,33	0,15	54,2	0,30	42,93
	2	2,5	0,36	0,14	53,6	0,28	42,34
	3	8,1	2,8	1,1	48,1	0,46	38,89
	4	5,6	0,99	0,35	51,0	0,80	40,80
02	1	3,9	2,5	0,94	51,5	0,23	41,02
	2	0,51	0,20	<0,10	54,9	0,24	43,61
	3	0,62	0,11	<0,10	55,1	0,22	43,35
	4	0,58	0,10	<0,10	55,2	0,22	43,45
03	1	1,7	0,45	0,14	54,0	0,30	42,81
	2	0,13	<0,10	<0,10	55,5	0,17	43,67
	3	<0,10	<0,10	0,21	55,5	0,15	43,63
	4	<0,10	<0,10	<0,10	55,4	0,17	43,63
04	1	1,2	0,25	<0,10	54,6	0,23	42,98
	2	1,1	0,22	<0,10	54,6	0,26	43,13
	3	0,55	0,11	<0,10	55,0	0,23	43,43
	4	0,61	0,15	<0,10	55,0	0,24	43,35
05	1	<0,10	<0,10	<0,10	55,4	0,20	43,76
	2	<0,10	<0,10	<0,10	55,4	0,20	43,76
	3	0,15	<0,10	<0,10	55,4	0,22	43,64
	4	0,32	<0,10	0,27	55,1	0,23	43,51
06	1	2,6	1,3	0,38	52,8	0,18	41,95
	2	1,8	0,57	0,23	54,2	0,19	42,49
	3	0,17	0,10	<0,10	55,4	0,31	43,65
	4	<0,10	<0,10	0,22	55,3	0,24	43,55
07	1	<0,10	<0,10	<0,10	55,5	0,18	43,73
	2	<0,10	<0,10	<0,10	55,6	0,17	43,85
	3	<0,10	<0,10	<0,10	55,4	0,18	43,90
	4	<0,10	<0,10	<0,10	55,3	0,21	43,89

Furo n.º	Amostra n.º	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	P.F. %
08	1	6,8	3,4	1,2	48,5	0,24	39,65
	2	0,20	0,12	< 0,10	55,2	0,24	43,67
	3	0,13	< 0,10	< 0,10	55,2	0,22	43,85
	4	0,19	< 0,10	< 0,10	55,2	0,23	43,90
09	1	1,8	1,3	< 0,43	53,1	0,25	42,70
	2	0,19	0,10	< 0,10	55,3	0,27	43,50
	3	0,21	< 0,10	< 0,10	55,2	0,29	43,70
	4	0,26	< 0,10	< 0,10	55,3	0,20	43,62
10	1	0,38	0,15	0,10	55,0	0,19	43,65
	2	0,95	0,48	0,16	54,3	0,18	43,41
	3	0,38	0,13	< 0,10	54,8	0,20	43,85
	4	0,32	< 0,10	< 0,10	55,2	0,21	43,54

5 - GEOLOGIA ECONÔMICA: IMPORTÂNCIA E USO DO CALCÁRIO

O calcário se constitui num bem mineral de grande valor econômico dada a diversidade de sua utilização.

Matéria prima para a fabricação de cimento e cal, é também utilizado "in natura" para fins metalúrgicos, como corretivo de solos, indústria de vidros, cerâmica, louça e outros empregos menos importantes.

Atualmente estudos estão sendo feitos para se utilizar o calcário como fonte alternativa na substituição de subprodutos do petróleo. O cloreto de cálcio, formado a partir da reação do calcário com ácido clorídrico, libertando CO₂, é uma substância fundamental utilizada em refrigeração. Este CO₂ liberado na reação tem sido polimerizado formando cadeias curtas, médias e longas, podendo mesmo, num futuro próximo, substituir parcialmente o petróleo na indústria petroquímica (plásticos, resinas, tecidos sintéticos etc.).

O cimento portland é constituído de silicatos e aluminatos anidros que pela adição de água sofre uma série de reações com desprendimento de calor e formação de uma massa rígida. É utilizado na construção civil. Na fabricação do cimento portland, o calcário deve atender a uma especificação média em torno de:

- mais que 75% de CaCO_3
- menos que 3% de MgO
- menos que 0,5% de P_2O_5

sendo que a dosagem ideal pode ser conseguida pela adição de materiais argilosos.

Calcários com menos de 75% de CaCO_3 atribui menor resistência ao cimento, enquanto que o teor de MgO é limitado, a fim de não comprometer a estabilidade do cimento a longo prazo. O P_2O_5 em grandes quantidades retarda o tempo de "pega".

A sílica, alumina e óxido de ferro presentes em altos teores também é prejudicial à qualidade do cimento pois estes elementos provocam um rápido endurecimento.

A cal é formada pelo óxido de cálcio misturado às impurezas não voláteis, resultante da calcinação do calcário a temperaturas entre 750 e 1 000°C.

Calcários com grandes quantidades de MgO não prejudicam a qualidade da cal, pelo contrário, abaixam a temperatura de calcinação, o mesmo não acontecendo com calcários silicosos que produzem uma cal arenosa.

Tem sua grande aplicação na construção civil e na indústria química e metalúrgica.

O calcário moído também tem sua utilidade na indústria metalúrgica e como corretivo da acidez do solo. Britado, pode ser utilizado na preparação de argamassas e agregados, em pavimentos, preparação de leitos e sub-leitos de rodovias e ferrovias. Quando apresenta bom aspecto possibilitando polimento é utilizado na confecção de blocos ornamentais, tampos de mesas, pias etc..

O que especifica sua utilização é a propriedade química, principalmente, sendo que em linhas gerais pode ser atribuído ao calcário os seguintes empregos no Brasil, atualmente, variando conforme a região:

<u>Setor de Consumo</u>	<u>Participação (%)</u>
<i>cimento</i>	70 - 90
<i>cal</i>	5 - 10
<i>corretivo</i>	5 - 10
<i>outros</i>	0 - 5

6 - SITUAÇÃO DA LAVRA NO LOCAL NA ÉPOCA DO ESTUDO

Na época do presente trabalho, a situação da lavra na Pedreira Matosinhos se deparava com um problema bastante comum na exploração de pedreiras de uma maneira geral: à medida que avançava a frente de desmonte, o capeamento ia se espessando a ponto de comprometer os custos envolvidos com a sua remoção.

Como na maioria dos casos das pedreiras em atividade, não foi feito um estudo prévio do comportamento do topo rochoso no local. A exploração do calcário no local teve início com a frente de exploração FE-1 que se apresentava em con

dições mais favoráveis. Com o aumento da espessura do capeamento, foi aberta uma nova frente - FE-2 - que é a que se desenvolve atualmente (vide Anexo II). Há pouco tempo, quando o problema voltou a se manifestar, concluiu-se por um estudo visando cubicar o volume de estéril na área contígua às duas frentes.

Alguns furos de sondagem rotativa foram executados, encontrando o calcário a diferentes profundidades. As grandes irregularidades do topo rochoso mostraram que um grande número de pontos deveriam ser investigados para se obter resultados compatíveis com os objetivos desejados. Diante dos altos custos que envolve o método de sondagem até então utilizado e da necessidade de resultados a curtos prazos, optou-se pela execução de uma campanha de sondagens elétricas.

Os pontos a serem investigados foram distribuídos no terreno segundo uma malha aproximadamente regular e a uma distância média de 30 metros entre eles.

Devido à menor precisão que apresenta este tipo de sondagem, as sondagens rotativas serviriam como dados de correlação, e os resultados seriam encarados como uma tendência do comportamento do topo rochoso no local.

II - GEOFÍSICA

7 - PRINCÍPIOS E MÉTODOS

A prospecção geofísica é um ramo da geociência que procura identificar feições geológicas em subsuperfície, a partir da medida de grandezas físicas executadas em superfície; interessa, no caso, as propriedades das rochas e minerais que possam provocar ações à distância de significado compreensível, isto é, susceptíveis de explicação através de uma teoria interpretativa

Os parâmetros físicos medidos devem ser interpretados em termos geológicos, com auxílio de todas as informações complementares disponíveis; consideradas a quantidade e qualidade destes elementos, a interpretação geofísica fornecerá dados de maior ou menor fidelidade. Há de se notar que os parâmetros físicos só poderão ser medidos quando são obedecidas as condições em que o sinal obtido nas medições seja maior que os ruídos de fundo (correntes parasitas, vibrações etc.).

Para toda metodologia geofísica existem certas condições, para as quais o método foi idealizado, em que os resultados se configuram da maior precisão possível; à medida que se afasta destas condições, a precisão dos resultados tende a diminuir, chegando até a inviabilizar a aplicação do método.

ELETORRESISTIVIDADE

Os materiais que compõem a parte superficial da crosta, basicamente os diferentes tipos de solo e rocha, apresentam, por si só, uma resistividade quase que imensurável, uma vez que a grande maioria comporta-se como isolante elétrico. No entanto, a água que satura o solo ou percola as rochas, dissolve os sais minerais neles contidos e confere a esses mate

riais uma certa condutibilidade elétrica que é função da quantidade de água e do teor de sais nela dissolvidos.

Nessas circunstâncias, os diferentes valores de resistividade assumidos por estes materiais, permitem distinguir zonas intensamente fraturadas em rochas cristalinas, camadas arenosas e argilosas em pacotes sedimentares, profundidade do topo rochoso e do nível d'água etc.. O que mais interessou no presente trabalho foi a possibilidade de determinação da profundidade do topo rochoso, em função do contraste de resistividade existente entre a rocha sã e os materiais decompostos sobrejacentes.

As medidas de resistividade em superfície podem ser feitas de várias maneiras. O procedimento mais utilizado é o da sondagem elétrica, que mede a resistividade a diferentes profundidades sob um mesmo ponto do terreno.

As medidas de campo são executadas, comumente, através de um arranjo de quatro eletrodos alinhados na superfície. O arranjo mais utilizado é o de Schlumberger, onde os eletrodos internos para a medida do potencial se mantêm fixos e próximos ao ponto investigado, à medida que são espaçados simetricamente os eletrodos externos ou de corrente.

Para cada posição desses eletrodos externos, A-B, faz-se uma medida injetando-se no solo uma corrente de intensidade I que pode ser lida em um miliamperímetro. A passagem desta corrente pelo solo provoca o aparecimento de uma diferença de potencial ΔV entre os eletrodos internos, M-N, que pode ser lida em um milivoltímetro a eles acoplado.

Assim, pode-se calcular a resistividade aparente dos materiais investigados pela fórmula:

$$\rho_a \text{ (ohm.m)} = \frac{\Delta V \text{ (mV)}}{I \text{ (mA)}} \cdot K \text{ (m)}$$

onde K é uma constante geométrica que depende apenas do espaçamento entre os quatro eletrodos A-M-N-B, no presente caso representado por:

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN}}$$

A descrição acima é válida quando da utilização de corrente contínua, que pode ser fornecida por uma bateria de 12 V. Os equipamentos que utilizam corrente alternada, fornecida por um conjunto de pilhas de 1,5 V já acusam diretamente a resistência elétrica - R (ohm) - mediante a utilização de um amplificador, um microamperímetro e um potenciômetro, que reproduzem a resistência elétrica dos materiais investigados. Neste caso a resistividade é dada por:

$$\rho_a \text{ (ohm.m)} = R \text{ (ohm)} \cdot K \text{ (m)}$$

Os mesmos princípios, procedimentos de campo e técnicas de interpretação regem a utilização dos dois equipamentos.

O ponto de investigação corresponde sempre ao centro do arranjo, e a profundidade de investigação depende dos valores de resistividade aparente medidos, e será tanto maior quanto maior fôr o espaçamento entre os eletrodos externos, a menos que apareça uma camada totalmente isolante.

Os dados assim obtidos são lançados em gráfico bilogarítmico, tendo em abcissa o espaçamento $\overline{AB}/2$ e, em ordenada, os valores correspondentes de resistividade aparente.

A resistividade verdadeira, bem como a espessura e profundidade das camadas investigadas são conhecidas comparando-se a curva de resistividade aparente com curvas padrões, calculadas com base em dados físicos e matemáticos.

Como todo método indireto de investigação, a sondagem elétrica pode apresentar resultados que não correspondam às reais condições dos materiais no sub-solo, em função de certos fatores que podem influir no comportamento das linhas de corrente por ocasião das medidas, provocando distorções nas curvas de resistividade aparente. Esses fatores são mais comumente representados por equivalências, supressão de camadas, anisotropia e variações laterais de resistividade. Em condições ideais, os resultados fornecidos por uma sondagem elétrica podem atingir uma precisão acima de 90%, diminuindo na medida em que ocorrem estes fatores, e proporcionalmente à sua intensidade.

8 - EQUIPAMENTO

Na presente campanha as sondagens elétricas foram exe-

cutadas com o resistivímetro MTK-10 da Multistark Eletrônica, que contém as seguintes características básicas:

- duas unidades eletrônicas, sendo uma geradora de sinal e outra analisadora de sinal;
- a unidade geradora aplica ao solo uma informação de corrente alternada de onda quadrada de muito baixa frequência ($2/4$ HZ), nas grandezas de 100, 200 e 400 volts;
- a unidade geradora é alimentada por doze pilhas comuns que fornecem 9 ou 18 volts, dando ao aparelho uma grande autonomia em horas de funcionamento;
- a unidade analisadora de sinal é composta de um amplificador transistorizado, uma chave seletora "so-lo-medição" dotada de contactos de ouro laminado, e um circuito comparador representado por um potenciômetro helicoidal de 0,25% de tolerância, associado a resistores de 1% de tolerância;
- a chave controladora de sensibilidade em 3 escalas, com controle de ajuste fino logarítmico, escala de vernier com redução de 8,1%; é alimentada por duas baterias comuns de 9 volts;
- a medição da resistência específica do solo é efetuada através da leitura do circuito comparativo, combinando-se a indicação do controle helicoidal com a da chave multiplicadora, que dispõe de cinco faixas a saber: $R \times 0,001$; $R \times 0,01$; $R \times 0,1$; $R \times 1$ e $R \times 10$;
- grande capacidade de medição, ou seja, de 0,003 a 10 000 ohms com uma precisão melhor que $\pm 10\%$ para leituras da ordem de 0,003 ohm.

9 - DESENVOLVIMENTO DOS TRABALHOS

Os trabalhos de campo tiveram um desenvolvimento normal em função da facilidade de acesso e a inexistência de correntes de interferência.

As sondagens foram executadas sempre com o arranjo de eletrodos perfilado de modo a evitar acidentes topográficos que pudessem influenciar a morfologia da curva de resistividade aparente (vide Anexo II).

Ao final desta etapa, uma avaliação preliminar dos resultados mostrou a necessidade de se refazer algumas sondagens cujas curvas não se revelaram de boa qualidade. Isto foi feito, sempre que possível, com o arranjo de eletrodos perpendicular ao alinhamento anterior. Foi o caso das sondagens 5A, 10B, 2D e 4D.

Nestes casos, a curva de resistividade aparente apresentada no Anexo III, corresponde àquela de melhor qualidade.

Em outros pontos, aparentemente sem problemas com a qualidade das curvas, foram feitas sondagens cruzadas, e os resultados de suas interpretações foram bastante semelhantes, o que elimina possíveis problemas com anisotropia, e outros, a influenciar a curva de resistividade aparente, pelo menos nesses locais. São eles: 8B, 6F, 6H e 8H.

A disposição dos eletrodos adotada foi a de Schlumberger, com a linha de emissão de corrente espaçada de até 200 metros ou seja, o suficiente para se notar a influência da rocha sã na curva de resistividade aparente.

10 - SONDAGENS ROTATIVAS

Quando da execução da campanha geofísica, a área estudada já tinha sido investigada, em alguns pontos, através de sondagens rotativas. As descrições dos furos, fornecidas pelos interessados, auxiliaram bastante na aferição e avaliação das sondagens elétricas. Seus resultados:

SONDAGEM Nº	PERFURAÇÃO EM ARGILA (m)	PERFURAÇÃO EM CALCÁRIO (m)	PROF. DO TOPO DO CALCÁRIO (m)
S-1	47,10	3,05	47,10
S-2	57,55	5,60	57,55
S-3	57,35	3,75	57,35
S-4	26,00	4,20	26,00
S-5	64,60	3,80	64,60
S-6	64,30	3,00	64,30
S-7	3,80	3,90	3,80
S-8	28,60	3,15	28,60
S-9	41,30	3,30	41,30

Estas sondagens estão locadas no Anexo II, sendo que no Anexo IV estão indicadas apenas as contidas na área estudada por sondagens elétricas, ou seja, S-4, S-7, S-8 e S-9. A relativamente pequena distância entre elas e as diferentes espessuras do capeamento sugerem uma irregularidade acentuada do topo rochoso no local.

11 - INTERPRETAÇÃO DAS SONDAGENS ELÉTRICAS

As curvas de resistividade aparente correspondentes às sondagens elétricas foram interpretadas por superposição com curvas padrões, cujos conjuntos foram calculados pela Compagnie Générale de Géophysique, Orellana e Mooney e The Netherlands Rijkswaterstaat. Estes conjuntos possuem curvas padrões calculadas para duas, três e quatro camadas.

Muito embora as curvas, na sua quase totalidade, apresentassem uma qualidade excelente, muitas não puderam ser interpretadas por comparação direta com as curvas padrões devido sua morfologia não ser coincidente com as mesmas. Isto se deve ao fato de que a grande maioria das curvas padrões são

calculadas para três camadas, ao passo que as curvas de resistividade referentes ao presente trabalho apresentam, em sua maioria, mais de três camadas, ou seja:

- curvas de duas camadas: 4
- curvas de três camadas: 15
- curvas de quatro camadas: 26
- curvas de cinco camadas: 9
- curvas de seis camadas: 1

Na interpretação destas curvas, recorreu-se ao Método do Ponto Auxiliar, que utiliza curvas auxiliares e curvas padrões de duas e três camadas. O método consiste basicamente em calcular, ou encontrar através de gráficos, um ponto cujas coordenadas resumam a espessura e resistividade das primeiras camadas, diminuindo assim seu número na curva de resistividade aparente, permitindo desse modo a interpretação das camadas posteriores.

Quanto maior fôr o número de camadas, apresentadas pelas curvas, menor será a precisão dos resultados quando se utiliza este método de interpretação. No entanto, é um expediente bastante usado, uma vez que as curvas padrões disponíveis atualmente são em número relativamente pequeno, e as curvas de campo podem ser encontradas em quantidades e tipos praticamente infinitos.

Em alguns casos foram suprimidas as camadas mais superficiais, de pequena espessura, uma vez que na interpretação, interessava basicamente a profundidade do topo rochoso, e ele, na curva de resistividade aparente, é representado pela última camada. Este recurso visou dar uma maior precisão a esta determinação.

Muito embora já se recorra a técnicas de computação para auxiliar na interpretação geofísica, elas não foram utili

zadas neste trabalho, em parte devido aos altos custos que e la acarreta.

As curvas interpretadas são de tipos que representam desde duas camadas, até as mais diversas associações entre as de três camadas A, Q, K e H. Estão apresentadas individualmente no Anexo III, acompanhadas de suas interpretações e observações, quando necessárias, que abordam desde problemas com a execução da sondagem até aspectos relativos à interpretação final.

12 - CORRELAÇÃO ENTRE AS SONDAgens ROTATIVAS E SONDAgens ELÉTRICAS

A correlação entre os dados diretos e indiretos, no que diz respeito à profundidade do topo calcário, fica restrita aos pontos onde os dois métodos de investigação foram utilizados. Como se observa no Anexo IV, apenas no ponto 9E houve total coincidência entre a sondagem elétrica de mesmo número e a sondagem rotativa S-8. Nos pontos 7A, 5E e 7G houve um deslocamento de 5 a 10 metros, aproximadamente, entre as sondagens elétricas e as sondagens rotativa S-4, S-7 e S-9, respectivamente. Seus resultados:

SONDAgens ELÉTRICAS (COINCIDEN TE COM O PONTO DE MESMO NÚMERO)

SE-9E = 24,0 m

SE-7A = 54,5 m

SE-5E = 42,5 m

SE-7G = 32,0 m

SONDAGEM ROTATIVA MAIS PRÓXIMA

S-8 = 28,6 m

S-4 = 26,0 m

S-7 = 3,8 m

S-9 = 41,3 m

No primeiro caso, ponto 9E do Anexo IV, os resultados

apresentados pelas sondagens elétrica e rotativa, considerando sempre a profundidade do topo rochoso, podem ser considerados bastante satisfatórios, para as condições locais.

Nos outros três casos houve uma defasagem, não muito significativa entre a SE-7G e a S-9, se levados em conta o deslocamento entre elas e as condições locais, porém considerável entre os dois métodos nos pontos 7A e 5E.

No ponto 7A, a curva de resistividade aparente correspondente à sondagem de mesmo número apresenta uma qualidade excelente, não deixando dúvidas quanto a sua interpretação. A defasagem com relação ao resultado da S-4 deve então ser atribuído a variações na profundidade do topo nos dois locais investigados, ou então a distorções na curva de resistividade provocadas possivelmente por irregularidades do topo rochoso, o que teria falseado o resultado da interpretação geofísica.

No local da sondagem rotativa S-7 e arredores, vários blocos de calcário em superfície, sugerem uma pequena profundidade para a rocha sã, o que foi confirmado pela referida sondagem. No entanto, a sondagem elétrica no ponto 5E, assim como nos pontos 4D, 3E e 4F, próximos, indicam uma profundidade bem maior. A exemplo do caso anterior, as curvas correspondentes são de muito boa qualidade, não permitindo, inclusive, outra interpretação que não aquela constante no Anexo III. As mesmas justificativas do caso anterior são válidas para este caso, acrescidas de possíveis problemas de variações laterais de resistividade representadas pelos blocos de rocha na superfície próximo ao local das sondagens elétricas. A possibilidade da sondagem rotativa S-7 ter atingido apenas um bloco de calcário foi descartada por técnico da COMINCI, uma vez que a perfuração se deu em quase 4 metros de rocha.

13 - AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Como todo método indireto de investigação, a sondagem elétrica apresenta uma precisão máxima, quando executada nas condições em que foi idealizada, ou seja: topografia plana, estratos planos e paralelos com resistividades bem definidas, ausência de correntes telúricas ou industriais etc. Nessas condições, a interpretação geofísica atinge, normalmente precisão superior a 90%.

No caso do presente estudo, sabia-se de antemão, das irregularidades do topo rochoso, e tinha-se como certa a influência negativa deste fato na precisão dos resultados.

Como foi analisado no item anterior, no ponto 9E a sondagem elétrica acusou uma precisão por volta de 85%, o que deve ser considerado satisfatório. Devido às particularidades geológicas locais, esta precisão pode ser estendida aos demais pontos investigados porém com ressalvas, visto que o comportamento do topo rochoso é muito irregular, tornando imprevisível sua influência na curva de resistividade aparente. Em vista disto algumas sondagens elétricas podem apresentar precisão maior ou menor, não devendo situar-se, entretanto, muito distante da mencionada anteriormente.

Nos locais de topografia desfavorável, a precisão pode estar também prejudicada, uma vez que as condições de execução da sondagem afastam-se das ideais. No Anexo III estão sinaladas as sondagens executadas nestas condições.

Outro fator que pode introduzir erros na interpretação são as variações laterais de resistividade provocadas pelos blocos de calcário na superfície. Como na maioria dos casos as condições topográficas não permitiam a disposição dos eletrodos segundo outras direções, devem ser vistos com ressalvas os resultados das sondagens próximas a esses blocos,

ou das sondagens que durante seu desenvolvimento tiveram os eletrodos de emissão de corrente cravados nesses locais. A grosso modo, a porção da área contida entre os pontos 2D, 4B, 7C, 7E, 5G, 4H, 3G e 2D é a mais sensível a este tipo de problema.

Cumprе ressaltar que as distorções provocadas por estes fatores citados, na maioria das vezes não são perceptíveis nas curvas de resistividade aparente, o que equivale a dizer que não são passíveis de correção prévia.

14 - CONCLUSÕES

Apesar da área estudada apresentar uma série de inconvenientes para uma perfeita execução e interpretação de campanha de sondagens elétricas, os resultados parecem estar em perfeita sintonia com o que deles se esperava.

A grande maioria das curvas de resistividade aparente apresentaram muito boa qualidade em função de uma perfeita adequação dos equipamentos e técnicas de operação às particularidades da área. Desta maneira, os erros advindos de sua interpretação devem ser atribuídos a problemas que as influenciam de maneira imprevisível, e que, portanto, não permitem uma prévia correção.

De uma maneira global, uma precisão dos resultados em torno de 85% pode ser esperada para toda a área, muito embora em alguns pontos isolados ela possa ser maior ou menor, o que autoriza a considerar como bastante satisfatório o resultado final deste trabalho. Em última análise, a confecção de mapas de isocapeamento a partir do Anexo IV deve mostrar com bastante fidelidade uma tendência do comportamento do topo rochoso no local estudado.

III - RESUMO E CONCLUSÕES

Almeida, Davino, Hasui e Haralyi (informações verbais) estão concluindo estudos que, baseados em dados geofísicos, definem um craton, denominado por Almeida de Craton do Paramirin, do qual faria parte o Craton do São Francisco, correspondendo à sua parte central. Dessa forma, o Grupo Bambuí corresponderia a sedimentos de cobertura de plataforma da parte central do Craton do Paramirin, que foram preservados.

Essas rochas têm sido alvo da atenção de numerosos estudiosos não só por ocupar uma vasta área do Brasil Central, como também pelo interesse econômico que elas encerram.

Várias correlações já foram feitas por diversos autores no sentido de definir suas principais unidades litoestratigráficas. No presente trabalho, os comentários geológicos abordaram as opiniões de Dardene (1978) e Braun (1968) entre outros. Esses autores divergem principalmente quanto à definição da base do Grupo Bambuí, muito embora concordem com a posição estratigráfica da Formação Três Marias no topo do grupo, em contraposição às idéias de Costa e Branco (1961).

Ao que Dardene chama de Formações Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré e Serra da Saudade, Braun atribui a representação de fácies, devido à descontinuidade litológica que apresentam. Estas unidades foram então por ele agrupadas numa única formação, Formação Paraopeba, onde as margas representam a litologia predominante.

Com a intensificação dos estudos locais e regionais, a tendência é se chegar à definição de uma coluna estratigráfica comum, que represente as unidades do Grupo Bambuí em toda sua extensão. Por não se constituir no objetivo principal deste trabalho, o autor do mesmo apenas aborda as opiniões de alguns autores, não chegando a propor soluções quanto às relações litoestratigráficas das unidades que compõem o Grupo Bambuí.

A campanha geofísica, objetivo básico deste trabalho, foi desenvolvida sobre as rochas calcárias da Formação Sete Lagoas, com a finalidade de estudar e definir o comportamento do topo rochoso.

No local estudado, a Companhia Mineira de Cimento Portland explora o calcário para fins de fabricação de cimento. Os estudos geofísicos foram por ela encomendados a fim de fornecer subsídios para uma melhor programação da lavra, uma vez que na atual frente de exploração observa-se a tendência de haver um aumento na espessura do capeamento, o que pode encarecer sua remoção a ponto de inviabilizar a lavra.

O método utilizado foi o da eletrorresistividade, por melhor se adequar às condições locais e atender às previsões dos interessados no que diz respeito ao trinômio precisão-prazos-custos. O método da sísmica de refração, que normalmente é mais recomendado para atender aos objetivos aqui propostos, foi preterido pela eletrorresistividade devido à existência, no local, de ruídos de fundo de grande intensidade, decorrentes das atividades da pedreira em funcionamento.

A campanha, no seu total, teve uma duração de 25 dias, o que evidencia as vantagens dos métodos geofísicos sobre os métodos diretos de investigação, no que diz respeito ao aspecto prazos. Com relação aos custos, uma sondagem elétrica para investigar o topo rochoso a uma profundidade entre 20 e 30 metros representa apenas por volta de 5% dos custos envolvidos com uma sondagem rotativa executada para os mesmos fins e nas mesmas condições. Com o aumento da profundidade de de investigação, mais evidente se torna esta vantagem.

De uma maneira geral, a profundidade do topo rochoso, nos pontos investigados, foi determinada com uma precisão estimada em 85%. Em alguns pontos porém, esta precisão pode estar comprometida em função de fatores nem sempre previsí-

veis, o que impede uma prévia correção. Porém, mesmo admitindo que em alguns pontos investigados a precisão dos resultados possa estar situada bem aquém do esperado, a validade da campanha geofísica é incontestável uma vez que, no aspecto global, os resultados mostram uma tendência do comportamento do topo rochoso.

Os objetivos do presente trabalho foram plenamente alcançados, dentro das previsões estabelecidas, confirmando a importância dos métodos geofísicos na racionalização de campanhas de prospecção mineral. Neste caso, serviu para avaliar o volume de estéril a ser removido ao se operar diferentes frentes de desmonte, e programar a continuidade da lavra dentro de condições mais favoráveis.

IV - AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho contou com o auxílio de várias pessoas e entidades:

O orientador, Professor Doutor André Davino do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, responsável pela condução, interpretação e apresentação dos trabalhos.

A Companhia Mineira de Cimento Portland, que possibilitou a realização dos trabalhos e facilitou sua execução fornecendo todos os dados disponíveis de interesse.

Os geólogos da COMINCI, Marcio Antonio de Oliveira e Paulo Tadeu Danese, que deram informações úteis e discutiram com o autor vários assuntos relacionados à geologia da área estudada.

O Professor Doutor Nelson Ellert, do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, com quem o autor tem trocado idéias a respeito de problemas relacionados à Geofísica.

O Professor Doutor Eduardo Camilhier Damasceno, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, que apresentou sugestões valiosas quanto à geologia e petrografia do calcário e suas aplicações.

Os geólogos Ricardo Francesconi e Antonio Gabriel Inglez, pelas sugestões e contribuições das mais diversas formas em todas as fases do trabalho.

O geólogo Vanderlei Esteves Mansanares, que por seu grande conhecimento sobre o Grupo Bambuí prestou informações muito úteis sobre as rochas calcárias da região.

O geólogo Marcos Alves de Almeida, que por sua experiência em mineração contribuiu sugerindo formas de otimizar

a lavra de rochas calcárias.

A GEOSERVICE ENGENHARIA GEOLÓGICA S/C LTDA, nas pessoas de seus diretores e funcionários, que propiciaram todas as condições favoráveis para o bom desenvolvimento deste e de outros trabalhos do autor.

A todos, e aos que de alguma forma ajudaram no desenvolvimento das diversas fases deste trabalho, o autor expressa seus mais sinceros agradecimentos.

V - BIBLIOGRAFIA

- ABREU, S. F. (1960) - Recursos Minerais do Brasil. Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio e Instituto Nacional de Tecnologia. Volume I.
- ASTIER, J. L. (1975) - Geofísica Aplicada a La Hidrogeologia. Paraninfo, Madrid.
- BHATTACHARYA, P. K. e PATRA, H. P. (1968) - Direct Current Geoelectric Sounding. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, London, New York.
- BIGARELLA, J. J. (1947) - Estudos Preliminares na Série Açungui. Arq. Biol. Tecnol., 2 - Curitiba.
- BIGARELLA, J. J. (1948) - Estudos Preliminares na Série Açungui - II. Rochas Calcárias. Arq. Biol. Tecnol., 8 - Curitiba.
- BIGARELLA, J. J. (1958) - Contribuição à Geologia da Região Sul da Série Açungui. Bol. Paul. Geogr. 29. São Paulo.
- BRAUN, O. P. G. (1968) - Contribuição à Estratigrafia do Grupo Bambuí. Anais do XXII Congresso Brasileiro de Geologia. Belo Horizonte-MG.
- COMPAGNIE GÉNÉRALE DE GÉOPHYSIQUE (1955) - Abaques de Sondage Eléctrique. Geophysical Prospecting, volume III, supplement nº 3.
- DARDENE, M. A. (1978) - Síntese sobre a Estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central. Anais do XXX Congresso Brasileiro de Geologia. Recife-PE.
- DARDENE, M. A., MAGALHÃES, L. F. e SOARES, L. A. - Geologia do Grupo Bambuí no vale do rio Paranã (Goiás).

Anais do XXX Congresso Brasileiro de Geologia. Recife-PE. (1978).

GEOPHYSICAL PROSPECTING - Publicações da European Association of Geophysicists Exploration.

GEOPHYSICS - Publicação norte-americana no campo da geofísica aplicada.

GRIFFITHS, D. H. e KING, R. F. (1972) - Geofísica Aplicada para Ingenieros y Geologos. Paraninfo. Madri.

KELLER, G.V. e FRISCHKNECHT, F. C. (1966) - Electrical Methods in Geophysical Prospecting. Pergamon Press, Londres.

MADALOSSO, A. e VALLE, C. R. O. (1978) - Considerações sobre a Estratigrafia e Sedimentologia do Grupo Bambuí na região de Paracatu - Morro Agudo (MG). Anais do XXX Congresso Brasileiro de Geologia. Recife-PE.

MADALOSSO, A. e VERONESE, V. F. - Considerações sobre a Estratigrafia das Rochas Carbonatadas do Grupo Bambuí na região de Arcos, Pains e Lagoa da Prata (MG). Anais do XXX Congresso Brasileiro de Geologia. Recife-PE. (1978).

MARINI, O. J., TREIN, E. e FUCK, R. A. (1967) - O Grupo Açungui no Estado do Paraná. Bol. Par. Geoc. 23 e 25. Curitiba.

MARINI, O. J. (1967) - Rochas Calcárias do Grupo Açungui. Bol. Par. Geoc. 23 e 25. Curitiba.

MOONEY, H. M. (1954) - Depth Determinations by Electrical Resistivity. Mining Engineering VI.

ORELLANA, E. (1960) - Algunas Questions de Prospección Geoelétrica. Revista de Geofísica, XIX, número 73.

ORELLANA, E. (1961) - Critérios Errôneos en la Interpretación de Sondeos Eléctricos. Revista de Geofísica, XX, número 79.

ORELLANA, E. (1966) - Notas Sobre la Interpretación de Sondeos Eléctricos Verticales. Revista de Geofísica. Instituto Nacional de Geofísica.

ORELLANA, E. e MOONEY, H. M. (1966) - Tablas y Curvas Patrón para Sondeos Eléctricos Verticales. Interciência, Madrid.

ORELLANA, E. e RIO, A. (1971) - Simil Termodinâmico para Curvas de SEV, tipo H. Revista de Geofísica, volume 31.

ORELLANA, E. (1972) - Prospección Geoelectrica en Corrente Continua. Paraninfo, Madrid.

ORELLANA, E. (1974) - Prospección Geoelectrica por Campos Variables. Paraninfo, Madrid.

PARASNIS, D. S. (1970) - Princípios de Geofísica Aplicada. Paraninfo, Madrid.

PARASNIS, D. S. (1971) - Geofísica Minera. Paraninfo, Madrid.

PETTIJOHN, F. J. (1957) - Sedimentary Rocks. Harper and Brothers - NY.

RIJKSWATERSTAAT, THE NETHERLANDS (1969) - Standard Graphs for Resistivity Prospecting. European Association of Exploration Geophysicists.

SALAMUNI, R. e BIGARELLA, J. J. (1967) - Contribuição à Geologia do Grupo Açungui. Boletim da Universidade do Paraná - nº 23.

SINTONI, A. e VALVERDE, F. M. (1978) - Rochas Calcárias nos Estados de São Paulo e Paraná. Departamento Nacional da Produção Mineral. Ministério das Minas e Energia. Boletim nº 45.

WILLIAMS, H., TURNER, F. J. e GILBERT, C. M. (1970) - Petrografia. University of California, Berkeley.

RELATÓRIOS, PERFIS GEOLÓGICOS E BOLETINS INTERNOS DA COMPANHIA MINEIRA DE CIMENTO PORTLAND.

legenda

- Q cascalhos, areias e argilas de depósitos aluvionares
- pēbplj formação lagoa do Jacaré - Grupo Bambuí
- pēbp Sub-Grupo Rio Paraopeba - Grupo Bambuí
- pēbsh formação Serra de Santa Helena - Grupo Bambuí
- pēbsi formação Sete Lagoas - Grupo Bambuí
- pēmbj membro Jequitai - Grupo Macaúbas
- pēeq Quartzitos, quartzitos micáceos - Grupo Espinhaço
- pērvm Grupo Maquiné - Super Grupo Rio das Velhas
- pērvnl Grupo Nova Lima - Super Grupo Rio das Velhas
- pērvx xistos pirofiliticos, lentes quartziticas e anfibolitos Região de Pitangui
- pēin embasamento granito-gneissico
- Y complexos granitóides
- contato litológico

Fonte: PROJETO RADAR - MINAS GERAIS

TESE DE MESTRADO

Companhia Mineira de Cimento Portland

local: Pedreira de Matosinhos - Matosinhos - MG

referencia: planta geológica e de localização da área

JOSÉ MILTON B. MENDES

ANEXO I

escala 1: 500.000

dezembro / 79

legenda

- furos de sondagens rotativa
- SE 2B A x B sondagem elétrica
- frente de desmonte ou corte
- curvas de nível
- estradas
- linha de transmissão

TESE DE MESTRADO

Companhia Mineira de Cimento Portland-COMINCI

local: pedreira de matosinhos - matosinhos - MG

referência: planta de locação das sondagens elétricas e rotativas

José Milton Benetti Mendes

anexo II

escala 1:1000
dezembro/79

ANEXO III

CURVAS DE RESISTIVIDADE APARENTE

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 1 A

DATA: Dez./79 COTA: 776,21 m

LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,5	1,5	430
28,5	30,0	280
Indef.	> 30,0	Infin.

OBSERVAÇÕES:

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE **SONDAGEM ELÉTRICA Nº 3 A**

DATA: Dez./79 COTA: 776,41 m
 LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
2,5	2,5	360
20,5	23,0	140
Indef.	> 23,0	Infin.

OBSERVAÇÕES :

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE **SONDAGEM ELÉTRICA Nº 5 A**

DATA: Dez./79 COTA: 781,53 m
 LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
5,0	5,0	170
3,5	8,5	1 700
33,0	41,5	220
Indef.	> 41,5	Infin.

OBSERVAÇÕES: A 2ª camada já pode corresponder à rocha sã. Neste caso o topo rochoso se encontraria a 5,0 m.

TESE DE MESTRADO

JOSÉ MILTON BENETTI MENDES

ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-
GEOFÍSICA.

LOCAL

MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE **SONDAGEM ELÉTRICA Nº 7 A**

DATA: Dez./79 COTA: 782,41 m
 LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,5	1,5	600
7,0	8,5	1 500
46,0	54,5	350
Indef.	> 54,5	Infin.

OBSERVAÇÕES:

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA.
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE **SONDAGEM ELÉTRICA N° 9 A**

DATA: Dez./79 COTA: 782,53 m
 LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,0	1,0	1 050
2,0	3,0	2 200
1,0	4,0	850
67,0	71,0	1 300
Indef.	> 71,0	Infin.

OBSERVAÇÕES :

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE **SONDAGEM ELÉTRICA Nº 2 B**

DATA: Dez./79 COTA: 776,71 m

LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
2,0	2,0	800
8,0	10,0	160
28,0	38,0	380
Indef.	> 38,0	Infin.

OBSERVAÇÕES :

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA.
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 4 B

DATA: Dez./79 COTA: 781,32 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,5	1,5	150
4,0	5,5	100
2,0	7,5	2 800
30,0	37,5	350
Indef.	>37,5	Infin.

OBSERVAÇÕES: A 3ª camada já corresponde à rocha sã. As outras "camadas" elétricas são resultantes de distorções na curva. Neste caso o topo rochoso encontra-se a 5,5 m

TESE DE MESTRADO

JOSÉ MILTON BENETTI MENDES

ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-
GEOFÍSICA.

LOCAL
MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE **SONDAGEM ELÉTRICA N° 6 B**

DATA: Dez./79 COTA: 783,49 m

LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
0,5	0,5	220
7,0	7,5	1 700
46,5	54,0	400
Indef.	> 54,0	Infin.

OBSERVAÇÕES:

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE **SONDAGEM ELÉTRICA Nº 8 B**

DATA: Dez./79 COTA: 781,64 m
 LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,0	1,0	460
5,0	6,0	1 700
40,0	46,0	450
Indef.	> 46,0	Infin.

OBSERVAÇÕES:

TESE DE MESTRADO	
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES	
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-GEOFÍSICA	
LOCAL	MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 10 B

DATA: Dez./79 COTA: 781,81 m

LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,5	1,5	600
56,0	57,5	1 600
Indef.	> 57,5	Infin.

OBSERVAÇÕES: A sondagem foi executada em condições de topografia desfavorável.

TESE DE MESTRADO

JOSÉ MILTON BENETTI MENDES

ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-
GEOFÍSICA.

LOCAL

MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE **SONDAGEM ELÉTRICA Nº 1 C**

DATA: Dez./79 COTA: 777,10 m
 LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
3,0	3,0	80
2,0	5,0	1 700
9,5	14,5	150
Indef.	> 14,5	Infin.

OBSERVAÇÕES :

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA.
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 3 C

DATA: Dez./79 COTA: 780,44 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
2,0	2,0	65
8,5	10,5	240
10,0	20,5	700
21,5	42,0	160
Indef.	>42,0	Infin.

OBSERVAÇÕES :

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA.
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 5 C

DATA: Dez./79 COTA: 784,80 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,0	1,0	150
19,0	20,0	800
38,0	58,0	360
Indef.	> 58,0	Infin.

OBSERVAÇÕES:

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA.
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 7 C

DATA: Dez./79 COTA: 781,74 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade ($\Omega \cdot m$)
1,0	1,0	290
12,5	13,5	1 000
35,0	48,5	360
Indef.	> 48,5	Infin.

OBSERVAÇÕES:

TESE DE MESTRADO	
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES	
ASSUNTO	PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA.
LOCAL	MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 9 C

DATA: Dez./79 COTA: 781,78 m

LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,0	1,0	600
41,0	42,0	1 200
Indef.	> 42,0	Infin.

OBSERVAÇÕES:

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA.
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 2 D

DATA: Dez./79 COTA: 777,77 m

LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
3,0	3,0	120
7,0	10,0	450
5,5	15,5	55
Indef.	> 15,5	Infin.

OBSERVAÇÕES:

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA.
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE **SONDAGEM ELÉTRICA Nº 4 D**

DATA: Dez./79 COTA: 784,74 m

LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
8,0	8,0	230
5,0	13,0	1 200
7,0	20,0	65
Indef.	> 20,0	Infin.

OBSERVAÇÕES:

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA.
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 6 D

DATA: Dez./79 COTA: 782,81 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
4,0	4,0	100
9,0	13,0	350
42,0	55,0	230
Indef.	> 55,0	Infin.

OBSERVAÇÕES:

TESE DE MESTRADO	
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES	
ASSUNTO	PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-GEOFÍSICA.
LOCAL	MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 8 D

DATA: Dez./79 COTA: 776,99 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
0,5	0,5	60
2,0	2,5	2 500
57,0	59,5	570
Indef.	> 59,5	Infin.

OBSERVAÇÕES: A 2ª camada já pode corresponder à rocha sã devido sua alta resistividade. Neste caso o topo rochoso se encontraria a 0,5m o que, porém, é pouco provável.

TESE DE MESTRADO

JOSÉ MILTON BENETTI MENDES

ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-
GEOFÍSICA.

LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 1 E

DATA: Dez./79 COTA: 777,21 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
2,0	2,0	680
1,0	3,0	100
18,0	21,0	620
Indef.	> 21,0	Infin.

OBSERVAÇÕES: A extremidade direita da curva deve estar influenciada por variações laterais de resistividade e problemas com topografia.

TESE	DE	MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES		
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-GEOFÍSICA		
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE **SONDAGEM ELÉTRICA Nº 3 E**

DATA: Dez./79 COTA: 784,97 m
 LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,0	1,0	270
2,5	3,5	700
5,5	9,0	200
36,0	45,0	600
Indef.	> 45,0	Infin.

OBSERVAÇÕES :

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA.
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 5 E

DATA: Dez./79 COTA: 784,32 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
4,5	4,5	115
38,0	42,5	420
Indef.	> 42,5	Infin.

OBSERVAÇÕES :

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 7 E

DATA: Dez./79 COTA: 776,83 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade ($\Omega \cdot m$)
5,0	5,0	75
14,0	19,0	550
32,0	51,0	310
Indef.	> 51,0	Infin.

OBSERVAÇÕES :

TESE	DE	MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES		
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA.		
LOCAL	MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 9 E

DATA: Dez./79 COTA: 770,40 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,5	1,5	340
22,5	24,0	410
Indef.	> 24,0	Infin.

OBSERVAÇÕES: A extremidade direita da curva deve estar afetada por variações laterais de resistividade e problemas com topografia.

TESE DE MESTRADO	
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES	
ASSUNTO	PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-GEOFÍSICA.
LOCAL	MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 11 E

DATA: Dez./79 COTA: 763,17 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,0	1,0	110
17,5	18,5	820
Indef.	> 18,5	Infin.

OBSERVAÇÕES: A sondagem foi executada em condições de topografia desfavorável.

TESE DE MESTRADO

JOSÉ MILTON BENETTI MENDES

ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-
GEOFÍSICA.

LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 2 F

DATA: Dez./79 COTA: 773,55 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,0	1,0	6 500
9,0	10,0	1 800
1,0	11,0	20 000
5,0	16,0	360
Indef.	> 16,0	Infin.

OBSERVAÇÕES :

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA.
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE **SONDAGEM ELÉTRICA Nº 4 F**

DATA: Dez./79 COTA: 781,00 m

LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
6,0	6,0	380
1,0	7,0	75
15,0	22,0	230
9,0	31,0	44
Indef.	> 31,0	Infin.

OBSERVAÇÕES:

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA.
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA N°6 F

DATA: Dez./79 COTA: 776,22 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade ($\Omega \cdot m$)
2,0	2,0	100
4,0	6,0	500
17,0	23,0	110
Indef.	> 23,0	1 500

OBSERVAÇÕES: A última camada já deve corresponder à rocha sã.

TESE DE MESTRADO

JOSÉ MILTON BENETTI MENDES

ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-
GEOFÍSICA.

LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 8 F

DATA: Dez./79 COTA: 770,35 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
2,0	2,0	70
26,5	28,5	250
Indef.	> 28,5	3 000

OBSERVAÇÕES: A última camda já deve corresponder à rocha sã.

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA.
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE **SONDAGEM ELÉTRICA Nº 10 F**

DATA: Dez./79 COTA: 765,87 m
 LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade ($\Omega \cdot m$)
1,0	1,0	190
3,5	4,5	500
17,5	22,0	1 000
11,0	33,0	230
Indef.	> 33,0	Infin.

OBSERVAÇÕES:

TESE DE MESTRADO
JOSE MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-GEOFÍSICA.
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 1 G

DATA: Dez./79 COTA: 773,77 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
3,5	3,5	160
Indef.	> 3,5	Infin.

OBSERVAÇÕES: A extremidade direita da curva está influenciada por variações laterais de resistividade.

TESE DE MESTRADO

JOSÉ MILTON BENETTI MENDES

ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-
GEOFÍSICA.

LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE **SONDAGEM ELÉTRICA Nº 3 G**

DATA: Dez./79 COTA: 773,39 m
 LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
0,5	0,5	480
5,5	6,0	1 700
41,0	47,0	400
Indef.	> 47,0	Infin.

OBSERVAÇÕES :

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-GEOFÍSICA.
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA N° 5 G

DATA: Dez./79 COTA: 776,46 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,5	1,5	85
5,5	7,0	300
3,5	10,5	80
40,0	50,5	350
Indef.	> 50,5	Infin.

OBSERVAÇÕES:

TESE DE MESTRADO	
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES	
ASSUNTO	PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-GEOFÍSICA.
LOCAL	MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 7 G

DATA: Dez./79 COTA: 770,77 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
2,0	2,0	110
30,0	32,0	280
Indef.	> 32,0	Infin.

OBSERVAÇÕES :

TESE DE MESTRADO	
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES	
ASSUNTO	PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA.
LOCAL	MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 9 G

DATA: Dez./79 COTA: 767,81 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,0	1,0	130
26,0	27,0	330
Indef.	> 27,0	Infin.

OBSERVAÇÕES:

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA.
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 11 G

DATA: Dez./79 COTA: 753,21 m

LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
4,0	4,0	45
Indef.	> 4,0	Infin.

OBSERVAÇÕES: A extremidade direita da curva está influenciada por variações laterais de resistividade.

TESE DE MESTRADO

JOSÉ MILTON BENETTI MENDES

ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-
GEOFÍSICA.

LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 2 H

DATA: Dez./79 COTA: 772,89 m

LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
3,0	3,0	130
18,0	21,0	950
8,0	29,0	110
Indef.	> 29,0	Infin.

OBSERVAÇÕES: A 2ª camada já pode corresponder à rocha sã. Neste caso o topo rochoso estaria a 3,0 m.

TESE DE MESTRADO

JOSÉ MILTON BENETTI MENDES

ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-
GEOFÍSICA.

LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 4 H

DATA: Dez./79 COTA: 776,16 m

LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
5,0	5,0	130
40,0	45,0	270
Indef.	>45,0	Infin.

OBSERVAÇÕES: A rocha sã pode encontrar-se a menos de 10 m. Neste caso a curva estaria sob influência da topografia e variações laterais de resistividade.

TESE DE MESTRADO

JOSÉ MILTON BENETTI MENDES

ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-
GEOFÍSICA.

LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 6 H

DATA: Dez./79 COTA: 771,83 m

LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
3,0	3,0	95
7,5	10,5	340
15,0	25,5	110
Indef.	> 25,5	Infin.

OBSERVAÇÕES:

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA.
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 8 H

DATA: Dez./79 COTA: 766,56 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,0	1,0	260
2,0	3,0	75
8,5	11,5	380
14,5	26,0	260
Indef.	> 26,0	Infin.

OBSERVAÇÕES :

TESE DE MESTRADO

JOSÉ MILTON BENETTI MENDES

ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-
GEOFÍSICA.

LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE **SONDAGEM ELÉTRICA Nº 10 H**

DATA: Dez./79 COTA: 758,87 m
 LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,5	1,5	2 100
8,5	10,0	140
Indef.	> 10,0	Infin.

OBSERVAÇÕES :

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA N° 3 I

DATA: Dez./79 COTA: 773,05 m

LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,0	1,0	90
5,0	6,0	230
Indef.	> 6,0	Infin.

OBSERVAÇÕES: A extremidade direita da curva deve estar influenciada por topografia ou variações laterais de resistividade.

TESE DE MESTRADO

JOSÉ MILTON BENETTI MENDES

ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-
GEOFÍSICA.

LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE **SONDAGEM ELÉTRICA N°5 I**

DATA: Dez./79 COTA: 770,55 m
 LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,0	1,0	75
2,0	3,0	400
33,0	36,0	270
Indef.	> 36,0	Infin.

OBSERVAÇÕES :

TESE DE MESTRADO	
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES	
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA.	
LOCAL	MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 7 I

DATA: Dez./79 COTA: 767,80 m

LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
3,0	3,0	70
5,0	8,0	350
17,0	25,0	120
Indef.	> 25,0	Infin.

OBSERVAÇÕES :

TESE DE MESTRADO

JOSÉ MILTON BENETTI MENDES

ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-
GEOFÍSICA.

LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 9 I

DATA: Dez./79 COTA: 760,53 m

LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,0	1,0	190
4,0	5,0	480
4,5	9,5	120
Indef.	> 9,5	> 5 000

OBSERVAÇÕES: A última camada já deve corresponder à rocha sã.

TESE DE MESTRADO

JOSÉ MILTON BENETTI MENDES

ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-
GEOFÍSICA.

LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 11 I

DATA: Dez./79 COTA: 753,00 m

LOCAL: Pedreira de Matosinhos.

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,0	1,0	700
5,5	6,5	100
Indef.	> 6,5	Infin.

OBSERVAÇÕES:

TESE DE MESTRADO

JOSÉ MILTON BENETTI MENDES

ASSUNTO: PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-
GEOFÍSICA.

LOCAL: MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE **SONDAGEM ELÉTRICA Nº 4 J**

DATA: Dez./79 COTA: 772,62 m
 LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,5	1,5	1 400
2,0	3,5	140
17,0	20,5	1 500
Indef.	> 20,5	Infin.

OBSERVAÇÕES: A 3ª camada já corresponde à rocha sã. Neste caso, o topo rochoso encontra-se a 3,5 m. As outras "camadas" elétricas são resultantes de distorções na curva.

TESE DE MESTRADO

JOSÉ MILTON BENETTI MENDES

ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-GEOFÍSICA.

LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 6 J

DATA: Dez./79 COTA: 770,06 m

LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade ($\Omega \cdot m$)
1,0	1,0	380
5,0	6,0	240
36,0	42,0	500
Indef.	> 42,0	Infin.

OBSERVAÇÕES:

TESE DE MESTRADO

JOSÉ MILTON BENETTI MENDES

ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-
GEOFÍSICA.

LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE **SONDAGEM ELÉTRICA Nº 8 J**

DATA: Dez./79 COTA: 763,31 m
 LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
2,5	2,5	80
3,0	5,5	1 300
4,0	9,5	50
Indef.	> 9,5	Infin.

OBSERVAÇÕES:

TESE DE MESTRADO
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA.
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA N° 10 J

DATA: Dez./79 COTA: 752,28 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
0,5	0,5	250
5,0	5,5	80
Indef.	> 5,5	> 3 000

OBSERVAÇÕES: A última camada já deve corresponder à rocha sã.

TESE DE MESTRADO

JOSÉ MILTON BENETTI MENDES

ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-
GEOFÍSICA.

LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA N° 7 K

DATA: Dez./79 COTA: 762,19 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
1,0	1,0	650
3,0	4,0	150
24,0	28,0	230
Indef.	> 28,0	Infin.

OBSERVAÇÕES:

TESE DE MESTRADO	
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES	
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-GEOFÍSICA	
LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 9 K

DATA: Dez./79 COTA: 755,48 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
5,0	5,0	110
14,5	19,5	400
12,0	31,5	140
Indef.	> 31,5	Infin.

OBSERVAÇÕES: A sondagem foi executada em condições de topografia desfavorável.

TESE DE MESTRADO	
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES	
ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-GEOFÍSICA.	
LOCAL	MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 11 K

DATA: Dez./79 COTA: 748,75 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
4,0	4,0	50
Indef.	> 4,0	Infin.

OBSERVAÇÕES: A extremidade direita da curva deve estar influenciada por problemas de topografia ou variações laterais de resistividade.

TESE DE MESTRADO

JOSÉ MILTON BENETTI MENDES

ASSUNTO PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-
GEOFÍSICA.

LOCAL MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE SONDAGEM ELÉTRICA Nº 8 L

DATA: Dez./79 COTA: 759,37 m
LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
0,5	0,5	70
4,0	4,5	1 000
28,0	32,5	260
Indef.	> 32,5	Infin.

OBSERVAÇÕES: A sondagem foi executada em condições de topografia desfavorável.

TESE DE MESTRADO	
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES	
ASSUNTO	PROSPECÇÃO GEOLÓGICA- GEOFÍSICA.
LOCAL	MATOSINHOS - MG.

CURVA DE RESISTIVIDADE APARENTE **SONDAGEM ELÉTRICA Nº 10 L**

DATA: Dez./79 COTA: 747,81 m
 LOCAL: Pedreira de Matosinhos

INTERPRETAÇÃO

Espessura (m)	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)
4,0	4,0	60
Indef.	> 4,0	2 000

OBSERVAÇÕES: A 2ª camada deve corresponder à rocha sã. A extremidade direita da curva deve estar influenciada por problemas com topografia ou variações laterais de resistividade.

TESE DE MESTRADO	
JOSÉ MILTON BENETTI MENDES	
ASSUNTO	PROSPECÇÃO GEOLÓGICA-GEOFÍSICA.
LOCAL	MATOSINHOS - MG.

legenda

- ponto investigado com profundidade do topo do calcário
- frente de desmonte ou corte
- curvas de nível
- estrada

TESE DE MESTRADO

Companhia Mineira de Cimento Portland - COMINCI

local: pedreira de matosinhos - matosinhos - MG

referência: planta dos pontos investigados com a profundidade determinada para o topo do calcário

anexo IV escala 1:500 dezembro 79