



## PARECER TÉCNICO

### ÁGUA SUBTERRÂNEA

uma rápida diminuição da permeabilidade, em razão das dificuldades impostas às interconexões entre as fraturas, devido ao natural aumento das pressões com a profundidade.

#### 2. Sistema de recarga e descarga do aquífero

A recarga vem por meio da infiltração das águas pluviais, que pode ocorrer de forma indireta, quando as águas de chuva são captadas pelo manto de alteração das rochas ou por coberturas detriticas e passam gradativamente para o subleito fendilhado. Outro processo é por infiltração direta nas descontinuidades das rochas, especialmente em leitos de drenagens naturais.

A descarga desse sistema ocorre em forma de surgências pontuais, difusas, ou simples área de exudação, constituindo-se numa feição hidrogeológica notável em toda área de ocorrência do aquífero fraturado pelo caráter perene que alimentam e garantem as vazões dos cursos d'água superficiais no período da estiagem.

O sistema aquífero de rochas pelíticas apresenta características de funcionamento fissural com exceção das áreas onde ocorre interdigitações dos termos carbonáticos que fica sujeito ao desenvolvimento de formas cársticas. Entretanto, na área mapeada não foram encontradas feições geomorfológicas de ambiente carstificado.

As rochas pelíticas não apresentam uma boa rede de descontinuidades abertas, por conseqüência são aquíferos com baixa favorabilidade no que se refere ao armazenamento e circulação de águas subterrâneas.

O potencial hidrogeológico aumenta quando aparece a fácies carbonatada e nas faixas de maior tectonismo, próximas à estrutura de falhamento.

De acordo com os dados do SIAGAS/CPRM constam 31 poços inventariados nos municípios de Lagamar, Coromandel e Vazante nesse sistema aquífero. Para esses poços a profundidade varia entre 60 e 202 metros e o maior valor de vazão específica foi de 2,62 m<sup>3</sup>/h/m, indicando baixa produtividade para os poços da região.

**Tabela 06 – Dados de poços tubulares em rochas pelíticas**

Aquífero Fissurado	Número de Poços	Profundidade (m)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão específica (m <sup>3</sup> /h/m)
Grupo Vazante	24	30 - 202	4 - 54	19 - 65	0,07 – 9,45

Os aquíferos associados às rochas com permeabilidade secundária desenvolvida através de fraturas, falhas, fendas e diáclases, predominantemente, ocasionadas por processos tectônicos de fase rúptil, resultando uma unidade aquífera bastante heterogênea e de forte anisotropia. Na área esse sistema está representado pelo Grupo Canastra.

Adriana de Jesus Felipe Analista Ambiental DITEN/SEMAD	 Rubrica	1251146-5 MASP	22 / 10 / 2012 Data
	Denise Marília Bruschi Diretora de Apoio Técnico e Normativo		
Data: / /	Data: 22 / 10 / 12	Data: / /	



## PARECER TÉCNICO

### ÁGUA SUBTERRÂNEA

As rochas-reservatório do grupo Canastra constituem-se de quartzitos puros ou sericíticos, predominantemente, com intercalações de sericita-xistos e filitos.

**Tabela 07 – Valores médios de parâmetros dos poços perfurados em quartzitos**

Parâmetros	Valores médios
Profundidade	100 m
Nível estático	12,50 m
Nível dinâmico	42,13 m
Vazão específica média	0,71 L/h/m

### 3. Cava C - contextualização hidrogeológica

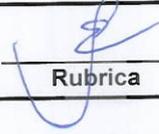
Na região da cava do corpo C, ocorrem intercalados aos ritmitos (metassiltitos) camadas centimétricas de fosfarenito, composto por uma matriz microcristalina branca e fragmentos cinza, cortados por inúmeros veios de calcita e por alguns de quartzo e são extremamente porosos. Segundo Nogueira (1993) estas rochas são formadas por cerca de 80% da matriz apatítica criptocristalina e o restante de fosfointraclastos, oólitos e minerais opacos.

No flanco W da cava C, aparece uma camada de ardósia que foi exposta à superfície pelo avanço das operações de lavra. Aparentemente, a camada de ardósia está associada à interdigitação do ritmito e fosfarenito numa posição de lapa da camada mineralizada.

Na cava C também observa-se uma rocha composta essencialmente por sílica microcristalina, classificadas como um silexito que possui estruturas venulares e possíveis estruturas cataclásicas em sua estrutura microcristalina.

As coberturas Cenozóicas são representadas pelos depósitos aluvionares dos rios Paranaíba e Jacaré e por depósitos coluvionares e de tálus. Os aluviões estão presentes ao longo das calhas dos rios Jacaré e Paranaíba. Tais aluviões apresentam grande variação composicional e granulométrica, nos seus vários tipos de sedimentos. Esta variação é resultado das modificações dos leitos dos rios em decorrência do regime fluvial e das características de seu curso principal e das lagoas marginais.

Os depósitos coluvionares ocorrem nas áreas onde predominam feições geomorfológicas aplainadas em cotas mais elevadas. São constituídos por sedimentos, onde se misturam seixos lateríticos, em forma de amêndoa, envoltos numa matriz silto-argilosa.

Adriana de Jesus Felipe Analista Ambiental DITEN/SEMAD	 Rubrica	1251146-5 MASP	22 / 10 / 2012 Data
	Denise Marília Bruschi Diretora de Apoio Técnico e Normativo		
Data: / /	Data: 22 / 10 / 12	Data: / /	



## PARECER TÉCNICO

### ÁGUA SUBTERRÂNEA

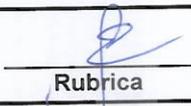
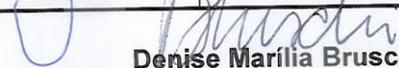
#### 4. Geologia Estrutural

Estruturalmente, na área da mina o levantamento das discontinuidades geológicas levou a definição das famílias de fraturas existentes e a inter-relação com o controle do fluxo da água subterrânea.

A análise das discontinuidades mostra um par formado pela família de fraturas com atitude próxima de N60W/subvertical, contínuas, retilíneas, planas. Este par de fraturas corresponde às de zonas de cisalhamento transcorrente associadas à fase F3 e controla a rede de drenagem de primeira ordem, no caso o rio Paranaíba.

Secundariamente, a circulação das águas subterrâneas é influenciada pelas falhas originadas na fase F2 (empurrão) que controla a calha do rio Jacaré. Estas fraturas de direção N35E correspondem às fraturas de tração. Além desses conjuntos de famílias ocorrem fraturas em menor frequência nas direções N e S que também influenciam o escoamento subterrâneo.

O fluxo da água subterrânea ocorre em duas direções principais, NE-SW e NW-SE. Na região central da cava o fluxo é essencialmente SW, acompanhando a zona de charneira do dobramento da camada de ardósia, que funciona como uma barreira e estabelece o nível potenciométrico local, aproximadamente na cota 750 metros. A direção do fluxo provavelmente se modifica na região da drenagem seca a sul da mina, onde toma um rumo para NW, seguindo um plano de falha ou fratura, até chegar ao rio Jacaré, que por sua vez deságua no Paranaíba.

Adriana de Jesus Felipe Analista Ambiental DITEN/SEMAD	 Rubrica	1251146-5 MASP	22 / 10 / 2012 Data
	 Denise Marília Bruschi Diretora de Apoio Técnico e Normativo		
Data: / /	Data: 22 / 10 / 12	Data: / /	



PARECER TÉCNICO

ÁGUA SUBTERRÂNEA

Pag. : 02

Índice 07 - Característica dos sistemas aquíferos locais

SISTEMAS AQUIFEROS	LITOLOGIAS PREDOMINANTES	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS
Granular em Aluviões e Regolito	Areia, Argila, Cascalho de origem aluvial Argila, silte como produto de decomposição de rochas pelíticas - regolito. Aglomerados e laterita	Aquífero de natureza granular livre, tendo como característica uma alta heterogeneidade em seu comportamento hidrogeológico, apresentando alta porosidade e elevada permeabilidade nas porções onde predominam sedimentos arenosos. O valor do coeficiente de permeabilidade $k = 1,85 \times 10^{-4}$ cm/s. Regionalmente as vazões variam entre 0,01 - 2,23 L/s
FISSURADO	Em rochas metapelíticas da Formação Rocinha Grupo Vazante Metassiltitos, meta argililos bandados e fosforitos	Aquífero fissurado com porosidade desenvolvida por efeito de eventos tectônicos que traduz em aquíferos descontínuos, aleatórios e de pequena extensão. Apresentam baixas favorabilidades hidrogeológicas. Os poços tubulares da região apresentam vazão específica entre 1,66 m <sup>3</sup> /h/m. O coeficiente de permeabilidade medido na área da mina atingiu o valor de $1,00 \times 10^{-4}$ cm/s
Aquífero Ardósias - Formação Rocinha	Ardósias	Meios com características de aquífero com pequena permeabilidade localizada nas zonas de fraturamentos. A permeabilidade fica entre $10^{-5}$ e $10^{-6}$ cm/s.

Adriana de Jesus Felipe Analista Ambiental DITEN/SEMAD	 Rubrica	1251146-5	22 / 10 / 2012
		MASSP	Data
Denise Marília Bruschi Diretora de Apoio Técnico e Normativo		Data: 22 / 10 / 12	Data: / /
Data: / /			



## PARECER TÉCNICO

### ÁGUA SUBTERRÂNEA

#### 5. Inventário Hidrogeológico

O inventário regional no banco de dados da CPRM (SIAGAS) foram catalogadas 56 captações de água subterrânea, sendo 9 poços rasos/cisternas e 47 poços tubulares profundos.

Na fase do inventário de campo realizada pela empresa foram cadastrados 5 pontos d'água no entorno da mineração, bacia do rio Jacaré.

A nascente inventariada fica em uma pequena gruta que está localizada a sul da cava C. Trata-se de uma surgência intermitente, difusa no contato da camada do solo com o metassiltito.

Segundo a empresa existem outros 4 piezômetros na antiga cava B, porém esta área não foi abrangida pelo mapa hidrogeológico, por não fazer parte desse objeto de outorga.

##### 5.1. Características hidroquímicas

A água subterrânea tende a aumentar as concentrações das substâncias dissolvidas à medida que percola os diferentes aquíferos. No entanto, outros fatores podem interferir nesta composição, tais como: clima, composição da água de recarga, tempo de residência no aquífero, etc., além da contaminação causada por atividades antrópicas.

Os resultados obtidos em algumas análises feitas na região mostram:

- pH = 6,3
- Dureza total em CaCO<sub>3</sub> = 132,47
- Sólidos totais dissolvidos = 137 mg/L
- Cor = < 2,5 UH;
- Turbidez = 1,74 UT

O resultado demonstra que as águas captadas pelo poço tubular estão circulando pelos metassiltitos da Formação Rocinha, ou seja, os resultados são condizentes com a geologia, pois os valores de pH ácidos tendem a neutralidade e a dureza (águas brandas) não indicam contato com rochas fortemente carbonatadas, refletindo rochas menos reativas em especial metassiltitos. O teor de sólidos totais dissolvidos dá uma indicação de que estas águas possuem um longo tempo de residência no sistema aquífero.

Uma amostra coletada na cava C (lago formado pelo acúmulo de água, sob a camada de ardósia) e apresentou os seguintes resultados:

- DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) = < 1 mg/L
- DQO (Demanda Química de Oxigênio) = < 1 mg/L
- Sólidos suspensos = 278 mg/L
- Sólidos totais = 4516mg/L
- Sólidos totais dissolvidos = 4237 mg/L

<b>Adriana de Jesus Felipe</b> Analista Ambiental DITEN/SEMAD	 Rubrica	1251146-5 MASP	<u>22 / 10 / 2012</u> Data
	<b>Denise Marília Bruschi</b> Diretora de Apoio Técnico e Normativo		
Data: / /	Data: 22 / 10 / 12	Data: / /	



- Cor = 2,5 UH;
- Turbidez = 3,52 UT

O resultado mostra que a água que está aflorando no fundo da cava possui uma qualidade físico-química normal, não apresentando contaminação que exija tratamento antes do esgotamento para a realização do rebaixamento necessário para a realização da lavra.

Tabela 11 – Captações inventariadas CPRM/SIAGAS

UTM E	UTM N	Município	Natureza	Profund. (m)	ND (m)	Ne (m)	VE (m <sup>2</sup> /m/h)	Q (m <sup>3</sup> /h)
267442	7956668	Coromandel	Poço tubular	100.00	52.98	19.24	0.36	12.27
267237	7956603	Coromandel	Poço tubular	100.00	41.88	26.57	1.04	15.94
267122	7956449	Coromandel	Poço tubular	100.00	50.33	22.08	0.59	16.7
267124	7956296	Coromandel	Poço tubular	100.00	33.82	18.45	1.96	30
267007	7956110	Coromandel	Poço tubular	100.00	41.53	9.43	0.12	4
267071	7955933	Coromandel	Poço tubular	120.00	12.50	5.50	2.32	16
269593	7943888	Coromandel	Cisterna	12.00		6.00		
267149	7956533	Coromandel	Poço tubular	170.00				
269805	7988887	Coromandel	Poço tubular	120.00	49.28	0.30	0.163	6.51
287638	7978582	Coromandel	Poço tubular	60.00	19.47	4.34	1.981	29.98
271286	7949425	Coromandel	Poço tubular	80.00	24.95	8.40	0.416	11.05
307391	7947057	Coromandel	Poço tubular	85.00	34.95	2.90	0.093	2.88
253278	7935358	Coromandel	Poço tubular	70.00	44.70	1.90	0.11	4.71
255576	7938078	Coromandel	Poço tubular	80.00	54.08	2.25	0.085	4.42
289881	7956880	Coromandel	Poço tubular	110.00	41.53	9.43	0.449	14.4
275204	7990883	Coromandel	Poço tubular	132.00				
266898	7966886	Coromandel	Poço tubular	78.00	17.00	0.90	0.076	11.5
318229	8010811	Lagamar	Poço tubular	100.00	45.00	15.00	1.29	40
327056	8010890	Lagamar	Poço tubular	118.00	24.00	9.70	0.84	12
314789	8003389	Lagamar	Cisterna	17.30		18.98		
314909	7988642	Lagamar	Poço tubular	40.00	28.00	8.00	0.48	10
314909	7988590	Lagamar	Poço tubular	43.00	31.00	10.00		6.01
311481	7985761	Lagamar	Poço tubular	122.00		6.80		0.11
311460	7986763	Lagamar	Poço tubular	104.00	69.00	12.00	0.91	0.87
321827	8003466	Lagamar	Poço tubular	80.00	41.00	2.00	0.11	4.14
313127	7990489	Lagamar	Poço tubular	41.00	31.75	19.46	1.775	21.81
313099	7990439	Lagamar	Poço tubular	130.00				
308989	7988647	Lagamar	Poço tubular					
305739	7993577	Lagamar	Poço tubular	110.00				
320828	8003094	Lagamar	Poço tubular	100.00	28.00	4.00	2.294	52
308950	7988509	Lagamar	Poço tubular					
308934	7988557	Lagamar	Poço tubular					
308322	7988445	Lagamar	Poço tubular					
308300	7988405	Lagamar		66.00	28.82	7.81		
330239	8051600	Vazante	Cisterna	13.00		8.70		2.23
330121	8051489	Vazante	Cisterna	13.00		8.50		
323294	8036683	Vazante	Cisterna	17.70		13.20		
306877	8010639	Vazante	Cisterna	17.30		16.80		
298792	8012466	Vazante	Poço tubular	202.00	104.00	30.00	0.94	3
304052	8016209	Vazante	Cisterna	18.40		15.30		
316275	8031085	Vazante	Cisterna	12.90		11.70		
306836	8014382	Vazante	Poço tubular	90.00	43.00	31.00	2.08	25
306838	8014228	Vazante	Poço tubular	85.00		23.00		
297986	8005078	Vazante	Poço tubular	148.00	88.58	54.69	2.923	11.37
297987	8006016	Vazante	Poço tubular	82.00	34.11	33.70	78.05	32
281716	7994755	Vazante	Cisterna	24.70		24.65		
297027	8012448	Vazante	Poço tubular	74.00	32.28	30.53	9.461	18.43
296998	8012447	Vazante	Poço tubular	72.00	21.82	21.60	73.171	60
297027	8012418	Vazante	Poço tubular	61.00	17.49	16.22	62.982	80
296968	8012447	Vazante	Poço tubular	66.00	41.40	3.46	0.758	28.3
296999	8012386	Vazante	Poço tubular	74.00	43.19	27.28	1.331	19.58
297027	8012387	Vazante	Poço tubular	62.00	14.94	13.80	98.894	192.85
303880	8036678	Vazante	Poço tubular	70.00	43.40	1.20	0.266	11.23
287739	8009825	Vazante	Poço tubular	74.00	32.28	30.33	2.628	5.12
298037	8009597	Vazante	Poço tubular	74.00				
303896	8034888	Vazante	Poço tubular	120.00	65.90	8.30	0.87	4.176

Adriana de Jesus Felipe Analista Ambiental DITEN/SEMAD	Rubrica	1251146-5	22 / 10 / 2012 Data
	Denise Marília Bruschi Diretora de Apoio Técnico e Normativo		
Data: / /	Data: 22 / 10 / 12	Data: / /	



## PARECER TÉCNICO

### ÁGUA SUBTERRÂNEA

#### 5.2. Modelo Hidrogeológico

Apesar dos poucos dados de monitoramento do nível de água dos aquíferos no entorno da cava C, visto que o programa de monitoramento teve início em fevereiro de 2012, a empresa afirma que o sentido de fluxo das águas subterrâneas tende a ser na direção dos cursos d'água superficiais, caracterizando, tais drenagens naturais, como efluentes das águas subterrâneas.

A hidrogeologia local possibilita uma interpretação relativamente simples, com fluxo subterrâneo principal no sentido do rio Jacaré, ou mesmo para o rio Paranaíba e os sistemas aquíferos apresentando uma interação, onde as unidades superiores alimentam as unidades sotopostas. Com este conceito os aquíferos podem ser classificados também como superior e inferior.

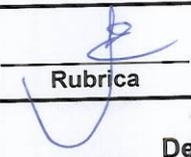
Os aquíferos superiores são formados por tipos litológicos associados às coberturas aluvionares e ao manto de intemperismo dos metassiltitos, que localmente apresentam uma permeabilidade relativamente baixa.

Na área da cava C, no seu lado leste, a descarga do aquífero granular é feita no interior da cava e depois bombeada para o rio Jacaré.

Nos aluviões, principalmente do rio Jacaré e Paranaíba, a direção de fluxo subterrâneo pode sofrer alterações em função do perfil litológico e do volume de água do rio. Durante as cheias, o rio tende a alimentar o aluvião (rio influente), direcionando o fluxo sub-paralelamente às suas margens. Durante as secas, quando o aquífero alimenta o rio (rio efluente), o fluxo tende a ser perpendicular ao leito do rio no sentido do eixo do rio.

Os aquíferos profundos são desenvolvidos ao longo das discontinuidades estruturais e foram desenvolvidas pela tectônica de empurrão e de transcorrência que atuaram sobre os metassedimentos dos Grupos Canastra e Vazante (Formação Rocinha e Retiro). Essa característica torna esse meio hidrogeológico fortemente heterogêneo e anisotrópico.

Na zona saturada do meio fissurado, as direções de fluxo subterrâneo são controladas pelas discontinuidades, que normalmente condicionam as formas orientadas dos principais acidentes topográficos e influenciam diretamente no desenvolvimento da rede hidrográfica regional. O fluxo mais profundo e de percurso mais longo assume uma componente descendente até o nível de base regional que é o rio Paranaíba, nesta situação o rebaixamento da cava C não afeta esta componente do fluxo subterrâneo.

<b>Adriana de Jesus Felipe</b> Analista Ambiental DITEN/SEMAD	 Rubrica	1251146-5 MASP	<u>22 / 10 / 2012</u> Data
	<b>Denise Marília Bruschi</b> Diretora de Apoio Técnico e Normativo		
Data: / /	Data: 22 / 10 / 12	Data: / /	