



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 1/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

RELATÓRIO TÉCNICO

ATUALIZAÇÃO DO MODELO HIDROGEOLOGICO DO COMPLEXO MINERÁRIO PROJETO BLOCO 8

SAM – SUL AMERICANA DE METAIS S/A

(PROJETO BLOCO 8)

Outubro/2018



PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 2/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

Rev.	DATA	POR	TE	Aprov.	Descrição de Revisões
00	02/08/2018	RS	B	JCV	Emissão Inicial
01	03/10/2018	RS	D	JCV	Aprovado

TE – TIPO DE EMISSÃO

(A) Preliminar	(D) Aprovado	
(B) Para Aprovação	(E) Cancelado	
(C) Para Conhecimento		

Observações:



PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 3/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. OBJETIVOS.....	6
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	7
3.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO	7
3.2 PLUVIOMETRIA E EVAPORAÇÃO.....	9
3.3 TOPOGRAFIA E DRENAGEM SUPERFICIAL.....	15
3.4 GEOLOGIA REGIONAL	18
3.5 GEOLOGIA LOCAL	22
4. ANÁLISE HIDROGEOLÓGICA E MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	30
4.1 DADOS DE MONITORAMENTOS.....	31
4.1.1 Nascentes	31
4.1.2 Piezometria	33
4.1.1 Potenciometria	38
4.2 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	39
4.3 INTERFERÊNCIA COM A OPERAÇÃO MINERÁRIA	41
4.3.1 Escavação.....	42
4.3.2 Disposição de Rejeito / Estéril.....	42
4.4 RECARGA E DESCARGA.....	43
4.5 DOMÍNIO DO MODELO	44
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
6. REFERENCIAS	46



PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 4/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização e acesso à área do projeto.....	8
Figura 2 – Precipitação anual na Estação Grão Mongol - 1973/2017.....	11
Figura 3 – Precipitação média mensal na Estação Grão Mongol - 1973/2017.	12
Figura 4 – Evaporação anual na Estação Grão Mongol - 1961/2017.	14
Figura 5 – Evaporação média mensal na Estação Grão Mongol - 1973/2017.....	15
Figura 6 – Topografia natural do entorno do Projeto Bloco 8 antes do empreendimento.	16
Figura 7 – Topografia para o desenvolvimento de 18 anos do empreendimento do Projeto Bloco 8.....	17
Figura 8 – Contexto geotectônico da área de trabalho; em azul localização do projeto (<i>Retirado de Vilela, 2010</i>).	18
Figura 9 – Perfil geológico da Faixa Araçuaí mostrando os domínios tectônicos. (Fonte: Pedrosa-Soares <i>et al.</i> (2001)).....	19
Figura 10 – Empilhamento estratigráfico do grupo Macaúbas na região do projeto.	21
Figura 11 – Mapa geológico da área do bloco 8 (Modificado de relatório SAM bloco 8 – geologia).	24
Figura 12 – Perfil estratigráfico esquemático para a área.....	25
Figura 13 – Distribuição dos litológicos nos furos de sondagem (WALM, 2013)	28
Figura 14 – Seção geológica 8203100 com destaques para os caimentos das camadas das porções leste e oeste (WALM, 2013).....	30
Figura 15 – Cadastro de nascentes no entorno do projeto	32
Figura 16 – Localização dos piezômetros.....	35
Figura 17 – Variação do nível d'água nos piezômetros localizados a nordeste e a margem direita do córrego Lamão.	36
Figura 18 – Variação do nível d'água nos piezômetros localizados no divisor de água entre os córregos Lamão e Mundo Novo.	37
Figura 19 – Mapa potenciométrico e principais direções do fluxo (Fonte: GOLDER, 2011) .	39
Figura 20 – Domínio hidrogeológico	45

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 5/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Precipitação monitorada na Estação Grão Mongol de 1973/2017.....	10
Tabela 2: Evaporação monitorada na Estação Grão Mongol de 1961/2017.....	12
Tabela 3: Dados dos Piezômetros Existentes na Área da Cava.....	33

 <p>SAM Sul Americana de Metais S/A</p>		<p>PROJETO BLOCO 8</p>
<p>PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL</p>	<p>MINA_BLC8007-1010-G-RE-04</p>	<p>Folha 6/48</p>
	<p>WBH28-17-SAM-RTE-0004</p>	<p>Revisão 01</p>

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório trata-se da atualização do modelo conceitual de fluxo d'água subterrânea do complexo minerário do Projeto Bloco 8, de propriedade da Sul Americana de Metais S.A. (SAM), localizado nos municípios de Grão Mongol e de Padre Carvalho em Minas Gerais.

O relatório de atualização do modelo numérico, que possibilitará estimar quantitativos de vazões para dimensionamento do sistema de esgotamento da cava com definição de eventual necessidade de poços de rebaixamento, tempo de recuperação do nível de água freático e enchimento da cava após cessar a lavra, além de avaliação de quantas nascentes poderão secar (se for o caso) na nova configuração local (cava, back-fill e reservatórios de rejeitos), será apresentado em relatório específico a ser emitido a seguir.

Para subsidiar o entendimento dos possíveis impactos sobre as águas subterrâneas provocados pelo rebaixamento da mina do Bloco 8, estudos hidrogeológicos locais foram realizados pela WALM (2014). Devido a atualização dos projetos de suas estruturas, entre elas as barragens de rejeitos e o *backfill* na cava com estéril e rejeitos, a SAM contratou a WALM Engenharia novamente para realizar estudos específicos, envolvendo as disciplinas inter-relacionadas de geologia, hidrogeologia, geotecnia e projetos.

Neste contexto, a WALM apresenta neste relatório uma compilação e análise dos dados de monitoramentos fornecidos pela SAM, bem como o cadastro de nascentes e as informações de projetos que serão utilizados como base dos modelos conceitual e numérico de fluxo de água subterrânea.

2. OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho refere-se à reavaliação do modelo conceitual a partir dos dados atualizados de monitoramentos e de projetos das estruturas.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 7/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

3.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A mina do Bloco 8 abrange terras dos municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho. É acessível por rodovia a partir de Belo Horizonte, aproximadamente 590 km, por trecho da BR-040/BR-135 até alcançar Montes Claros e de lá pela BR-251, em direção a Salinas, até a área do projeto (Figura 1).



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL

MINA

ENGENHARIA

DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO

MODELO HIDROGEOLÓGICO

CONCEITUAL

MINA_BLC8007-1010-G-RE-04

Folha

8/48

Revisão

01

WBH28-17-SAM-RTE-0004

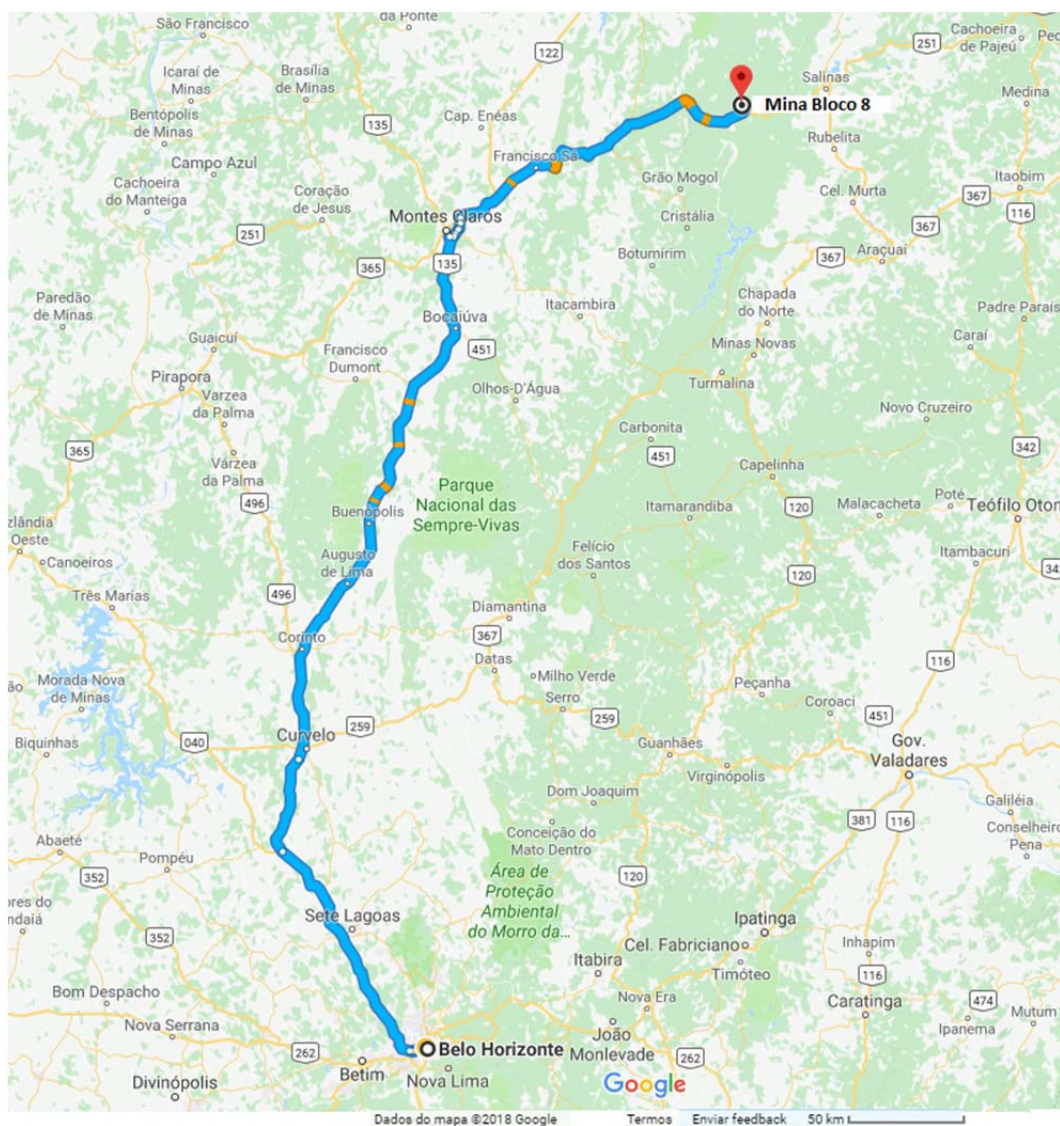


Figura 1 – Localização e acesso à área do projeto

 <p>SAM Sul Americana de Metais S/A</p>		<p>PROJETO BLOCO 8</p>
<p>PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL</p>	<p>MINA_BLC8007-1010-G-RE-04</p>	<p>Folha 9/48</p>
	<p>WBH28-17-SAM-RTE-0004</p>	<p>Revisão 01</p>

3.2 PLUVIOMETRIA E EVAPORAÇÃO

As análises locais das variáveis climatológicas são relevantes para os estudos de balanço hídrico, e conseqüentemente, para a avaliação da recarga subterrânea, componente do balanço. Considerando a inexistência de estação meteorológica na área do empreendimento, os dados de pluvimetria e de evaporação na região foram registrados na estação mais próxima da área de estudo, em Grão Mongol.

O pluviógrafo da estação Grão Mongol possui uma série histórica desde janeiro de 1973 até o presente momento, conforme apresentados na Tabela 1 e no gráfico da Figura 2

Por meio de cálculos estatísticos determinaram-se as médias, mínimas e máximas dos meses e do total anual desde janeiro de 1973 a dezembro de 2017 (Figura 3). A partir desses dados, pode-se notar que a maior concentração de chuvas ocorre entre os meses de outubro a março, com pico em dezembro (média de 227 mm) e os meses mais secos são de abril a setembro, com precipitação média mínima em julho (25 mm). A maior precipitação mensal registrada ocorreu em janeiro de 1985, sendo monitorado 564 mm neste mês.

Os registros de maiores precipitações anuais ocorreram nos anos de 1979 e 1983, com 1.760 e 1.749 mm/ano, respectivamente. Já nos anos de 2012 e 2015 obteve-se os menores valores registrados, com 819 e 546 mm/ano. A média histórica é de 972 mm/ano, excluindo-se os anos de 1975 e 1990 que apresentam falha no monitoramento.

Na estação Grão Mongol também é realizado o monitoramento de evaporação desde 1961. No entanto, é frequente o número de falhas de monitoramento, como pode ser observado na Tabela 2 e no gráfico da Figura 4.

Por meio de cálculos estatísticos determinaram-se as médias, mínimas e máximas dos meses e do total anual desde janeiro de 1961 a dezembro de 2017 (Figura 5). Observa-se que os meses de maiores taxas de evaporação ocorre entre abril e outubro, variando de 113 a 223 mm/mês. Ressalta-se que estes meses apresentam valores de evaporação maiores de que de precipitação. Durante os meses de novembro a março, a evaporação apresenta menor variação, variando entre 102 a 116 mm/mês. A evaporação média anual é de 1712 mm/ano.

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL

MINA_BLC8007-1010-G-RE-04

Folha
10/48

MINA

ENGENHARIA

DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO

MODELO HIDROGEOLÓGICO

CONCEITUAL

WBH28-17-SAM-RTE-0004

Revisão
01**Tabela 1: Precipitação monitorada na Estação Grão Mongol de 1973/2017.**

Ano	Precipitação (mm)												Total
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
1973	45	125	405	0	7	0	4	0	8	168	266	95	1122
1974	123	51	141	5	10	0	0	1	1	77	102	174	685
1976	0	85	2	0	26	2	11	3	68	183	283	278	941
1977	188	26	0	108	49	6	8	0	21	96	191	177	870
1978	287	377	177	135	42	9	25	8	14	154	160	228	1615
1979	431	440	148	200	0	4	1	22	0	128	144	243	1760
1980	355	242	96	140	1	10	3	1	19	57	51	277	1250
1981	174	33	304	41	2	8	0	17	0	259	347	108	1293
1982	247	27	143	70	30	0	6	0	3	137	10	95	767
1983	344	167	294	35	33	1	3	0	2	129	507	234	1749
1984	85	2	60	42	0	0	12	15	73	105	173	183	750
1985	564	88	85	10	0	0	9	27	63	144	195	420	1604
1986	191	99	6	10	6	6	11	9	1	33	118	154	644
1987	89	8	146	43	2	0	1	0	71	25	179	374	938
1988	159	58	131	50	1	23	10	0	0	69	169	184	855
1989	56	41	93	13	0	26	0	21	11	112	178	523	1074
1991	232	68	94	0	26	0	17	6	50	42	319	299	1153
1992	154	50	78	9	36	23	9	23	3	215	338	385	1323
1993	141	178	20	5	10	5	0	0	12	52	49	287	759
1994	134	0	277	75	0	0	0	0	1	23	256	115	881
1995	70	111	138	55	18	0	11	0	0	122	252	304	1080
1996	79	46	104	48	0	0	0	0	8	89	247	176	799
1997	142	77	208	92	6	10	2	0	10	79	158	143	926
1998	100	109	38	0	0	0	11	0	0	99	444	210	1011
1999	52	126	185	15	0	0	4	0	6	85	272	231	977
2000	159	27	197	27	5	0	9	1	35	20	293	396	1170
2001	42	16	106	12	18	3	2	7	17	138	272	149	781
2002	209	123	61	7	2	7	6	9	70	1	127	445	1067
2003	321	1	59	32	12	0	0	0	30	8	95	189	746
2004	243	270	231	177	2	26	19	0	0	139	45	189	1340
2005	108	251	187	3	10	17	7	1	4	80	258	247	1172
2006	25	41	332	67	0	1	4	0	49	109	428	237	1293
2007	112	289	51	37	20	0	2	1	0	1	97	59	669
2008	52	53	109	78	0	4	0	4	18	0	339	316	973
2009	230	48	63	66	9	4	3	9	14	315	53	138	950
2010	9	34	256	19	60	0	9	0	0	59	310	156	912
2011	66	42	262	60	1	1	6	0	0	135	199	186	958
2012	82	12	51	10	61	1	9	20	0	40	220	14	519
2013	230	4	43	60	5	5	1	4	1	48	294	491	1185
2014	55	2	68	26	20	23	0	3	0	64	250	136	648



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 11/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

2015	1	90	183	49	30	1	5	12	3	39	63	71	546
2016	507	26	2	3	1	4	1	14	19	15	113	109	812
2017	100	303	242	18	26	0	3	0	0	1	152	320	1165
Médias	163	99	137	45	14	5	6	6	16	91	210	227	972

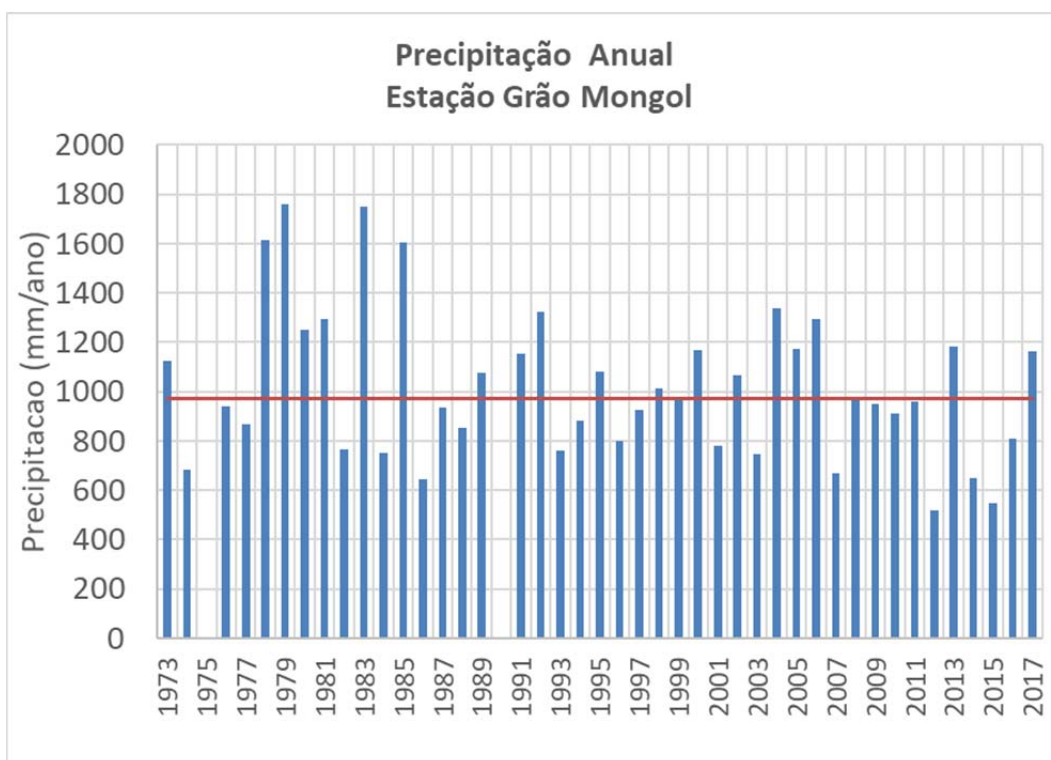


Figura 2 – Precipitação anual na Estação Grão Mongol - 1973/2017.



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL

MINA_BLC8007-1010-G-RE-04

Folha
12/48

MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MODELO HIDROGEOLÓGICO
CONCEITUAL

WBH28-17-SAM-RTE-0004

Revisão
01

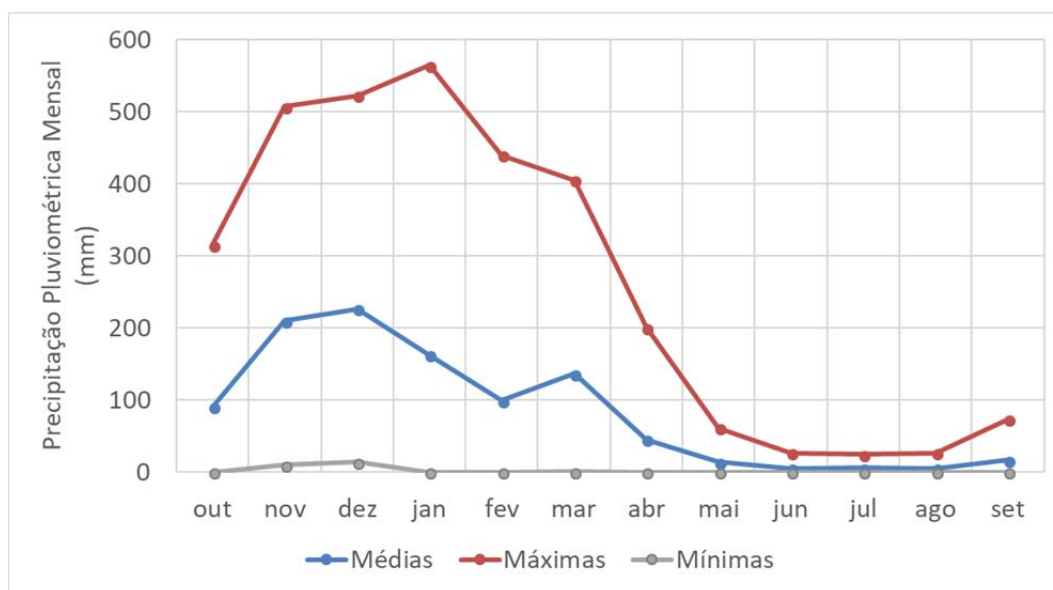


Figura 3 – Precipitação média mensal na Estação Grão Mongol - 1973/2017.

Tabela 2: Evaporação monitorada na Estação Grão Mongol de 1961/2017.

Ano	Evaporação (mm)												Total
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
1961	41	75	95	98	90	88	104	-	-	134	118	112	954
1962	63	64	-	88	88	85	101	124	126	104	76	-	919
1969	106	76	83	93	94	108	127	168	175	156	93	55	1333
1970	41	75	123	99	137	121	129	161	164	93	82	101	1325
1973	91	80	53	67	79	87	99	133	135	58	54	65	1000
1974	73	84	44	69	69	84	109	158	190	129	84	79	1171
1975	97	75	127	73	98	127	149	204	223	129	66	111	1479
1976	202	113	172	180	133	185	200	217	151	137	79	70	1841
1977	93	107	142	119	112	129	188	215	193	200	114	99	1710
1978	95	75	95	76	81	88	111	139	176	141	81	73	1232
1980	-	-	105	70	85	91	-	160	189	193	101	67	1060
1981	76	127	72	80	94	75	119	151	-	94	38	81	1006
1982	53	103	69	83	91	103	131	147	186	193	208	176	1542
1983	44	-	-	-	88	-	-	-	-	148	-	-	280
1989	155	107	124	147	156	125	-	166	185	146	94	43	1447
1991	61	69	88	93	108	120	154	193	158	-	78	79	1200
1992	37	70	117	92	94	127	155	174	188	151	81	45	1329
1993	113	95	163	121	129	137	174	175	210	-	193	107	1618

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL

MINA

ENGENHARIA

DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO

MODELO HIDROGEOLÓGICO

CONCEITUAL

MINA_BLC8007-1010-G-RE-04

Folha

13/48

WBH28-17-SAM-RTE-0004

Revisão

01

1994	68	122	62	74	98	108	125	171	207	245	146	112	1538
1995	129	84	126	98	110	137	168	215	250	199	101	74	1692
1996	132	148	123	139	136	159	184	203	241	-	120	106	1691
1997	96	182	92	94	119	109	180	253	250	231	223	109	1938
1998	128	114	171	197	200	189	213	-	-	255	94	110	1669
1999	156	203	105	158	161	162	205	243	287	282	120	114	2197
2000	101	122	123	134	164	160	186	216	235	302	117	72	1930
2001	138	171	123	181	155	164	184	248	241	188	98	137	2028
2003	82	-	146	167	181	183	216	204	269	285	219	209	2160
2004	100	76	84	85	105	116	153	205	304	248	226	104	1807
2005	99	78	76	113	119	130	172	222	228	323	98	82	1740
2006	160	130	68	73	106	125	149	214	204	127	92	92	1540
2007	110	73	146	126	149	163	184	256	278	316	256	144	2201
2008	149	117	88	95	128	135	169	225	238	328	141	79	1892
2009	89	115	137	79	116	120	172	226	224	153	132	92	1655
2010	135	173	85	112	107	132	173	210	267	211	81	102	1786
2011	105	155	73	102	118	134	162	234	276	159	104	76	1698
2012	104	141	159	165	130	144	190	233	267	307	86	179	2105
2013	133	174	165	100	145	141	189	241	255	192	180	72	1987
2014	157	185	138	142	161	150	186	233	298	281	145	156	2231
2015	263	179	153	125	137	170	178	223	297	338	242	201	2506
2016	74	148	189	196	158	170	195	215	271	241	145	142	2145
2017	231	123	103	113	105	117	-	-	-	-	-	69	860
Médias	110	116	113	113	120	130	162	199	223	200	123	102	1712



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL

MINA

ENGENHARIA

DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO

MODELO HIDROGEOLÓGICO

CONCEITUAL

MINA_BLC8007-1010-G-RE-04

Folha

14/48

WBH28-17-SAM-RTE-0004

Revisão

01

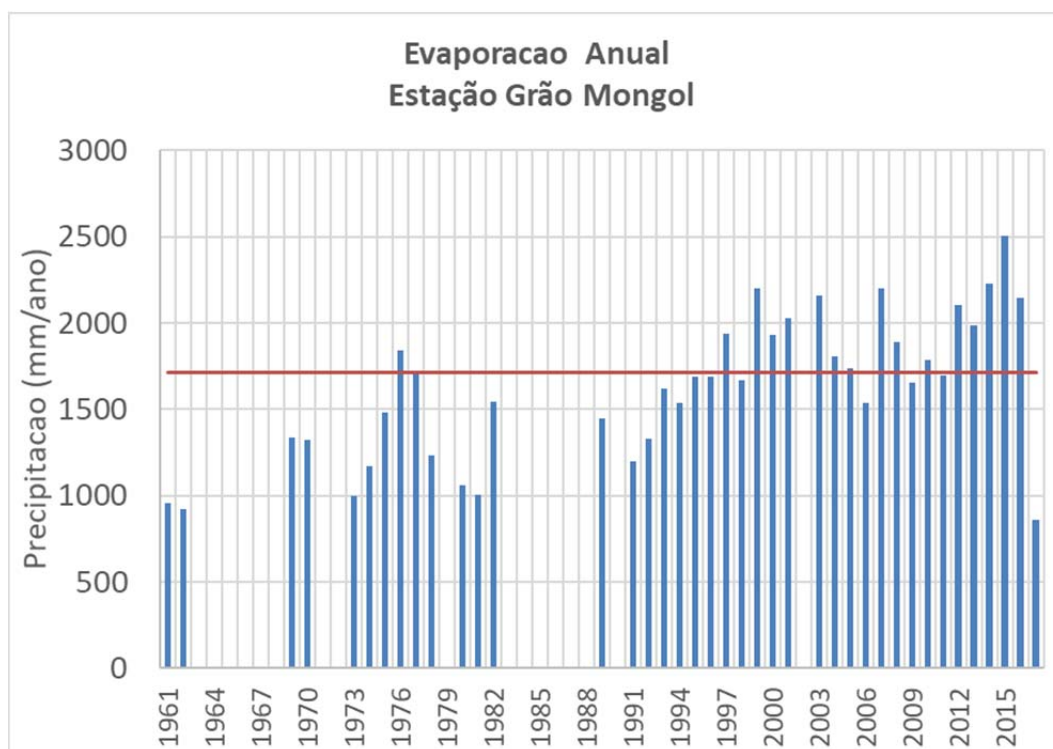


Figura 4 – Evaporação anual na Estação Grão Mongol - 1961/2017.



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 15/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

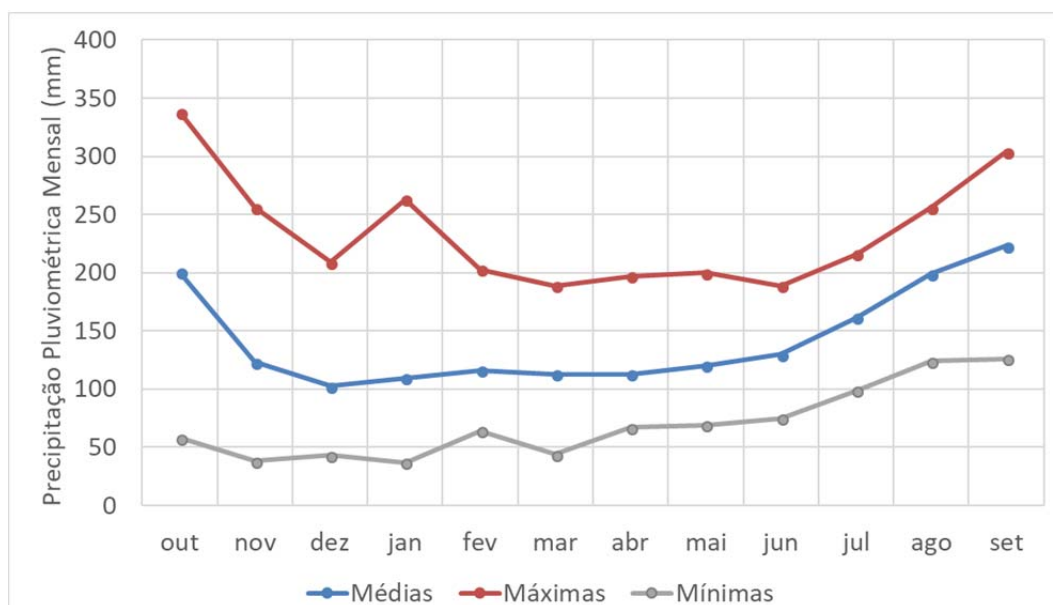


Figura 5 – Evaporação média mensal na Estação Grão Mongol - 1973/2017.

3.3 TOPOGRAFIA E DRENAGEM SUPERFICIAL

A área de estudos localiza-se sobre o Planalto Setentrional do Espinhaço, apresentando relevo caracterizado por áreas aplainadas, limitadas com rebordos erosivos denominados “chapadas”, alternados com zonas dissecadas, predominando vertentes ravinadas e vales encaixados.

A área ocupa elevações aproximadas entre 977 e 600 metros acima do nível do mar (m.a.n.m.), desde o divisor na parte SW da propriedade até o exutório da bacia (já fora da propriedade da SAM). A informação topográfica foi consolidada através das informações do levantamento topográfico local em toda a área do empreendimento, com precisão de 1 x 1 m, e com as informações de levantamento do IBGE para o entorno, com precisão de 50 x 50 m. Na Figura 6 é apresentado o modelo digital de elevação com a poligonal do complexo.

Na Figura 7 foi incorporada a topografia final das estruturas projetadas da cava, do *backfill*, das barragens de rejeitos, além dos reservatórios de água. A região



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MODELO HIDROGEOLÓGICO
CONCEITUAL

MINA_BLC8007-1010-G-RE-04

Folha
16/48

WBH28-17-SAM-RTE-0004

Revisão
01

mais baixa encontra-se na cava, com a cota aproximada de 520 m.a.n.m, já as barragens 01 e 02 estão nas elevações 915 e 935 m.a.n.m, respectivamente.

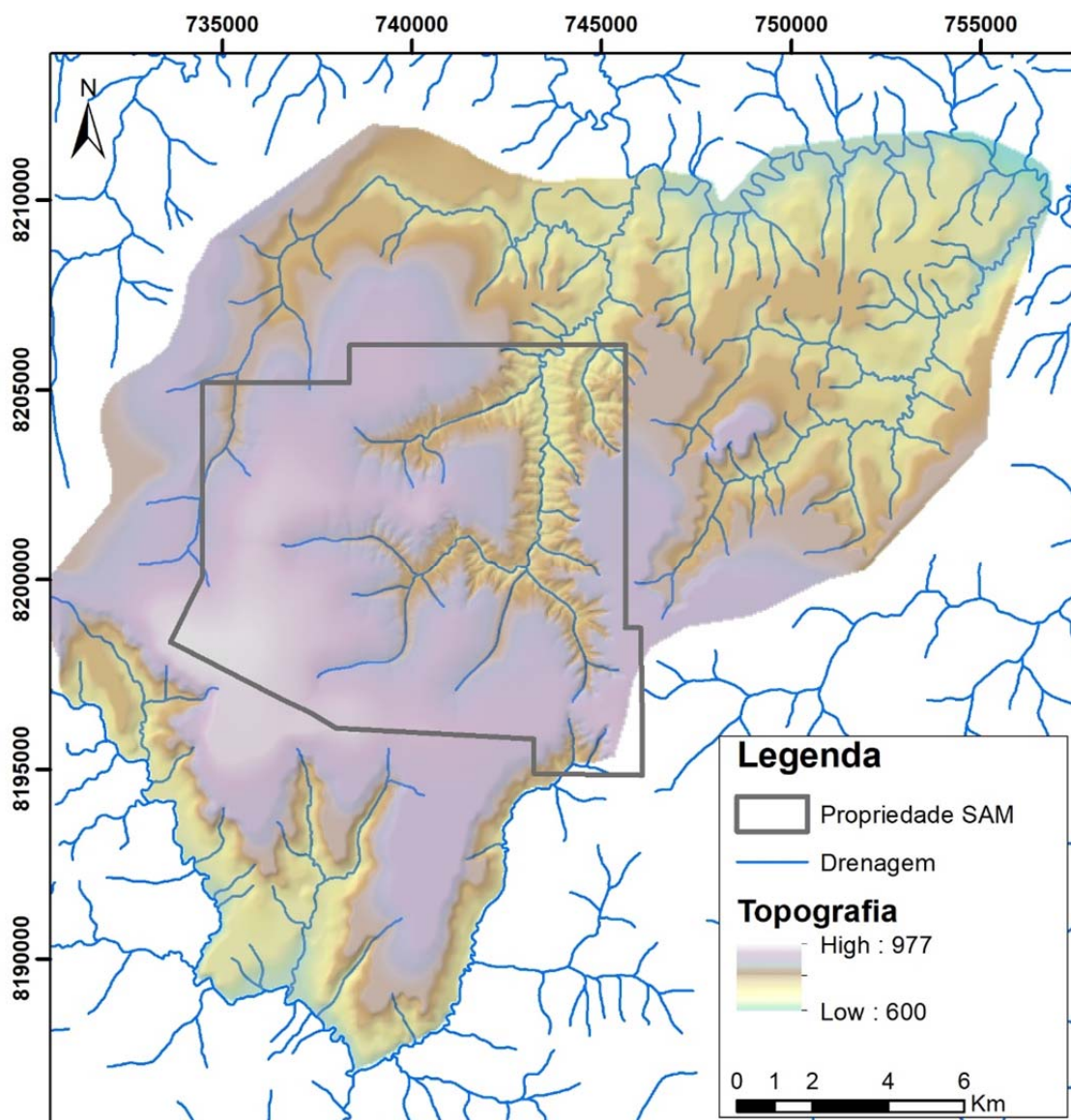


Figura 6 – Topografia natural do entorno do Projeto Bloco 8 antes do empreendimento.



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MODELO HIDROGEOLÓGICO
CONCEITUAL

MINA_BLC8007-1010-G-RE-04

Folha
17/48

WBH28-17-SAM-RTE-0004

Revisão
01

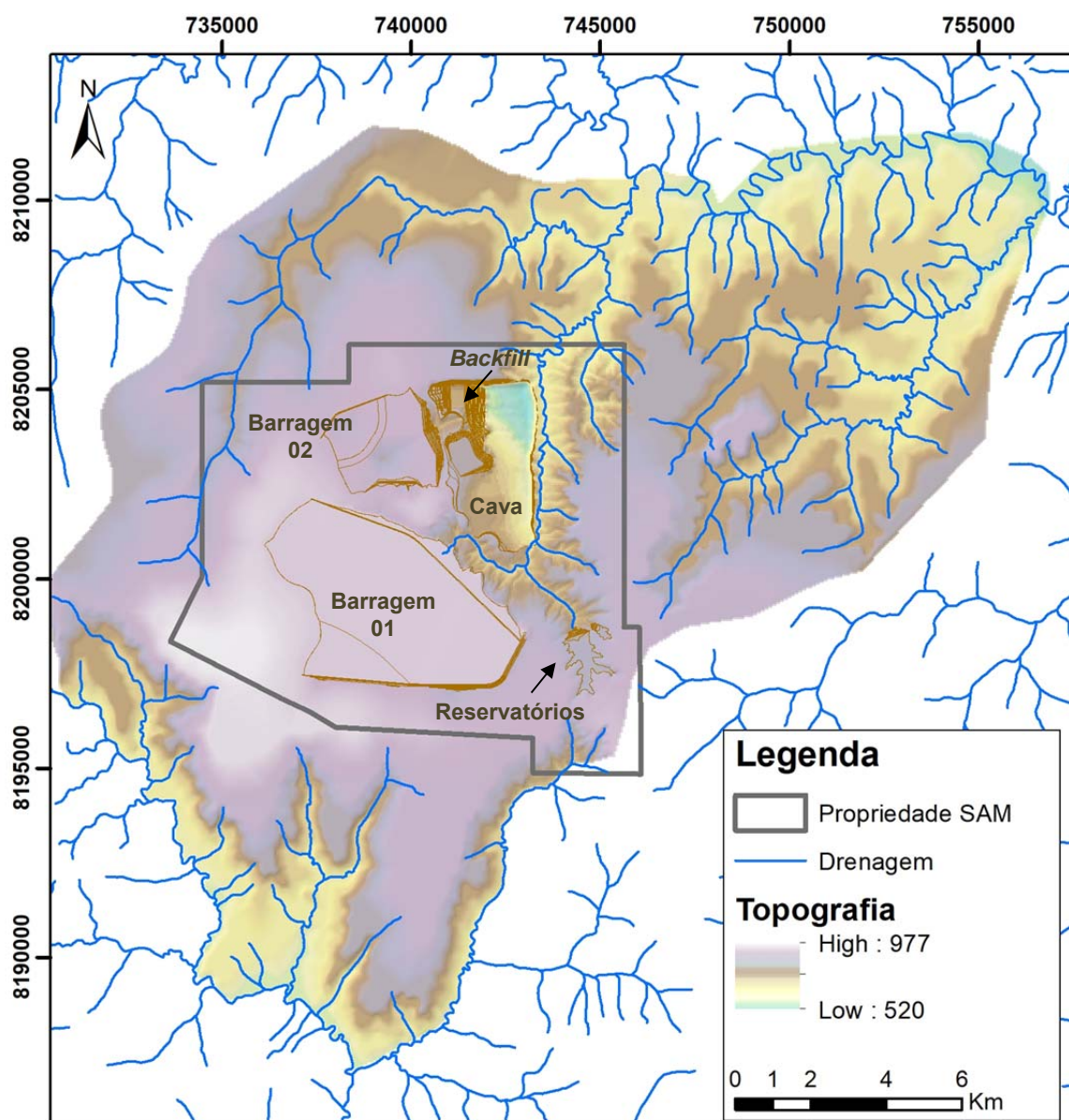


Figura 7 – Topografia para o desenvolvimento de 18 anos do empreendimento do Projeto Bloco 8.



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLOGÍCO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 18/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

3.4 GEOLOGIA REGIONAL

A área do projeto Bloco 8 encontra-se localizada na porção norte do estado de Minas Gerais, inserida no contexto geotectônico do Orógeno Araçuaí, definido por Pedrosa-Soares & Noce 1998, a qual foi moldada pela orogenia brasileira no Neoproterozóico (Figura 8).

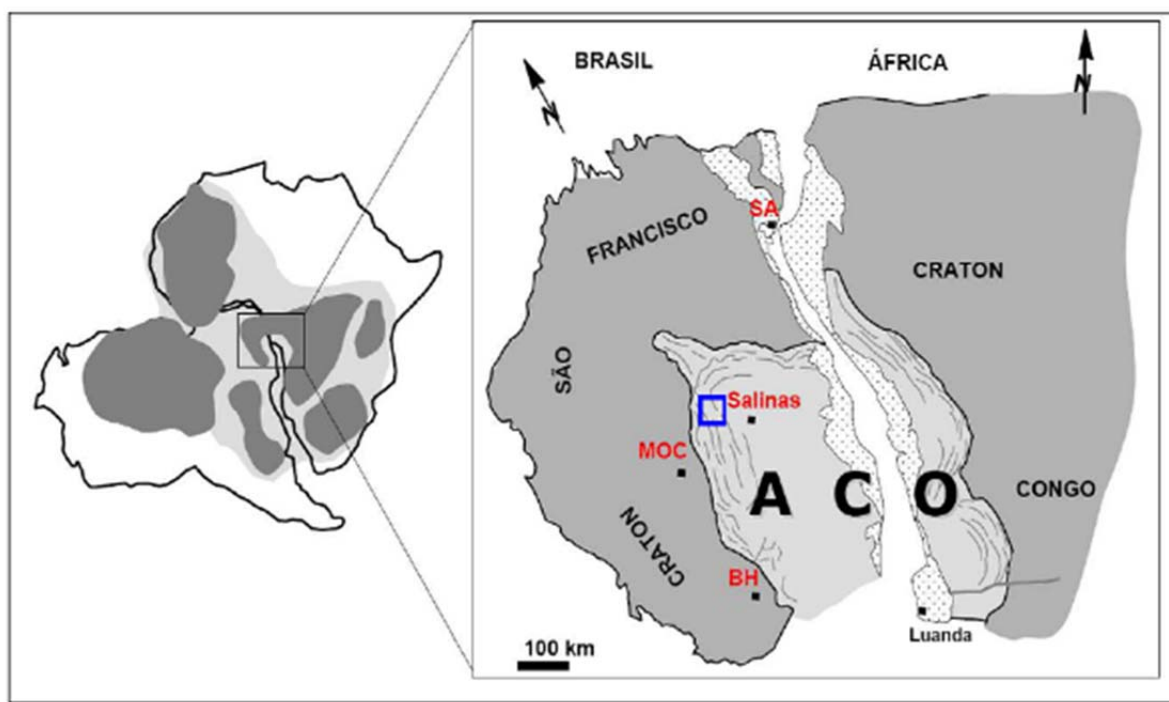


Figura 8 – Contexto geotectônico da área de trabalho; em azul localização do projeto (Retirado de Vilela, 2010).

O rifteamento neoproterozóico que levou a separação entre o Cráton São Francisco e Cráton do Congo é marcado pela entrada de diques máficos da Suíte Pedro Lessa, além de granitos anorogênicos da Suíte Salto da Divisa e xistos verdes basálticos do membro Rio Preto da Formação Chapada do Acauã.



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 19/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

Durante a fase de riteamento depositaram-se sobre a bacia Macaúbas as formações Matão, Duas Barras, Rio Peixe Bravo, sendo relacionadas a um período pré-glacial, e Serra do Catuni, Nova Aurora e a parte inferior da Formação Chapada Acauã, relacionadas às atividades glaciogênicas que ocorreram nesse período (Glaciação Sturtiana).

Durante a fase de convergência, Pedrosa-Soares et al. (2007) reconhecem quatro estágios orogênicos do Orógeno Araçuaí, sendo a primeira pré-colisional (ca. 630 - 580 Ma) caracterizado por magmatismo tipo I do arco magmático, representado pela Suíte G1 e rochas vulcânicas do Grupo Rio Doce, a segunda sin-colisional (ca. 580 - 560 Ma) marcado pela deformação e metamorfismo regionais e granitogênese do tipo S, Suíte G2, a terceira tardi-colisional (ca. 560 - 530 Ma) com granitogênese também do tipo S, Suíte G3, atribuídas à fusão parcial de granitos G2 deformados e a quarta pós-colisional (ca. 530 - 490 Ma) onde ocorrem processos deformacionais e plutonismo relacionados ao colapso gravitacional do Orógeno Araçuaí, com formação das suítes G4, do tipo S, e G5, do tipo I e A2.

Na configuração atual do Orógeno Araçuaí, Pedrosa-Soares et al. (2001) reconhecem três compartimentos tectônicos principais: domínio externo, caracterizado como faixa de dobramentos e empurrões; o domínio interno que é o núcleo metamórfico-anatético do orógeno; e a inflexão setentrional que contém segmentos destes dois domínios, mas apresenta feições tectônicas particulares (Figura 9).

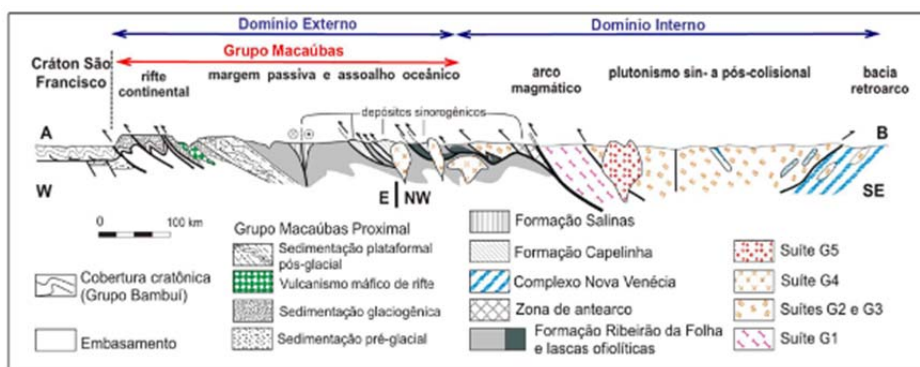


Figura 9 – Perfil geológico da Faixa Araçuaí mostrando os domínios tectônicos. (Fonte: Pedrosa-Soares et al. (2001).

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 20/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

O Grupo Macaúbas encontra-se no domínio externo sendo caracterizado por faixa de dobramentos e empurrões com vergência para oeste com metamorfismo xisto verde a anfíbolito.

O Grupo Macaúbas possui três unidades que contém diamictitos, sendo interpretadas como depósitos glaciogênicos: as formações Serra do Catuni, Nova Aurora e Chapada Acauã Inferior. A Formação Serra do Catuni é considerada como de origem glacial, em ambiente marinho proximal, devido à grande quantidade de diamictito maciço, com zonas enriquecidas em clastos caóticos, ocorrência de clastos facetados e estriados na forma de ferro de engomar, sedimentos finos escassos e correlação com os depósitos glacio-terrestres da Formação Jequitai no Cráton do São Francisco (Pedrosa-Soares *et al.* 2010). A Formação Nova Aurora tem características sedimentares, tais como deposição cíclica de sedimentos grossos a finos, acamamento gradado, contatos erosivos entre ciclos e estruturas de carga, que são evidências de sedimentação por fluxos de detritos e correntes turbidíticas em ambiente glacio-marinho distal (Pedrosa-Soares *et al.* 2010). A Figura 10 abaixo esquematiza o empilhamento estratigráfico do Grupo Macaúbas na região.

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 21/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

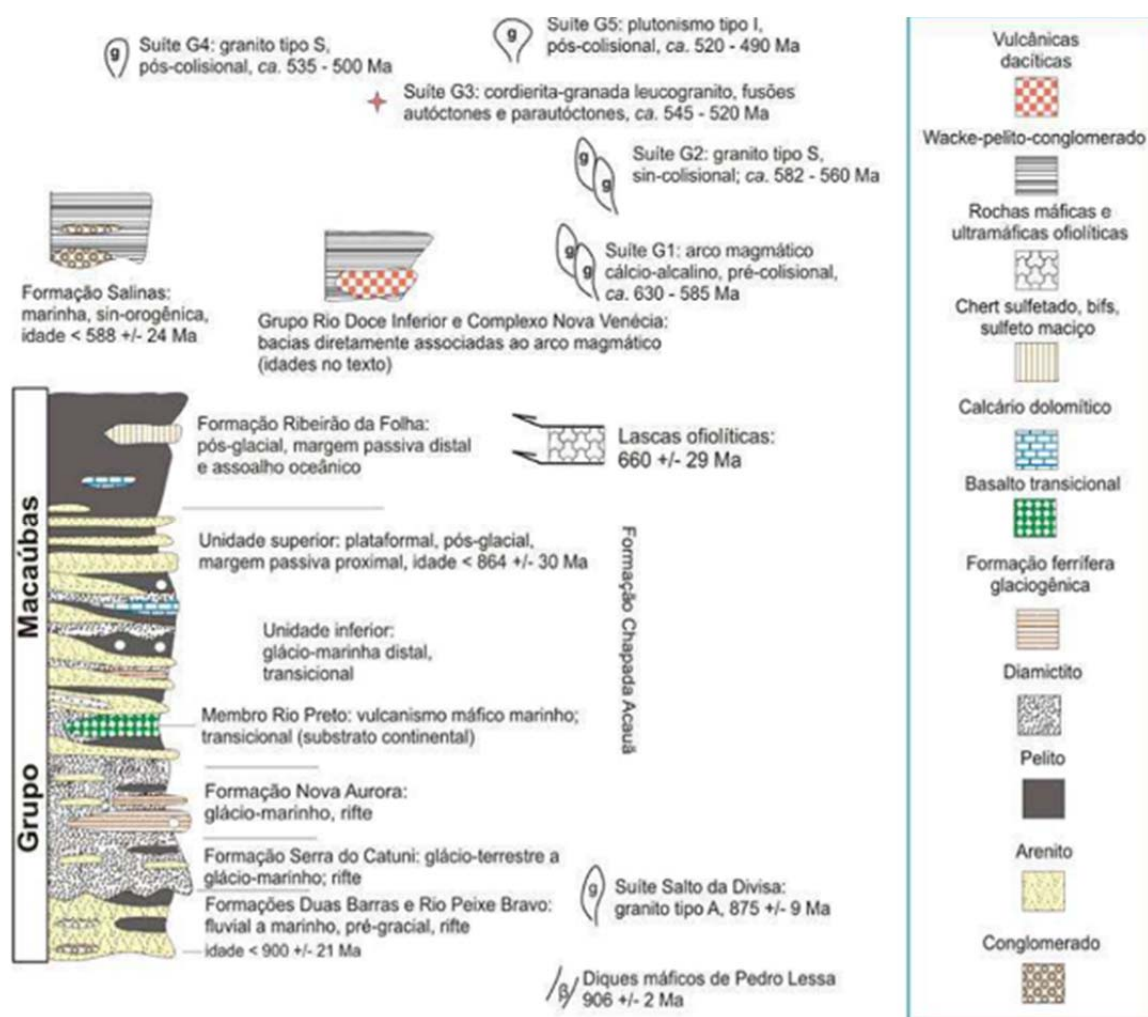


Figura 10 – Empilhamento estratigráfico do grupo Macaúbas na região do projeto.

A área do trabalho compreende exclusivamente as rochas da Formação nova Aurora, sendo essa composta principalmente por metadiamicctitos, com intercalações de quartzitos e filitos, e ainda pelas camadas ferruginosas do Membro Riacho Poções, composto essencialmente de metadiamicctito hematítico com intercalações de quartzito e filitos hematíticos.



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 22/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

A base da Formação Nova Aurora é composta por unidades ferruginosas, gradacionando para pacotes não ferruginosos, sendo todo esse pacote de espessura estimada entre 1000 a 3000 metros.

Independentemente da quantidade de hematita e magnetita, os metadiamicíticos são compostos por matriz de quartzo na granulometria areia fina a grossa, com quantidades inversamente proporcionais de muscovita e hematita e/ou magnetita, e ainda, clorita, biotita, epidoto, plagioclásio, apatita, granada e turmalina. Apresenta clastos de quartzo, quartzito, filito, rocha carbonática, granitóide, xisto e filito carbonoso. Na maior parte das vezes os clastos encontram-se estirados paralelamente a foliação, mas em zonas de menor deformação, estes clastos são angulares a perfeitamente arredondados. Deformados ou indeformados, os clastos apresentam grande variação de granulação, com tamanhos variando desde grânulo a matações com até 1m de diâmetro

3.5 GEOLOGIA LOCAL

A área do projeto está inserida na Formação Nova Aurora, composta por metadiamicíticos de matriz arenoso-argilosa, com quartzo, hematita, magnetita, muscovita, clorita e biotita como minerais principais, ocorrendo também lentes de filitos, xistos e quartzitos. Os clastos dos diamictitos são compostos principalmente por quartzitos, quartzo, xistos e rochas carbonáticas com tamanho variando de grânulo a bloco. A principal descontinuidade observada é uma foliação de direção N-S e mergulhos normalmente baixos para leste. Essa descontinuidade define o alinhamento principal observado nos contatos litológicos observados em mapa (Figura 11).

Os metadiamicíticos são divididos em pacotes ricos em ferro, caracterizando o minério e pacotes com baixo teor de ferro, caracterizando o estéril. Observa-se que tanto no *footwall* quanto no *hanging wall* do minério as encaixantes são compostas exclusivamente por diamictitos distintos entre si (Figura 12).

Os metadiamicíticos de *hanging wall* do minério são compostos por uma matriz com maior conteúdo em argila, ocorrendo também quartzo de granulometria areia fina, por vezes observa-se a ocorrência de clorita dispersa na matriz rochosa. Nota-se que essa litologia apresenta aspecto xistoso com clastos muito espaçados entre si.



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 23/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

Os metadiamicritos de *footwall* do minério são compostos por uma matriz arenosa argilosa, sendo composta principalmente por quartzo de granulometria areia fina a média, ocorrendo também muscovita e clorita dispersa nessa matriz. Os clastos variam de seixos a grânulo, compostos basicamente por quartzo, quartzito, quartzo xistos, clorita-quartzo xistos e rochas carbonáticas, sendo esses suportados pela matriz.

Essas unidades diferenciam-se entre si não apenas pela composição mineralógica, mas observa-se uma mudança significativa no ambiente geológico que levou a litificação de ambas as camadas. Nos metadiamicritos de *hanging wall*, observam-se ocorrências de cristais euédricos de hematita e magnetita, evidenciando, portanto, um ambiente oxidante. Já nos metadiamicritos de *footwall*, observa-se presença de cristais euédricos de pirita, indicando um ambiente redutor.



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MODELO HIDROGEOLÓGICO
CONCEITUAL

MINA_BLC8007-1010-G-RE-04

Folha
24/48

WBH28-17-SAM-RTE-0004

Revisão
01

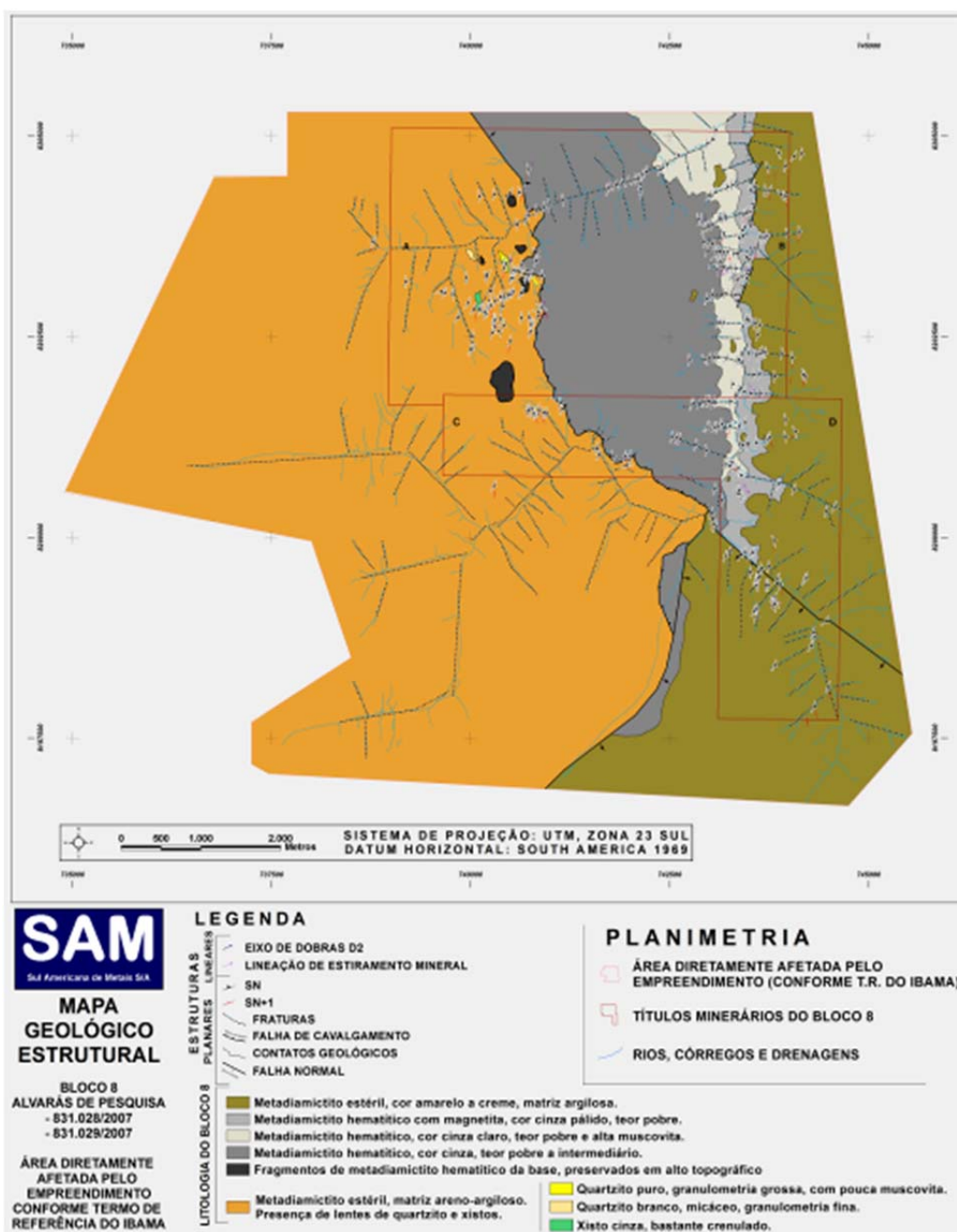


Figura 11 – Mapa geológico da área do bloco 8 (Modificado de relatório SAM bloco 8 – geologia).

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 25/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

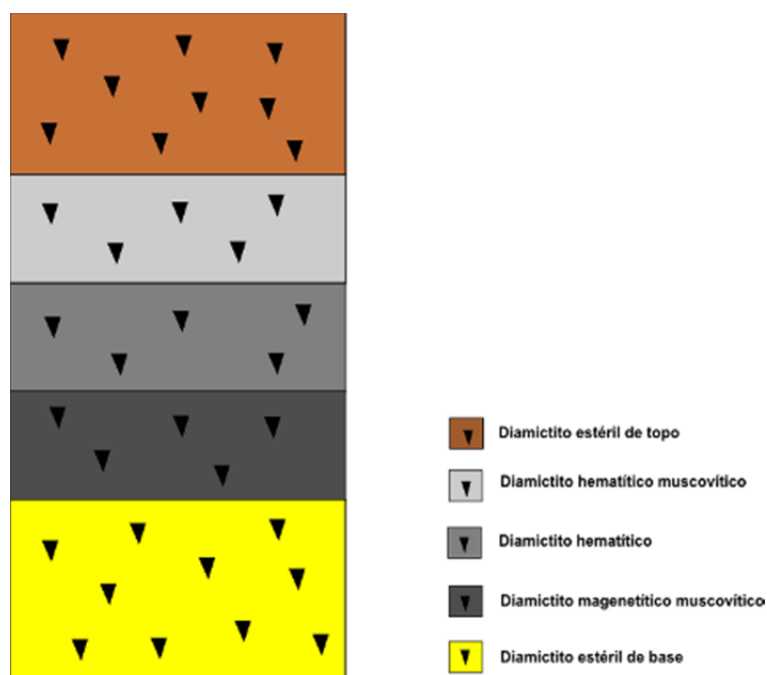


Figura 12 – Perfil estratigráfico esquemático para a área.

As unidades que constituem o minério são compostas por diamictitos ferruginosos, hematíticos de coloração acinzentada. Observa-se uma mudança gradual no ambiente geoquímico desse minério, sendo que no topo ocorre predomínio de minerais oxidados (hematita e magnetita) e na base há predomínio de minerais sulfetados (pirita e calcopirita), além dessa mudança geoquímica, ocorre transição gradual no teor de muscovita entre o diamictito de topo com a porção superior do pacote de minério. Sendo assim, divide-se o pacote mineralizado em três unidades distintas, a saber: metadiamictito hematítico muscovítico, metadiamictito hematítico e metadiamictito magnético muscovítico.

Os metadiamictitos hematíticos muscovíticos constituem o topo da zona mineralizada, sendo que seu contato tanto com a unidade estéril de topo quanto de base, ocorre de forma transicional. A matriz do metadiamictito hematítico possui textura similar à do metadiamictito estéril, no

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 26/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

entanto nesta matriz, além dos minerais presentes na do metadiamicítico estéril, contém hematita fina orientada segundo a foliação S1, e hematita especular concentrada em bandas que correspondem aos planos das foliações S1 e S2. A matriz apresenta, também, duas variedades de magnetita, parcial a totalmente martitizadas, sendo uma porfiroclástica, encontrada nas bandas de hematita especular, e outra, porfiroblástica, disseminada pela matriz. O conteúdo total de magnetita é menor que 1%. A hematita fina e micas orientam-se de forma anastomosada, envolvendo os grãos de quartzo, feldspato e carbonato da matriz.

O metadiamicítico hematítico constitui a zona mineralizada de maior teor na área. Sua matriz areno-argilosa é constituída por quartzo de granulometria areia fina a média, predominando tamanho areia fina, hematita fina a raramente média, em sua maioria especular, muscovita fina a média e clorita de granulação média. Os clastos são compostos por quartzo, sericita xistos, quartzo xistos e clorita-quartzo xistos e quartzitos finos a grossos, geralmente brancos e bastante recristalizados, sendo esses suportados pela matriz. Vale ressaltar que uma característica marcante dessa unidade é a presença de forte magnetismo nos cristais de hematita. Observa-se também um decréscimo no teor de ferro dessa camada partindo da base em direção ao topo.

O metadiamicítico magnetítico muscovítico compõe a base da zona mineralizada, fazendo contato tectônico com o metadiamicítico estéril de base (*footwall*). Sua matriz é composta principalmente por quartzo com granulometria areia fina a média, muscovita com granulometria média, magnetita subédrica a euédrica e hematita fina. Os clastos possuem tamanho variando de seixo a grânulo e são compostos por quartzitos finos a médios, brancos a amarelados, quartzo xistos e clorita-quartzo xistos, sendo rara a presença de rochas carbonáticas.

Observam-se lentes compostas por quartzitos brancos, quartzitos sericíticos, filitos e xistos intercalando os diamicíticos. Sendo que essas lentes ocorrem de forma gradacional e em regiões localizadas.

A área do Bloco 8 apresenta elevada densidade de informação, com 483 sondagens, totalizando 66.168m com descrição da litologia. Nas descrições dos furos de sondagem são caracterizadas 16 litologias. Dentre as 16 litologias, 5 tipos litológicos englobam 98% da base de dados, o restante dos dados está distribuído em 11 litologias de pouca representatividade.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 27/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

A Figura 13 apresenta a distribuição dos tipos litológicos nos furos, sendo possível verificar o padrão de distribuição das principais litologias. A distribuição das litologias pouco representativas não é claramente distinguível em relação às litologias predominantes.

O tipo litológico com maior frequência é o metadiamicrito compacto (DHC), com ocorrência na base da formação, predomínio na região leste e maiores espessuras no limite norte. A litologia metadiamicrito itabirítico (DI) ocorre na base da descrição da maioria dos poços nas porções elevadas a nordeste da área.

Ao observar a distribuição dos tipos litológicos principalmente na região oeste é possível notar a sequência da base para o topo das litologias:

- metadiamicrito compacto (DHC);
- metadiamicrito semi-compacto (DHS);
- metadiamicrito friável (DHF) e metadiamicrito itabirítico (DI);
- solo (SO)

Dentre as litologias pouco representativas, o minério laterítico (CG) apresenta padrão na distribuição, onde está associado abaixo do nível de solos na porção plana a oeste. O restante das litologias tem poucas ocorrências e sem padrão claro de distribuição



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 28/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

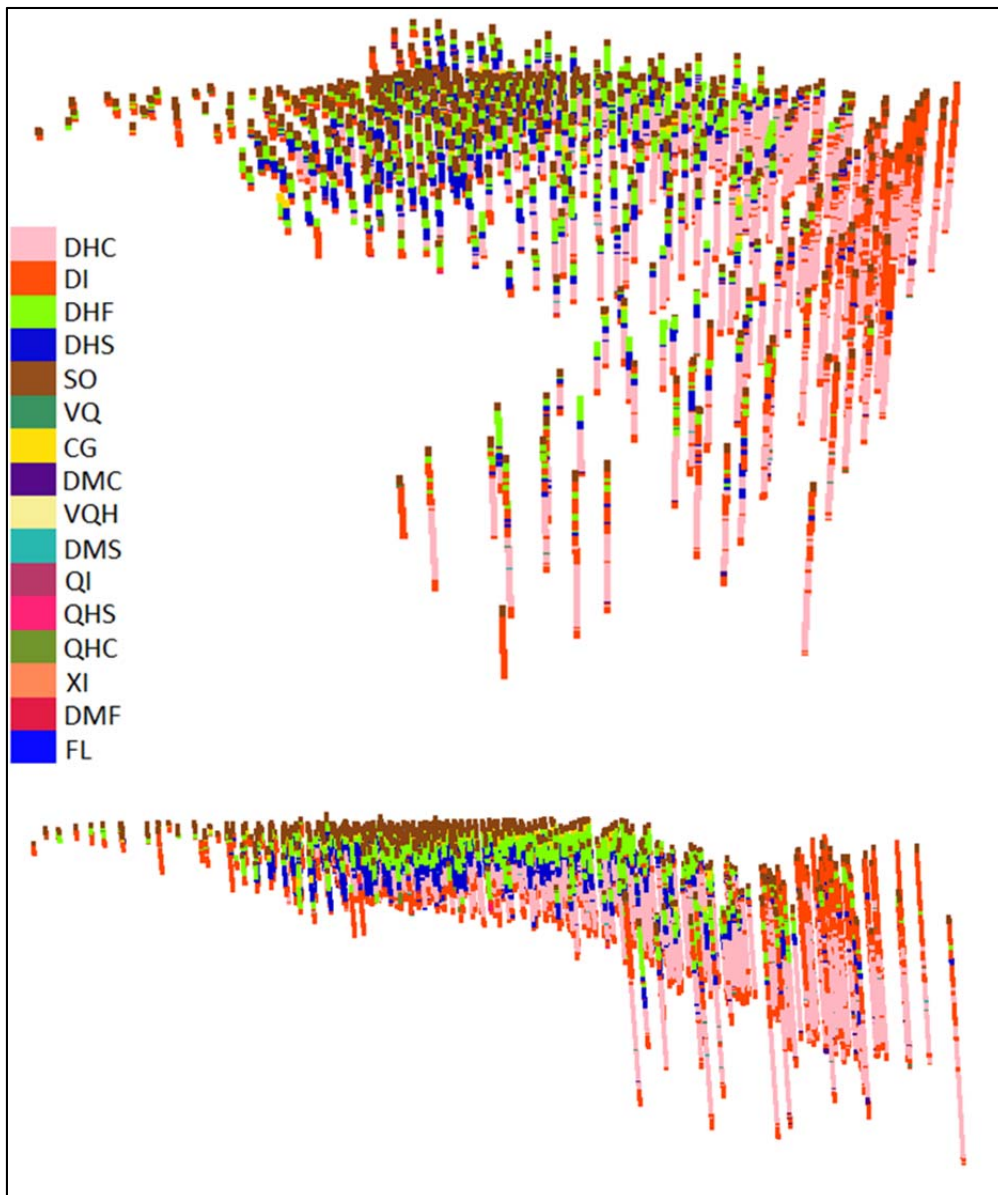


Figura 13 – Distribuição dos litológicos nos furos de sondagem (WALM, 2013)

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 29/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

Em termos estruturais ocorrem três conjuntos de estruturas que são conhecidos regionalmente e se relacionam às fases deformacionais denominadas D1, D2 e D3, gerando a foliação principal(S1), a foliação de crenulação (S2) e os sistema de fraturas de direção NE-SW e NW-SE, respectivamente.

A foliação principal S1, associada à fase deformacional D1, possui direção principal N-S com mergulhos médios de 20 graus para leste, sendo que localmente esse pode variar chegando até 70 graus. Associado a essa foliação ocorre uma lineação de estiramento mineral *downdip* com a mesma, controlando assim as zonas mineralizadas.

A foliação S2, associada à fase deformacional D2, ocorre como uma clivagem espaçada de crenulação, sendo melhor observada nas litologias menos competentes, ricas em muscovita. Essa foliação apresenta direção geral N-S com mergulho médio de 44 graus, sendo plano axial a dobras assimétricas de eixo sub-horizontal.

A fase de deformação D3 associa-se a intenso faturamento subvertical, gerando duas famílias distintas de fraturas de direção NW-SE e NE-SW, respectivamente. Essas fraturas dão origem a lineamentos que podem ser visualizados em imagem de satélite, segmentando os lineamentos referentes ao *trend* regional N-S.

A estrutura geológica é marcada por uma discordância angular que divide a área entre a porção leste e oeste, esta última, em escala regional, apresenta camadas litológicas dispostas horizontalmente. Enquanto na porção leste as unidades litológicas ocorrem com inclinação para esta mesma direção. Esta característica pode ser observada ao analisar o topo do embasamento que apresenta maior caimento a leste. Isso resulta na menor espessura da região oeste e maiores espessuras a leste (Figura 14).

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 30/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

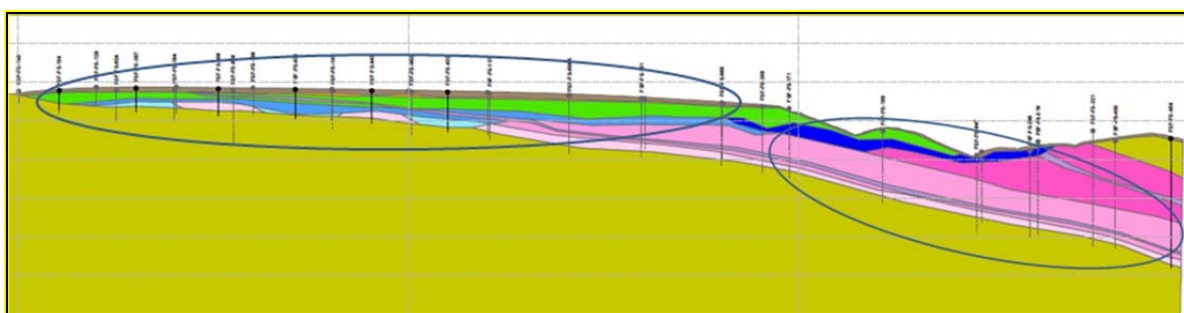


Figura 14 – Seção geológica 8203100 com destaques para os caimentos das camadas das porções leste e oeste (WALM, 2013)

4. ANÁLISE HIDROGEOLÓGICA E MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL

O modelo hidrogeológico conceitual consiste na organização de informações relacionadas à hidrogeologia do local, em forma de textos, gráficos, diagramas, figuras e mapas, com intuito de reproduzir a compreensão do comportamento do sistema hídrico subterrâneo. Constitui, portanto, na compilação, interpretação e síntese dos dados hidrogeológicos relevantes da área de interesse.

O presente capítulo visa por meio do modelo hidrogeológico conceitual: i) entender a geometria, características dos sistemas aquíferos presentes e suas relações com corpos hídricos superficiais; e ii) representar as condições de circulação e armazenamento das águas subterrâneas, desde a infiltração no solo, até a descarga (em surgências e demais estruturas).

A caracterização hidrogeológica da área foi realizada com base nos dados secundários. Para o entendimento das condições de circulação das águas subterrâneas são avaliados os componentes que afetam o balanço hídrico, bem como as descargas e as recargas, e o monitoramento das cargas hidráulicas. A partir da avaliação de dados monitorados é realizada a interpretação das principais direções de fluxo, representadas através do mapa potenciométrico.

		PROJETO BLOCO 8
PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 31/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

4.1 DADOS DE MONITORAMENTOS

4.1.1 Nascentes

O cadastro das nascentes existentes na área do complexo minerário foi realizado por equipe da SAM, em duas campanhas (uma na estação seca e outra na estação chuvosa), no ano de 2014. Ao todo, na área foram cadastrados 138 pontos, sendo que em 59 pontos não foi possível monitorar a vazão (Figura 15).

As vazões nas nascentes foram medidas pelo método volumétrico, obtidas pela razão entre volume de água coletado no balde graduado e o tempo necessário para a coleta. Na maioria das nascentes cadastradas, as vazões verificadas foram inferiores a 5 L/s, sendo a média geral de 0,5 L/s. Todas essas informações estão expostas em maior detalhe no **Anexo 01.**



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MODELO HIDROGEOLÓGICO
CONCEITUAL

MINA_BLC8007-1010-G-RE-04

Folha
32/48

WBH28-17-SAM-RTE-0004

Revisão
01

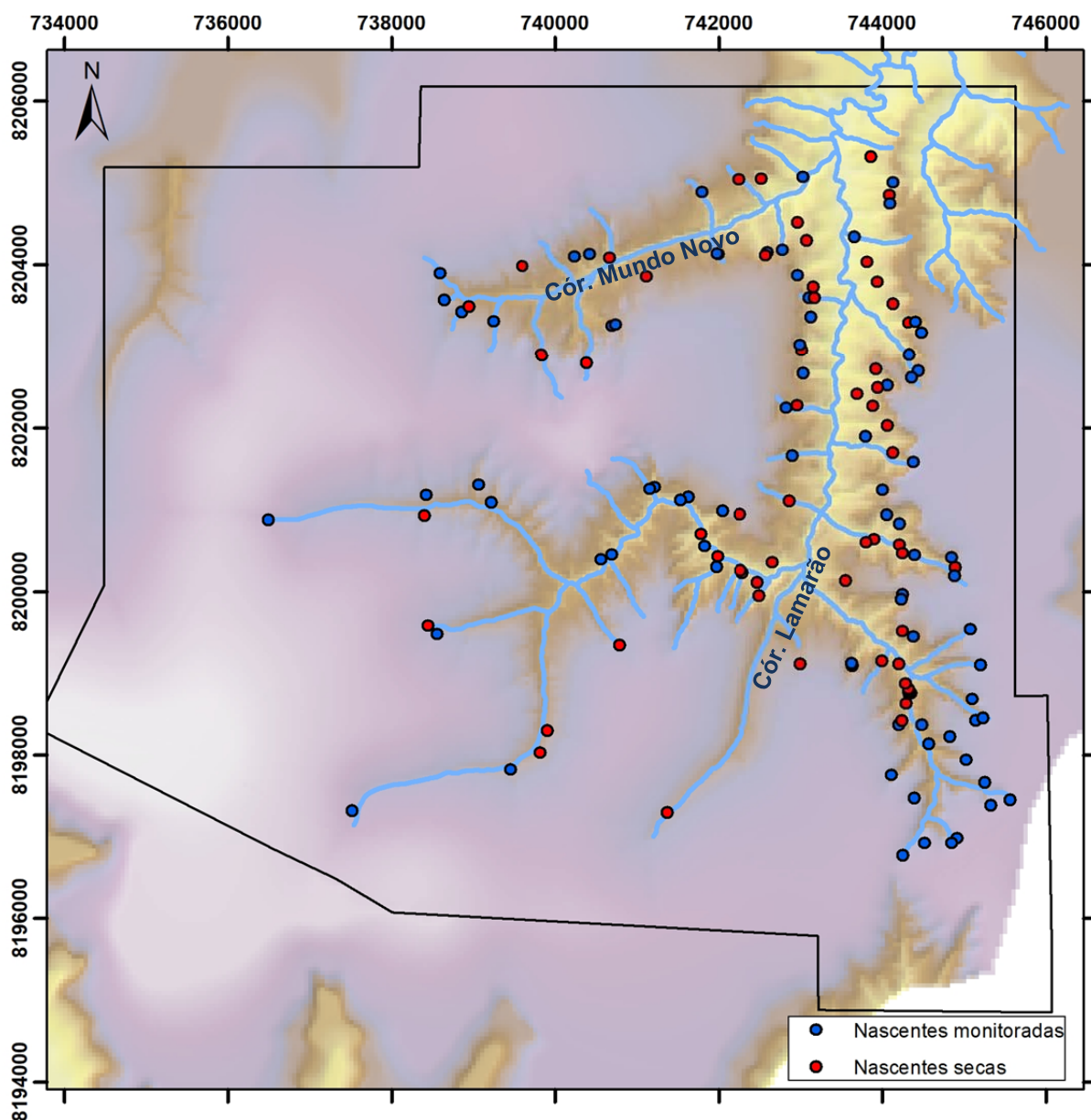


Figura 15 – Cadastro de nascentes no entorno do projeto

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 33/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

4.1.2 Piezometria

Para os desenvolvimentos hidrogeológicos preliminares foram instalados 16 piezômetros na área da cava (Golder, 2011). As leituras dos equipamentos foram iniciadas em novembro de 2010 tendo sido coletadas uma medida a cada semana. As informações dos piezômetros estão expostas na Tabela 3 e suas localizações podem ser observadas na Figura 16.

Tabela 3: Dados dos Piezômetros Existentes na Área da Cava

ID Piezômetro	Leste (m)	Norte (m)	Cota (m)	Profundidade Executada (m)	Profundidade do N.A (2016) (m)
FSF-FS-012	742.300,92	8.202.458,98	875,6	124,06	40,6
FSF-FS-235	741.407,42	8.201.402,91	861,4	41,60	39,0
FSF-FS-280	741.400,77	8.204.194,88	806,0	114,20	13,7
FSF-FS-024	741.252,36	8.203.220,34	880,4	80,09	43,5
FSF-FS-285	741.175,17	8.204.618,50	848,3	165,30	37,6
FSF-FS-231	742.167,25	8.204.800,88	807,1	174,45	37,3*
FSF-FS-073	742.403,83	8.201.400,22	870,0	118,50	49,7
FSF-FS-242	743.217,67	8.200.056,05	770,1	77,60	11,3*
FSF-FS-240	743.591,52	8.203.199,40	724,8	227,10	19,7
FSF-FS-270	742.820,67	8.205.016,71	772,3	239,20	29,3
FSF-FS-258	743.596,64	8.202.399,79	755,7	212,50	27,9
FSF-FS-263	743.437,82	8.201.271,67	768,5	125,85	39,8
FSF-FS-057	741.205,01	8.202.399,89	906,8	42,15	39,6
FSF-FS-228	742.389,96	8.204.206,45	793,6	171,10	5,1
FSF-FS-065	742.007,65	8.203.197,98	876,6	115,80	38,5

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 34/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

ID Piezômetro	Leste (m)	Norte (m)	Cota (m)	Profundidade Executada (m)	Profundidade do N.A (2016) (m)
FSF-FS-168	742.970,22	8.203.571,53	839,3	214,10	50,0

*Nota: os piezômetros FSF-FS-242 e FSF-FS-231 foram estão inoperantes desde dez de 2014 e março de 2015



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MODELO HIDROGEOLÓGICO
CONCEITUAL

MINA_BLC8007-1010-G-RE-04

Folha
35/48

WBH28-17-SAM-RTE-0004

Revisão
01

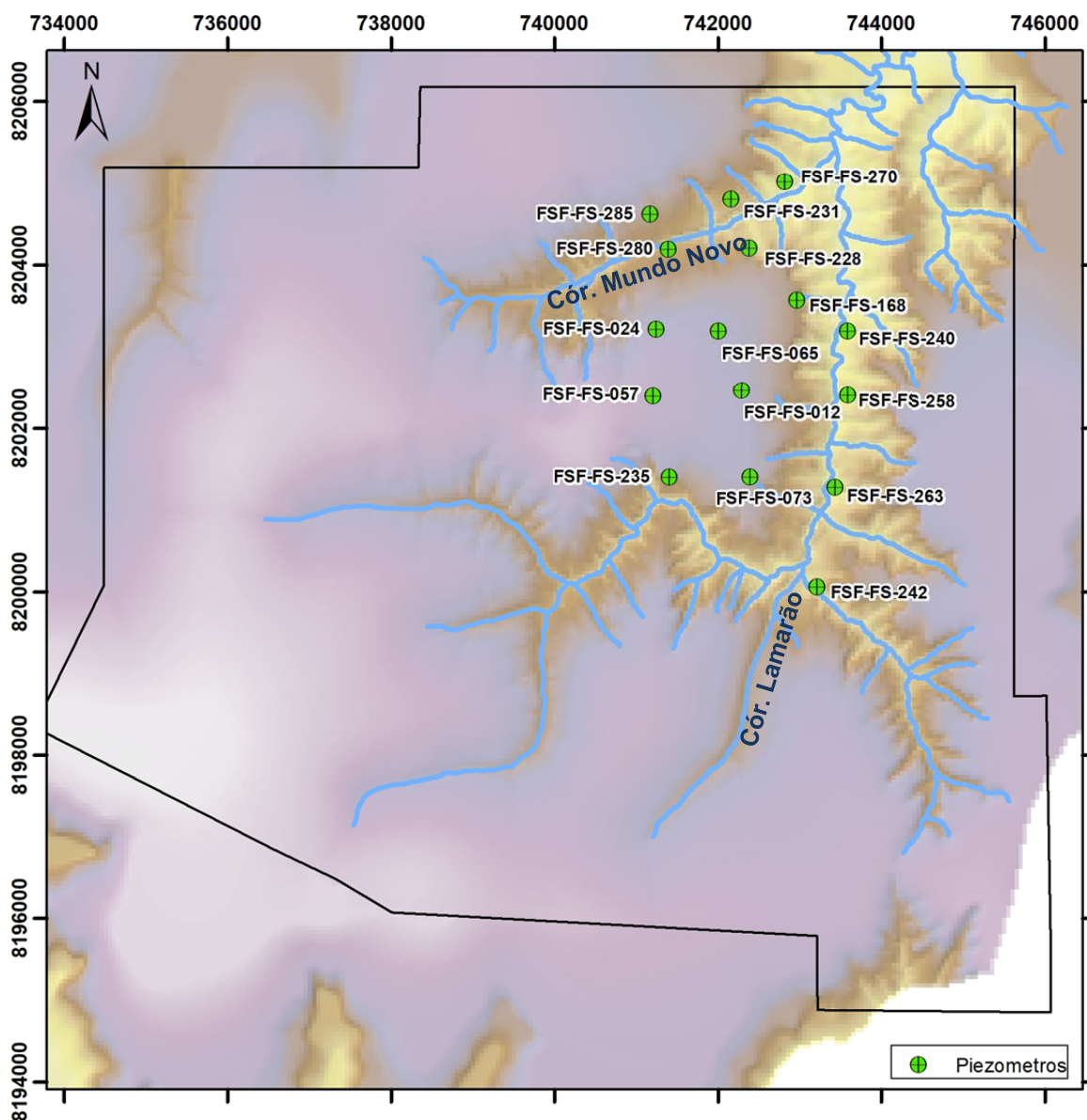


Figura 16 – Localização dos piezômetros

O gráfico da Figura 17 apresenta a variação do nível d'água de novembro de 2010 a abril de 2016, dos piezômetros localizados na porção nordeste da área



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 36/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

e da margem direita do córrego Lamarão, os quais apresentam a cota do nível d'água, entre 780 e 700 m.a.n.m.

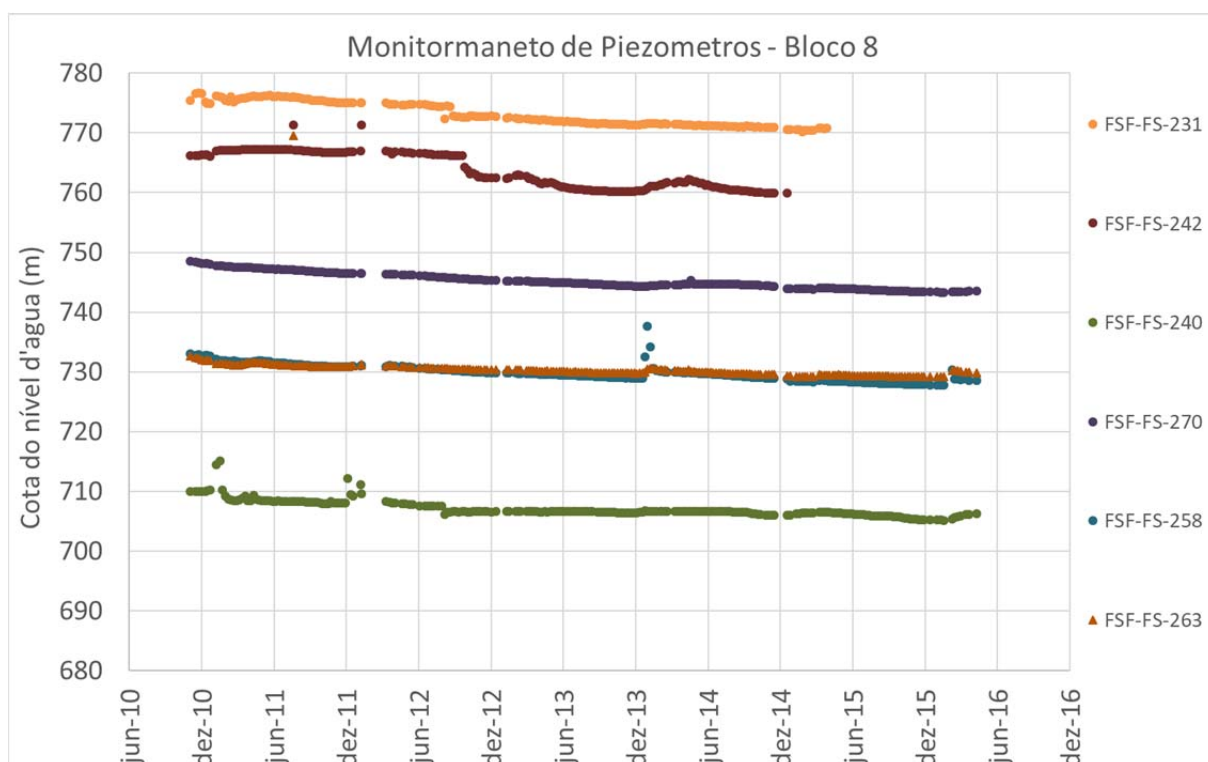


Figura 17 – Variação do nível d'água nos piezômetros localizados a nordeste e a margem direita do córrego Lamão.

Observa-se na Figura 17 um rebaixamento geral os níveis d'água, entre 3 (FSF-FS-263) e 6 metros (FSF-FS-242). Esse rebaixamento, provavelmente é representativo de um rebaixamento natural do aquífero por diminuição da recarga, uma vez que os índices de chuva entre 2010 e 2017, em geral, encontram-se muito abaixo da média histórica.

E o gráfico da Figura 18, apresenta, para o mesmo período citado, a variação do nível d'água para os piezômetros localizados no divisor da margem



PROJETO BLOCO 8

PROJETO CONCEITUAL

MINA

ENGENHARIA

DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO

MODELO HIDROGEOLÓGICO

CONCEITUAL

MINA_BLC8007-1010-G-RE-04

Folha

37/48

WBH28-17-SAM-RTE-0004

Revisão

01

esquerda do córrego Lamarão e margem direita do córrego Mundo Novo, situados entre 870 e 790 m.a.n.m.

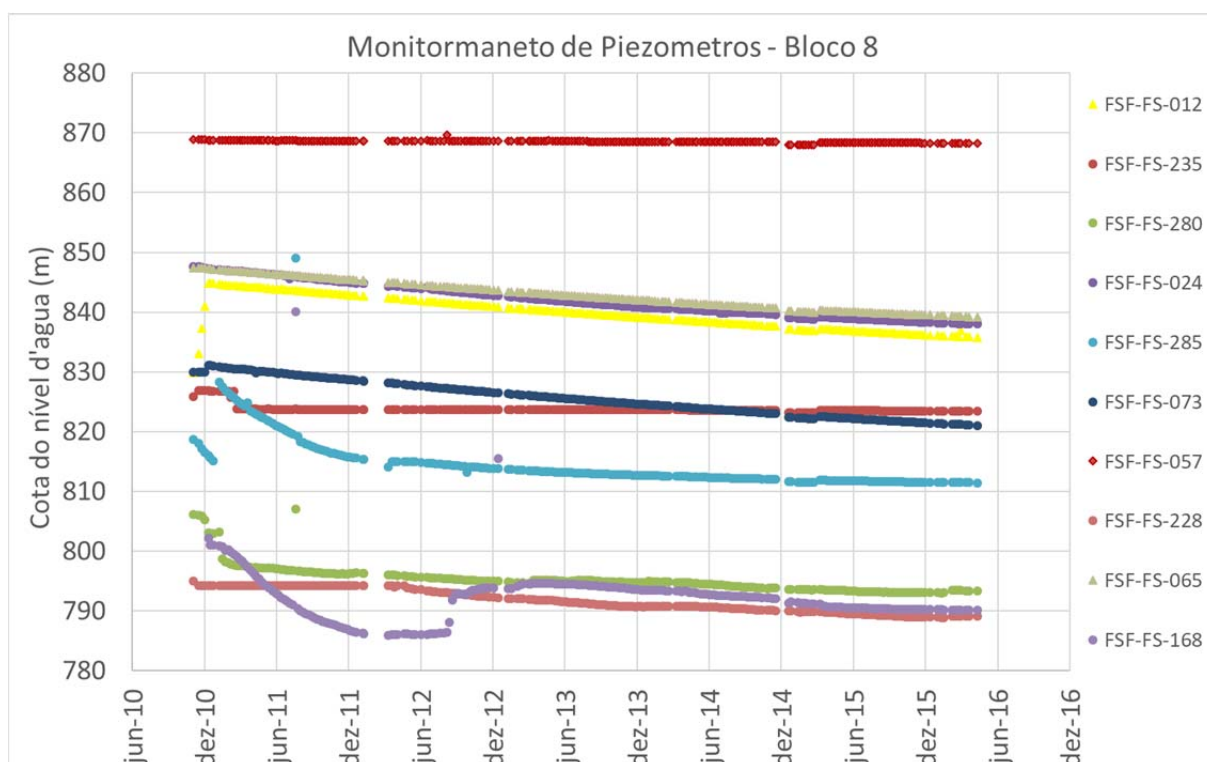


Figura 18 – Variação do nível d'água nos piezômetros localizados no divisor de água entre os córregos Lamão e Mundo Novo.

Também na Figura 18 se observa um rebaixamento geral os níveis d'água, entre 6 (FSF-FS-228) e 12 metros (FSF-FS-280).

Os piezômetros FSF-FS-285 e FSF-FS-168, difere do padrão no primeiro ano de monitoramento, possivelmente, estes piezômetros localizam-se em rochas pouco permeáveis, demorando mais tempo que os demais para estabilizar-se.

Os piezômetros FSF-FS-235 e FSF-FS-235 também se defere dos demais, por apresentar-se com o nível mais constate ao longo do tempo. Ressalta-se que estes piezômetros estão localizados nas porções mais altas da área.



PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 38/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

4.1.1 Potenciometria

A partir dos dados de elevação dos pontos d'água obtidos no inventário hidrogeológico desenvolvido pela Golder (2011), estabeleceu-se uma superfície representativa do nível d'água na área de estudo, correspondente ao início do período de estiagem.

A

Figura 19 a seguir apresenta a superfície potenciométrica referente à área estudada onde pode ser observado que as maiores elevações do nível freático são obtidas nos locais de topografia mais elevada, onde o lençol é atingido a partir de 30m de profundidade, em média.

Mais próximo dos talvegues, a profundidade média do lençol diminui. Dessa forma, a conformação da superfície freática se assemelha à da topografia local, porém mais suavizada, conforme já era esperado nesse tipo de conformação morfológica. Cabe lembrar que as isolinhas da

Figura 19 são uma primeira representação do nível freático, precisando, ainda, de um melhor refinamento a partir de uma coleta de dados maior representatividade espacial.

A análise de perfis geotécnicos da área permitiu definir que a porção granular desse sistema apresenta uma espessura média de 25 m. O metadiamicrito semi-compacto, fraturado, possui espessura média em torno de 15 m.

Dessa forma, conclui-se que, na área a água subterrânea encontra-se efetivamente armazenada no sistema fissural, tendo-se porções menores dessa área o armazenamento no sistema granular. Além disso, ressalta-se também que o assim chamado "aquífero granular", atua principalmente como unidade de transmissão para a água que efetivamente infiltra em subsuperfície e menos como unidade de armazenamento de água subterrânea, um conceito intrínseco à definição de aquífero.

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MODELO HIDROGEOLÓGICO
CONCEITUAL

MINA_BLC8007-1010-G-RE-04

Folha
39/48

WBH28-17-SAM-RTE-0004

Revisão
01

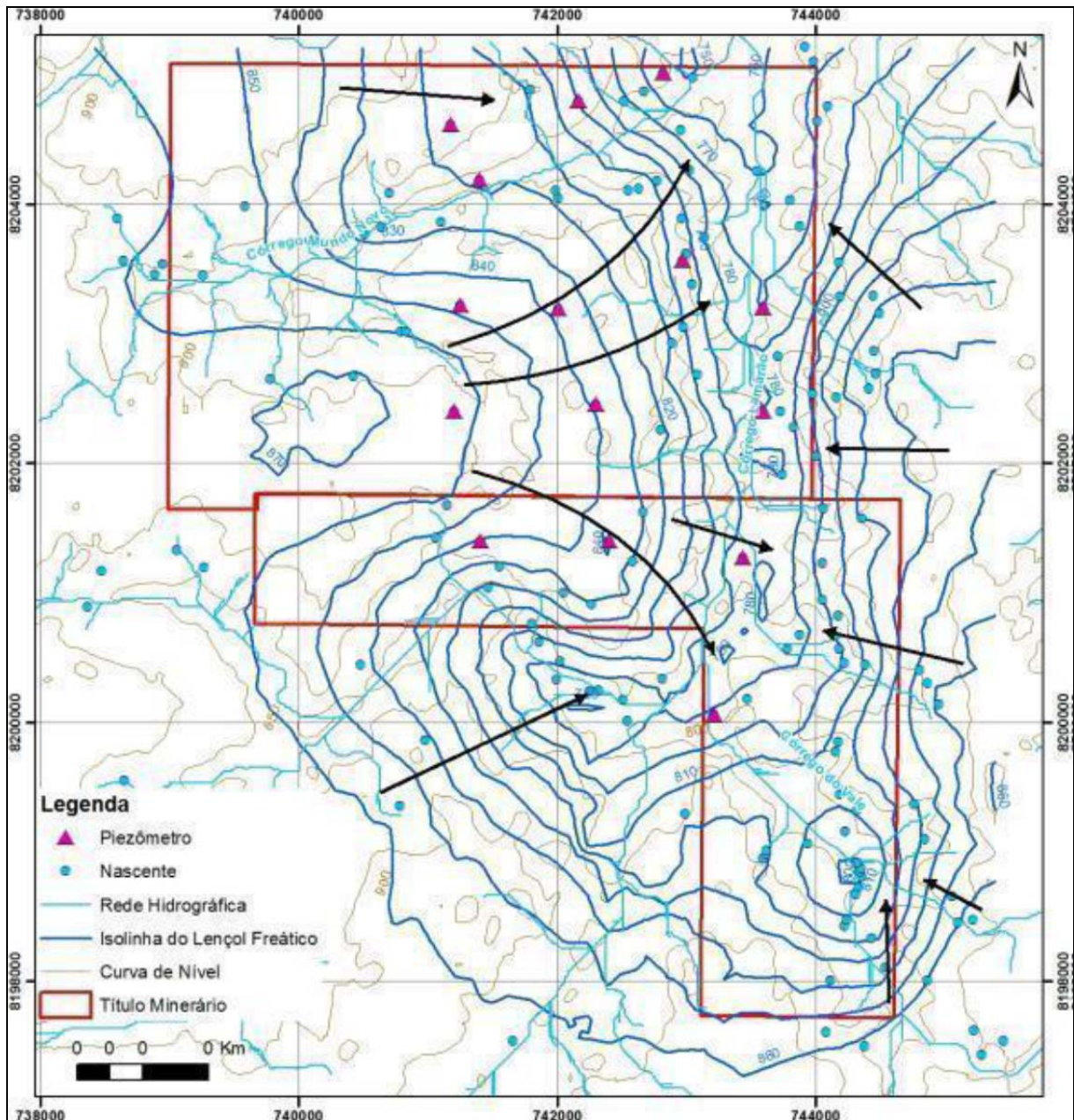


Figura 19 – Mapa potenciométrico e principais direções do fluxo (Fonte: GOLDER, 2011)

4.2 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

De acordo com dados levantados pela Golder (2011) comprovou-se que as propriedades hidrodinâmicas dos materiais presentes se correlacionam fortemente com as suas características geotécnicas, ambas definidas em função do grau de faturamento e de intemperismo.



PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 40/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

Em virtude dos fatos considerados acima, nas áreas de interesse foi identificado um sistema aquífero misto do tipo livre sobreposto a um aquíclode.

O sistema aquífero misto é caracterizado por apresentar-se composto por uma camada superior de materiais intemperizados e com porosidade essencialmente granular e, outra, de materiais menos intemperizados, mas com porosidade fissural (Golder, 2011). É importante ressaltar que o contato hidráulico entre esses dois sistemas (granular e fissural) é direto, ocorrendo uma passagem gradacional entre os materiais.

A porção granular do sistema aquífero está topograficamente acima da fissural e é representada, de cima para baixo, por:

- Uma cobertura de solo;
- Um saprolito do metadiamicrito, geralmente bastante friável; e,
- Uma camada de metadiamicrito semi-compacto a compacto intemperizado, mas bastante poroso.

Com a observação de furos de sondagem dos testemunhos então coletados, notou-se que a porção granular apresenta média a alta condutividade hidráulica e elevada capacidade de armazenamento de água nos interstícios dos grãos de sedimentos inconsolidados e de rochas intemperizadas. Está distribuído em formações superficiais, formando aquíferos contínuos, livres, heterogêneos e levemente anisotrópicos que constituem o principal elemento pelo qual a recarga do sistema subsuperficial se processa. Em função da variedade dos fatores físico-químicos durante a formação dos sedimentos e meteorização das rochas, as porosidades e permeabilidades são bastante diversificadas.

A porção fissural do sistema aquífero misto é composta por metadiamicritos semicompactos a compactos, fraturados. Observando os trechos de testemunhos de sondagem, nota-se que esses materiais apresentam baixa a média condutividade hidráulica, porosidade secundária, com armazenamento e transmissão da água somente em fraturas. É encontrado em profundidades variadas, e, em geral, encontra-se saturado em água. Está distribuído em toda a área e é delimitado inferiormente por metadiamicritos compactos. Formam aquíferos livres, heterogêneos e anisotrópicos.

Abaixo do sistema aquífero misto é observado um metadiamicrito compacto que funciona como um aquíclode, restringindo a circulação de água somente às camadas superiores. Não foram observados sinais de percolação de água analisando visualmente alguns testemunhos (Golder, 2011).

Ensaio de infiltração foram realizados na área da cava durante a perfuração dos furos de sondagem à percussão (Golder, 2011). A partir deles, pode-se observar que a condutividade hidráulica do sistema granular em geral é alta, apresentando algumas intercalações de camadas menos condutivas.

No entanto, é importante destacar que os furos de sondagem a percussão alcançam profundidades rasas e, portanto, não representam o sistema fissural onde se encontra armazenada a água subterrânea e onde se espera obter altos valores de condutividade



PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 41/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

hidráulica. Os testes de infiltração em solo na região do Bloco 8 foram realizados principalmente nas áreas da cava e da planta industrial. Seus resultados apontam que a permeabilidade dos solos ali presentes tem grande variabilidade na sua ordem de grandeza, tanto lateralmente quanto verticalmente. Contudo, de modo geral, se correlacionam com as texturas dos metadiamicritos que ocorrem nessas

Ainda de acordo com Golder (2011), na área da cava (Bloco 8) onde afloram os metadiamicritos hematíticos, os perfis verticais de permeabilidade obtidos a partir dos testes de infiltração demonstraram não haver um padrão típico, ou seja, a permeabilidade não varia de maneira constante. Analisando-se de maneira geral, percebe-se que na área em questão prevalecem perfis com valores mais elevados de permeabilidade, especialmente próximo das bordas do platô. Por outro lado, na área da planta industrial predominam perfis de solos com menor permeabilidade, derivados do metadiamicrito estéril de característica argilosa

4.3 INTERFERÊNCIA COM A OPERAÇÃO MINERÁRIA

De acordo com estudos já desenvolvidos até o momento, o sequenciamento da lavra será desenvolvido em painéis de modo a propiciar a liberação de área em cava final para utilização da área para deposição de rejeito seguindo o conceito de “*backfilling*”.

A distribuição de minério e estéril contida em cada setor da mina será utilizada para desenvolvimento de um sequenciamento, assumindo critérios tais como: exposição contínua de minério, operacionalidade da lavra, consistência na movimentação total e teores de alimentação na planta mais elevados no início da produção comercial. A vida útil da mina será de 18 anos mais o período de pré-produção.

A cava final terá dimensões 6x4 km, contendo 4500 Mton, sendo 4000 Mton de material considerado minério e aproximadamente 500 Mton consideradas estéril. Devido às restrições topográficas e ambientais na superfície do empreendimento, será adotado o conceito do *backfilling* sendo este concomitante a lavra, será considerado o enchimento da cava com rejeito e estéril de forma conjugada. O estéril gerado no desenvolvimento da lavra será utilizado na construção dos barramentos para confinamento do rejeito. Este enchimento está dimensionado de forma a comportar parte do material a ser gerado durante a lavra e operação da usina (estéril + rejeito). Este conceito sugere que a lavra deve ser realizada em painéis de modo a se atingir a configuração final da cava e com isso liberar área para que possa ser depositado o material (rejeito + estéril).

Para analisar, conceitualmente, como a operação do empreendimento irá intervir na água subterrânea, é necessário considerar as duas principais interferências:

- (i) escavação;
- (ii) disposição de rejeito/ estéril



PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 42/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

4.3.1 Escavação

Com base nas informações disponíveis até o momento: dados de nível d'água de 16 piezômetros, cota do terreno da área do Bloco 8 e o plano de lavra fornecido pela SAM, é possível constatar que a interferência da escavação nas águas subterrâneas esta, aproximadamente, numa profundidade de 40 metros da superfície original da área. Esta interferência ocorrerá no início da lavra, quando os painéis estiverem sendo desenvolvidos na parte oeste da cava.

Com o avanço da operação de oeste para leste a coluna d'água (com base no nível do N.A) aumenta significativamente com valor mínimo no início da lavra a oeste em 20 m e máximo de 300m a nordeste da área, local de maior profundidade da área da cava em face da operação. É importante salientar que estas informações são conceituais e foram concebidas com base nas informações existentes até o momento, parâmetros importantes como transmissividade, condutividade hidráulica e ensaios geotécnicos das hidrofácies presentes na área não foram considerados. Estes parâmetros são fundamentais para a obtenção da relação entre escoamento e infiltração da água subterrânea que será interceptada ao longo do empreendimento e para o cálculo de volume com maior precisão da água que ficará acumulada na cava da mineração.

4.3.2 Disposição de Rejeito / Estéril

A configuração final para a disposição de rejeitos e estéril do Projeto, inclui a Barragens 01 e Barragem 02, além do Backfill. A seguir é apresentada uma breve descrição das possíveis interferências destas nas águas subterrâneas.

- **Backfill**

Na frente de disposição de estéril/rejeito, a área ocupada será a mesma antes ocupada pelo corpo mineralizado. Esse material, disposto de forma combinada, deverá formar um maciço bastante heterogêneo, composto de solos, saprolitos e blocos de rocha de tamanhos variados - correspondendo ao estéril da mina - assim como de sólidos em fração fina (provavelmente com distribuição granulométrica semelhante à de uma areia fina).

Com isso, esse maciço poderá apresentar boas condições de armazenamento de água nas suas porções inferiores, na medida em que a fração fina for se deslocando verticalmente e se adensando. Além disso, o material superior, com uma textura mais grosseira, deverá se apresentar favorável à infiltração de água. Assim, a pilha de estéril/rejeito que se formará na retaguarda da frente de lavra deverá se constituir em material com boa capacidade de armazenamento e condução de água subsuperficial, cuja quantidade de água (em termos de volume/área de infiltração) deverá ser maior em relação às condições atuais.

Dessa forma, concebe-se que a base da pilha de estéril/rejeito, assentada sobre o maciço compacto, deverá ser uma área de recarga do aquífero, incluindo infiltrações provenientes da disposição de rejeitos saturados.



PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 43/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

- **Barragem 01 e 02**

Em função, das dimensões espaciais das barragens previstas, das suas constituições mais porosas em relação às condições naturais, do grau de saturação do meio e da maior capacidade de armazenamento e de condução de água, todo este pacote de rejeito / estéril pode ser considerado como um aquífero artificial.

Após o descomissionamento da mina, restará nessas barragens uma grande parte do seu volume assoreado e um pequeno lago de amortecimento para o escoamento superficial. Nesse contexto, em função do volume de material sedimentado e das propriedades hidrodinâmicas, poder-se-ão formar relativos aquíferos artificiais, que modificarão o comportamento hidrogeológico local.

A implantação das respectivas barragens de rejeito/estéril de certa forma levará a uma mudança no regime hidrogeológico local, onde haverá uma maior taxa de infiltração de águas nestas áreas. Esta maior taxa de infiltração, bem como as características físicas (granulometria e permeabilidade) do material que será disposto poderão formar um sistema aquífero poroso com alta disponibilidade hídrica e que possa servir como recarga dos rios presentes na região da lavra, como o córrego Lamarão e Mundo Novo, aumentando as respectivas vazões destes últimos.

E importante salientar que estas considerações feitas sobre a interferência do empreendimento nas águas subterrâneas são somente conceituais e não consideram alguns parâmetros hidrogeológicos importantes como condutividade e transmissividade das diferentes camadas de litotipos que serão interceptadas pela lavra e também do rejeito / estéril que serão depositados.

4.4 RECARGA E DESCARGA

A recarga do sistema aquífero na área do projeto se faz por infiltração direta da precipitação atmosférica nos solos, em áreas que coincidem com os topos dos platôs, onde a topografia é mais elevada.

A natureza argilosa dos materiais produz uma lenta infiltração, favorecendo o escoamento superficial. Desta forma, a elevada taxa de escoamento superficial combinada com o baixo índice pluviométrico da região e a alta evaporação, característica do clima Tropical Quente Semiúmido do norte de Minas Gerais, faz com que a taxa de recarga seja muito baixa.

Observando-se o grande número de nascentes encontradas na região e a pequena distância entres esses pontos e as áreas de recarga, pressupõe-se que o tempo de permanência das águas subterrâneas nesse aquífero superficial seja curto.

A descarga deste sistema é feita em nascentes que se localizam em praticamente todos os talwegues modelados no terreno. Na área de estudo todas estas nascentes drenam para o Córrego Lamarão. É importante destacar que, a montante da área da cava, na porção sul, todas as nascentes drenam para este córrego (Golder, 2011).



PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 44/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

Em virtude do que foi apresentado anteriormente podem ser levantados alguns pontos importantes: primeiro, a constatação da baixa disponibilidade hídrica subterrânea na área do projeto, em função tanto da baixa pluviosidade no local como da baixa taxa de infiltração de água durante os eventos de precipitação. Caso a infiltração de água para subsuperfície fosse maior, haveria capacidade de seu armazenamento no aquífero granular. Por último, o fato do armazenamento de água subterrânea nas áreas ser baixo e se concentrar, principalmente, no sistema aquífero fraturado.

4.5 DOMÍNIO DO MODELO

A Figura 20 apresenta os limites do domínio hidrogeológico do projeto Bloco 8.

PROJETO CONCEITUAL
MINA
ENGENHARIA
DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO
MODELO HIDROGEOLÓGICO
CONCEITUAL

MINA_BLC8007-1010-G-RE-04

Folha
45/48

WBH28-17-SAM-RTE-0004

Revisão
01

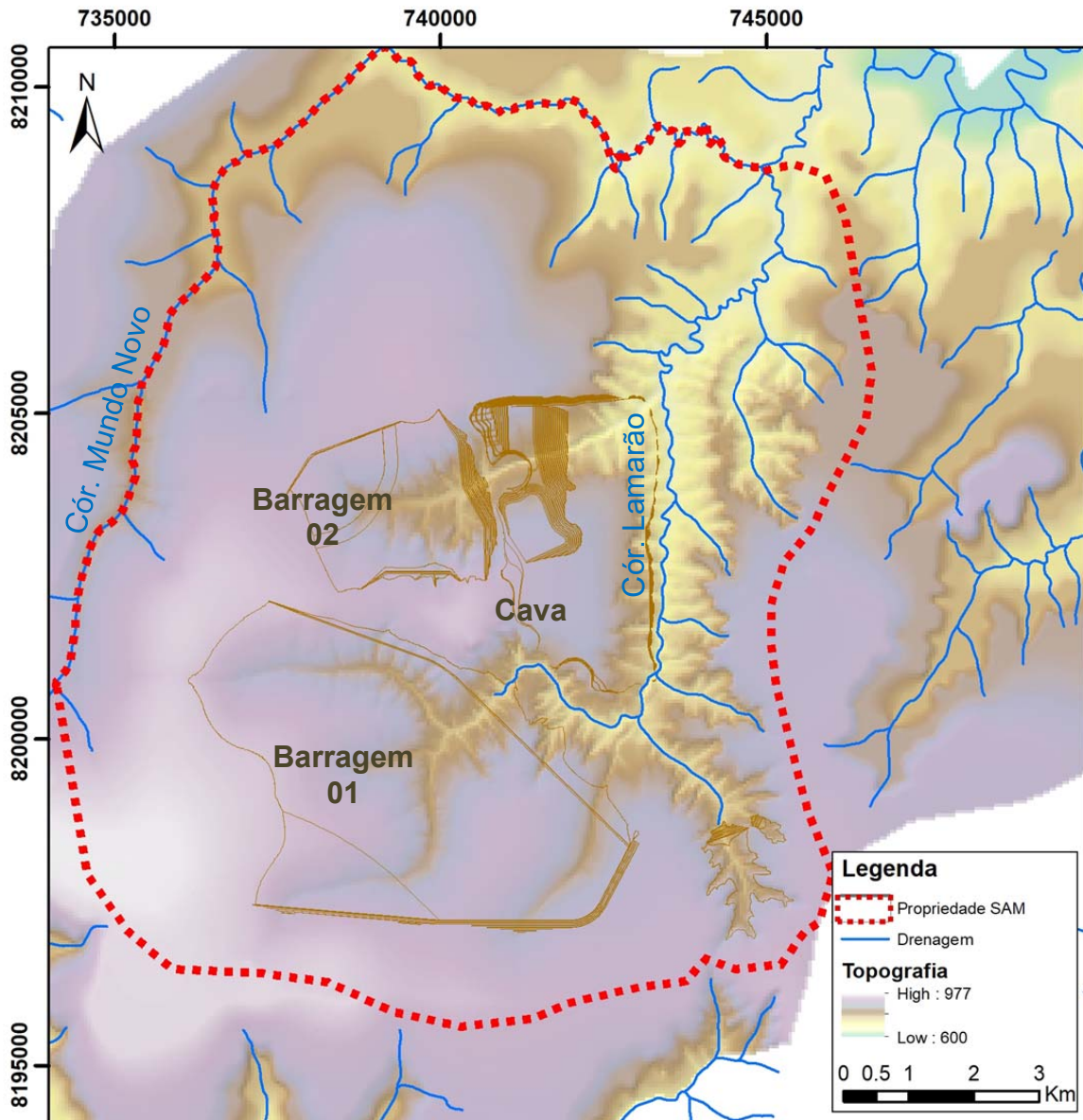


Figura 20 – Domínio hidrogeológico

Considerando a natureza de aquíclode (formação sem capacidade de armazenamento e condução de águas subterrâneas) das rochas no entorno da lavra, representado pelos metadiamicritos compactos, não fraturados, os limites do modelo hidrogeológico, restringiram-se:

- Córrego Mundo Novo, nas porções oeste e Norte; e
- Divisor de águas da margem direita do córrego Lamarão., nas porções sul e leste.



PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 46/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme citado no item 1, a WALM entregará oportunamente em relatório específico a atualização do modelo hidrogeológico numérico, cujo objetivos serão os seguintes:

- Elaborar e calibrar um novo modelo numérico utilizando os dados de monitoramento de níveis de águas subterrâneas e modelo de bloco geológico da mina;
- Realizar a simulação, em regime estacionário, da condição de máximo rebaixamento da mina do Bloco 8, considerando a presença do backfill bem como do enchimento da barragem de rejeito e reservatório de águas, e análise das alterações nos fluxos em nascentes e cursos de água no entorno; e
- Realizar a simulação, em regime estacionário da condição de enchimento da mina para a análise das alterações nos fluxos em nascentes e cursos de água no entorno.

Estas atividades permitirão dimensionar o sistema de esgotamento da cava, tempo de recuperação do nível de água freático e enchimento da cava e avaliar a possibilidade de secamento de nascentes,

6. REFERENCIAS

BRANDT Meio Ambiente. Estudo de Impactos Ambientais (EIA). Módulo 6 – Diagnóstico do Meio Físico – Complexo Minerário e Adutora – Volume I. Elaborado para Sul Americana de Metais S/A – SAM em Junho de 2012.

GOLDER Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. Projeto Vale do Rio Pardo – Estudos Hidrológicos e Hidrogeológicos. Elaborado para Sul Americana de Metais S/A – SAM em Dezembro de 2011.

JOURNEL, A.G. The Place of Non-parametric geostatistics. In: G. Verlyetal. (Ed.). Geostatistics for Natural Resources Characterization, Part I. D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, 307-335, 1984.

MOURÃO, M. A. A. & PEDROSA-SOARES, A. C. Evidências de sedimentação turbidítica no Grupo Macaúbas, Faixa Araçuaí. Revista Escola de Minas de Ouro Preto, 45, 94-96, 1992. PEDROSA-SOARES, A.C., NOCE, C.M., VIDAL, PH., MONTEIRO, R.L.B.P., LEONARDOS, O.H. Towards a new tectonic model for the Late Proterozoic Araçuaí (SE Brazil)-West Congolian (SW African) Belt. Journal of South American Earth Sciences, 6(1/2): 33-47, 1992.

PEDROSA-SOARES, A.C. Potencial aurífero do Vale do Araçuaí, Minas Gerais: história da exploração, geologia e controle tectono-metamórfico. Brasília, IG-UnB, Tese de Doutorado, 1995.

PEDROSA-SOARES, A.C. Geologia da Folha Jenipapo. In: J.H. Grossi-Sad, L.M. Lobato, A.C. Pedrosa-Soares & B.S. Soares-Filho (eds), Projeto Espinhaço em CD-ROM. Belo Horizonte, CODEMIG, p. 1053-1198, 1997.



PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 47/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

PEDROSA-SOARES, A.C. & GROSSI-SAD, J.H. Geologia da Folha Minas Novas. In: J.H. Grossi- Sad, L.M. Lobato, A.C. Pedrosa- Soares & B.S. Soares-Filho (eds), Projeto Espinhaço em CDROM. Belo Horizonte, CODEMIG, p. 952-1052, 1997

PEDROSA-SOARES, A.C. & NOCE, C.M. Where is the suture zone of the NeoproterozoicAraçuaí-West-Congo orogen? In: Conference on Basement Tectonics, 14, Ouro Preto. UFOP, Extended Abstracts, p. 35-37, 1998.

PEDROSA-SOARES, A.C., VIDAL, P., LEONARDOS, O.H. & BRITO-NEVES, B.B. Neoproterozoic oceanic remnants in eastern Brazil: Further evidence and refutation of an exclusively ensialic evolution for the Araçuaí-West Congo orogen. *Geology*, 26: 519-522, 1998.

PEDROSA-SOARES, A.C. & WIEDEMANN-LEONARDOS, C.M. Evolution of the Araçuaí Belt and its connection to the Ribeira Belt, Eastern Brazil. In: U. Cordani, E. Milani, A. Thomaz-Filho & D. A. Campos (eds), *Tectonic Evolution of South America*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 265-285, 2000.

PEDROSA-SOARES, A.C., NOCE, C.M., WIEDEMANN, C.M. & PINTO, C.P. The Araçuaí–WestCongoorogen in Brazil: An overview of a confined orogen formed during Gondwanland assembly. *Precambrian Research*, 110: 307-323, 2001.

PEDROSA-SOARES, A.C., NOCE, C.M., ALKMIM, F.F., SILVA, L.C., BABINSKI, M., CORDANI, U., CASTAÑEDA, Corógeno Araçuaí: Síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977. *Geonomos*, 15(1): 1-16, 2007.

PEDROSA-SOARES, A.C., ALKMIM, F.F., TACK, L., NOCE, C.M., BABINSKI, M., SILVA, L.C. & MARTINS-NETO, M.A. Similarities and differences between the Brazilian and African counterparts of the NeoproterozoicAraçuaí-West Congo orogen. In: Pankhurst, R. J., Trouw, R. A. J., Brito Neves, B. B. & De Wit, M. J. (eds) *West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region*. Geological Society, London, Special Publications, 294, 153-172, 2000

REMY, N., BOUCHER, A. WU, J. *Applied Geostatistics with SGeMS*. Cambridge University Press, 264p, 2004.

UHLEIN, A. Transição craton-faixa dobrada: um exemplo do Cráton do São Francisco e da Faixa Araçuaí (Ciclo Brasileiro) no Estado de Minas Gerais: Aspectos estratigráficos e estruturais. São Paulo, IG-USP, Tese de Doutorado, 1991.

UHLEIN, A., TROMPETTE, R.R. & EGYDIO-SILVA, M. Proterozoic rifting and closure, SE border of the São Francisco Craton, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 11(2): 191-203, 1998.

**PROJETO BLOCO 8**

PROJETO CONCEITUAL MINA ENGENHARIA DISPOSIÇÃO DE ESTÉRIL E REJEITO MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEITUAL	MINA_BLC8007-1010-G-RE-04	Folha 48/48
	WBH28-17-SAM-RTE-0004	Revisão 01

UHLEIN, A., TROMPETTE R. & ALVARENGA, C. Neoproterozoic glacial and gravitational sedimentation on a continental rifted margin: The Jequitaí-Macaúbas sequence (Minas Gerais, Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, 12, 435-451, 1999.

UHLEIN, A., TROMPETTE, R.R. & EGYDIO-SILVA, M., VAUCHEZ, A. A Glaciação Sturtiana (~750 Ma), a Estrutura do rifte Macaúbas-Santo Onofre e a Estratigrafia do Grupo Macaúbas, Faixa Araçuaí. *Geonomos*, 15(1): 45-60, 2007.

WALM ENGENHARIA LTDA. Projeto Vale do Rio Pardo – Modelo Hidrogeológico Conceitual. Elaborado para Sul Americana de Metais S/A – SAM em Fevereiro de 2014.