

ESTUDO HIDROGEOLÓGICO DE UMA ÁREA EM INDÚSTRIA DE REAPROVEITAMENTO DE CHUMBO NO MUNICÍPIO DE MARILÂNDIA DO SUL – PR.

André Celligoi¹; Vladimir Kenzo Nagatani Dias²

RESUMO

A crescente preocupação da sociedade com relação aos danos causados ao meio ambiente, resultou no incremento dos meios de execução da Política Nacional de Meio Ambiente. O desenvolvimento das indústrias e seu enorme campo de influxo nas áreas sociais e ambientais, acaba por exigir a criação de projetos minuciosos como este, a fim de tentar preservar a integridade do meio natural. Foi realizado um estudo hidrogeológico para uma indústria de reaproveitamento de chumbo, com o objetivo de descrever e avaliar a situação hidrogeológica na área da indústria, localizada no município de Marilândia do Sul – PR. Foram feitas identificações e avaliações de três zonas de prováveis riscos de contaminação. Sondagens SPT e manuais foram cumpridas, bem como a perfuração de poços de monitoramento. Com trabalho de campo e posterior tratamento dos dados recolhidos, foi constatado que o aterro de escórias de chumbo não deverá causar maiores prejuízos ambientais nesta porção do terreno.

PALAVRAS-CHAVE

Hidrogeologia; Formação Serra Geral; Marilândia do Sul.

INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta os resultados obtidos no estudo hidrogeológico realizado para uma indústria de reaproveitamento de chumbo, com o objetivo de descrever e avaliar a situação hidrogeológica na área da indústria, localizada no município de Marilândia do Sul – PR (FIGURA 1).

A justificativa do estudo está na necessidade, por parte da indústria, de se fazer avaliação das condições de ocorrência da água subterrânea no local, uma vez que serão fabricados lingotes de chumbo como produto e a matéria prima (escória de chumbo) será armazenada em um aterro a ser construído na área em local previamente especificado.

1) Professor Adjunto do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina, Caixa postal 6001, CEP: 86051-990 – Londrina – PR. E-mail: celligoi@uel.br

2) Bolsista do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina. E-mail: vladnagatani@bol.com.br

CARACTERÍSTICAS DA ÁREA

A área de estudo encontra-se inserida em um meio rural, sendo caracterizada principalmente pela presença de sítios e fazendas ligadas à produção agropecuária e rural de Marilândia do Sul. Grande parte da área em questão apresenta-se desprovida de sua vegetação original sendo que a maior parte é cultivada. Todavia, nas imediações da área, mas especificamente nos fundos de vales, podem ser observados fragmentos de mata nativa.

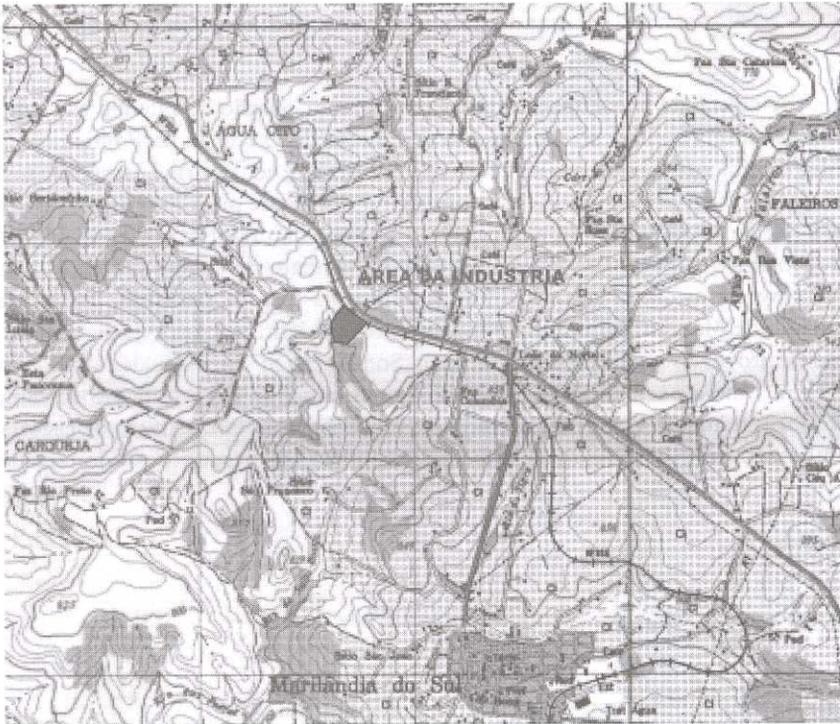


Figura 1 – Mapa de localização da área.



Foto 1 – Vista parcial da área da indústria com a área destinada ao aterro em primeiro plano.

ELEMENTOS FISIOGRÁFICOS

CLIMA

No Estado do Paraná algumas diferenciações climáticas podem ser observadas. Composto por três subtipos climáticos, todos caracterizados como úmidos, com diferenciações entre si quanto às suas temperaturas, entre altas e amenas, aos seus regimes de chuvas, entre abundantes e medianos, e quanto à intensidade e frequência das geadas, entre fortes e frequentes, menos frequentes ou ausentes (TAPAR, 2001). A região norte paranaense onde se situa a área estudada, segundo a classificação de Köppen, pertence ao tipo climático Cfa (Clima subtropical úmido), com chuvas em todas as estações, porém no inverno a pluviosidade é muito baixa.

GEOLOGIA

A região de Marilândia do Sul, encontra-se geologicamente sobre as rochas basálticas da Formação Serra Geral (FIGURA 2). Esta Formação ocorre em toda a área estudada, exceto no fundo dos grandes vales, aonde se encontram sedimentos aluvionares muito restritos, oriundos da deposição recente de sedimentos trazidos pelos rios da região. A Formação Serra Geral é composta por basaltos pretos a cinza escuros, de estrutura maciça ou vesicular, fraturados e com o manto de intemperismo muito pouco presente em algumas localidades, até cerca de 30 metros nas regiões mais elevadas topograficamente. Na área de estudo foram observados alguns afloramentos rochosos. De acordo com os dados obtidos durante a elaboração dos poços de monitoramento e nas sondagens, a rocha em geral está a uma profundidade superior aos 11 metros.

A análise de fotografias aéreas nas escalas 1:25.000, revelou a presença de diversos lineamentos estruturais distribuídos pela grande área com direções NW, também NNE, subordinadamente.

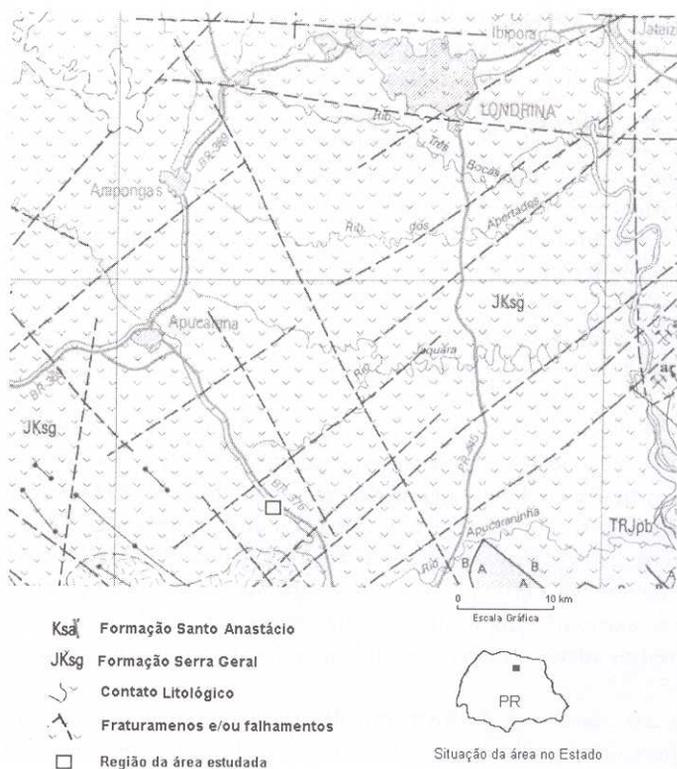


Figura 2 - Mapa Geológico-estrutural regional

SOLO

A região norte do Paraná apresenta no geral, solos espessos e férteis tais como o Nitossolo e o Latossolo Vermelho, originários a partir da decomposição intempérica de rochas basálticas. Estes solos profundos (espessura oscilando entre 1,50 m e 10 m) são pouco suscetíveis à erosão, sendo que, de acordo com o Atlas de Recursos Hídricos do Estado do Paraná, 1998, a degradação dos solos da região em estudo é baixa.

HIDROGEOLOGIA

Na grande área estudada existem duas formas de ocorrência de água subterrânea: O aquífero freático e o sistema aquífero Serra Geral. Este aquífero tem características essenciais de aquífero livre, ou não-confinado. A recarga, então, se dá diretamente a partir de águas pluviais nas áreas mais elevadas topograficamente, motivo pelo qual, aliás, não é aconselhado o seu uso através de fontes ou poços, dado o elevado risco de poluição por agrotóxicos, ou outros agentes antrópicos.

O aquífero freático, representado aqui pela camada de solo e rocha alterada, pelas suas características geológicas de sedimentos argilosos, constitui-se em um meio poroso, pouco espesso, que se distribui na parte superficial do relevo e nas partes mais baixas dos cursos d'água.

Ao contrário dos sistemas aquíferos sedimentares, os quais possuem uma certa homogeneidade física, o sistema Serra Geral, pelas suas características litológicas de rochas cristalinas, se constitui em um meio aquífero de condições hidrogeológicas heterogêneas e anisotrópicas.

Dessa forma, o modo de ocorrência da água subterrânea fica restrito às zonas de descontinuidades das rochas, as quais se constituem principalmente nas estruturas tectônicas do tipo fratura e/ou falhamento. Embora consideradas muitas vezes indiscriminadamente como rochas cristalinas, as suítes vulcânicas da Formação Serra Geral possuem diversas características litológico-estruturais que as distinguem hidrogeologicamente dos demais meios fraturados, tanto ígneas plutônicas, quanto metamórficas em geral (CELLIGOI & DUARTE, 1996).

Todo esse sistema de fluxo, todavia, pode ser consideravelmente modificado por intermédio de estruturas tectônicas rúpteis regionais, como fraturamentos e falhamentos, bem como intrusões magmáticas - diques e *sills*, os quais podem alterar as condições hidrogeológicas originais.

Como citado anteriormente, as rochas vulcânicas, assim como outros tipos cristalinos constituem um meio heterogêneo onde a circulação de água é condicionada às descontinuidades físicas das rochas. Para este trabalho toda a ênfase será dada ao aquífero freático, uma vez que o sistema aquífero é livre, sendo sua recarga direta a partir de águas pluviais.

INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO

A infiltração e percolação das águas pluviais através de uma camada de solo ou rocha alterada poluída provocam a migração de uma série de compostos químicos orgânicos e inorgânicos através da zona não saturada, podendo alguns desses compostos atingirem a zona saturada e, portanto poluir ou contaminar o aquífero. Devido a isso, o monitoramento das águas subterrâneas nas proximidades do aterro de escórias da indústria se faz extremamente necessário, visando a detecção de fontes potenciais de poluição, com maior importância nos estudos ambientais. O fluxo das águas subterrâneas, uma vez existente uma fonte de contaminação liberando os seus produtos, os transporta através de correntes advectivas ao longo de seu deslocamento, gerando-se assim uma "pluma" poluente.

Dependendo das condições de formação das camadas, estas podem ter maior ou menor permeabilidade ou porosidade, afetando assim a forma e velocidade, por conseguinte, distancia de deslocamento de uma nuvem poluente.

Estas perfurações foram implantadas com quatro objetivos principais:

- a) Medição dos níveis da zona saturada, com a finalidade de se tentar estabelecer a rede de fluxo de água subterrânea a partir de cálculos feitos com base nos gradientes hidráulicos determinados.
- b) Determinação das condutividades hidráulicas do aquífero para a caracterização das transmissividades do aquífero freático. A metodologia foi a proposta por Hvorslev (1951).
- c) Determinação da espessura e uniformidade da camada de solo e rocha alterada.
- d) Coleta futura de amostras de água para análises físico-químicas, visando um controle e estabelecimento de medidas de proteção.

Poços de monitoramento

Os poços de monitoramento ou de observação, como são chamados, foram perfurados com o objetivo da determinação da espessura de solo e rocha alterada, com a medição dos níveis saturados, bem como a coleta futura de água para análises químicas a fim de se obter um padrão hidroquímico e se avaliar a situação atual da zona saturada, no que diz respeito à sensibilidade hidrogeológica do aquífero freático.

As perfurações foram iniciadas no dia 17 de julho de 2002, empregando-se o método de perfuração Rotopneumático, com a Sonda Perfuratriz Rotopneumática AL1. As especificações do revestimento foram:

- Tubo de boca: Aço Carbono Ø 6"
- Tubos lisos: Em PVC Geomecânico Ø 4"
- Tubos filtros: Em PVC Geomecânico Ø 4"

Em sua completação foi feito o preenchimento do espaço anelar com pré-filtro Pedrisco – de 01 metro ao fundo, cimentação do espaço anelar de 0 a 1 metro, laje de proteção sanitária de concreto e desenvolvimento com compressor por 01 hora (FOTO 2).



Foto 2 – Detalhe do poço de monitoramento P1 com tubo externo e tampa de ferro.

Sondagens SPT

As sondagens do tipo SPT-T (Standard Penetration Test with Torsion), foram executadas pela empresa TECNICON – Sondagem de Solos S/C Ltda e foi executada segundo as seguintes normas da ABNT:

- NBR-8036/83:** “Programação de Sondagens de Simples Reconhecimento de Solos para Fundações de Edifícios”;
- NBR-6484/97:** “Solos - Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT - Método de Ensaio”;
- NBR-6502/95:** “Rochas e Solos - Terminologia”;
- NBR-13441/95:** “Rochas e Solos - Simbologia”.

Foram executados dois furos para SPT-T, outros três para sondagem manual, além de três ensaios de absorção. As sondagens tiveram início no dia 15 e término no dia 22/07/2002. O total perfurado está no quadro a seguir:

Tabela 01- Tipos de Sondagens SPT

Tipo	Furo	Profundidade (m)
SPT-T	SP-1	9,45
	SP-2	10,45
Manual	S-1	4,50
	S-2	3,50
	S-3	1,60
Absorção	E-1	1,20
	E-2	2,50
	E-3	3,50
Total		35,10

Com base nestes furos de sondagem, trata-se de um perfil constituído simplificada de uma camada de argila siltosa marrom avermelhada (3 a 5m de espessura), seguida de uma camada inferior de silte argiloso residual de cores variadas. Não foi encontrado lençol freático na área destinada ao aterro, apenas no furo próximo à mina.

SONDAGENS MANUAIS

Os trabalhos consistiram na perfuração de 2 furos de sondagem e 3 furos para realização de ensaios de percolação, distribuídos na área onde será executado um aterro previsto para 5.765,64m² de área.

RESULTADOS DAS SONDAGENS

Tabela 02 - Resultado das Sondagens

Furo S	Nível (m) *	Profundidade (m)	Lençol freático (m)	DESCRIÇÃO DO SOLO
01	-2,50	0,00 - 4,00		Argila siltosa marrom avermelhada
		4,00 - 4,45	-	Silte argiloso marrom amarelado
02	-4,80	0,00 - 3,00		Argila siltosa marrom avermelhada
		3,00 - 3,50	-	Silte argiloso marrom amarelado
04	**	0,00 - 1,60	1,50	Silte argiloso marrom amarelado

* níveis em relação ao RN adotado (coqueiro próximo ao reservatório)

** furo localizado a 5m de distância da mina.

ENSAIOS DE PERCOLAÇÃO: - RESULTADOS

Tabela 03 - Resultados dos Ensaios de Percolação

Ensaio E	Nível (m) *	Profundidade (m)	Tempo	Capacidade de absorção (l/m ² dia)
01	-3,75	1,20	0'45"	120
02	-4,55	2,50	1'21"	103
03	-2,55	3,50	2'10"	91
S-3	**	1,60	3'07"	79

* níveis em relação ao RN adotado (coqueiro próximo ao reservatório)

** furo localizado a 5m de distância da mina.

MODELO HIDROGEOLÓGICO

Os poços de monitoramento foram perfurados a jusante fora da área do aterro e na mesma vertente. O procedimento justifica-se tecnicamente, uma vez que o local do futuro aterro está em uma porção bastante elevada do terreno, com solo bastante espesso e declividade suave. Nessas condições, o nível saturado não seria encontrado (vide descrição dos furos de sondagens SP-1 e SP-2) e o poço de monitoramento seria seco, perdendo sua finalidade, que é de permitir a coleta sistemática da água subterrânea para análises. Assim, optou-se pela perfuração no terreno logo abaixo da cerca, pela pouca ou nenhuma área construída, ficando estes poços já perfurados servindo como úteis ferramentas para monitoramento futuro.

Os furos de sondagens foram perfurados da seguinte forma: Os furos SP-1 e SP-2, bem como os furos manuais S-1, S-2 e S-3 com os testes de absorção foram locados dentro da área de construção do aterro de escória, conforme mostra a FIGURA a seguir.

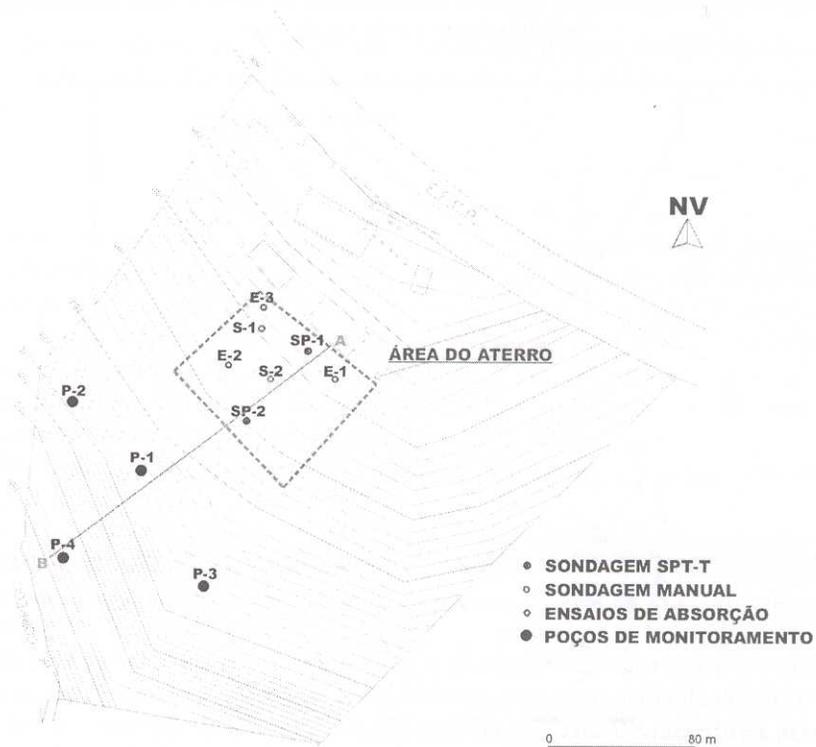


Figura 3 – Localização dos furos de sondagem e dos poços de observação.

Como mostra a figura, os furos foram dispostos em perfil perpendicular às curvas de níveis do terreno a fim de se obter o comportamento no nível d'água, ou freático, uma vez que as direções de fluxo subterrâneo são perpendiculares às linhas equipotenciais.

O gradiente hidráulico médio para as partes inferiores da vertente mais próximas do vale do córrego, determinado através dos níveis d'água nos poços de observação P-1 e P-4, foi de 0,22, ou 22%, enquanto que a declividade média do terreno para a mesma região foi de 0,27, ou 27%. Tal fato indica que a superfície saturada se afasta da superfície do terreno a partir do poço de observação em direção às partes superiores da vertente. Tal fato é verificado, uma vez que as sondagens na área do aterro não apresentaram nível d'água até a rocha sã, com cerca de 10 metros de profundidade.

Dentro da área do aterro, entretanto, a declividade do terreno é mais baixa, com cerca de 0,12, ou 12%, indicando que as velocidades de fluxo, além de profundas, devem ser bem mais lentas.

As figuras a seguir mostram toda a área de interesse com a área destinada ao aterro de escória e as lagoas, com a delimitação da área de recarga local, bem como as linhas de fluxo subterrâneo.

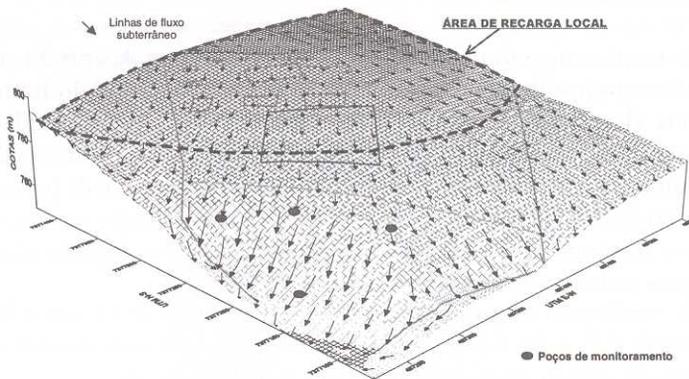


Figura 4 – Bloco-diagrama com a área em detalhe ilustrando a área da indústria, os poços de monitoramento e as linhas de fluxo.

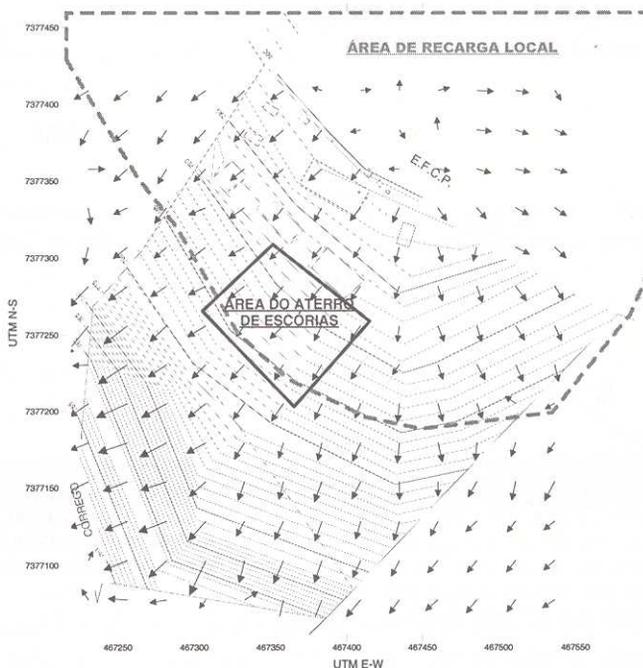


Figura 5 – Vista em planta com a localização do aterro de escórias com a área de recarga local e as linhas de fluxo subterrâneo.