

CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA RELACIONADA COM OS CEMITÉRIOS DA PAZ E DA SAUDADE NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE, MINAS GERAIS

Walter Duarte Costa¹; Leila Nunes Menegasse² & Rodrigo Diniz Franco³

Resumo. O estudo visou a um diagnóstico da contaminação físico-química e bacteriológica do aquífero freático oriunda dos cemitérios da Paz e da Saudade no município de Belo Horizonte. Os cemitérios foram selecionados segundo o histórico de casos de preservação de corpos, tipos de sepultura, contexto geológico e vulnerabilidade natural à contaminação dos sítios envolvidos. Quatro campanhas de amostragens foram realizadas em poços de monitoramento em períodos seco e úmido, tendo-se analisado os parâmetros físico-químicos caracterizadores da potabilidade, bacteriológicos e metais. Em ambos os cemitérios vários parâmetros apresentaram-se acima dos limites de potabilidade preconizados na Portaria 1469/00, destacando-se entre os metais o Al, Ba, Cd, Cr, Pb, Fe, Mn e Zn e entre os bacteriológicos os coliformes fecais. O cemitério da Saudade apresentou um nível de contaminação mais acentuado do que o da Paz, compreendido pelas diferenças das condições de vulnerabilidade natural entre os dois aquíferos. A variação sazonal do nível freático influencia fortemente o grau de contaminação, sendo mais intenso nos meses úmidos. O estudo mostrou a necessidade de se efetuar um controle sobre a contaminação dessas águas através de poços de monitoramento que vise caracterizar a existência de uma eventual pluma de contaminação, suas características, extensão e velocidade de propagação.

Abstract. This study sought to evaluate physical-chemistry and bacteriological contamination of the freatic aquifers in the Paz and Saudade cemeteries at Belo Horizonte city. The cemeteries were selected on the basis body's preservation, burial types, geological sites and vulnerability to natural contamination of aquifers. In order to evaluate the potability of aquifer, physical and chemicals and bacteriological parameters were measuring. Four sampling campaigns were carried out in the wet and humids seasons. In both cemeteries several parameters were above of potability standard according with Portaria 1469/00. The more commum parameters above potability standards among the metaal were Al, Ba, Cd, Cr, Pb, Fe, Mn and Zn and among the bacteriological parameters were the fecal coliforms. The Saudade cemetery presented smaller contamination level than Paz,

¹ Geólogo, Instituto de Geociências da UFMG. Av. Antônio Carlos, 6627 – CEP: 31270-901, Belo Horizonte, MG. Tel: 31 3499 5424, Fax: 313499 5410 wdcosta@rbeep.com.br

² Geóloga, Instituto de Geociências da UFMG. Av. Antônio Carlos, 6627 – CEP: 31270-901, Belo Horizonte, MG. Tel: 31 3499 5424, Fax: 313499 5410 menegase@lcc.ufmg.br

³ Biólogo, Rua David Nasser, 387 – CEP: 31720-350, Belo Horizonte, MG. Tel: 31 3495 1116. louis_kirsten@zipmail.com.br

explained by different conditions of natural vulnerability of the aquifers. The contamination level vary too according with the seasonal oscillation of the freatic level. Was observed that the degree of contamination was more intense in the humid period. This study showed the necessity to make a control on the contamination of aquifer through of monitoring wells to characterize an eventual contamination plume, its characteristics, extension and propagation velocity.

Palavras-chave: cemitérios – contaminação - aquífero freático

INTRODUÇÃO

O perigo de cemitérios em meios urbanos à saúde pública decorre da possibilidade de utilização de águas subterrâneas contaminadas por microrganismos patogênicos oriundos do necrochorume, sendo célebres os casos de febre tifóide em Berlim no século passado e em Paris, na década de 70.

No início da década de 80 iniciaram-se no Brasil as pesquisas a respeito desse assunto, desenvolvidas no Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas da Universidade de São Paulo – CEPAS - USP, coordenadas pelo Professor Alberto Pacheco e mais recentemente também com o apoio do Instituto de Ciências Biomédicas da USP (ABAS INFORMA, 2001). A partir dos resultados obtidos nos diversos estudos executados por Pacheco, o assunto despertou o interesse dos pesquisadores em diversas cidades brasileiras na década de 90, que passaram a considerar esta fonte de contaminação até então admitidas como pouco relevante e até mesmo desconhecida.

Este trabalho, considerado pioneiro em Belo Horizonte, insere-se no âmbito de um projeto que está sendo realizado em parceria pelo Instituto de Geociências e a Escola de Veterinária da UFMG, bem como em um projeto de doutorado pelo Instituto de Geociências da USP (COSTA, 2002) o qual versa sobre os diversos tipos de contaminação da água subterrânea no município de Belo Horizonte, em fase de apresentação final. O primeiro projeto encontra-se em fase de implantação, não se dispondo ainda de um monitoramento sistemático da qualidade da água, previsto para o início de 2003, embora os poços já estejam instalados.

O estudo aborda dois cemitérios da prefeitura do município de Belo Horizonte, ambos de grande demanda diária de sepultamentos e localizados em áreas de grande aglomeração humana de baixo nível sócio-econômico e com possibilidade de utilização da água subterrânea por meio de nascentes, poços tubulares e até mesmo cisternas.

Têm-se registros de diversos casos de conservação de corpos nos cemitérios selecionados, entretanto as causas não foram ainda devidamente estudadas. No cemitério da Paz, os casos de saponificação ocorrem nas quadras em que o nível freático se eleva sazonalmente e naquelas em que a umidade é permanente o ano todo. Já no cemitério da Saudade há registros de conservação de

corpos, entretanto o nível freático é relativamente profundo, sugerindo o processo de mumificação, o que deverá ser motivo de uma melhor investigação.

Objetivos

O trabalho teve como objetivos um diagnóstico preliminar dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos indicadores de contaminação nas águas subterrâneas sob dois cemitérios criteriosamente selecionados no município de Belo Horizonte, o cemitério da Paz e o da Saudade. A partir deste diagnóstico procurou-se inferir as condições geológicas e hidrogeológicas que justificassem os diferentes estados de contaminação.

Localização

O cemitério da Paz localiza-se na porção central do município de Belo Horizonte e o cemitério da Saudade na região sudeste (Figura 1). Ambos os cemitérios estão sob administração da Prefeitura para atendimento à população de baixo poder aquisitivo.

Metodologia

Ambos os cemitérios foram selecionados segundo os seguintes critérios: i) registro de casos de conservação de cadáveres; ii) tipo de sepultamento diferenciado; iii) diferentes contextos litológicos, sendo um em terreno gnáissico - complexo arqueano Belo Horizonte - e o outro sobre xistos proterozóicos do Grupo Sabará - Supergrupo Minas (SILVA et al, 1995). O cemitério da Paz está inserido sobre os solos argilo-arenosos, produtos de decomposição das rochas gnáissicas e o cemitério da Saudade sobre os solos silto-argilosos dos xistos; iv) vulnerabilidade à contaminação. Segundo este critério, o cemitério da Paz se contextualizaria predominantemente numa área de risco Alto e o cemitério da Saudade em uma área de risco Médio, segundo indica o mapa de vulnerabilidade realizado por COSTA (2002) para o município de Belo Horizonte.

No cemitério da Paz, foram instalados 3 poços de monitoramento, sendo um a montante do cemitério e do fluxo da água subterrânea, funcionando como *background* e dois a jusante (Figura 2).

No cemitério da Saudade, foi instalado um poço de monitoramento, tendo-se utilizado também um poço do tipo cacimba já existente dentro do cemitério, usado pelos funcionários para banho. Após início deste trabalho tal uso foi interrompido. A morfologia do terreno onde se insere este cemitério não justifica a instalação de um poço *background*. Trata-se de uma estrutura elevada em forma de “meia laranja” com sepultamentos em toda a sua extensão (Figura 3). Desse modo, tanto as áreas de recarga - porções elevadas - quanto as mais baixas, são providas de fontes potenciais de contaminação.

Quatro campanhas de amostragens de água foram realizadas em poços de monitoramento de 2,5” dentro dos limites dos cemitérios, instalados para o controle do nível freático e da qualidade físico-química e bacteriológica da água entre os anos de 1999, 2000 e 2002, sendo duas no final do período seco (outubro) e duas no final do período chuvoso (março). Os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos analisados encontram-se no Quadro 1.

CARACTERÍSTICAS DOS SEPULTAMENTOS

Cemitério da Paz

O cemitério da Paz data de 1967. Os sepultamentos são realizados em covas revestidas de tijolos, cujos caixões são separados por finas lajes de cimento, com fundo não revestido. Sepultamentos de indigentes são realizados com caixões enterrados diretamente no solo. A demanda é de 15 sepultamentos por dia em média, ocorrendo cerca de 3 casos de saponificação por ano. A exumação ocorre num prazo de três a cinco anos, sendo os restos mortais transferidos para o ossuário revestido de cimento.

Cemitério da Saudade

O cemitério da Saudade data de 1942. Os sepultamentos são diferenciados, constituindo numa parte do cemitério de gavetários (catacumba), em que o fundo é revestido. Noutra parte os sepultamentos são realizados em covas de 1,4 a 1,8 m, revestidas de tijolos como no cemitério da Paz, havendo ainda casos em que os caixões são enterrados diretamente no solo.

A média de sepultamentos é de 10 por dia, com exumações após 3 a 5 anos. Casos de conservação ocorrem na média de 1 por ano.

HIDROGEOLOGIA

Embora os dois cemitérios analisados estejam situados em diferentes condições geológicas, não difere muito a caracterização hidrogeológica desses sítios.

Em ambos os casos, o aquífero é do tipo fissural livre, apesar da presença de uma cobertura de solo autóctone que funciona como um aquífero granular.

Considerando que a espessura saturada do material de cobertura varia entre 10 e 20 m nesses cemitérios, não tem muita expressão como armazenador o aquífero granular, funcionando mais como captador das águas pluviais infiltradas para abastecer as fraturas e demais descontinuidades abertas do maciço rochoso.

Ainda assim, há uma ligeira diferença nas condições de infiltração no solo residual, em função da variação de condutividade hidráulica desses solos. No Cemitério da Paz o solo resultante da alteração dos gnaisses é predominantemente areno-argiloso, com condutividade hidráulica

média, registrada em todo o município de Belo Horizonte, de $1,1 \times 10^{-4}$ cm/s. No Cemitério da Saudade o regolito é mais argiloso por resultar da decomposição de xistos e filitos, apresentando para todo o município uma condutividade hidráulica média de $6,3 \times 10^{-5}$ cm/s.

Quanto à potencialidade do aquífero fissural, pode-se também registrar alguma diferença nos dois casos analisados.

Os gnaisses do Complexo Belo Horizonte apresentam maior competência aos esforços tectônicos, deformando-se no regime rúptil. Em consequência, as fraturas são mais abertas e penetrativas, embora muito espaçadas entre si, o que reduz significativamente sua potencialidade como aquífero, como pode ser constatado pela capacidade específica média obtida em 193 poços abertos nessa litologia no município de Belo Horizonte, ou seja, 0,071 L/s.m.

Os xistos e filitos do Grupo Sabará são rochas incompetentes, deformando-se no regime dúctil-rúptil. Em consequência, apresentam fraturas mais fechadas e pouco penetrativas, embora menos espaçadas que os gnaisses. O resultado é uma baixa potencialidade como aquífero, caracterizada por uma capacidade específica média de 0,045 L/s.m em 26 poços perfurados em Belo Horizonte nessas litologias.

Assim, pode-se considerar, de uma forma geral, muito baixa a potencialidade dos aquíferos onde se situam os dois cemitérios pesquisados.

CONTAMINAÇÃO DOS AQUÍFEROS LOCAIS

A pesquisa realizada nos dois cemitérios supra mencionados revelou situações diferentes para a contaminação provocada pelos mesmos às águas subterrâneas locais.

O Quadro 1 mostra os resultados da última campanha realizada e que ratificam os dados obtidos em campanhas anteriores, embora aquelas realizadas logo após o período chuvoso tenham revelado uma situação de contaminação muito mais acentuada do que as campanhas realizadas no final do período seco. Os números em vermelho nesse quadro representam valores em excesso com relação aos limites críticos dos padrões de potabilidade.

QUADRO 1 - COMPARAÇÃO ENTRE AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DOS CEMITÉRIOS DA PAZ E DA SAUDADE – BELO HORIZONTE – MG

a) Elementos caracterizadores da potabilidade

PARÂMETRO	UNIDA-DE	LIMITE CRÍTICO	CEMITÉRIO DA PAZ 04.03.02			CEM.DA SAUDADE 04.03.02	
			CP-1	CP-2 BG	CP-3	CS-1	CS-2 BG
pH	-	6-9 ⁽²⁾	6,79	-	6,27	6,09	6,47
Cor aparente	mg/LPtCl ₄	15 ⁽¹⁾	1.400,00	-	1.400,00	-	-
Turbidez	NTU	5 ⁽¹⁾	1.450,00	-	1.600,00	2,50	1,50
Cond. elétrica	μS/cm	-	895,00	-	476,00	188,00	177,00
Sólidos Totais	mg/L	-	-	-	-	-	-
Sol. Dissolv.	mg/L	1.000 ⁽¹⁾	607,00	-	276,00	88,40	129,00
Alcal. em bicar.	mg/LCaCO ₃	-	440,00	-	165,00	67,00	42,00
Dureza Total	mg/LCaCO ₃	500 ⁽¹⁾	596,00	-	180,00	78,90	42,40
N nítrico	mg/l N	10 ⁽¹⁾	0,65	-	11,00	1,33	5,71
N nitroso	mg/L N	1 ⁽¹⁾	< 0,01	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cloretos	mg/L	250 ⁽¹⁾	14,00	-	8,10	< 2,00	5,70
Sulfatos	mg/L	250 ⁽¹⁾	45,50	-	< 1,00	4,12	1,06
Cálcio	mg/L	-	219,00	-	63,00	7,52	10,90
Magnésio	mg/L	-	11,90	-	5,61	14,60	3,70
Sódio	mg/L	200 ⁽¹⁾	6,11	5,29	27,70	3,48	3,85
Potássio	mg/L	-	15,40	-	10,20	2,29	0,70

b) Metais

PARÂMETRO	UNIDA- DE	LIMITE CRÍTICO	CEMITÉRIO DA PAZ 04.03.02			CEM.DA SAUDADE 04.03.02	
			CP-1	CP-2 BG	CP-3	CS-1	CS-2 BG
Ag - Prata	mg/L	0,010 ⁽²⁾	-	-	-	-	-
Al - Alumínio	“	0,200 ⁽¹⁾	221,00	24,60	25,90	3,31	< 0,05
B - Boro	“	0,750 ⁽²⁾	-	-	-	-	-
Ba - Bário	“	0,700 ⁽¹⁾	4,573	0,500	0,181	0,121	0,061
Be - Berilo	“	0,100 ⁽²⁾	-	-	-	-	-
Bi - Bismuto	“	-	-	-	-	-	-
Cd - Cádmio	“	0,005 ⁽¹⁾	0,037	0,010	0,08	< 0,001	< 0,001
Co - Cobalto	“	0,200 ⁽²⁾	-	-	-	-	-
Cr - Cromo	“	0,050 ⁽¹⁾	0,100	0,02	0,02	< 0,01	< 0,01
Cu - Cobre	“	2,000 ⁽¹⁾	0,880				
Fe - Ferro	“	0,300 ⁽¹⁾	84,14				
La - Lantânio	“	-	-				
Li - Lítio	mg/L	2,500 ⁽²⁾	-	-	-	-	-
Mn- Manganês	“	0,100 ⁽¹⁾	10,900	0,480	0,260	0,100	< 0,020
Mo- Molibdênio	“	-	-	-	-	-	-
Ni - Níquel	“	0,025 ⁽²⁾	-	-	-	-	-
P - Fósforo	“	-	-	-	-	-	-
Pb - Chumbo	“	0,010 ⁽¹⁾	0,770	0,160	0,240	0,050	< 0,020
Sc - Escândio	“	-	-	-	-	-	-
Si - Silício	“	-	-	-	-	-	-
Sn- Estanho	“	2,000 ⁽²⁾	-	-	-	-	-
Sr - Estrôncio	“	-	-	-	-	-	-
Ti - Titânio	“	-	-	-	-	-	-
V - Vanádio	“	0,100 ⁽²⁾	-	-	-	-	-
Y - Ítrio	“	-	-	-	-	-	-
W- Tungstênio	“	-	-	-	-	-	-
Zn - Zinco	“	0,180 ⁽²⁾	1,17	0,160	0,230	0,130	0,100
Zr - Zircônio	“	-	-	-	-	-	-

c) Contaminação Bacteriológica

DETERMINAÇÃO	UNIDA-DE	LIMITE CRÍTICO (1)	CEMITÉRIO DA PAZ 04.03.02			CEMITÉRIO DA SAUDADE- 04.03.02	
			CP-1	CP-2 BG	CP-3	CS-1	CS-2 BG
Coliformes Tot.	nmp/100ml	0	1,00	2,00	3.300,00	10,00	10,00
Coliformes Fec.	“	0	2,00	0	15,00	0	0
Streptococcus F	“	0	30,00	0	16,00	2,00	0

Limites críticos: (1) - Portaria nº 1469 do Ministério da Saúde (02.01.01)

(2) - Deliberação Normativa nº 010/86 do COPAM (Água Especial)

Com relação ao Cemitério da Paz, podem-se fazer as seguintes observações:

- A salinização natural das águas nesse aquífero é pouco acentuada, compatível com as condições climática locais.
- A contaminação conseqüente da implantação desse cemitério é muito pronunciada, tanto a nível físico-químico quanto bacteriológico. A contaminação físico-química inclui o carbonato de cálcio proveniente da cal com que são pintadas as covas e da própria argamassa que rejunta os tijolos, além de metais encontrados nas guarnições, tintas e vernizes dos ataúdes, que são dissolvidos nas águas infiltradas. Entre os metais destacam-se: Al, Cd, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn. Bacteriologicamente é intensa a contaminação por coliformes fecais e estreptococcus fecais, sendo ainda detectada a presença de *clostridium*.

O Cemitério da Saudade apresenta uma contaminação bem menor que o anterior, sendo apenas constatado nas águas subterrâneas locais ligeiro excesso de chumbo, ferro e alumínio, além de estreptococcus fecais.

Analisando as características fisiográficas e geológicas desses dois cemitérios, além das condições de vulnerabilidade dos aquíferos locais, pode-se entender a razão da diferença constatada na contaminação das águas subterrâneas nesses dois locais.

O Cemitério da Paz situa-se num relevo mais suave, com uma única pendente das águas, cuja declividade varia entre 5% e 14%, além de serem os solos mais arenosos, condições que facilitam a infiltração das águas pluviais. Corroborando tais fatores, as covas não possuem qualquer proteção em superfície, como mausoléus, que dificultem a infiltração das águas pluviais.

O cemitério da Saudade, ao contrário, situa-se no topo de uma elevação onde as pendentes do terreno ocorrem em quatro diferentes direções e com declividades variando entre 12% e 55%. Essa má condição de infiltração para as águas pluviais é ratificada pela presença de solos mais argilosos e da intensa obstaculação à infiltração dessas águas impostas pelas estruturas presentes sobre os túmulos.

Além da diferença relacionada às condições de infiltração, esses dois cemitérios também encontram condições diferentes de vulnerabilidade do aquífero às contaminações geradas, como pode ser visto no mapa da Figura 4, onde o Cemitério da Paz apresenta vulnerabilidade muito elevada na maior parte de sua área, principalmente em função da elevada profundidade do nível freático, enquanto no Cemitério da Saudade essa vulnerabilidade é significativamente menor.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pela pesquisa efetuada nos cemitérios mais antigos e que oferecem melhores condições de infiltração das águas pluviais em Belo Horizonte, pode-se constatar que é muito significativa a contaminação das águas subterrâneas no entorno dessas localidades.

Quando as condições de infiltração definidas pela declividade do terreno, permeabilidade do solo e falta de obstaculação à penetração das águas pluviais são intensas, a contaminação das águas subterrâneas é iminente, destacando-se a grande variedade de metais tóxicos e pesados dissolvidos nas águas infiltradas em consequência da lixiviação dessas substâncias presentes nas guarnições, tintas e vernizes dos ataúdes e a presença de bactérias e provavelmente também vírus, provenientes da decomposição dos cadáveres.

Essa contaminação é renovada a cada período chuvoso, sendo tão mais intensa quanto mais vulnerável for o aquífero à contaminação, principalmente quando o nível freático se encontra a pequena profundidade.

A densidade das substâncias dissolvidas propicia a sua movimentação no aquífero tanto no sentido vertical, quanto no sentido do escoamento das águas subterrâneas, favorecendo a sua captação através de poços tubulares perfurados nas proximidades desses cemitérios, a distâncias variáveis em função das características de sobrevivência dos organismos (vírus e bactérias) ou da dissolução dos metais.

Recomenda-se, assim, efetuar um controle sobre a contaminação dessas águas, através de poços de monitoramento que visem caracterizar a existência de uma eventual pluma de contaminação, suas características, extensão e velocidade de propagação.

Caracterizada essa contaminação, devem ser tomadas as providências cabíveis para cada caso, que incluem a remediação da contaminação, a interdição do cemitério ou o impedimento da captação dessas águas na zona caracterizada como crítica pela pesquisa efetuada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAS INFORMA – 2001 – Boletim Informativo da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, n.111, fevereiro, São Paulo.
- COSTA, W.D. – 2002 – Caracterização Hidrogeológica e Vulnerabilidade à Contaminação das Águas Subterrâneas no município de Belo Horizonte – MG. Tese de doutorado em fase de apresentação final no Instituto de Geociências da USP-SP. Inédito.
- SILVA, A.B da; CARVALHO, E.T. de; FANTINEL, L.M.; ROMANO,A.W.; VIANA,C.da S. – 1995 – Estudos Geológicos Hidrogeológicos, Geotécnicos e Geoambientais Integrados no município de Belo Horizonte – PMBH/FUNDEP/UFMG, 150 p. Belo Horizonte

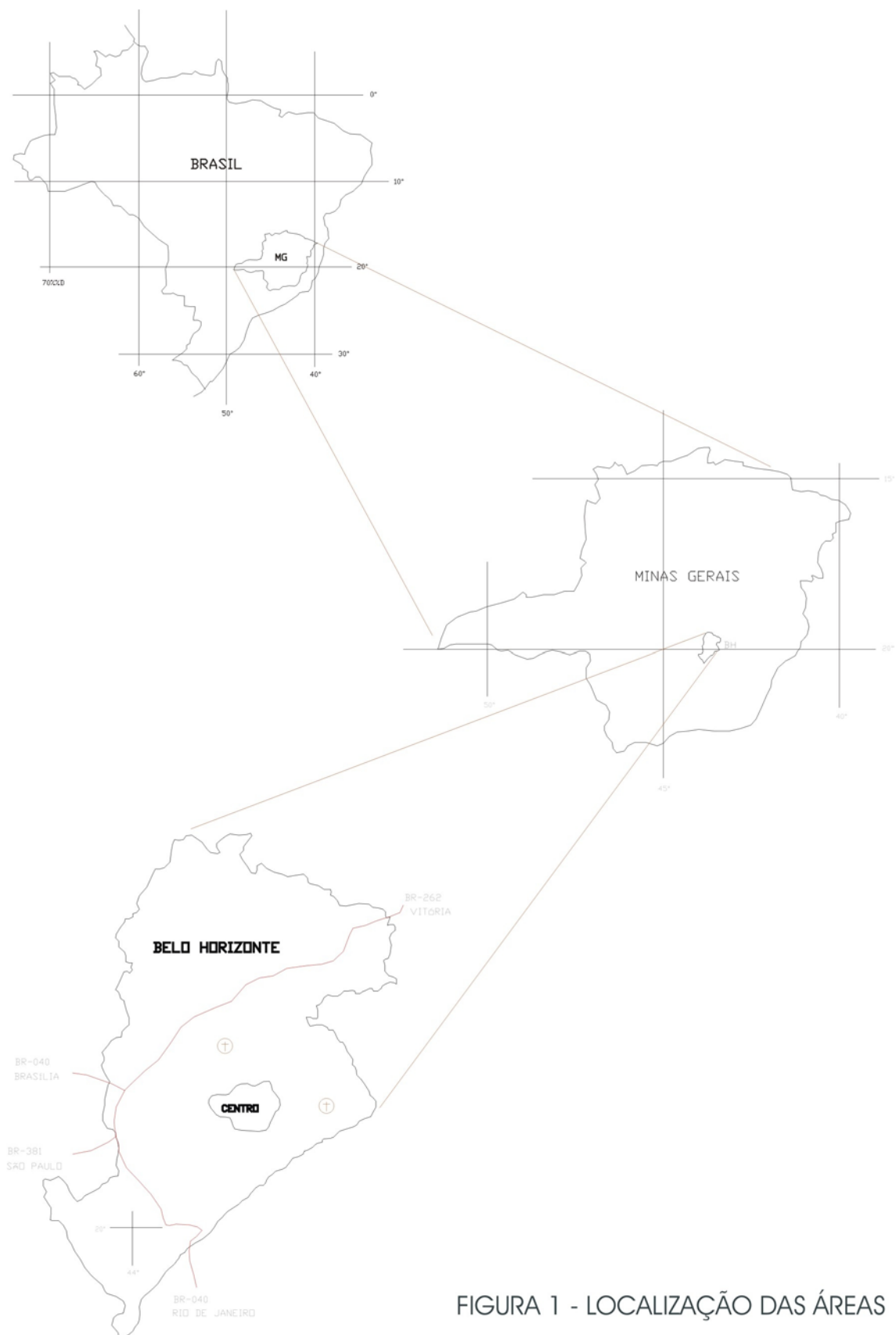


FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS



- LIMITE DO CEMITÉRIO
- CP - 1 ● POÇO DE MONITORAMENTO
- FLUXO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS



FIGURA 2
 CEMITÉRIO DA PAZ

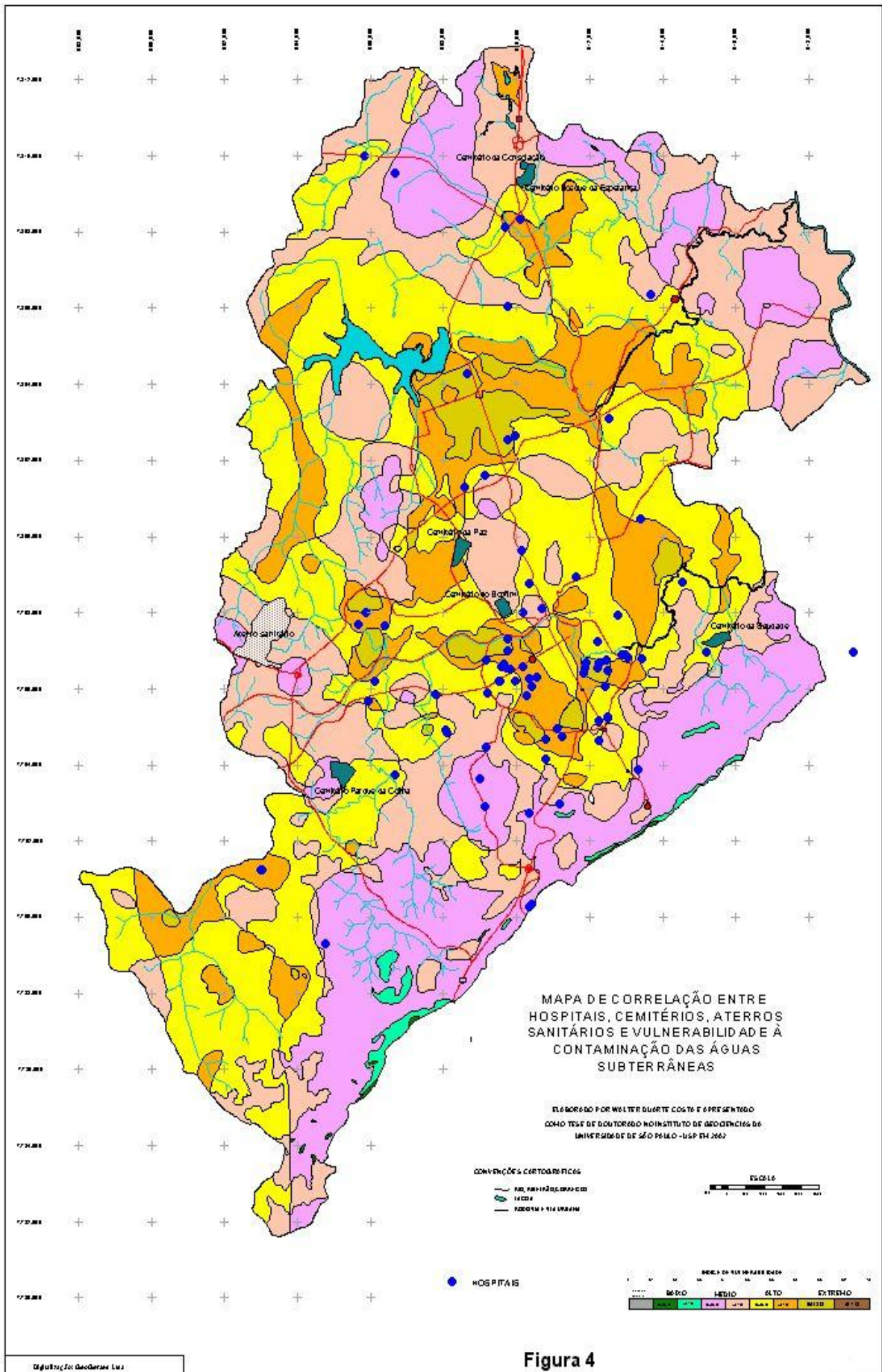


Figura 4