

Análise espacial da área de influência do aquífero da Serra das Areias- carta de vulnerabilidades à poluição

Mônica Gonçalves Narciso¹
Luciana Paulo Gomes²

¹Rua 16,64/301-Centro, Goiânia-GO.Fone(62) 223-0167.
e-mail: mither@terra.com.br narciso@yahoo.com

² Universidade do Vale do Rio dos Sinos- UNISINOS
Av. UNISINOS, 950-CEP 93022-000.São Leopoldo-RS.Fone (51)590-3333, ramal 1783
e-mail:lugomes@euler.unisinos.br

ABSTRACT. The map of aquifer vulnerability to pollution in the Serra das Areias is one of the products from spacial analysis of that area. It's a document to be used in planning of urban areas and the use that aquifer for drinking water suply. Using the concepts of vulnerability, human dwelling and the use of an aquifer for water suply, the vulnerability processing was made in a Geografic Information Sistem(GIS), the ILWIS. The importance of Serra das Areias as an envirommental area that should be preserved was confirmed, even with regard to the preservation of the main surface water springs of Aparecida de Goiânia. These water springs lie on geological structures.The preservation of these structures depends on the drilling of wells in that area. The area of the study was classified at 64.11% as a Moderate vulnerability to pollution, which means that the natural resources are still available but its use in the future must be planned.

Keywords: Geoprocessig, enviromental management, water supply, sanitation, geoprocessamento, gerenciamento ambiental, abastecimento de água, saneamento.

1. Resumo

A carta vulnerabilidade do aquífero da Serra das Areias quanto à poluição é um dos produtos da análise espacial da região onde o mesmo se localiza. É um documento que poderá ser usado no planejamento de ocupação de áreas urbanas e uso daquele aquífero para abastecimento público. Dentro dos conceitos de vulnerabilidade relacionados com a ocupação humana e as intervenções de Engenharia, o processamento da vulnerabilidade deu-se com o uso do programa ILWIS. Comprovou-se a importância da Serra das Areias como área de proteção ambiental, inclusive para preservação dos principais mananciais de superfície de Aparecida de Goiânia, que por sua vez acomodam-se em estruturas geológicas de cuja preservação depende a produção dos poços ali perfurados. A área de estudo foi classificada em 64,11 % como Média vulnerabilidade à poluição, o que significa que os recursos naturais ainda estão disponíveis, mas requerem planejamento de sua utilização futura.

2. Introdução

A carta de vulnerabilidades de aquífero é um dos produtos da análise espacial da região onde o mesmo se localiza. Impactos potenciais em um recurso hídrico são aspectos importantes a serem considerados no estudo de risco de aquíferos (Shook e Grantham,1992). A carta de vulnerabilidades é um documento que poderá ser usado no planejamento de ocupação de áreas urbanas e uso de aquíferos, particularmente para abastecimento público. Para esta última finalidade, a carta de vulnerabilidades é importante para escolha ou ratificação de escolha de pontos para implantação de poços de monitoramento e definição de áreas de recarga a serem conservadas, o que é decisivo para a preservação desse recurso para o futuro. Entenda-se por

vulnerabilidade do aquífero, as possibilidades de alteração da qualidade da água devida à poluição, em função de características do meio onde se localiza o aquífero.

O objetivo deste trabalho é o estudo espacial da área de influência do aquífero da Serra das Areias, descrevendo as características físicas das áreas ocupadas e sugerindo as medidas necessárias para a conservação do aquífero e seu uso racional. Estão identificadas as áreas a serem preservadas para recarga do aquífero, observando ainda as intervenções de Engenharia existentes e previstas nos Planos Urbanístico e de Águas e Esgotos para aquela região, com alcance em 2025.

A área de estudo deste trabalho é aquela formada pela mancha de ocupação urbana em área circunvizinha à Serra das Areias, além da própria Serra, no Município de Aparecida de Goiânia. Nesse projeto, é denominada “Independência e região”, incluindo a região adjacente àquele setor habitacional, além da área da Serra das Areias, sob a qual se localiza o aquífero de mesmo nome. No entanto, será considerada uma área maior para análise ampliada da região. Os limites dessa área são: 666000E, 813000N, 700000E, 8152000N. A **Figura 1** mostra a área de estudo.

Comentário: Este conceito é meu. PENSAR em qualidade de água para abastecimento público e meio ambiente. A hidrogeologia fica de lado, por atual inviabilização técnica. Mas restam as informações de litologia e estratigrafia, que para a engenharia já está de bom tamanho.

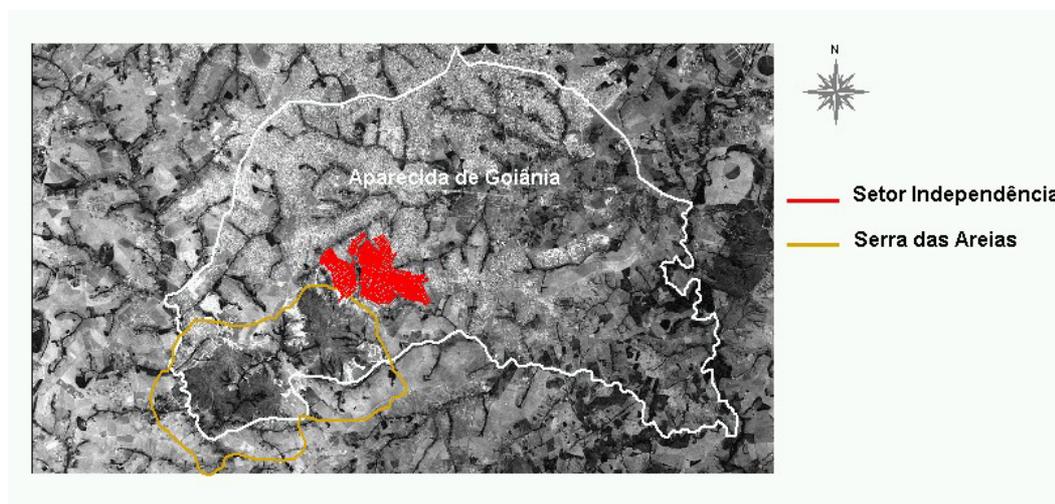


Figura 1: A área de estudo

3. Vulnerabilidade

De acordo com Hirata (2001), a cartografia de vulnerabilidade tem servido à racionalização de ações de proteção de aquíferos, porque compatibiliza atividades antrópicas com capacidade do terreno em suportá-las, sem prejuízo para a qualidade das águas subterrâneas. Mapas de Vulnerabilidade de aquíferos a poluição têm sido necessários porque a água subterrânea representa uma importante fonte de água potável, mas, por outro lado, altas concentrações de atividades humanas/econômicas representam fontes reais ou potenciais de contaminação (Napolitano, 1997). Ainda segundo Hirata, o conceito de vulnerabilidade tem sido usado para expressar a classificação de aquífero baseada na importância do recurso hídrico utilizado, incluindo a possibilidade de ser substituído, e na importância do aquífero em manter áreas ecológicas importantes. A identificação das vulnerabilidades e, conseqüentemente, das áreas críticas, tem sido considerada como importante ferramenta para o monitoramento da qualidade da água (Melloul & Collin, 1998).

O índice de vulnerabilidades, baseado e calculado em dados disponíveis e não em situações ideais de investigação, em princípio, elimina ou minimiza a subjetividade inerente aos processos

clássicos de avaliação (Ferreira,1998). Há índices consagrados por sua coerência e simplicidade (Ferreira,1998): o índice DRASTIC, desenvolvido por Aller et al. In Ferreira (1998), para a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, a U.S. EPA, e o índice desenvolvido por Foster in Ferreira (1998): o índice GOD.

O índice DRASTIC corresponde à média ponderada de 7 valores correspondentes aos seguintes parâmetros ou indicadores hidrogeológicos:1 - Profundidade da zona não-saturada do solo (Depth to the water table); 2 - Recarga profunda de aquíferos (Net Recharge); 3 - Material do aquífero (Aquifer material); 4 - Tipo de solo (Soil type);5 - Topografia (Topography); 6 - Impacto da zona não-saturada (Impact of the unsaturated zone); 7 - Condutividade hidráulica (Hydraulic Conductivity).

O índice de vulnerabilidade à poluição GOD, de acordo com Foster (1987), considera três parâmetros: 1- Ocorrência de águas subterrâneas (Groundwater occurrence), i.e., se o aquífero é livre, semi-confinado, confinado, etc. (se houver aquífero); 2-Classe global do aquífero (Overall aquifer class) em termos do grau de consolidação e das características litológicas; 3-Profundidade ao nível freático ou espessura ao teto do aquífero (Depth to groundwater table or strike). O nome GOD é formado pelas iniciais, em inglês, da primeira letra de cada parâmetro.

A avaliação da vulnerabilidade do aquífero quanto à poluição, neste trabalho, é baseada em características intrínsecas do aquífero e em atividades relativas à simples ocupação humana: Clinografia (C), Uso do Solo (S), Geologia (G), Recursos Hídricos (H), Obras de Engenharia Sanitária (E).

O índice de Vulnerabilidade (IV) é calculado, de acordo com os valores obtidos em cada característica analisada, aplicando-se a equação 3.

$$IV = CpCn + SpSn + GpGn + HpHn + EpEn \dots \dots \dots \text{eq. 3}$$

Onde C, S, G, H, e E são os cinco critérios a serem avaliados, “p” é o peso e “n” é a nota atribuída a cada um deles. As notas variam de 1 a 5.

O peso define o grau de importância de cada critério na obtenção da vulnerabilidade à poluição, tendo sido adotados os valores 1, 2 ou 3.

Ao final, a área de estudo foi classificada em quatro classes de vulnerabilidade: muito alta, alta, média e baixa. Estas são classificações são similares àquelas encontradas no trabalho de Ferreira (1998). Nesse trabalho, as características utilizadas foram: o abastecimento de grandes aglomerados populacionais, proteção em relação a poluentes provenientes da superfície do solo e elevada permeabilidade devido a fraturas e fissuras.

É importante identificar as áreas alteradas pela ocupação humana, assim como aquelas preservadas e conservadas. De uma forma geral, o aquífero será mais vulnerável onde houver ocupação humana coincidente com sua área de recarga, que coincide em grande parte com a área de quartzito ali existente.

4. Materiais e Métodos

Foram utilizados projetos de Engenharia de sistema de abastecimento de água para a região denominada “Independência e região”, confrontados com resultados obtidos em estudos anteriores: a caracterização espacial e temporal da área de estudo e a avaliação da qualidade natural da água do aquífero da Serra das Areias.

Foi utilizada imagem de satélite LANDSAT TM5, composta por dois quadrantes correspondentes às órbitas-ponto 222-071 e 222-072, datada de 2000. Para a integração de dados e processamento da imagem, foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas- SIG ILWIS (Integrated Land and Water Information System), do International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences .

Os resultados do processamento da imagem foram confrontados com dados do Plano Diretor de Águas e Esgotos de Goiânia e áreas conurbadas (1998) e com o Plano Diretor da Região

Metropolitana de Goiânia (1999), além de levantamento de dados junto às secretarias da Prefeitura Municipal de Aparecida de Goiânia, dos Governos Estadual e Federal.

A carta geológica utilizada foi aquela elaborada na projeto da UNISINOS (Coelho et al., 2001). A origem de dados sobre as localizações das falhas é aquela existente na carta geológica elaborada pela CPRM, a Folha Goiânia SE.22-X-B-IV, em escala 1:100.000, datada de 1993.

Foi utilizada como base de dados, a rede hídrica, cadastrada na Folha Goiânia SE.22- X- B-IV, escala 1:100.000, 1973.

Para a elaboração das Cartas de Obras de Engenharia foram utilizadas cartas rasterizadas a partir de cadastros e planejamentos existentes em arquivos vetoriais digitais, provenientes do PDAE e de projetos hidráulicos (Tayfour,1998).

Cabe lembrar que , com novos dados, provenientes do projeto maior de estudos hidrogeológicos, novas informações serão geradas e novos critérios poderão ser somados àqueles atualmente adotados. Assim, a carta de vulnerabilidades pode mudar de configuração.

5. Preparação das Cartas Auxiliares

A nota demonstra as variações observadas em cada critério, sendo que para este trabalho atribuiu-se valores dentro da faixa de 1 a 5.

5.1 Carta Clinográfica (C)

Os valores para declividades foram classificados dentro dos intervalos indicados na Tabela 1. O interesse neste critério é verificar quais são as áreas favoráveis à ocupação humana, como é o caso das declividades menores que 3 %. Quanto mais favorável à ocupação humana, mais vulnerável para o aquífero.

A carta clinográfica da região foi obtida a partir de processamento do Modelo Digital de Terreno- MDT. O Modelo Digital de Terreno foi construído com a rasterização de cartas vetoriais digitalizadas de curvas e de pontos. Essas duas cartas foram somadas para posterior processamento dentro do modelo matemático do programa ILWIS. A carta resultante é a classificação do terreno de acordo com suas declividades. A **Tabela 1** apresenta o peso e as notas para este critério.

Tabela 1: Clinografia

	Classe	Intervalo	Nota	Peso
				1
Declividades	Alta	>30 %	1	
	Média	≤ 30 % e > 20%	2	
	Baixa	≤ 20 % e > 10%	3	
	Muito Baixa	≤ 10 % e > 3%	4	
	Plana	≤ 3%	5	

5.2 Uso do Solo (S)

A partir de imagem de satélite LANDSAT, bandas 3, 4 e 5, obteve-se a chamada composição colorida da imagem. Foram aplicados filtros, e posteriormente, foi classificada a imagem quanto a: “mancha urbana”, “vegetação”, “mata”, “plantação/campo” e “água”. O item “vegetação” refere-se às matas ciliares, “mata” é a vegetação natural, ainda não modificada. Finalmente, “plantação/campo” é a vegetação de porte médio a pequeno, característica do cerrado.

A classificação “não supervisionada” da imagem de satélite foi inicialmente utilizada, seguida de alguns levantamentos em campo, para confirmação da mesma. A **Tabela 2** apresenta o peso e as notas para este critério.

Tabela 2: Uso do Solo

	Classe	Nota	Peso
			2
Uso do Solo	Mata	1	
	Plantação/ campo	2	
	Vegetação	3	
	Urbano	4	
	Água	5	

5.3 Geologia (G)

A litologia da região onde se situa a Serra das Areias pode ser identificada como quartzitos, quartzo-mica-xistos, granada-xisto (Coelho et al.,2001). A região inclui-se na Depressão Periférica de Goiânia ou Planalto Rebaixado de Goiânia, que faz parte da unidade reconhecida por Planalto Central Goiano, desenvolvido em litologias pré- cambrianas. Situa-se no sul do município de Aparecida de Goiânia.

A maior parte da Serra das Areias é composta por quartzitos, rocha essencialmente composta por quartzo recristalizado. Os solos residuais da Serra das Areias têm taxas variáveis de infiltração. Os solos residuais de quartzito apresentam as maiores taxas de infiltração. Os solos de quartzo-mica-xisto têm valores intermediários e os menores valores de infiltração ocorrem nos solos derivados de granada-xisto. Onde há maior taxa de infiltração, maior será o risco de poluição. Portanto, a ordem de vulnerabilidades à poluição em se tratando de solos residuais é: Quartzito, Quartzo-mica-xisto, Granada-xisto. A **Tabela 3** apresenta o peso e as notas para este critério.

Tabela 3: Geologia

	Classe	Nota	Peso
			3
Litologia	Granada-xisto	1	
	Quartzo-mica-xisto	3	
	Quartzito	5	

Para as falhas geológicas, foram adotados 200 metros de distância da falha, uma vez que o aquífero é fraturado, segundo orientação de profissional especializado (Giardin, 2002). Não existe, na lei nº 13.583, de 11 janeiro de 2000, que dispõe sobre a conservação e proteção ambiental dos depósitos de águas subterrâneas no Estado de Goiás, definição de distâncias de poços ou falhas para proteção de aquíferos (Goiás,2000). (**Tabela 4**).

Tabela 4: Distância de falhas geológicas

	Classe	Intervalo (m)	Nota	Peso
				3
Distância de falhas geológicas	Isenta de risco	>200	1	
	Pouco vulnerável	≤ 200 e > 150	2	
	Vulnerável	≤ 150 e > 100	3	
	Muito Vulnerável	≤ 100 e > 50	4	
	Extremamente vulnerável	≤ 50	5	

5.4 Recursos Hídricos (H)

Poços perfurados em zonas de falhas junto a núcleos urbanos podem vir a ser mais facilmente poluídos. Portanto, onde há drenagem coincidente com zonas de fraturas considerou-se uma área de alto grau de vulnerabilidade. Como em Gomes (2001), foram adotados 200 metros de faixa de distância do manancial de superfície, tendo por base a Portaria nº 124, de 20 de agosto de 1980, que estabelece que quaisquer estruturas que armazenem substâncias capazes de causar poluição hídrica devem ficar a uma distância mínima de 200 metros de coleções hídricas ou cursos d'água mais próximos (Ministério do Interior, 1980). A **Tabela 5** apresenta o peso e as notas para este critério.

Tabela 5: Distância de recursos hídricos

Classe		Intervalo (m)	Nota	Peso
Distância de recursos hídricos	Isenta de risco	>200	1	3
	Pouco vulnerável	≤ 200 e > 150	2	
	Vulnerável	≤ 150 e > 100	3	
	Muito Vulnerável	≤ 100 e > 50	4	
	Extremamente vulnerável	≤ 50	5	

5.5 Obras de Engenharia Sanitária (E)

As obras de Engenharia Sanitária caracterizam-se em dois aspectos básicos de configuração: unidades localizadas e unidades lineares. As unidades localizadas, que seriam de risco para o aquífero, são as áreas de disposição de resíduos sólidos e as estações de tratamento de esgotos, caso haja transbordamento ou pluma de contaminação do solo. As unidades lineares seriam as tubulações de transporte de esgotos e de drenagem pluvial, caso haja algum rompimento de tubulação.

Para as unidades localizadas foram adotadas distâncias radiais e para as unidades lineares, seriam adotadas faixas de distância dos poços. A **Tabela 6** apresenta o peso e as notas para este critério.

Tabela 6: Obras de Engenharia Sanitária

Classe		Nota	Peso
Obras de Engenharia Sanitária	Sem drenagem/ sem ocupação humana	1	2
	Com drenagem / com ocupação	3	
	Sem drenagem / com ocupação	5	
	ETE	4	
	Aterro sanitário	4	
	Lixão	5	

6 Resultados

Os resultados obtidos foram as seguintes cartas auxiliares:

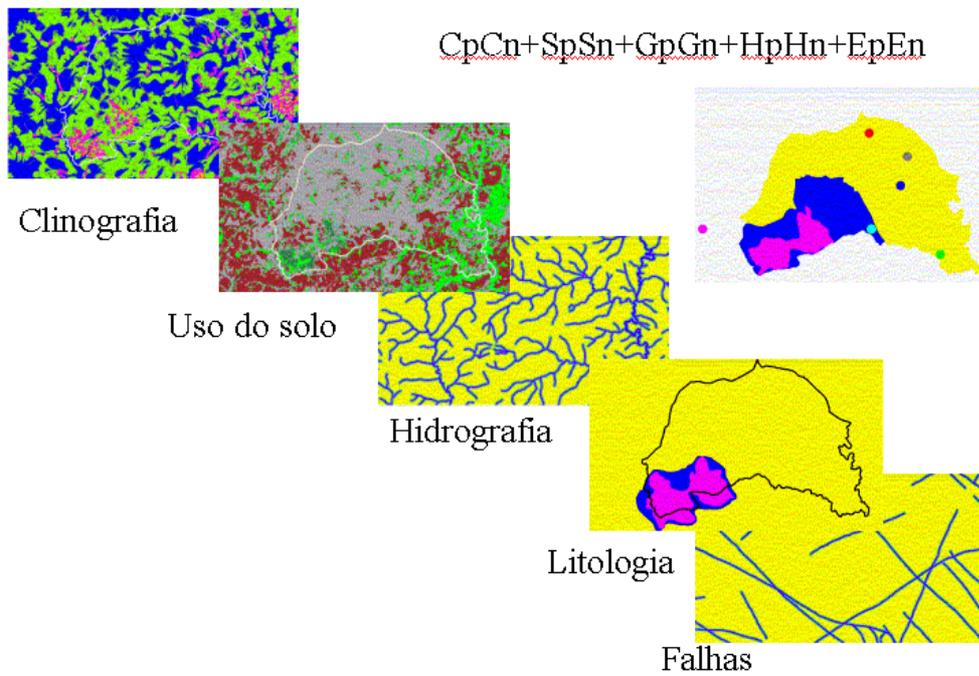


Figura 2- Cartas auxiliares

Finalmente, o resultado das operações realizadas no SIG ILWIS, encontra-se na **Figura 3**, a seguir.

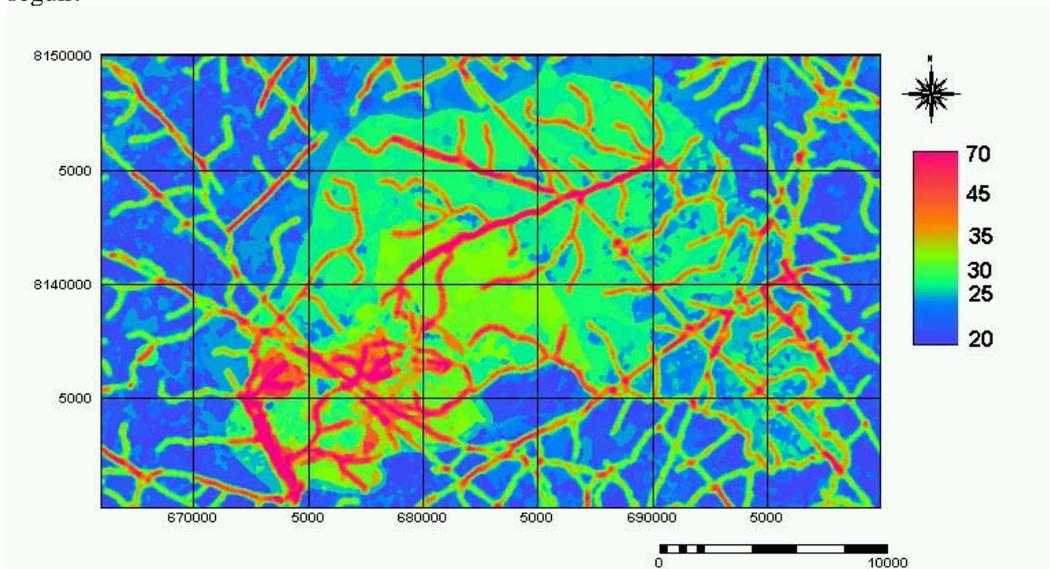


Figura 3: Carta de vulnerabilidades à poluição

O resultado apresentado na **Figura 3** foi ainda classificado segundo quatro classes de vulnerabilidade. As classes de vulnerabilidade adotadas foram:

70-50: MUITO ALTA VULNERABILIDADE À POLUIÇÃO

49-43: ALTA VULNERABILIDADE À POLUIÇÃO

42-24: MÉDIA VULNERABILIDADE À POLUIÇÃO

23-14: BAIXA VULNERABILIDADE À POLUIÇÃO

Justifica-se estas faixas pelo seguinte raciocínio: Muito Alta Vulnerabilidade corresponde a todos os critérios avaliados recebendo nota máxima, ou seja, 5. A faixa Alta Vulnerabilidade foi aquela onde os critérios: Geologia, Falhas e Recursos Hídricos, considerados de maior importância ou peso igual a 3, obtiveram nota 5 e os outros critérios, nota igual a 4. Para a descrição Média Vulnerabilidade, considerou-se todos os critérios com notas 3 ou 2 e para Baixa vulnerabilidade, aqueles critérios igual a 1.

Em relação a área de estudo, as porcentagens obtidas para cada faixa de vulnerabilidade foram: 0,45 %, Muito Alta, 2,86 %, Alta, 64,11 %, Média, e 32,58 %, Baixa (**Figura 4**).

7 Discussão

O cálculo de índices de vulnerabilidades da área permite a análise ampliada em relação à Serra das Areias.

A análise da clinografia é interessante porque indica os terrenos mais favoráveis para a ocupação humana. Terrenos com declividades menores que 3 % não requerem custos elevados para implantação de infra-estrutura de unidades habitacionais. Portanto, são favoráveis à ocupação humana, mas requerem investigação quanto à vulnerabilidade do aquífero. Declividades “Muito Baixa” e “Plana”, próximas à Serra, coincidiram com vulnerabilidades “Média” e “Baixa”, indicando a necessidade de monitoramento da área, bem como de uma reordenação do ponto de vista urbanístico, visando embasar planejamentos de futuras implantações de sistemas de engenharia sanitária e a preservação dos recursos hídricos ali existentes e da própria serra.

Quanto à Geologia, a Serra das Areias inclui-se na Depressão Periférica de Goiânia ou Planalto Rebaixado de Goiânia, que faz parte da unidade reconhecida por Planalto Central Goiano, desenvolvido em litologias pré-cambrianas. Situa-se, em grande parte, no sul do município de Aparecida de Goiânia, ocupando ainda, parte da região norte da cidade de Nova Fátima, município de Hidrolândia. A maior parte da Serra das Areias é composta por quartzitos, rocha essencialmente composta por quartzo recristalizado. Onde há maior taxa de infiltração, maior será o risco de poluição. Os solos residuais da Serra das Areias têm taxas variáveis de infiltração. Os solos residuais de quartzito apresentam as maiores taxas de infiltração. Os solos de quartzo-mica-xisto têm valores intermediários e os menores valores de infiltração ocorrem nos solos derivados de granada-xisto. O manejo adequado do solo e da vegetação deverão aumentar a infiltração e a recarga do aquífero.

Sendo o aquífero do tipo fraturado, poços perfurados em zonas de falhas junto a núcleos urbanos podem vir a ser mais facilmente poluídos. Onde há drenagens coincidentes com as falhas identificadas observou-se a predominância de áreas com Alta Vulnerabilidade (**Figura 4**). Assim, reforça-se a importância de levantamentos geológicos nestas áreas, no sentido de localizar falhas ou zonas de falhas em escala de detalhe, para posterior demarcação de áreas de proteção ambiental e para sua locação eficaz quanto à quantidade necessária de água a ser explorada.

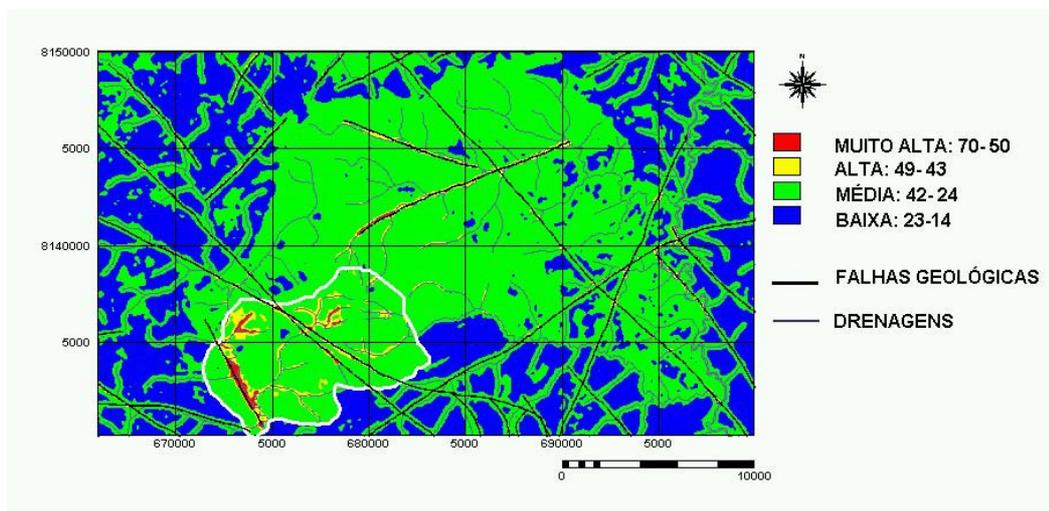


Figura 4: Área de estudo classificada segundo a vulnerabilidade à poluição e falhas geológicas observadas.

As obras de Engenharia Sanitária caracterizam-se em dois aspectos básicos de configuração: unidades localizadas e unidades lineares. As unidades localizadas, que possuem risco para o aquífero, são as áreas de disposição de resíduos sólidos e as estações de tratamento de esgotos. As unidades lineares são as tubulações de transporte de esgotos e de drenagem pluvial, já que existe a possibilidade de rompimento das mesmas.

As ETEs, atuais e futuras, estão localizadas em áreas de vulnerabilidade Média, indicando que não representam atualmente riscos para os recursos naturais ou para a população. É necessário o planejamento, no sentido de se prever eventuais acidentes, para que se possa preservar ao máximo o meio ambiente.

Embora o Aterro Sanitário se localize na área de estudo, no extremo oposto ao aquífero, vale observar que sua situação pode comprometer a qualidade da água do Córrego Santo Antônio. Sua área necessária para atender a população de Aparecida de Goiânia é estimada em 100 hectares e sua expansão deve se dar no sentido oeste, para não comprometer o manancial. Além disso, é necessário o monitoramento de sua contaminação de subsolo (**Figura 5**).

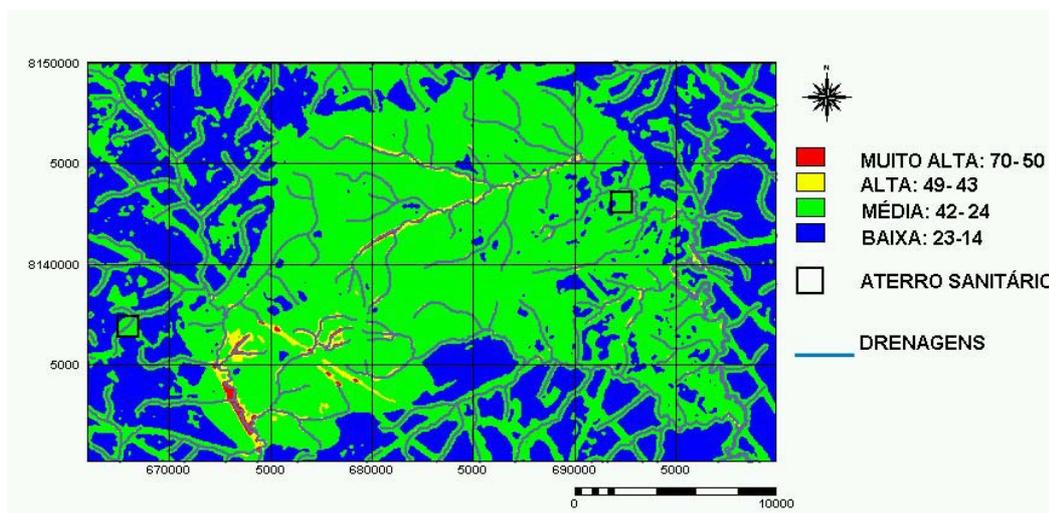


Figura 5: Área de estudo classificada segundo a vulnerabilidade à poluição e Aterro Sanitário de Aparecida de Goiânia

Finalmente, convém observar que os mananciais da parte leste da cidade ficaram destinados a receptores de efluentes de ETEs e líquidos lixiviados do Aterro Sanitário, comprometendo a expansão urbana. Outras alternativas deverão ser estudadas para a disposição final de resíduos sólidos. Os mananciais da parte oeste, da bacia do Ribeirão Dourados ficaram comprometidos pela implantação do depósito de lixo radioativo na região da nascente daquele ribeirão. Tais considerações reforçam a necessidade do estudo das vulnerabilidades de uma região, afim de que não se comprometam irreversivelmente os recursos naturais, necessários ao desenvolvimento sustentável das populações.

8 Referências Bibliográficas

- Coelho, Osmar G.W., Erba, Diego A., Althoff, Fernando J. e Gomes, Luciana P. 2001. Relatório Parcial: Estudos Hidrogeológicos do Aquífero Quartzítico de Aparecida de Goiânia-GO. Universidade do Vale do Rio dos Sinos-UNISINOS, São Leopoldo, RS, 64p.
- CPRM. 1993. Carta Metalogenética/Previsional. Folha Goiânia, SE.22-X-B-IV. Escala 1:100000. Brasília-DF.
- Ferreira, J.P.C.L. Vulnerabilidade à poluição de águas subterrâneas: fundamentos e conceitos para uma melhor gestão e proteção dos aquíferos de Portugal. In: http://www.dha.lnec.pt/nas/textos/novidades/GIS_vulner.html. 30/03/2002.
- Giardin A. 2002. Comunicação Pessoal.
- Goiás. LEINº 13.583, DE 11 JANEIRO DE 2000. http://www.gabcivil.go.gov.br/leis_ordinarias/2000/lei_13583.htm. 20/12/2002.
- Gomes, L.P. 2001. Critérios para seleção de áreas para disposição final e co-disposição de resíduos Sólidos (Lodos de Estações de Tratamento de Esgotos- ETEs de Estações de Tratamento de Água- ETAs e Resíduos Sólidos Urbanos- R.S.U) e valorização agrícola do lodo produzido em ETEs). Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final. RIMA, ABES. Rio de Janeiro.
- Hirata, R. Oito perguntas e oito tentativas de respostas sobre a vulnerabilidade à poluição de aquíferos. Universidade de São Paulo. In: <http://tierra.rediris.es/hidrored/ponencias/Hirata.html>. 03/10/02.
- Maciel FºC.L. 1997. Introdução à geologia de engenharia. 2 ed. Santa Maria, Editora da UFSM; Brasília, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 283 p.

- Melloul A.J.e Collin M.1998. A proposed index for aquifer water-quality assessment: the case of Israel's Sharon region. *Journal of environmental management*. 54,131-142.
- Ministério do Exército.1973. Folha Goiânia SE.22-X-B-IV.Escala 1:100000.Brasília-DF
- Napolitano P.1997. Assessing aquifer vulnerability to pollution in the Piana Campana.ILWIS Applications guide. ITC Enschede, The Netherlands.
- SEPLAN,UCG,ARCA. 1999. Plano Diretor Urbanístico da Região Metropolitana de Goiânia. [online]URL:<http://www.arca.org.br/RMG/index.html>. 20/08/2001.
- Shook e Grantham. 1993. A decision analysis technique for ranking sources of groundwater pollution. *Journal of environmental management*. 37,201-206.
- Tayfour S.M. 1998. Projeto de Sistema de Abastecimento de Água do setor Independência e região adjacente, em Aparecida de Goiânia, Torricelli Engenharia e Saneamento Ltda. GO.
- TECNOSAN/PRODEC Consórcio.1998. Plano Diretor de Água e Esgotos de Goiânia e áreas conurbadas. Goiânia, GO.