

DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE DA ÁREA DE RECARGA DO AQUÍFERO BARREIRAS NA UFPA UTILIZANDO O MÉTODO GOD

RESUMO

O aquífero Barreiras é um reservatório natural, muito utilizado na cidade de Belém para o abastecimento através de perfurações de poços, por esse motivo é de fundamental importância conhecer suas principais áreas de recarga, sua vulnerabilidade e a sua litologia, tudo isso dentro da área de estudo. A área de estudo escolhida fica localizada na Universidade Federal do Pará (UFPA), onde foram realizados testes de infiltração para conhecer a Velocidade Básica de Infiltração (VBI) em cada ponto analisado. Os resultados mostram que quanto maior a urbanização menor será a sua capacidade de infiltração, e que o contrário acontece em locais mais florestados, tendo maior permeabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: aquífero, vulnerabilidade, método GOD.

INTRODUÇÃO

A demanda para o abastecimento público de água na Região Metropolitana de Belém (RMB) tem aumentado consideravelmente ao longo do tempo, e, para auxiliar a captação superficial em suprir essa crescente demanda tem-se feito a opção pela captação subterrânea.

O Sistema Aquífero Barreiras é um dos sistemas que compõem a estrutura geológica da região de Belém, sendo de grande importância por atender grande parte do abastecimento de alguns grandes bairros da RMB. Na região, o aquífero Barreiras, na sua grande extensão, se caracteriza como um aquífero livre a semiconfinado.

Em função dessa crescente demanda por abastecimento, o sistema está sob forte pressão. A super exploração, ou seja, a extração de volume de água maior que a capacidade de recuperação pela natureza, pode provocar a redução no volume de água que abastece os rios, seca de nascentes, a redução no próprio abastecimento e o esgotamento do próprio aquífero.

Por essa razão o exposto trabalho se propôs a estudar a capacidade de recarga do aquífero Barreiras na região da Universidade Federal do Pará (UFPA) em três diferentes zonas (permeável, semipermeável e não-permeável) de uso e ocupação do solo, e expor algumas de suas características nessa área.

OBJETIVO

O presente trabalho tem por principal objetivo determinar o nível de vulnerabilidade do aquífero Barreiras em três áreas dentro dos limites da UFPA utilizando o método GOD em conjunto com o teste de infiltração com anéis concêntricos.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O processo de infiltração de água no solo é bastante complexo, podendo modificar-se qualitativamente e quantitativamente de acordo com as propriedades naturais do solo e da vegetação e/ou por causa das atividades humanas.

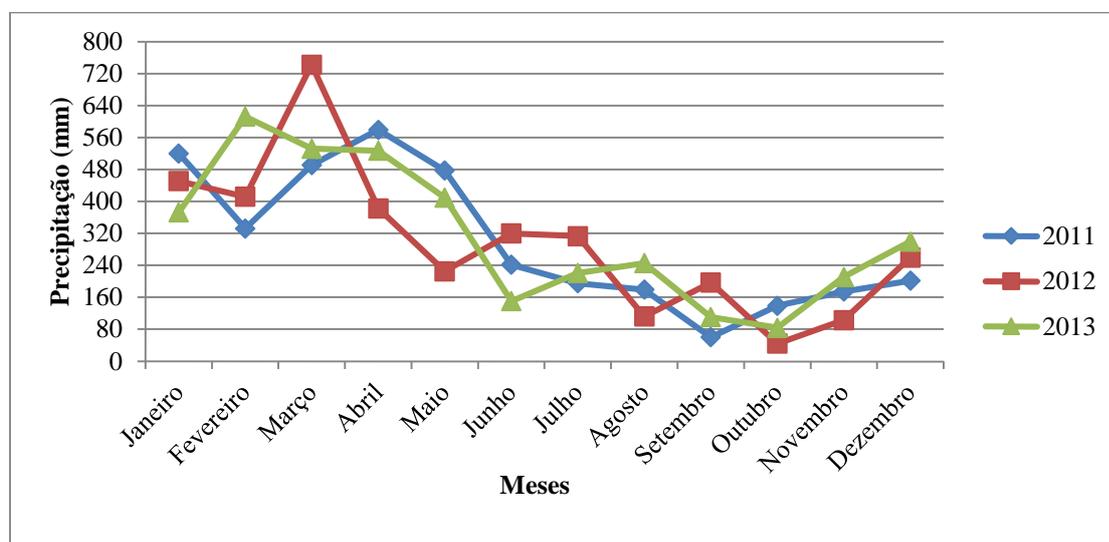
“O manejo do solo afeta a capacidade de infiltração à medida que interfere nas propriedades do solo e nas condições de superfície e nos fatores naturais” (PINHEIRO et al., 2009). Isso pode significar uma maior dificuldade de permeabilidade da água, visto que o nível de água do aquífero Barreiras está bem próximo do nível do terreno. Isto se deve principalmente ao fato da universidade estar localizada na confluência com o Rio Guamá.

Aquíferos subterrâneos são, em níveis diversos, realimentados através de zonas ou áreas de recarga, ou diretamente, de precipitações, o que, eventualmente, pode resultar em poluição de suas águas. (HESPANHOL, 2003)

Além da capacidade de recarga do aquífero estar relacionada ao solo, depende também da característica pluviométrica regional. A intensidade e frequência da chuva contribui para a recarga, dependendo também da capacidade de absorção solo para um determinado volume de água, podendo haver ou não maior dificuldade na percolação da água.

O gráfico a seguir ilustra os índices de precipitação mensais na cidade de Belém, de acordo com o INMET, para os anos de 2011 a 2013.

Figura 1: Índices de precipitação mensal em Belém, nos anos de 2011 a 2013. Fonte: INMET, 2014.



A partir da análise do gráfico, pode-se inferir que, as precipitações têm um comportamento bem parecido ao longo dos anos, com uma tendência de terem maior volume no período entre os meses de janeiro e maio. Destacando-se março de 2012 como o mês que teve o volume de maior precipitação.

O aquífero Barreiras se constitui como principal fonte hídrica segura e permanente para atendimento das demandas urbanas da cidade, cujas reservas têm garantido as extrações contínuas através de poços, ao longo dos últimos cinquenta anos, sem que tenha ocorrido ameaças de exaustão das reservas. (JOSÉ et al., 2000)

A vulnerabilidade à contaminação de um aquífero é o conjunto de características intrínsecas que determinam a sua susceptibilidade a ser eventualmente afetado por uma carga contaminante (FERREIRA et al., 2014). Obtendo o

índice de vulnerabilidade de um aquífero é possível elaborar uma conclusão sobre que área está mais predisposta a uma contaminação.

O método GOD (**G**roundwater occurrence, **O**verall lithology of the unsaturated zone, **D**epth to the water table) foi desenvolvido pela Organização Mundial de Saúde e caracteriza a vulnerabilidade de um aquífero, sem levar em consideração outros tipos de contaminações possíveis. Os parâmetros utilizados no método são (G) – ocorrência do lençol freático o tipo de aquífero (livre, confinado, semiconfinado), (O) – litologia e grau de consolidação da zona vadosa e/ou das camadas confinantes, (D) – profundidade do lençol freático ou topo do aquífero (espessura da zona vadosa).

Neste método é atribuído um índice a cada um desses parâmetros. Esses valores são multiplicados entre si para se obter um valor final que será traduzido em vulnerabilidade de aquífero, variando entre extrema a baixa.

Figura 2: Metodologia GOD para determinação da vulnerabilidade de aquíferos. FONTE: FERREIRA et al., 2014.

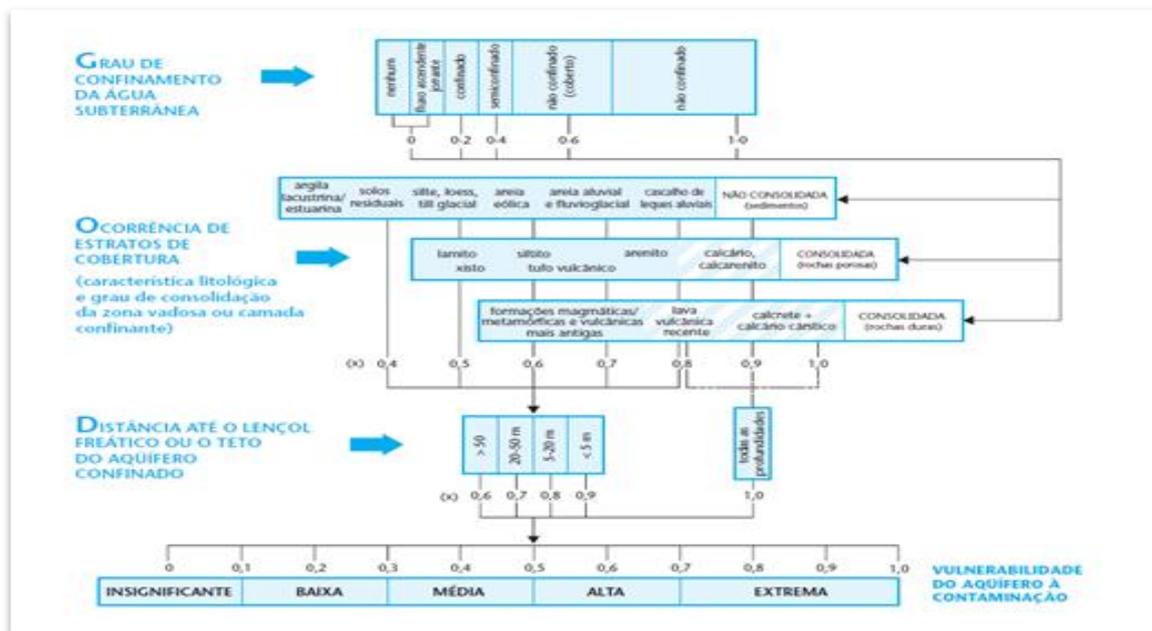


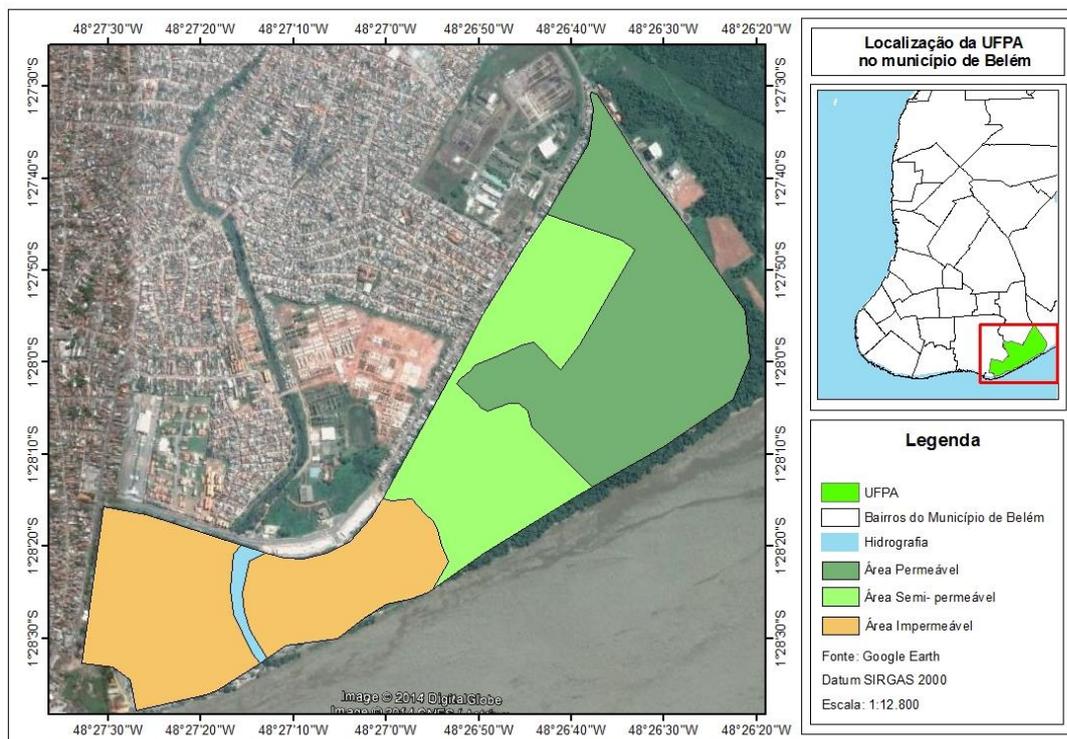
Figura 3: Metodologia GOD. FONTE: Autores, 2014.

tipos de solo	solo areno argiloso	solo arenoso	areia fina	areia muito fina	areia média	areia grossa	areia argilosa	areia conglomerática	argila	argila arenosa	granito	arenito médio
nota	0,525	0,65	0,6	0,55	0,65	0,7	0,525	0,9	0,4	0,475	0,6	0,75
profundidade até o lençol	> 50m	50+ 20m	20+ 5m	5+ 0m	Todas as profundidades (caso especial)							
nota	0,6	0,7	0,8	0,9	1							
Grau de confinamento	Nenhum	Fluxo ascendente jorrante	Confinado	Semiconfinado	Não confinado (coberto)		Não confinado					
Código	0	1	2	3	4		5					
Nota	0,0	0,0	0,2	0,4	0,6		1,0					
Vulnerabilidade e do aquífero à contaminação	Insignificante	Baixa	Média	Alta	Extrema							
Nota	0,1+ 0	0,3+ 0,1	0,5+ 0,3	0,7+ 0,5	1,0+ 0,7							

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Campus Belém da Universidade Federal do Pará está situado no bairro do Guamá, na cidade de Belém-PA. Nas proximidades do campus existem dois importantes corpos d'água para a cidade que são o Igarapé do Tucunduba e o Rio Guamá. A cidade universitária tem por característica algumas áreas com impermeabilização do solo, áreas com floresta nativa e áreas com vegetação modificada. A topografia do local não sofre muita variação, sendo um terreno em grande parte plano, apenas tendendo as cotas mais baixas quando próximo ao Rio Guamá.

Figura 4: Localização da área de estudo, campus da UFPA em Belém. FONTE: Autores, 2014.



O ambiente geológico que a UFPA- campus Belém está inserido é constituído pelas unidades litológicas denominadas de Grupo Barreiras e Formação Pirabas. O termo "Barreiras" foi usado primeiramente com conotação fisiognífica para designar sedimentos cenozoicos terrígenos, que formam falésias em certos trechos do litoral que se estende do Rio de Janeiro ao Amazonas. O Grupo Barreiras é constituído por uma sequência mais superficial, sedimentar silicicística, variando desde argilas multicoloridas e sedimentos inconsolidados argilo-arenosos e areno-argilosos, geralmente nas cores amareladas, avermelhadas e acinzentadas, às vezes com leitos de material grosso a conglomerado e também, frequentemente, com níveis descontínuos de um arenito ferruginoso (Gres do Pani) em blocos soltos, irregulares e de tamanhos variados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no mês de dezembro de 2014, no Campus Universitário do Guamá, da Universidade Federal do Pará no município de Belém.

A metodologia utilizada neste trabalho consistiu em estudos e análises de estruturas litológicas e perfis de sondagem, método de GOD e testes de infiltração com anéis concêntricos que foi adaptado pelos autores e definição das zonas de permeabilização do solo.

Figura 5: Localização dos pontos de teste no campus. FONTE: Google Earth



Antes de entrar em qualquer dado específico, foi analisada a litologia da área, visto que, a estrutura característica do solo está diretamente relacionada com a infiltração. Para tal estudo foi analisado um perfil de sondagem realizado no Campus pela empresa WS-GEOTECNIA LTDA e relatórios com perfis litológicos de poços obtidos através do SIAGAS, um sistema de informações de águas subterrâneas desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM, que é composto por uma base de dados de poços permanentemente atualizada, e de módulos capazes de realizar consulta, pesquisa, extração e geração relatórios.

Para melhorar a análise do método GOD criou-se um programa na interface do Excel. Esse programa consiste em analisar as escalas de pontuação para vulnerabilidade das águas subterrâneas estabelecidos pelo método GOD enquanto a sua litologia, profundidade do aquífero e seu grau de confinamento cruzado com os dados característicos do local em análise.

Para se fazer a caracterização da infiltração de água no solo, foi utilizado o método do infiltrômetro com anéis concêntricos, que consiste em cravar no solo um anel metálico maior e outro menor, de diâmetros iguais a 50 cm e 25 cm respectivamente e alturas iguais a 30cm de maneira concêntrica, de acordo com o que é citado em BERNARDO et AL. (2006).

A partir de alguns pontos previamente escolhidos, os ensaios foram realizados na zona considerada de transição por provavelmente possuir pontos de alta e de baixa infiltração e seguidamente na área permeável, por haver uma homogeneidade de características que nos facilita estimar a infiltração nesta área.

Após uma breve limpeza superficial no solo, foram cravados os cilindros no solo, até atingirem uma profundidade de 10 cm a 15 cm. Com auxílio de uma régua gradual, presa ao cilindro interno, foram sendo observadas e registradas as variações de nível de água ao longo dos intervalos de tempo. Foram realizadas leituras da altura de água no cilindro interior, sempre nos minutos 0, 5, 10, 20, 30, 50, 70 e 90 salvo às vezes, que se fez necessário um menor período de tempo entre as leituras, devido à rapidez de infiltração. Quando o valor da leitura se repetiu ou se aproximou por duas vezes, consideramos que a infiltração se tornou constante.

Em relação às recargas d'água nos cilindros, sempre se iniciava com um nível de água de 180 mm no cilindro interior e verificando a sua variação, durante os períodos já citados. Sempre foi mantido o mesmo nível de água no cilindro exterior para que a infiltração nele ocorra para evitar a infiltração lateral da água que está infiltrando no cilindro interno.

Além desta parte prática, foi adotada também uma comparação com perfis do solo do campus obtidos através de poços próximos aos ensaios, com o objetivo de compreender se o comportamento de infiltração condiz com o perfil litológico.

As zonas foram divididas por meio da análise espacial da UFPA, sendo configuradas áreas que tinham maior características a ter ocupação humana e pela presença de vegetação.

RESULTADOS

Em relação às zonas que foram divididas como permeáveis, semipermeáveis e impermeáveis, estas possuem diferentes ocupações e usos do solo que podem interferir na capacidade de infiltração. A permeável tem como características a grande cobertura vegetal e ser pouco antropizada. A zona semipermeável se dá em virtude de ser a transição entre as zonas permeável e impermeável, possuindo pouca vegetação, mas sendo preservadas, em partes, suas características naturais.

Tabela 1: Área das zonas permeável, semipermeável e impermeável no campus da UFPA. FONTE: Autores, 2014

Zona	Área (Km ²)	Área (%)
Permeável	1,255	37,72
Semipermeável	0,935	28,12
Impermeável	1,137	34,17
Área Total	3,328	100

Após a realização dos testes de infiltração, foram obtidos os seguintes resultados da capacidade de infiltração:

Figura 6: Valores do teste de infiltração no ponto 1, dentro da zona semipermeável. FONTE: Autores, 2014

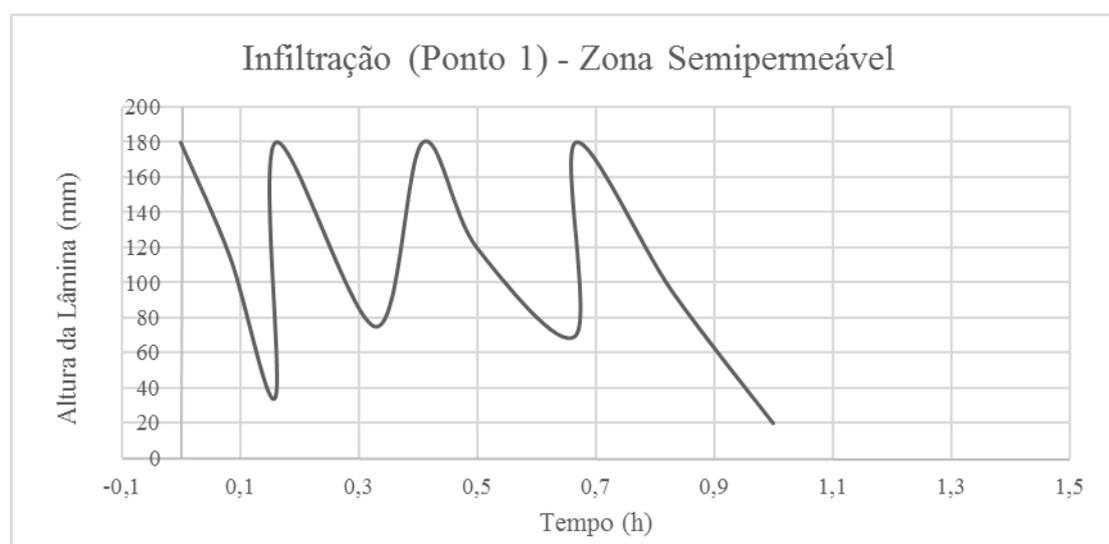


Figura 7: Valores do teste de infiltração no ponto 2, dentro da zona semipermeável. FONTE: Autores, 2014

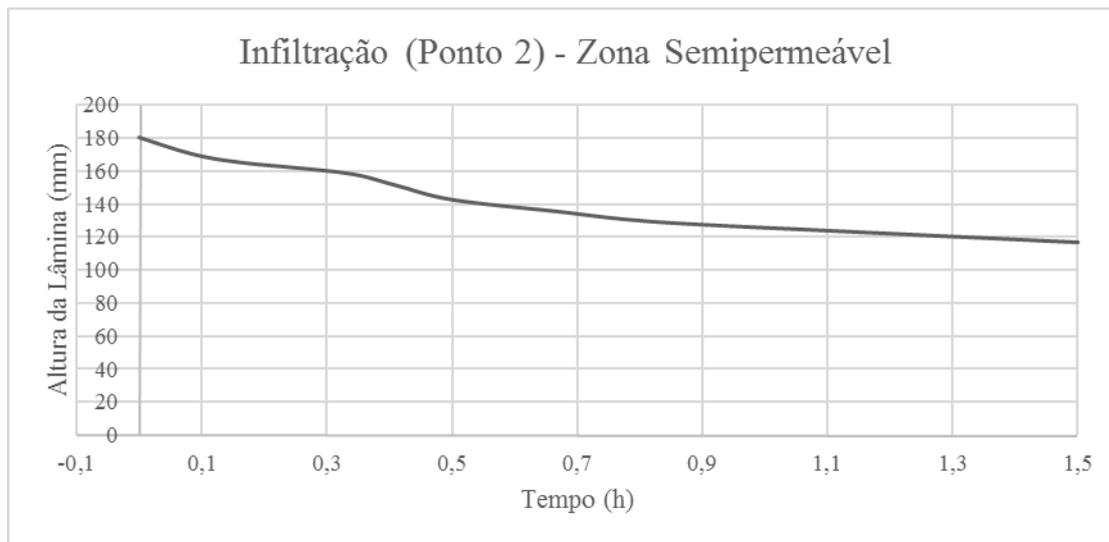


Figura 8: Amostras do solo no ponto 2, zona semipermeável. FONTE: Autores, 2014.



Figura 9: Amostra de solo no ponto 2. FONTE: Autores, 2014.



Figura 10: Teste de infiltração (aneis concêntricos) no ponto 2. FONTE: Autores, 2014.



Figura 11: Valores do teste de infiltração no ponto 3, dentro da zona semipermeável. FONTE: Autores, 2014.

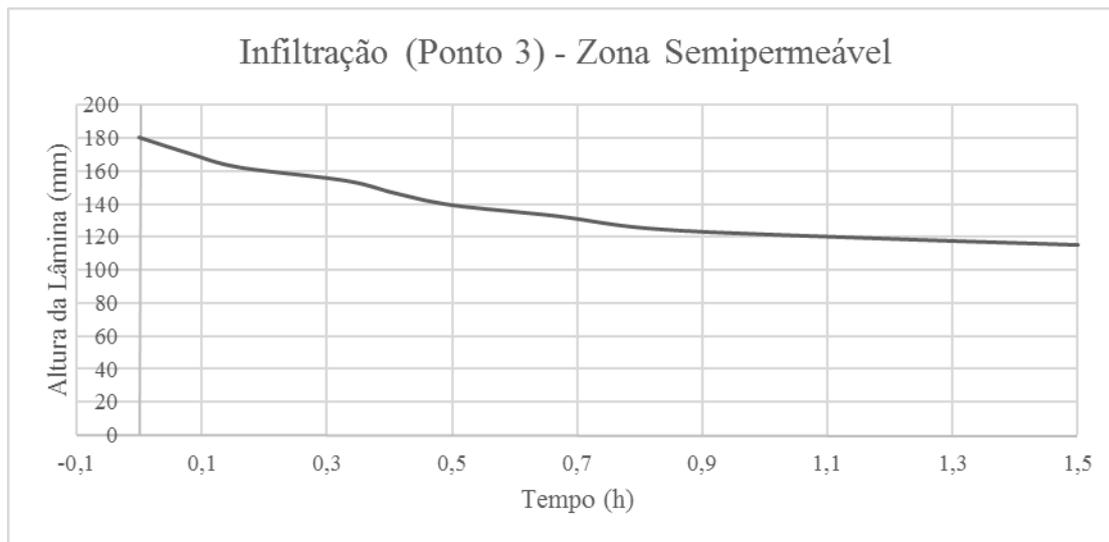


Figura 12: Valores do teste de infiltração no ponto 4, dentro da zona permeável. FONTE: Autores, 2014.

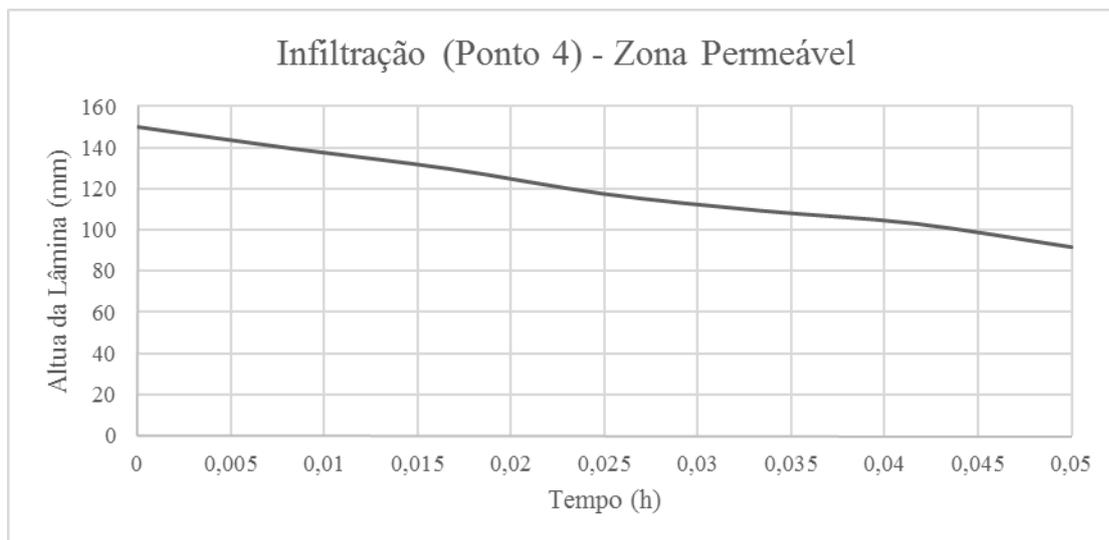


Figura 13: Valores do teste de infiltração no ponto 6, dentro da zona permeável. FONTE: Autores, 2014.

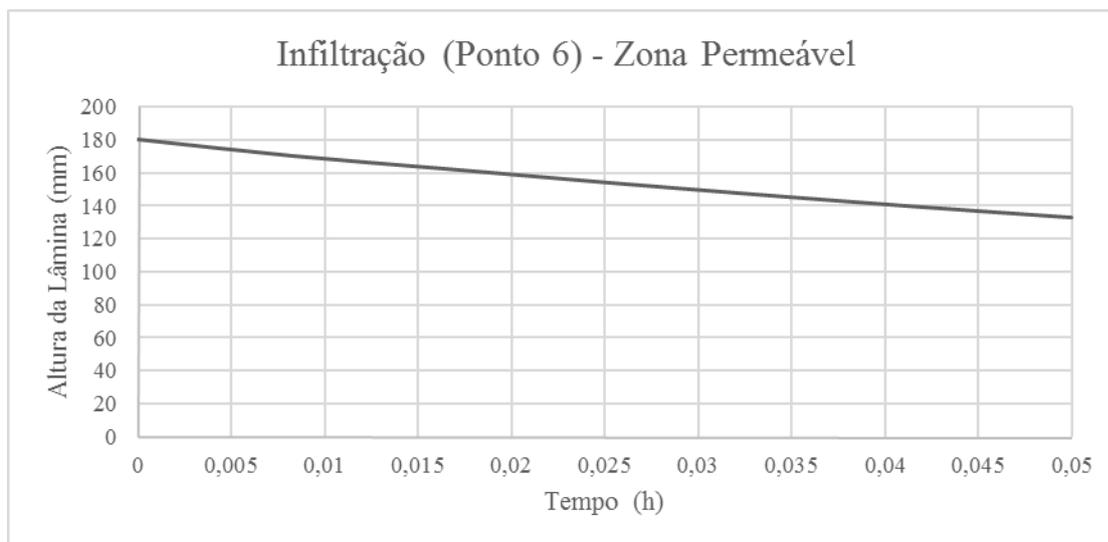
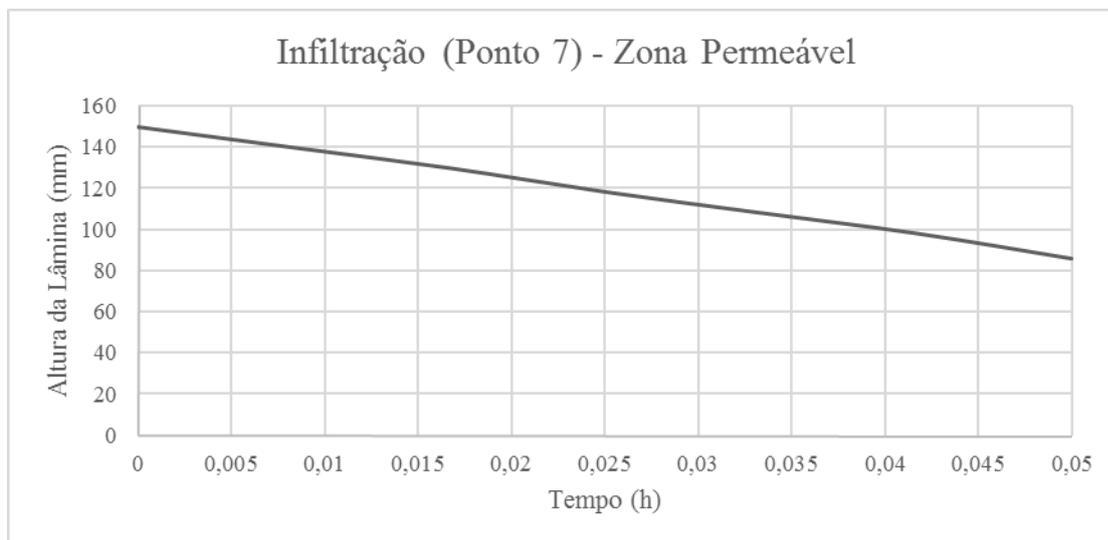


Figura 14: Valores do teste de infiltração no ponto 7, dentro da zona permeável. FONTE: Autores, 2014.



Diante dos experimentos chegou-se a resultados que expressam acentuadas diferenças de infiltração entre os diferentes usos do solo, sendo claro a facilidade da infiltração da água em solos que ainda preservam certa quantidade de vegetação nativa, o que acontece na zona permeável. Este fato é decorrente das influências que cada atividade humana exerce sobre o solo. Guerra e Botelho (1996) afirmam que certas formas de manejo do solo afetam seus atributos naturais ora de forma negativa, ora de forma positiva. Tricart (1977) e Guerra (2007) afirmam que a vegetação é um fator muito importante para manutenção do solo e conseqüentemente influencia de forma direta na infiltração de água. Esta afirmativa é observada na zona determinada como permeável, onde a taxa de infiltração foi elevada. Isto se deve ao fato da área possuir baixo nível de ocupação e pela presença da vegetação nativa. Neste ponto a recarga aquífera é elevada, levando-se em consideração as condições do uso de solo e da geologia do terreno. Entretanto esta capacidade de recarga pode ser diferente quando se leva em consideração a estação climática, pois como visto no gráfico da precipitação pluvial nos meses de dezembro a abril é o período que a intensidade de chuva é maior, e isto pode afetar a capacidade de infiltração, pois o solo pode saturar rapidamente e deixar de infiltrar, além do fato, como visto no perfil de sondagem, do nível d'água ser próximo à superfície e isso também contribuir para diminuir o volume de infiltração.

Ao se observar os gráficos da zona permeável, pôde ser constatado que não houve a saturação do solo, assim como condições de ocorrer à infiltração.

Os menores índices de infiltração foram obtidos na área da zona semipermeável, que possui menor proporção de vegetação (normalmente solo tipo gramínea). Além de a zona ter um maior nível de ocupação do solo, com edifícios e outras ocupações, resultando em maior grau de compactação e uma menor quantidade de infiltração de água.

A zona considerada permeável tem maior potencial de recarga do aquífero, pois possui maior capacidade de infiltração e possui maior área de ocupação, que dependendo da intensidade pluviométrica pode gerar um volume considerado de água que atinge o aquífero Barreiras.

O resultado de vulnerabilidade do aquífero Barreiras nas áreas selecionadas pelos autores na UFPA se deu do seguinte modo:

Figura 15: Resultados dos testes de vulnerabilidade pelo método GOD de acordo com perfis de poços dentro da UFPA. FONTE: Autores, 2014.

poço	solo areno argiloso (m)	solo arenoso (m)	areia fina (m)	areia muito fina (m)	areia média (m)	areia grossa (m)	areia argilosa (m)	areia conglomerática (m)	argila (m)	argila arenosa (m)	granito (m)	arenito médio (m)	O	G	D	Tipo de aquífero	Profundidades	GOD	Vulnerabilidade
P 01					12		7			9			0,56	0,4	0,9	3	3,3	0,20	Baixa
P 02	0,5		2		8		2,5		11				0,52	1	0,9	5	4,42	0,46	Média
P 03	0,5		7	2	37		15		56	54			0,50	1	0,8	5	8,4	0,40	Média

Para se obter os resultados apresentados na figura 15 foram tidos como base os perfis dos três poços que estão situados dentro da UFPA, esses perfis foram obtidos com a empresa responsável por suas perfurações, a empresa WS-GEOTECNIA LTDA.

Seguindo os passos designados pelo método chegou-se aos resultados que nos permitem concluir que o aquífero Barreiras está mediamente vulnerável nas áreas dos poços 2 e 3 e pouco vulnerável na área do poço 1, ou seja, sua probabilidade de contaminação dentro da área do campus é quase inexistente.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados acima expostos, fica claro que as áreas que possuem maior grau de ocupação do solo na UFPA, com o uso antropizado, influenciam de forma direta no processo de infiltração de água no solo e na vulnerabilidade do aquífero, quanto mais próximo das condições naturais estiver o solo, maiores são as taxas de infiltração apresentadas e menor o risco de contaminação e posterior inutilização do aquífero. Fica claro que as ocupações do solo influenciam de forma direta na recarga do aquífero que abastece a cidade universitária e podem causar sérios problemas a médio e longo prazos caso se tornem descontroladas e sem visar a preservação do meio ambiente em que estão inseridas, visto a grande expansão das edificações que estão ocorrendo.

RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que nas obras feitas no campus evitem ao máximo impermeabilizar as áreas onde estão inseridas, pois tal ação afetará consideravelmente a recarga do aquífero Barreiras, por outro lado evitará ao máximo o possível contágio por alguma substância ou desastre das águas desse lençol.

É importante ressaltar que quanto mais preservada a vegetação nativa de um local, melhor será aquele ambiente, pois ele estará em equilíbrio de acordo como a natureza o concebeu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Base de dados. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (SIAGAS).

2. DIAS, H. Centro de pesquisa do IGC alerta para contaminação de aquíferos paulistas. Disponível em: <<http://www5.usp.br/38710/centro-de-pesquisa-do-igc-alerta-para-contaminacao-de-aquiferos-nitrato/>>. Acesso em: 06 Dez. 2014.
3. FERREIRA, A.; HUNGRIA, F., et al. Vulnerabilidade natural do aquífero do município de Ourém com aplicação do método GOD. Belém, 2014.
4. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. SÍNTESE DE INFORMAÇÕES. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=150540&idtema=16&search=||s%EDntese-das-informa%E7%F5es>>. Acesso em: 06 Dez. 2014.
5. Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará. Indicadores de qualidade ambiental dos municípios da região de integração Rio Capim. Belém: IDESP, 2012. 44 p.
6. FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A. Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data. Lima: CEPIS/PAHO/WHO, 1988.
7. GUIGUER, N., KOHNKE, M. W. Métodos para determinação da vulnerabilidade de aquíferos. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 13p.
8. SANTOS, A. C. B, et al. Vulnerabilidade dos aquíferos do município de Irituia-PA: uma aplicação do método GOD. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/41d907eb17180b7a2c54613617830cd8_2d1d6923072978b9d9731f134cce02a0.pdf>. Acesso em 6 dez 201.