

MAPEAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM MACEIÓ - AL

Hamayne Júlia Chaves de Aragão Lisboa Amorim¹; Maxsuel Bomfim Luz Lopes²; Rafaella Karoliny Soares de Oliveira³ & Rosane Cunha Maia Nobre⁴

RESUMO - Este estudo propõe o mapeamento da distribuição das concentrações de nitrato, amônia e do índice de qualidade de águas subterrâneas (IQAS) aplicado ao aquífero da cidade de Maceió-AL. Técnicas de geoprocessamento e análise espacial foram utilizadas. Tendo em vista que grande parte da cidade é abastecida por mananciais subterrâneos, o estudo tem como principal objetivo auxiliar em tomadas de decisão para a garantia da qualidade da água na região. O cadastro de dados incluiu 1032 análises químicas disponibilizadas pela companhia de abastecimento de água da cidade (CASAL), coletadas em 130 poços tubulares ao longo de 31 anos (1979 a 2009). Os resultados proporcionaram a visualização de tendências espaciais e temporais da qualidade da água do aquífero freático da região, além da constatação de concentrações localizadas de nitrato e amônia acima dos limites legais.

ABSTRACT - This paper presents the evaluation of a groundwater quality index mapping based on nitrate and ammonia concentrations applied in an urban aquifer in the city of Maceió-AL. Geoprocessing techniques and spatial analysis were used. This proposed methodology is an important tool for managing water resources as the city uses groundwater to supply more than 60% of its water demands. The database included 1032 samples of chemical analysis provided by the water distribution company (CASAL), collected in 130 wells over 31 years (1979 to 2009). The calculated results allowed the visualization of spatial and temporal trends of water quality of the phreatic aquifer. It has been verified that concentrations of nitrate and ammonia levels were above the Brazilian legal limits at certain locations.

Palavras-chave: Geoprocessamento, qualidade das águas subterrâneas, nitrato.

¹ Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Alagoas, BR 104 km 97 s/n, 57072-970 Maceió-AL. E-mail: mynelisboa@gmail.com;

² Graduando em Engenharia de Agrimensura pela Universidade Federal de Alagoas, BR 104 km 97 s/n, 57072-970 Maceió-AL. E-mail: max_bomfim@yahoo.com.br;

³ Graduanda em Engenharia de Agrimensura pela Universidade Federal de Alagoas, BR 104 km 97 s/n, 57072-970 Maceió-AL. E-mail: rafaellakaroliny@hotmail.com

⁴ Doutora em Engenharia Civil (UFRJ, 2006); Professora adjunta da Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, BR 104 km 97 s/n, 57072-970 Maceió-AL. E-mail: rosanemaia@uol.com.br.

1- INTRODUÇÃO

A água é um bem de domínio público essencial à vida do qual todos têm direito ao livre acesso. É reconhecida como recurso natural limitado e dotado de valor.

A cidade de Maceió possui atualmente, grande parte de seu suprimento de água proveniente de mananciais subterrâneos, tendo em vista a escassez de águas de superfície de boa qualidade (Nobre, 2001).

Grande parte das águas subterrâneas possui partículas suspensas em pequenas quantidades praticamente isentas de matéria orgânica e bactérias. Estas contêm grande quantidade de minerais dissolvidos. Alguns desses são fundamentais à saúde, enquanto que outros podem comprometer o uso das águas do subsolo para diferentes finalidades, de acordo com suas quantidades de minerais dissolvidos (Nobre, 2003).

O nitrato, graças a sua alta mobilidade e estabilidade nos sistemas aeróbicos de águas subterrâneas, pode ser nocivo à saúde, que podem ser encontrados em meio aquoso (Foster, 1993).

Derivados do nitrogênio, o nitrato e o nitrito são substâncias químicas encontradas em baixas concentrações de forma natural na água e no subsolo. A deposição de matéria orgânica no solo, como acontece quando se utilizam fossas e sumidouros, pode aumentar drasticamente a quantidade de nitrogênio. Esse nitrogênio é biotransformado e transforma-se, por fim, na substância inorgânica denominada nitrato, caracterizado por possuir elevado grau de mobilidade no solo, alcançando o manancial subterrâneo e ali se depositando. Por possuir estas características, o nitrato se torna um bom indicativo para avaliar se um dado manancial subterrâneo está sendo contaminado pela atividade antrópica sobre ele exercida (Mello e Brasil, 1984).

Devem ser avaliadas, periodicamente, as características geoquímicas das águas subterrâneas, visando garantir seu padrão de qualidade e sua integridade, uma vez que são susceptíveis às várias alterações ambientais e impactos de origem antrópica (Nobre, 2002).

O tratamento analítico da água tem como objetivo principal determinar se as suas características são apropriadas para um determinado fim, como para o uso industrial, doméstico e agricultura. Para o uso doméstico, normalmente são adotados padrões mais criteriosos de potabilidade da água para o abastecimento, com critérios que compreendem proteção contra a contaminação por microorganismos patogênicos e compostos tóxicos à saúde humana (Nobre, 2006).

A avaliação dos resultados foi feita com base nos padrões de potabilidade estabelecidos na legislação federal atendendo a Portaria Nº 518/2004 do Ministério da Saúde e Resolução CONAMA nº 396/2008 (Brasil, 2004). Seguindo-se a Portaria e a Resolução, com relação aos

compostos de nitrogênio, o teor de nitrato, incluídos com máximo permissível de 10,0 mgN-NO₃/L, e de 1,5 mgN-NH₃/L de amônia baseado no art. 16 para potabilidade da água.

2- METODOLOGIA

A contaminação por nitratos em águas subterrâneas, originárias de esgoto doméstico ou agricultura, pode acarretar graves riscos à saúde pública. Segundo Lima et al. (2008) o íon nitrato (NO₃⁻) graças a sua elevada mobilidade pode ser facilmente removido das camadas superiores do solo para as águas subterrâneas. No organismo humano, o nitrato se converte em nitrito que, combina-se com a hemoglobina para formar metemoglobina, impedindo o transporte de oxigênio no sangue. Pode causar cianose intensa (metahemoglobinemia), e levar à morte principalmente em idosos, crianças muito pequenas e bebês (síndrome do bebê azul). O nitrato também atua produzindo nitrosaminas no estômago humano, que são substâncias consideradas cancerígenas.

Por meio da utilização de 1032 dados de análises químicas de águas subterrâneas, foram avaliadas as concentrações de nitrato e amônia, presentes nas águas de poços públicos de abastecimento, localizados em bairros da cidade de Maceió, compreendidas no período de 1979 a 2009, fornecidas pela CASAL (Companhia de Saneamento de Alagoas). Os 130 poços foram georeferenciados em base cartográfica digital da cidade de Maceió-AL, de maneira que tornou-se possível a visualização de sua disposição espacial. As análises foram separadas de acordo com os bairros a que estavam relacionadas e com a data da coleta de amostras de águas subterrâneas.

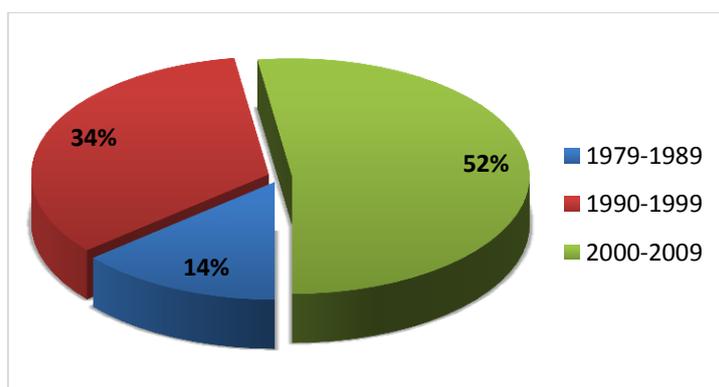


Figura 1 – Quantidade de análises químicas distribuídas por período

Para se ter uma melhor visualização e compreensão da disposição destas concentrações, as análises foram separadas em três períodos, compreendendo os intervalos de 1979 a 1989, 1990 a 1999 e 2000 a 2009. Foram selecionados os valores mais elevados de amônia e nitrato para cada bairro da cidade de Maceió em cada intervalo de tempo.

Com a distribuição das concentrações químicas de amônia e nitrato, pôde-se obter uma melhor caracterização destas águas, utilizadas para o abastecimento da população. Baseado nestas concentrações, tornou-se possível calcular o Índice de Qualidade das Águas Subterrâneas (IQAS) que trata-se de uma formulação matemática proposta por Melloul e Colin (1998). É uma adaptação das recomendações propostas no relatório da Organização Mundial da Saúde (World Health Organization - WHO, 1998), que consegue demonstrar a qualidade da água de modo simplificado. Ele utiliza-se da proporcionalidade dos componentes utilizados com seus padrões de qualidade.

Segundo Andrade *et al.* (2005), a influência da atividade antropogênica na qualidade das águas superficiais e subterrâneas foi quantificada por Melloul e Colin (1998) e Mendiguchía *et al.* (2004) entre outros, pelo emprego de índice de qualidade de água.

Para relacionar os padrões de qualidade, cada parâmetro P_i (valor registrado em análise da coordenada i , representando a quantidade de amônia e nitrato em mg/L) será relacionado ao seu padrão de potabilidade P_{id} . Cada valor relativo será dado por

$$X_i = P_i/P_{id} \quad (1)$$

Para adequar o parâmetro X_i numa escala de 1 a 10, Melloul e Colin (1998) propuseram a utilização de um parâmetro auxiliar Y_i , para cada parâmetro i , através da função parabólica descrita por

$$Y_i = -0,712X_i^2 + 5,228X_i + 0,484 \quad (2)$$

Onde Y_i mínimo (=1) é relativo a um X_i igual a 0,1 e Y_i máximo (=10) é relativo a um X_i igual a 3,5, ou seja, um valor 3,5 vezes maior que o seu padrão de qualidade. Através de experimentos numéricos foi possível notar que este método é válido para valores até 3,7 vezes maiores que o padrão, portanto, para validar este método foi necessário fazer algumas adaptações nos valores dos parâmetros. Quando o mesmo excedia esta margem de validade, era considerado como a multiplicação do padrão por 3,7. O índice de qualidade da água pode ser aplicado a n parâmetros, para tanto, deve ser utilizada a equação a seguir:

$$IQAS = \frac{10}{n} [\sum_{i=1}^n (W_{ri} \cdot Y_{ri})] \quad (3)$$

Onde n é o número de parâmetros envolvidos ($i = 1, \dots, n$). O fator de peso W_{ri} é o valor relativo de $W_i/W_{máx}$, onde W_i é o peso atribuído para certo parâmetro e $W_{máx}$ é o peso máximo possível. Este peso significa a importância relativa deste parâmetro no sistema em termos de impacto, toxicidade e recalcitrância do composto. O fator Y_{ri} é igual a um valor relativo $Y_i/Y_{máx}$, onde $Y_{máx}$ é o valor máximo atribuído ao parâmetro Y .

Considerando os parâmetros nitrato (NO_3) e amônia (NH_3), para estimativa preliminar da qualidade das águas subterrâneas, a equação anterior se reduz a

$$IQAS = 5 \left[W_{r_{NO_3}} \cdot Y_{r_{NO_3}} + W_{r_{NH_3}} \cdot Y_{r_{NH_3}} \right] \quad (4)$$

Considerando $W_{m\acute{a}x} = 2$, $Y_{m\acute{a}x} = 10$, $P_d (NO_3) = 10$ mg/L, $P_d (NH_3) = 1,5$ mg/L, $W_{(NO_3)} = 1$, e $W_{(NH_3)} = 1$, teremos $W_{r_{(NO_3)}}$ igual a 0,5 e $W_{r_{(NH_3)}}$ igual a 0,5. A equao anterior se reduz a

$$IQAS = 0,25 \left[Y_{d_{NO_3}} + Y_{d_{NH_3}} \right] \quad (5)$$

Nesta fórmula, foram atribuídos pesos iguais para o nitrato e a amônia, visto que ambos causam impactos semelhantes na qualidade da água potável. Conforme os padrões e pesos atribuídos específicos a este trabalho, verificou-se que valores de IQAS iguais ou superiores a 2,48 significam que os valores de nitrato e/ou nitrato são iguais ou superiores aos seus respectivos padrões de qualidade.

3- RESULTADOS

As concentraoes de cada substância química devem atender a limites estabelecidos. De acordo com a portaria 518 do Ministério da Saúde, o padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco  saúde, deve ser equivalente a no máximo 10 mg/l N para o nitrato, e 1,5 mg/l N para a amônia.

A partir da análise da distribução das concentraoes, foi possível identificar regiões onde os padrões de potabilidade superam os aceitáveis nos períodos analisados, merecendo destaque os intervalos de 1990 a 1999 para o nitrato, nos bairros do Tabuleiro dos Martins, Bebedouro, Farol, Jacintinho, Barro Duro, Pintanguinha, Pajuara, Pescaria e de 2000 a 2009 para amônia, nos bairros do Tabuleiro dos Martins, Serraria, Jacintinho e alguns outros onde as concentraoes mostram-se bastante significativas.

Com a utilizao do software Arc View 3.2 foram confeccionados os mapeamentos das concentraoes, de acordo com a Figura 2:

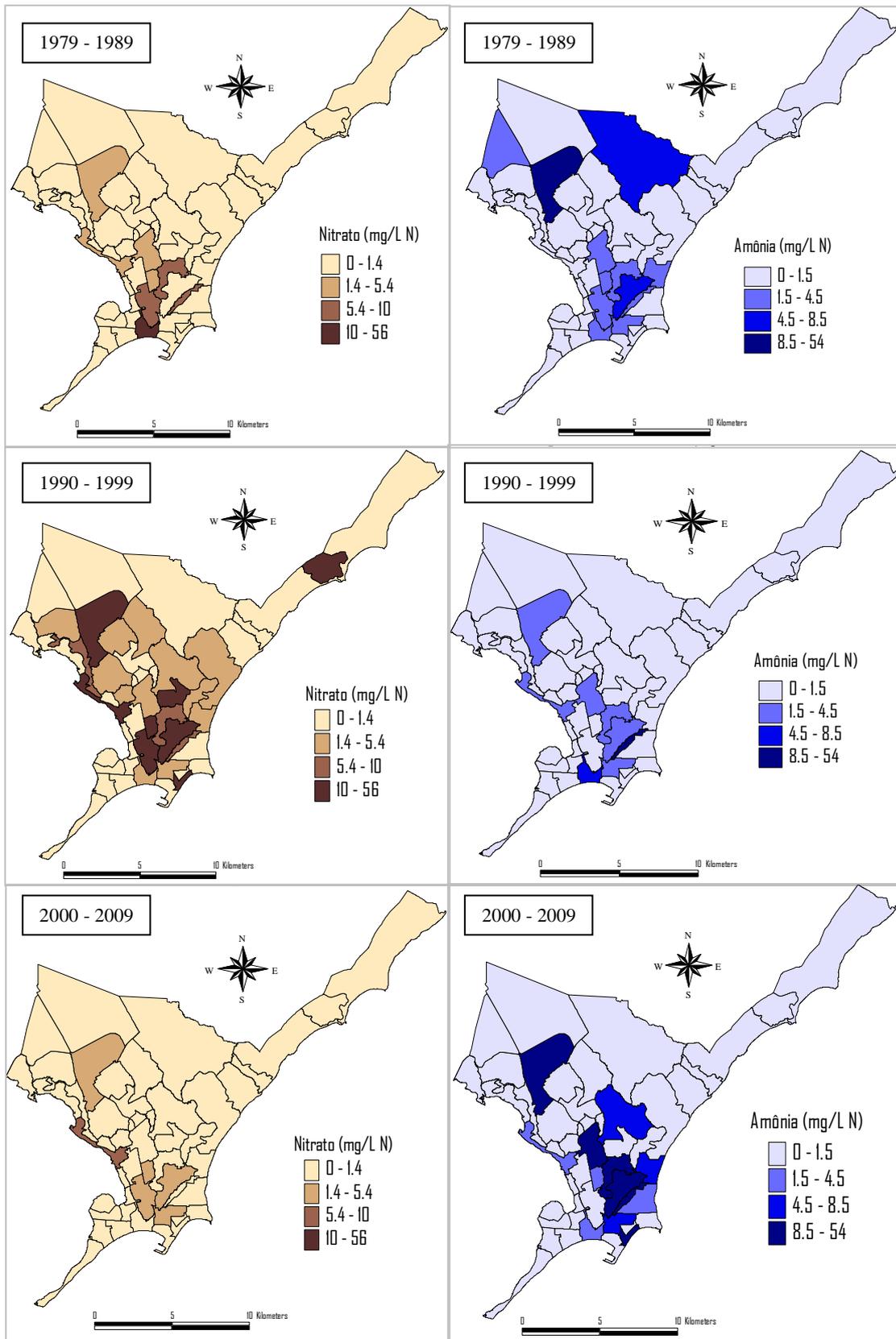


Figura 2 – Concentrações máximas em nitrato e amônia de águas subterrâneas para Maceió-AL, referente aos anos de 1979 a 1989, 1990 a 1999 e 2000 a 2009.

Com alguns bairros apresentando concentrações elevadas de amônia e nitrato, tornou-se necessário avaliar o índice de qualidade de água subterrânea (IQAS). Foram utilizados os valores mais elevados dos parâmetros selecionados, de acordo com as análises das águas dos poços de abastecimento, referente a cada bairro de Maceió, para os três períodos em estudo (1979 a 1989, de 1990 a 1999, e de 2000 a 2009). O mapeamento do IQAS para estes intervalos foram realizados utilizando o software Arc View 3.2, de acordo com as Figuras 3 a 5.

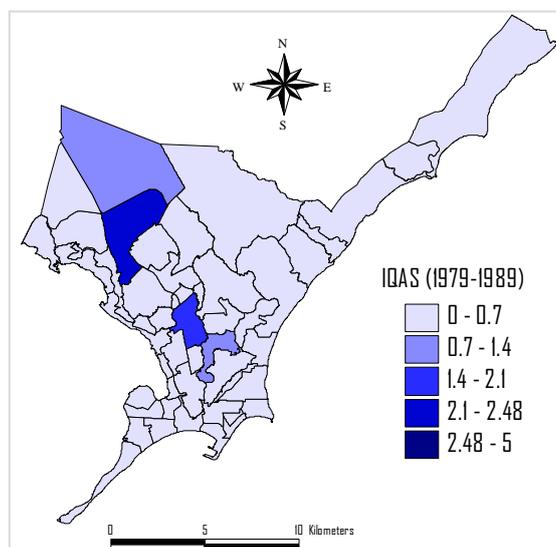


Figura 3 – Índice de qualidade de águas subterrâneas entre 1979 e 1989

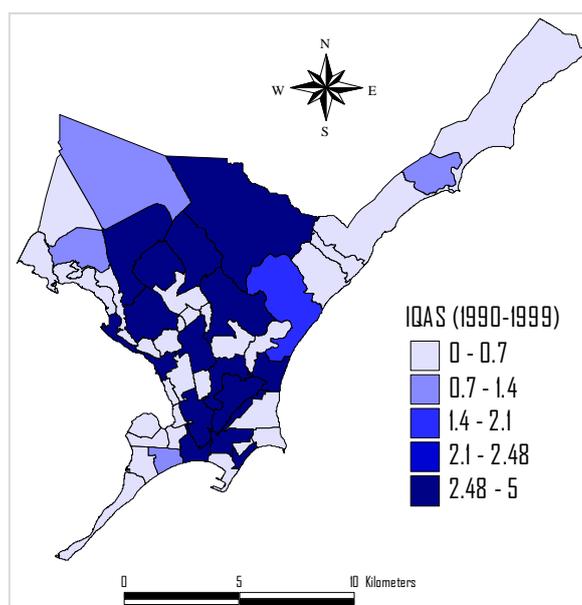


Figura 4 - Índice de qualidade de águas subterrâneas entre 1990 e 1999

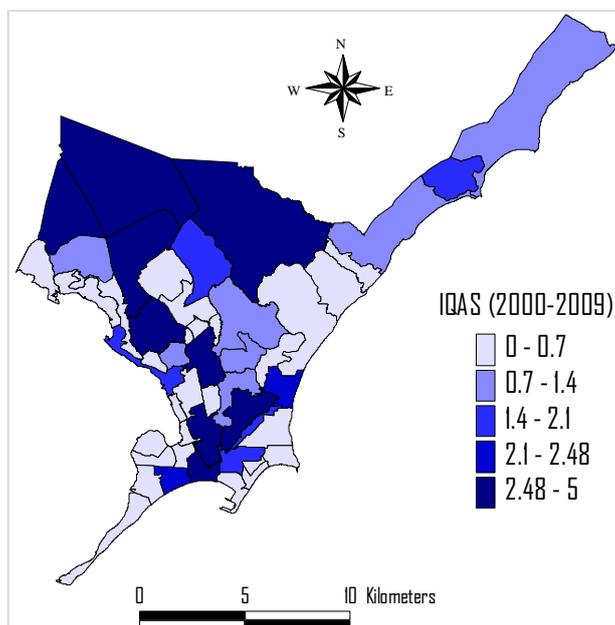


Figura 5 - Índice de qualidade de águas subterrâneas entre 2000 e 2009

De acordo com a análise dos mapas gerados, torna-se possível constatar a existência de localidades onde o padrão de qualidade atinge o valor limite. Nos mapeamentos para os períodos compreendidos de 1990 a 1999 e 2000 a 2009, vários bairros apresentam valores iguais ou superiores a 2,48.

4- CONCLUSÃO

O tratamento de análises de qualidade de água, bem como o uso do geoprocessamento para obtenção de mapeamentos que facilitam a visualização dos dados, é indispensável na área de recursos hídricos.

Para obter um diagnóstico da qualidade destas águas subterrâneas, tornou-se necessário avaliar o IQAS (Índice de Qualidade de Água Subterrânea), utilizando-se múltiplos compostos. Constatou-se que alguns bairros possuem valores de IQAS que ultrapassam os limites aceitáveis, bem como concentrações elevadas de amônia e nitrato no decorrer dos 31 anos estudados podendo comprometer a saúde pública da população que é prioritariamente abastecida por estas águas.

Com a verificação da ocorrência de quantidades elevadas de concentrações de amônia, nitrato e do IQAS, presentes em águas captadas de alguns poços públicos utilizados para o abastecimento em Maceió-AL, podem ser adotadas medidas preventivas para evitar impactos ambientais decorrentes de ações antrópicas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento, pela bolsa de iniciação científica fornecida a 1ª autora (PIBIC), e a CASAL pelas informações fornecidas referentes a análises da qualidade das águas subterrâneas.

BIBLIOGRAFIA

- ANDRADE, E. M.; PALACIO, H. A. Q.; CRISOSTOMO, L. A.; SOUZA, I. H.; TEIXEIRA, A. S. (2005). “Índice de qualidade de água, uma proposta para o vale do rio Trussu, Ceará”. Revista Ciência Agronômica, Vol. 36, N 2, 8 p.
- BRASIL – MINISTÉRIO DA SAÚDE (2004). “Portaria no. 518”. Serviço de Vigilância Sanitária. Distrito Federal: Brasília.
- FOSTER, S. (1993). “Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes”. Instituto Geológico, São Paulo.
- LIMA, J. C.; PEDROSA, V. A.; ROCHA, W. J. S. (2008). “Avaliação da concentração de nitrato nas águas subterrâneas no bairro do Farol, em Maceió-Alagoas.” IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste.
- MELLO, F. A. F.; BRASIL, S. (1984). “Fertilidade do solo”. São Paulo: Ed. Distribuidora.
- MELLOUL, A.J.; 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.
- MENDIGUCHÍA, C.; MORENO, C.; GALINDO-RIANO, M.D.; GARCÍA-VARGAS, M. (2004). “Using chemometric tools to assess antropogenic effects in river water a case study: Guadalquivir river (Spain)”. Analytica Chimica Acta, Amsterdam, v.515, p.143-9, april, 2004.
- NOBRE, R. C. M. (2006). “Avaliação de risco para o uso e proteção de aquíferos. Estudo de caso: Região Metropolitana de Maceió-AL”. Tese de Doutorado, Dpt. Eng. Civil, COPPE/UFRJ, 296p.
- NOBRE, R. C. M.; NOBRE, M. M. M. (2001). “Caracterização hidrogeológica para o uso racional e proteção dos mananciais subterrâneos em Maceió”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 6(1): 7-20.
- NOBRE, R. C. M.; NOBRE, M. M. M.; PEREIRA, P. A.; PAIVA, R. P. O. (2002). “Zoneamento e proteção de aquíferos em Maceió-AL.” in Anais do VI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Maceió, Dez. 2002, 16 p.
- WHO - World Health Organization. (1998). “Guidelines for drinking water quality”. Volume 2, Second Edition, Health Criteria and Other Supporting Information (WHO/EOS/98.1). Geneva: World Health Organization.