



## AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO GRANDE MAPUTO

Lucas TAMELE Jr.<sup>1</sup>, Dinis JUIZO<sup>2</sup>, Fátima MUSSÁ<sup>2</sup>, Paulino MUTETO<sup>1</sup>

1. Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de ciências, [tamelejrucas@gmail.com](mailto:tamelejrucas@gmail.com)
  1. Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de ciências, [paulino.muteto@gmail.com](mailto:paulino.muteto@gmail.com)
  2. Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de engenharias, [juizo@hotmail.com](mailto:juizo@hotmail.com)
2. Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de engenharias, [fatima\\_mussa@live.com](mailto:fatima_mussa@live.com)

### RESUMO

O aumento da demanda e escassez da água nas fontes superficiais devido ao crescimento populacional, bem como a rápida expansão geográfica da zona urbana sem o devido acompanhamento pelo sistema formal de abastecimento de água, levou à exploração das fontes de águas subterrâneas por um grande número de operadores privados. Contudo o aquífero do Grande Maputo é propenso à poluição por actividades antropogénicas e naturais por ser localizado nas proximidades do mar. O presente trabalho tem como objectivo avaliar as influências das actividades antropogénicas e naturais e a pressão exercida pela exploração de águas na qualidade das águas subterrâneas da área de estudo com base na recolha e análise de dados de qualidade de água do aquífero explorado. Foram realizadas duas campanhas de amostragem para a obtenção de dados de qualidade de água. A primeira campanha de amostragem foi realizada em 10 furos de observação da ARA-Sul (Pz) e a segunda em 4 furos de operadores privados (FEUI). As análises dos parâmetros de qualidade das águas foram realizadas “*in situ*”, e em dois laboratórios nomeadamente o LNHA e no AdeM. No total foram determinados 25 parâmetros físico-químicos e 4 microbiológicos. Os resultados deste estudo mostraram que todas as amostras apresentaram pelo menos um parâmetro acima dos valores máximos admissíveis estabelecidos pelo diploma ministerial nº. 180/2004 de 15 de setembro da MISAU. Notou-se também que até ao momento as actividades industriais não contaminam significativamente as águas subterrâneas da área de estudo. A contaminação das águas subterrâneas por  $\text{NO}_3^-$ , em todas as amostras com o código de designação “FEUI”, é provavelmente proveniente dos sistemas sépticos e das actividades agrícolas. Foram detectados coliformes totais nos furos FEUI-61 e FEUI-92, 2 e 3 coliformes/100 mL, respectivamente, provenientes do sistema de saneamento “*in situ*”. A dissolução de minerais constituintes das formações geológicas da área tem afectado a qualidade das águas analisadas. Todas as amostras apresentaram teores de Fe e Mn acima do valor máximo admissível. Os furos Pz-03 (0.31 mg/L) e Pz-04 (0.21 mg/L) apresentam teores de Al total acima do valor máximo admissível. Os furos Pz-02, Pz-12 e Pz-17 (CE 3250.00, 4197.00 e 5999.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) foram considerados os mais vulneráveis à contaminação devido à intrusão salina. No geral este estudo revela que o aquífero de Maputo possui água de boa qualidade para os fins de consumo humano, entretanto há necessidade de tomada de medidas locais de proteção das fontes de água em particular evitando-se a construção de furos muito próximos de sistemas locais de saneamento bem como a adopção de medidas de preventivas quando se recorre a água fornecida pelos operadores privados de água através de adição local de cloro.

**Palavras-Chave:** águas subterrâneas; Grande Maputo; actividades naturais e antropogénicas.

### 1. INTRODUÇÃO

A água doce é um dos recursos naturais mais preciosos e a sua falta é uma das principais causas de subdesenvolvimento. As doenças relacionadas com o consumo de água doce poluída são das maiores causas de morte da população (cerca de 27,000 mortes por dia) nos países subdesenvolvidos do mundo (Muiwane, 2005). A água é um recurso finito e escasso pois somente  $1.07 \times 10^5 \text{ km}^3$ , ou seja, aproximadamente 0.80 % do total de água doce aonde está disponível é utilizado pelo homem (Tundisi, 2003). A maior parte desta água encontra-se no subsolo compreendendo cerca de 97 % de água doce do planeta (Millon, 2004; Muiwane, 2005). Geralmente,



# 14.º SILUSBA

o uso de águas subterrâneas traz grandes benefícios económicos devido à disponibilidade local, confiabilidade elevada em época de seca e boa qualidade que exige tratamento mínimo (Foster & Chilton, 2003).

Em países como Arábia Saudita, Dinamarca e Malta utiliza-se exclusivamente águas subterrâneas para todo o abastecimento humano enquanto na Alemanha, Áustria, Bélgica, França, Hungria, Holanda, Itália, Marrocos, Rússia e Suíça, a demanda de água subterrânea varia de 70-90 % (Ferreira *et al.*, 2007). Em função dessa crescente demanda, as águas subterrâneas estão sob forte pressão. A super-exploração, ou seja, a extracção de água em volume maior do que a quantidade de recarga natural, pode provocar a redução da quantidade de água que chega aos rios, a seca de nascentes, o esgotamento dos reservatórios, entre tantos outros impactos negativos (Ferreira *et al.*, 2007; Gun, 2012).

A qualidade e quantidade das águas subterrâneas não são apenas afectadas pela super-exploração, mas também pela poluição das mesmas. A poluição pode ocorrer devido a práticas agrícolas, fossas sépticas, infiltração de efluentes industriais, fugas da rede de esgoto e galerias de águas pluviais, poluição por água salina proveniente do mar em aquíferos costeiros, por aterros sanitários, lixeiras entre outros (Pereira, 2004; Gun, 2012). Em muitas zonas urbanas de Moçambique as águas subterrâneas são uma importante fonte de água para o uso doméstico devido à baixa taxa de precipitação e clima árido e nestas zonas, como na cidade de Maputo, o mau sistema de saneamento, a falta de infraestruturas de abastecimento de água, a perfuração desordenada de furos e sem seguir as regras básicas de posicionamento, as profundidades de perfuração têm elevado o potencial de degradação da qualidade das águas subterrâneas (Muiuane, 2005).

## 2. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

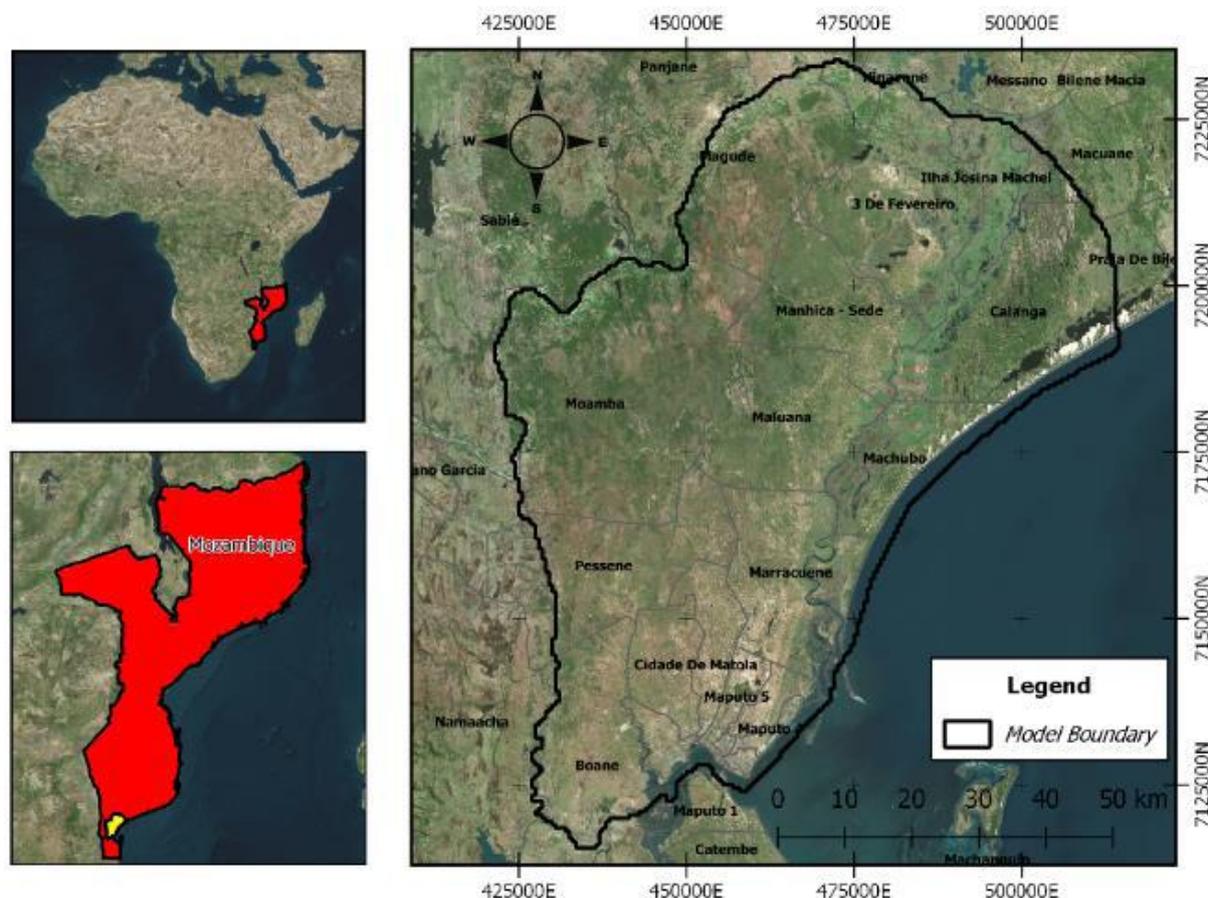
O aquífero do Grande Maputo situa-se na região sul de Moçambique e abarca partes dos Múncípios da Cidade de Maputo, Cidade da Matola, Distrito de Boane e Distrito de Marracuene. A zona de estudo tem registo um rápido crescimento da população e expansão para novas áreas peri-urbanas onde se nota uma fraca infraestruturização e ausência de serviços formais de abastecimento de água. Para suprir as necessidades crescentes da população bem alcançar as populações localizadas cada vez mais longe da rede formal tem havido um crescimento de abertura de furos de água por investidores privados que operam esses sistemas muitas vezes sem a devida formalização. O surgimento de novos operadores de água nas zonas de expansão da cidade tem preocupado as autoridades de gestão de água devido a ausência de coordenação e orientação sobre a forma apropriada de captação de água subterrânea.

Na área de estudo as águas subterrâneas são exploradas no sistema aquífero sedimentar formado pelos sedimentos Tércio - Quaternários. O substrato do aquífero é formado pela camada de marga argilosa a argila cinzenta. Regionalmente, distinguem-se duas unidades aquíferas. O Aquífero Superior, de natureza livre formada pelas areias finas a grosseiras a pouco argilosa das dunas interiores e o Aquífero Inferior, constituído por arenitos e arenitos calcários. Os dois aquíferos são separados por uma camada semi-impermeável de areias argilosas. Localmente, a ausência contínua da camada semi-impermeável (areias argilosas), entre as areias finas a grosseira e os arenitos, faz com que a circulação das águas destes dois sectores se ligue, sem descontinuidade. Existem lugares onde as areias grosseiras assentam directamente sobre a camada de argila, desenvolvendo condições de semi-confinamento. O nível de água dos poços rasos varia nesta área entre 1.5 e 9.3 m de profundidade, com uma média de 3.8 m (Muchimbane, 2010). Na área de estudo actualmente existem 1 238 furos de captação. Segundo Trasviña (2018) as taxas de abstracção apresentaram variação entre 1 a 1 450 m<sup>3</sup>/d. De um total de 735 furos analisados 52.10 % dos furos, têm taxas de 0-50 m<sup>3</sup>/d, 34.29 % taxas de 50-150 m<sup>3</sup>/d, 9.25 % taxas de 150-300 m<sup>3</sup>/d, 3.54 % taxas de 300-600 m<sup>3</sup>/d, 0.41 % taxas de 600-1000 m<sup>3</sup>/d e 0.41 % taxas de 1000-1500. 86.39 % dos poços apresentam taxas de abstracção baixas a muito baixas, no entanto, essas abstracções baixas representam cerca de 50 % do total de abstracções.

## 3. METODOLOGIA

Para o presente trabalho foram colectadas 14 amostras sendo 04 em furos de operadores privados (designadas amostras FEUI) e 10 em furos de observação da ARA-Sul (designadas Amostras Pz). As amostras de águas subterrâneas foram colectadas em Muntanhana (Pz-02), Pazimane (Pz-03), Matalane (Pz-04), Maluana (Pz-05), Chechene (Pz-09), Matilde (Pz-10), Banhele (Pz-12), Nhavambe (Pz-17), Calanga (Pz-19), Camunguine (Pz-22), Machava-sede (FEUI-04), Zona Verde (FEUI-08), Maxaquene D (FEUI-61) e Jorge Dimitrov (FEUI-92), todas na província de Maputo. As amostras foram analisadas “*in situ*” e em 2 laboratórios, nomeadamente no Laboratório Nacional de Higiene de Águas e Alimentos, LNHA, e no Laboratório de Controle de Qualidade

das Águas da Região de Maputo, AdeM, com o emprego dos procedimentos descritos no manual do LNHA (1997). A Figura 6 mostra a delimitação da área de estudo que compreende a área do grande Maputo.



**Figura 1:** Delineação da área de estudo. **Fonte:** Trasviña (2018).

#### 4. RESULTADOS

A intrusão salina tem afectado a qualidade das águas, principalmente, notando-se que os furos Pz-02, Pz-12 e Pz-17 apresentaram valores acima dos valores máximos admissíveis pelas normas MISAU (2004) para CE (3250.00, 4197.00 e 5999.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente), TDS (2000.00, 2798.00 e 3999.33 mg/L, respectivamente) e  $\text{Na}^+$  (750.00, 766.67 e 706.67 mg/L, respectivamente). A principal fonte de salinidade das águas do ponto Pz-02 é intrusão lateral da água do oceano Índico (Weert *et al.*, 2009) e dos pontos Pz-12 e Pz-17 é água subterrânea salina fossilizada (Trasviña, 2018). Os valores máximos admissíveis pelas normas do MISAU (2004) para CE, TDS e  $\text{Na}^+$  são 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 1000 e 200 mg/L, respectivamente.

As águas subterrâneas dos furos Pz-03, Pz-04, Pz-05, Pz-09, Pz-10 e Pz-19 podem ser classificadas como águas moles por possuir dureza total menor que 100 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , os furos Pz-22, FEUI-04, FEUI-08, FEUI-61 como águas moderadamente duras (100-200 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ), FEUI-92 como água dura (200-350 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ) e Pz-02, Pz-12 e Pz-17 como águas excessivamente duras (> 350 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ).

A dissolução de minerais constituintes das formações geológicas da área estudada tem afectado a qualidade das águas, assim todas as amostras apresentaram teores de Fe e Mn acima dos valores máximos admissíveis pelas normas MISAU (2004). Os furos Pz-03 (0.31 mg/L) e Pz-04 (0.21 mg/L) apresentaram teores de Al total acima do valor máximo admissível (0.2 mg/L).

Não foram detectadas interferências das actividades industriais na qualidade das águas subterrâneas nas regiões estudadas. Os resultados apontam para contaminação das águas subterrâneas por  $\text{NO}_3^-$  nos bairros Maxaquene D (100 mg/L), Jorge Dimitrov (100 mg/L), Machava Sede (100 mg/L) e Zona Verde (250 mg/L). Os teores de  $\text{NO}_3^-$  nestas zonas esta acima do valor máximo admissível (50 mg/L). Segundo Muiwane (2005) a potencial

fonte destes níveis elevados do teor de  $\text{NO}_3^-$  pode ser o escoamento agrícola, lixeiras, contaminação com resíduos de animais utilizados para a prática de agricultura de subsistência realizada pelas comunidades locais e contaminação com dejectos humanos.

Foram detectados coliformes totais nos furos FEUI-61 e FEUI-92, 2 e 3 coliformes/100 mL, respectivamente. A principal fonte desses coliformes nas águas subterrâneas é o sistema de saneamento “*in situ*” utilizado pelas comunidades residentes nos bairros Maxaquene D e Jorge Dimitrov. Muiuane (2005) e Muchimbane (2010) afirmam que a falta de saneamento básico é a principal fonte de contaminação das águas subterrâneas por coliformes fecais e totais e *E. coli* nas áreas urbanas e peri-urbanas da cidade de Maputo.

## 5. CONCLUSÕES

O aquífero da área estudada é vulnerável à contaminação, em função do seu carácter freático, tipo de formações geológicas (areias grossa, fina e arenitos), intrusão salina de água fossilizada e do mar, actividades agrícolas e sistemas sépticos e alta densidade populacional.

Relativamente à avaliação da qualidade da água para o consumo humano, nenhum dos furos apresentou todos os parâmetros dentro dos limites máximos admissíveis pelo MISAU. Assim pode-se concluir que as águas dos furos estudados não deviam ser consumidas por apresentarem um risco à saúde humana. Não foram detectadas interferências das actividades industriais na qualidade das águas subterrâneas nas regiões estudadas. Os resultados apontam para contaminação das águas subterrâneas por  $\text{NO}_3^-$  nos bairros Maxaquene D (100 mg/L), Jorge Dimitrov (100 mg/L), Machava Sede (100 mg/L) e Zona Verde (250 mg/L) provenientes dos sistemas sépticos e actividades agrícolas. A intrusão salina tem afectado significativamente a qualidade das águas, principalmente, a dos furos Pz-02, Pz-12 e Pz-17 que apresentaram valores acima dos valores máximos admissíveis pelas normas MISAU (2004) para os parâmetros CE, TDS,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{Na}^+$ . A principal fonte de salinidade das águas do furo Pz-02 é intrusão lateral da água do oceano Índico e dos furos Pz-12 e Pz-17 é a água subterrânea salina fossilizada. A dissolução de minerais constituintes das formações geológicas da área estudada tem afectado a qualidade das águas analisadas, todas as amostras apresentaram teores Fe e Mn acima do valor máximo admissível. Os furos Pz-03 e Pz-04 apresentam teores de Al total acima do valor máximo admissível.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Projecto SALINPROVE pela a oportunidade de participar no projecto de investigação, aos Sr Leovigildo e Sr Luís Senisse pelo apoio durante os trabalhos de campo e à Sra Maria das Dores pela disponibilização dos materiais de trabalho de campo. A toda a equipa do Laboratório de controlo de Qualidade da Águas da Região de Maputo pela colaboração, profissionalismo, ajuda e apoio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ferreira, A. N. P., Lima, C. F., Cardoso, F. B. F. & Kettelhut, J. T. (2007). *Águas subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido*. Ministério do Meio Ambiente. Brasília. 7-10pp.
- Foster, S. S. D. & Chilton, P. J. (2003). Groundwater: the processes and global significance of aquifer degradation. *The Royal Society*, **358**: 1957–1972.
- Gun, J., Van der (2012). *Groundwater and global change: trends, opportunities and challenges*. United Nations World Water Assessment Programme. France. 20-22pp.
- Millon, M. M. B. (2004). *Águas Subterrâneas e Política de Recursos Hídricos. Estudo de Caso: Campeche*. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC. Florianópolis - SC. 101pp.
- Muchimbane, A. B. D. A. (2010). *Estudo dos Indicadores de Contaminação das Águas Subterrâneas por Sistemas de Saneamento “in Situ” - Distrito Urbano 4, Cidade de Maputo, Moçambique*. Dissertação de mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo. 144pp.



Trasviña, J. A. C. (2018). *Assessing saltwater intrusion in the Great Maputo aquifer under natural conditions and human pressure with numerical models*. Master in science thesis, UNESCO-IHE Institute for Water Education. Delft.

Tundisi, J. G. (2003). Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. *Ciência E Cultura*, **55**(4): 31–33.

Weert, F. Van, Gun, J. D. van & Reckman, J. (2009). *Global Overview of Saline Groundwater Occurrence and Genesis By, (July)*. International groundwater resources assessment centre. Netherlands.

#### **LEGISLAÇÃO**

Boletim da república. (2004). Decreto-lei nº 180/2004 de 15 de Setembro - *Regulamento sobre a Qualidade da Água para o Consumo Humano*. Imprensa pública de Moçambique. Maputo.

#### **REFERÊNCIAS INTERNET**

Muiuane, E. (2005). *The Quality of Groundwater in and around Maputo city, Mozambique*. Department of Geology, Eduardo Mondlane University. Acedido em: 26, Julho, 2017 em: <http://www.waternetonline.ihe.nl/downloads/uploads/symposium/zambia-2007/water%20and%20Society/Muiuane.pdf>

Pereira, R. S. (2004). Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. *Revista Electrónica de Recursos Hídricos*, **1**(1):20-36. Acedido em 29, Julho, 2017 em: <http://www.abrh.org.br/informacoes/rerh.pdf>