

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA CIDADE DE CANDEIAS (BA): UM ENFOQUE PARA AS CONDIÇÕES SANITÁRIAS

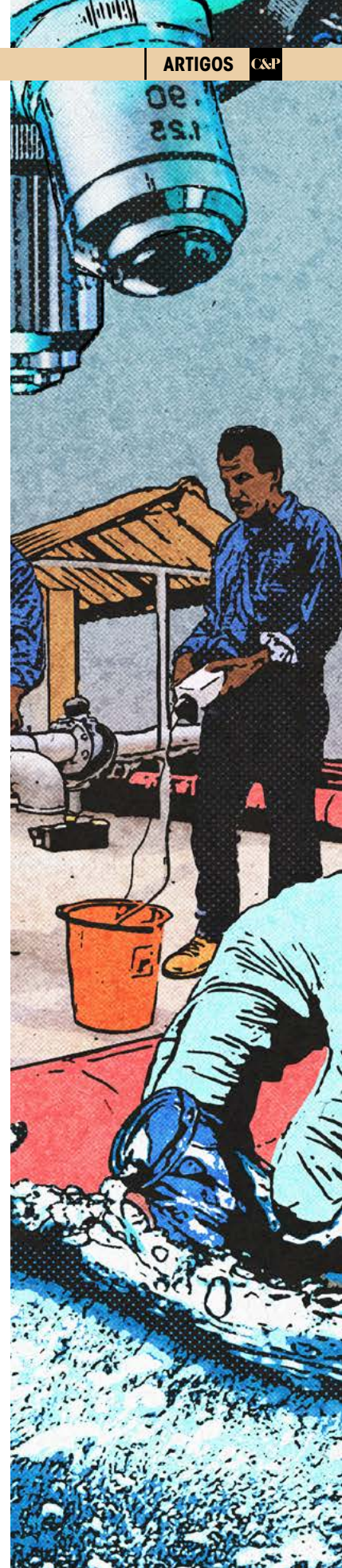
Milton Santos Cardoso Filho
Graduado em Engenharia Ambiental e
Sanitária, pela Universidade Salvador
(Unifacs) e mestrando em Geoquímica:
Petróleo e Meio Ambiente, pela
Universidade Federal da Bahia (UFBA).
cardosomilton@gmail.com

Raiany Sandhy Souza Santos
Graduada em Engenharia Ambiental
e Sanitária e mestranda em
Desenvolvimento Regional e Urbano,
pela Universidade Salvador (Unifacs).
raianysantos_2@hotmail.com

Ícaro Thiago Andrade Moreira
Doutor em Geologia Ambiental,
Hidrogeologia e Recursos Hídricos e
mestre em Geoquímica: Petróleo e Meio
Ambiente, pela Universidade Federal da
Bahia (UFBA). Pesquisador e colaborador do
Programa de Pós-graduação em Energia,
e do Programa em Desenvolvimento
Regional e Urbano da Universidade Salvador
(Unifacs). icaro.moreira@unifacs.br

Anderson Gomes de Oliveira
Mestre em Geografia, pela Universidade
Federal da Bahia (UFBA) e doutorando
em Geografia, pela Universidade de
Santiago de Compostela (USC). Professor
adjunto na Universidade Salvador
(Unifacs). anderson.gomes@unifacs.br

COM O RÁPIDO desenvolvimento urbano, a demanda por recursos alimentares e hídricos aumentou consideravelmente. Por esta razão, a exploração das águas subterrâneas tornou-se uma alternativa para atender à demanda por água potável e não potável. Devido à rápida expansão urbana, as águas superficiais e subterrâneas vêm apresentando uma variabilidade de poluentes orgânicos e inorgânicos provenientes de atividades antropogênicas (TRAN; GIN; NGO, 2015; FLETCHER, 2008).



A urbanização iniciou-se por volta da década de 1940 com a descoberta do petróleo e com a emancipação do distrito em 14 de agosto de 1958

A água subterrânea desempenha um papel importante para o desenvolvimento econômico e a diversidade ecológica, mas a má gestão e a superexploração desse recurso têm contribuído para sua degradação (JHA et al., 2006; HUAA et al., 2015). Em todo o mundo estima-se que cerca de 10% de todas as doenças poderiam ser evitadas com melhorias relacionadas à água potável, ao saneamento e à gestão dos recursos hídricos (PRÜSS-USTIN, 2008).

Um terço da população global é dependente da utilização das águas subterrâneas para abastecimento (BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE, 2008). Futuramente um dos maiores desafios será assegurar o fornecimento adequado e acessível de água doce para a população, visto que fatores como rápida expansão do desenvolvimento urbano e periurbano, retirada das águas subterrâneas a taxas não renováveis e mudanças climáticas têm causado alterações na qualidade dessas águas. Por conta desses fatores, uma abordagem política-científica se faz necessária a fim de garantir a qualidade dessas águas para uso futuro (KUMAR, 2015).

A cidade de Candeias (BA) fica localizada a 45 km da capital, Salvador, e faz fronteira também com os municípios baianos de São Francisco do Conde, Simões Filho, Camaçari e São Sebastião do Passé, além de margear a Baía de Todos os Santos (BTS). Com área total de 258,4 km² e densidade demográfica de 343,7 população/km², Candeias concentra 91,4% de sua população em áreas urbanas (SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA, 2016).

A urbanização iniciou-se por volta da década de 1940 com a descoberta do petróleo e com a emancipação do distrito em 14 de agosto de 1958. A população estimada para 2016 foi de 89.271 habitantes, sendo que, no último censo realizado no ano de 2010, 1.507 domicílios ainda possuíam esgoto a céu aberto, enquanto 2.014 domicílios possuíam resíduos urbanos acumulados em suas redondezas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010). A população urbana atendida com esgotamento sanitário em 2015 era de apenas 36,98% (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO, 2015).

O município de Candeias apresenta diversas áreas de ressurgência de águas continentais, que são utilizadas pela população, em algumas estações até para ingestão, sem qualquer tipo de discriminação. Não foram encontrados dados durante a revisão bibliográfica que informem sobre a atual qualidade desses corpos hídricos. Assim, o presente artigo tem como objetivo principal investigar as zonas com maiores níveis de contaminação, abordando a consequência da presença desses poluentes no meio ambiente e na saúde humana.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Candeias (BA) encontra-se localizada na bacia do Atlântico Leste (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2017), está inserida em três sistemas de aquíferos porosos, o primeiro chamado Ilhas, com 2.735,70 km² código 60, sem dados sobre sua reserva explorável, o segundo conhecido como Litorâneo Nordeste-Sudeste, com área de 60.512,58 km² código 149 e uma reserva potencial explorável de 62 m³/s, e o terceiro denominado São Sebastião, com área de 6.250,47 km² código 132 e uma reserva potencial explorável de 13 m³/s (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS, 2017).

Possui clima do tipo Aftropical chuvoso de floresta sem estação seca, pluviosidade média mensal superior a 60 mm e anual superior a 1500 mm, temperatura do mês mais frio acima de 18°C, verões longos e quentes com temperatura média do mês mais quente, superior a 22°C (SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA, 1998), bioma mata atlântica (INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS, 2014a), com floresta ombrófila densa e formações pioneiras, com influência marinha (restinga) (SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA, 2017a), solo predominantemente argissolo vermelho-amarelo (INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS, 2014b), com sua geologia predominante de arenitos, depósitos costeiros (areais de praias), depósitos fluviais e folhelhos (SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA, 2017b).

A estação chuvosa na BTS ocorre nos meses de abril, maio e junho, com precipitação média de 300 mm/mês, e define o período mais úmido,

Possui clima do tipo Aftropical chuvoso de floresta sem estação seca, pluviosidade média mensal superior a 60 mm e anual superior a 1500 mm, temperatura do mês mais frio acima de 18°C, verões longos e quentes com temperatura média do mês mais quente, superior a 22°C

Tabela 1
Coordenadas UTM estações de coleta

Estações	Coordenadas UTM
P1	12°40'17.0"S 38°32'55.3"W
P2	12°40'25.2"S 38°32'51.8"W
P3	12°40'05.8"S 38°32'43.6"W
P4	12°40'09.8"S 38°32'51.1"W
P5	12°40'23.6"S 38°32'33.7"W
P6	12°40'13.6"S 38°31'45.8"W

Fonte: elaborado pelos autores.

correspondendo a 40% da precipitação anual. No restante do ano, a precipitação é menor e bem distribuída, com valor médio de 120 mm/mês. A estação seca é caracterizada por baixa precipitação entre os meses de setembro e janeiro, sendo responsável por aproximadamente 28% da precipitação anual (INSTITUTO KIRIMURÊ, 2017b).

PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM

Ocorreram três campanhas para avaliar os efeitos da sazonalidade nos parâmetros analisados, sendo a primeira campanha realizada em 17/03/2016 (estação intermediária), a segunda em 16/06/2016 (estação chuvosa) e a última campanha em 23/11/2016 (estação seca).

Foram analisadas três estações de ressurgência de água continental e três estações de poços.

MÉTODOS ANALÍTICOS

As análises laboratoriais foram realizadas no Núcleo de Estudos Ambientais, no Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia.

Figura 1
Mapa de localização das estações de amostragem



Fonte: Conder – Ortofotos (2010). Adaptado pelos autores.

Tabela 2
Métodos analíticos utilizados para caracterização química da água

Análise	Método utilizado
Clorofila	APAH (2012)
Metais	ASTM, 1992; ICP OES e Espectrometria de Absorção Atômica com Chama
Cátions e ânions	Standard Methods 4110

Fonte: elaborado pelos autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS –SONDA

Nos valores obtidos através da utilização da sonda multiparâmetros observou-se uma pequena variabilidade de temperatura por conta da sazonalidade. Na primeira campanha, estação P5 apresentou maior temperatura por ser o ponto onde o poço é mais raso e pela presença de uma bomba hidráulica para a drenagem da água. Já o ponto P4 apresentou a menor temperatura média devido a ser o poço mais profundo e ser coberto, impedindo a entrada de radiação solar incidente.

Nos afloramentos e poços estudados, as medições de pH indicaram águas com caráter ácido, variando entre 3,70 a 5,40. A portaria nº 2.914/2011 (BRASIL, 2011) estabelece que o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5, portanto, todos os pontos analisados estão fora dos valores permitidos pela legislação para o consumo humano. A condutividade elétrica em ambientes aquáticos naturais varia entre 0,01 e 0,1 mS/cm, e em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar a 1 mS/cm (BRASIL, 2014). Todas as amostras analisadas apresentaram condutividade entre 0,38 mS/cm e 0,60 mS/cm, o que pode ser correlacionado com as altas concentrações de íons dissolvidos, indicando contaminação por efluente doméstico nas águas subterrâneas.

A turbidez de uma amostra de água é influenciada pela presença de sólidos em suspensão, a exemplo de partículas inorgânicas como areia, silte e argila, e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plânctons em geral etc. (PIVELLI; KATO, 2006). A Portaria nº 2.914/2011 (BRASIL, 2011) estabelece como limite máximo turbidez de 5,0 NTU; os pontos P4C3 5,70 NTU e P5C3 6,40 NTU tiveram valores maiores que os Valores Máximos Permitidos (VPM). Esses valores são possivelmente devido às características dos poços que

A análise de Oxigênio Dissolvido (OD) em águas subterrâneas tem uso mais limitado como indicador de poluição. Sua medida se torna mais necessária para entendimento dos processos químicos e bioquímicos que ocorrem nos aquíferos

apresentam crescimento de algas na sua estrutura interior, enquanto P1, P3 e P6, que são pontos de ressurgência, tiveram predominantemente a turbidez igual a 0 NTU.

A análise de Oxigênio Dissolvido (OD) em águas subterrâneas tem uso mais limitado como indicador de poluição. Sua medida se torna mais necessária para entendimento dos processos químicos e bioquímicos que ocorrem nos aquíferos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2011). Águas poluídas são aquelas que apresentam baixa concentração de OD (devido ao seu consumo na decomposição de compostos orgânicos), enquanto que as águas limpas apresentam concentrações de OD elevadas, chegando um pouco abaixo da concentração de saturação (SIGNIFICADO..., 2009). A Resolução Conama nº 357/2005 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2005) estabelece um valor mínimo de OD não inferior a 6 mg/L. Na primeira campanha, os pontos P2C1, P3C1, P4C1, P5C1 E P6C1 apresentaram valores abaixo do valor mínimo permitido, que resultaram das altas concentrações de compostos orgânicos provenientes de esgoto doméstico.

Os valores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) das estações analisadas não ultrapassaram o VMP de 1000 mg/L, de acordo com a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), o ponto de maior concentração de STD foi P5C1, com 420 mg/L, devido a ser o poço onde possui uma maior movimentação das águas, por conta de uma bomba de drenagem que está localizada no fundo do poço, fazendo com que o sedimento seja suspenso à medida que a bomba é ligada e desligada.

Em todos os pontos, as águas são classificadas como água doce, segundo a Resolução Conama nº 357/2005 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2005) que estabelece que águas que apresentem uma salinidade igual ou inferior a 0,5‰ são classificadas como doces.

CLOROFILA *a*

Todos os pontos analisados tiveram valores de Clorofila *a* abaixo de 0,01 mg/L, que é o limite mínimo de detecção da metodologia utilizada, estando dentro do limite estabelecido pela Resolução Conama nº 357/2005 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2005) que determina valor máximo permitido de Clorofila *a* de 0,01 mg/L para águas doces de Classe 01.

PARÂMETROS

Os resultados apresentam dados de seis estações de coleta da cidade de Candeias, totalizando 135 amostras de água expressos pontualmente. Observou-se que alguns pontos tiveram uma variação sazonal nos valores dos parâmetros analisados, alguns destes acima do permitido pela legislação vigente.

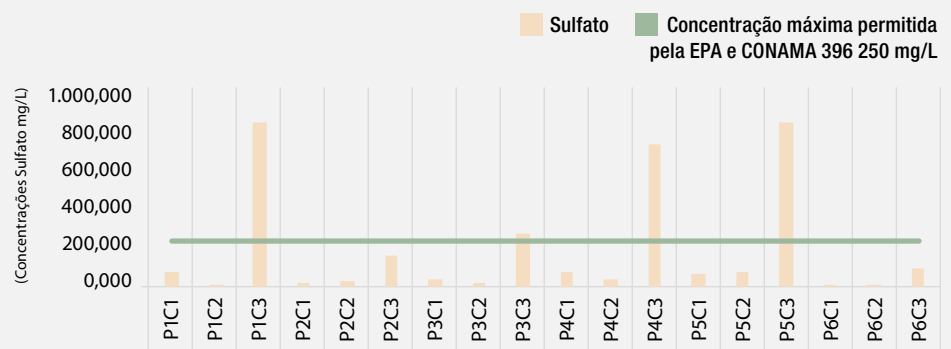
Os íons de Sulfato (SO_4^{-2}) surgem nas águas subterrâneas através da dissolução de solos e rochas, como Gesso (CaSO_4) e o Sulfato de Magnésio (MgSO_4) e pela oxidação de sulfatos, como pirita e sulfeto de ferro (PIVELLI; KATO, 2006). Em águas tratadas, podem ser residualmente provenientes do emprego de coagulantes, como o sulfato de alumínio. Em águas continentais de superfície, altas concentrações podem ser consequência de descargas de esgotos domésticos (degradação de proteínas), assim como de efluentes industriais (indústrias químicas, farmacêuticas, de celulose e papel, etc.) (ARRUDA et al., 2012).

Nas análises de sulfato foi observada uma variabilidade sazonal na sua concentração. Os pontos P1C3, P3C3, P4C3, P5C4 e P6C3 (Gráfico 1) com as maiores concentrações nas estações P5 e P1 apresentaram valores acima do permitido pela Resolução Conama 396/2008 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2008) e pela United States Environmental Protection Agency (2016), que estabelece VMP de 250 mg/L.

Além da má disposição de fossas sépticas, as concentrações de sulfato também podem ser relacionadas à presença de uma refinaria de petróleo a 4,08 quilômetros do limite do município. Gurgel e outros (2009) apontam que o enxofre é um dos principais poluentes atmosféricos gerados durante os processos de beneficiamento do petróleo cru, e Arruda e outros (2012) afirmam que a contaminação pode ocorrer através da pluviosidade fortemente acidificada em razão de fortes emissões de H_2S , via queima de combustíveis fósseis em áreas urbanas e industriais.

Quanto aos resultados de Nitrato (NO_3^-), o íon de Nitrato ocorre naturalmente como parte do ciclo de Nitrogênio, mas é considerado um contaminante preocupante (FENECH et al., 2012), visto que concentrações superiores a 3 mg/L de Nitrato em águas subterrâneas é um indicador de deterioração da qualidade natural, devido a atividades antropogênicas (PASTÉN-ZAPATA et al., 2014; ANORNU; GIBRILLA; ADOMAKO, 2017). De acordo com Varnier e outros (2010) e Mohamed, Rahman e Lim (2014), altas concentrações de Nitrato em águas superficiais e poços são um indicador de possível contaminação por atividades antrópicas. Como as estações encontram-se em

Gráfico 1
Concentrações de Sulfato nas águas subterrâneas na cidade de Candeias, nas campanhas C1, C2 e C3 – Bahia – Brasil



Fonte: Elaborado pelos autores.

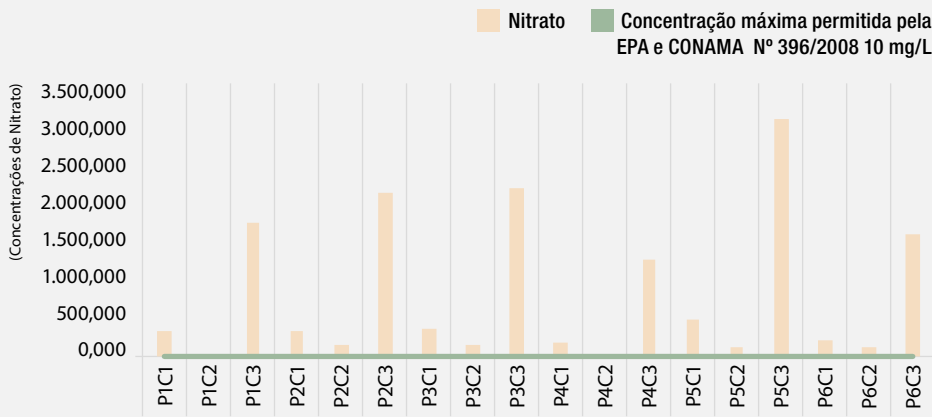
áreas urbanas, a fonte desses contaminantes pode estar relacionada à infiltração no solo de efluentes domésticos provenientes de sistema defeituosos ou antigos, o que prejudica a qualidade do solo, já que o Nitrato em ocorrência frequente nas águas subterrâneas, em concentrações superiores a 10 mg/L de NO_3^- , pode causar doenças como metahemoglobinemia e câncer, caso haja o costume de ingestão dessas águas (VARNIER; HIRATA, 2002).

Além do uso de fertilizantes agrícolas e criação de animais, os sistemas de saneamento *in situ*, por tanques sépticos ou fossas rudimentares, constituem outra importante fonte de Nitrato nas águas subterrâneas (VARNIER; HIRATA, 2002).

A Resolução Conama nº 396/2008 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2008) estabelece VMP de 10 mg/L de Nitrato em água para o consumo humano. Todos os pontos analisados apresentaram valores muito acima do VMP, o ponto P5C3 apresentou a maior concentração de Nitrato, com 3229,838 mg/L. Por se tratar de uma área urbana, os resultados indicam uma contaminação recente por Nitrato, pois os valores em relação às campanhas 01 e 02 são menores, o que pode ser relacionado a um possível defeito nas canalizações de captação de esgoto doméstico ou uso de fossas sépticas próximas aos pontos analisados.

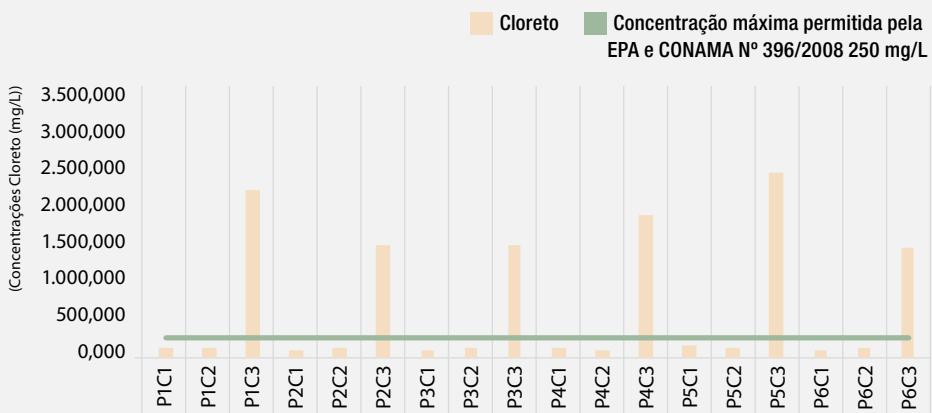
As concentrações de Cloreto ultrapassaram o valor máximo permitido pelas legislações – 250 mg/L (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2008; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2016); apenas na terceira campanha de amostragem, como visto no trabalho de Costa e outros (2012) as concentrações de Cloreto tiveram maiores níveis de contaminação nas regiões norte, leste e central do estado do Ceará, possivelmente por ser a regiões

Gráfico 2
Concentrações de Nitrato nas águas subterrâneas na cidade de Candeias, nas campanhas C1, C2 e C3 – Bahia – Brasil



Fonte: Elaborado pelos autores.

Gráfico 3
Concentrações de Cloreto nas águas subterrâneas na cidade de Candeias, nas campanhas C1, C2 e C3 – Bahia – Brasil



Fonte: Elaborado pelos autores.

com grande adensamento populacional ou com deficiências no sistema de saneamento, da mesma forma que ocorreu com a estação P5 (2522,413 mg/L).

Segundo Chapman (1996, p. 103), o Cloreto é frequentemente associado com efluente doméstico e, muitas vezes, é incorporado em avaliações como uma indicação de possível contaminação fecal ou como uma medida da extensão da dispersão de descargas de esgoto em corpos de água. Normalmente a maior parte do cloro ocorre como Cloreto (Cl) em solução. Ele entra em contato com as águas superficiais com a deposição atmosférica de aerossóis oceânicos e com a erosão de algumas rochas sedimentares.

As concentrações de Cloreto em águas superficiais doces variam entre 2 mg/L e 10 mg/L, sendo que concentrações mais altas costumam indicar contaminação por atividade antrópica através de efluentes industriais e de esgoto, e de escoamento agrícola e rodoviário.

A OMS não estabelece um limite máximo que possa causar toxidez ao ser humano quanto ao consumo de Cloreto através da água.

CONCLUSÃO

Através da análise físico-química de águas subterrâneas foi possível observar o comprometimento da qualidade ambiental das áreas estudadas devido à intensa atividade antrópica. Por conta das altas concentrações de Nitrato, Sulfato e Cloreto, a saúde das pessoas que fazem a ingestão frequente dessas águas pode estar comprometida.

As campanhas 01 e 02 não apresentaram uma variação muito alta quanto aos parâmetros estudados quando comparadas à campanha 03, onde os valores de Nitrato, Cloreto e Sulfato tiveram um aumento significativo em suas concentrações. A presença desses três parâmetros em corpos hídricos de áreas urbanas, com concentrações não naturais, pode estar relacionada ao saneamento inadequado, como o uso de fossas sépticas ou um sistema de captação de rede de esgoto deficiente, sendo possível afirmar uma contaminação recente por efluente doméstico.

Não foi possível observar áreas de proteção ambiental ao entorno das estações de ressurgência de água continental e dos poços, o que torna mais vulnerável a preservação da qualidade ambiental dessas estações. O Código Florestal brasileiro, Lei nº 12.651 (BRASIL, 2012), estabelece que seja preservado um raio de 50 metros em torno das nascentes, qualquer que seja a sua situação topográfica. Além de não haver vegetação ciliar em torno das estações estudadas, em um dos pontos foi observada a presença de uma residência sobre uma nascente, efluente doméstico não canalizado a menos de dois metros de um dos poços estudados e a presença de resíduos urbanos dispostos de maneira inadequada, próximos às estações estudadas.

Todas as estações analisadas encontram-se impróprias para consumo humano, sendo necessária uma intervenção para garantir a qualidade dessas águas para uso futuro.

É sugerida a continuação deste trabalho, com uma maior variabilidade de parâmetros estudados, como coliformes termotolerantes, Demanda

Bioquímica de Oxigênio (DBO) e uma análise completa quanto à presença de outros metais nas estações estudadas, além de investigar o histórico de doenças relacionadas aos parâmetros que se encontram acima do permitido pela legislação vigente, a fim de identificar a existência de uma correlação entre as estações e os parâmetros analisados.

Este estudo propicia dados de caráter inédito sobre a qualidade desses corpos hídricos, sendo a primeira pesquisa realizada a fim de investigar a influência do sistema de esgotamento sanitário domicíliode Candeias (BA) na qualidade das águas subterrâneas deste.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (Brasil). *Regiões hidrográficas Atlântico Leste*. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/AtlanticoLeste.aspx>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

ANORNU, G.; GIBRILLA, A.; ADOMAKO, D. Tracking nitrate sources in groundwater and associated health risk for rural communities in the White Volta River basin of Ghana using isotopic approach ($\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{ONO}_3$ and 3H). *Science of The Total Environment*, [S.l.], v. 603, p. 687-698, 2017.

ARRUDA G, B. et al. Contaminações em sulfato e cloretos em águas de superfícies e subsuperfície na região de Araripina-PE. *Estudos Geológicos*, Recife, v. 22, n. 2, 2012.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 28 maio 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS*. Brasília: FUNASA, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 14 dez. 2011.

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE. *Groundwater and climate change: challenges and possibilities*. Hanôver: BGR, 2008. Disponível em: <https://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Wasser/Produkte/Downloads/groundwater_climate_change_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=3>. Acesso em: 17 maio 2017.

CHAPMAN, D. *Water quality assessments: a guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. 2. ed. London: WHO; F & FN Spon, 1996.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO DO ESTADO DA BAHIA. *Imagens*. 2010. Disponível em: <<https://www.informs.condemba.gov.br/imagens-aereas/>>. Acesso em: 7 nov. 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 30 jul. 1986.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução n° 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução n° 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 7 abr. 2008.

COSTA, C. L. et al. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, Londrina, PR, v. 33, n. 2, p. 171-180, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manual para formação e capacitação de grupos comunitários em metodologias participativas de monitoramento da qualidade da água*: módulo III: avaliação físico-química. Fortaleza: EMBRAPA, 2011. (Documentos, 135).

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (United States). National primary drinking water standard. USA: EPA, 2016. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-12/documents/six_year_3_review_frn_12-21-16.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2018.

FENECH, C. et al. The potential for a suite of isotope and chemical markers to differentiate sources of nitrate contamination: a review. *Water Research*, [S.l.], v. 46, n. 7, p. 2023–2041, 2012.

FLETCHER T. D. et al. Reuse of urban runoff in Australia: a review of recent advances and remaining challenges. *Journal Environmental Quality*, [S.l.], v. 37, p. 116–127, 2008.

GURGEL, A. M. et al. Framework dos cenários de risco no contexto da implantação de uma refinaria de petróleo em Pernambuco. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 6, p. 2027-2038, dez. 2009.

HUAA, S. et al. How to manage future groundwater resource of China under climate change and urbanization: an optimal stage investment design from modern portfolio theory. *Water Research*, [S.l.], v. 85, p. 31–37, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Panorama dos municípios*: Candeias, Bahia. Rio Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/candeias/panorama>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (Bahia). *Mapa da vegetação*. Salvador: INEMA, 2014a. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/MTematicos_vegetacao.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2017

INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (Bahia). *Mapa regiões de planejamento e gestão das águas - RPGA e solos*. Salvador: INEMA, 2014b. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/MTematico_solos.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2017.

INSTITUTO KIRIMURÊ. *Características socioeconômicas*: PIB e população. Disponível em: <<http://www.institutokirimure.pro.br/caracteristicas-socio-economicas/>>. Acesso em: 15 maio 2017.

INSTITUTO KIRIMURÊ. *Clima*: aspectos do ciclo sazonal da Baía de Todos os Santos. Disponível em: <<http://www.institutokirimure.pro.br/clima-bts/>>. Acesso em: 15 maio 2017.

JHA, M. K. et al. Groundwater management and development by integrated remote sensing and geographic information systems: prospects and constraints. *Water Resources Management*, [S.l.], v. 21, n. 2, p. 427–467, Feb. 2006.

KUMAR, P. Hydrocomplexity: addressing water security and emergent environmental risks. *Water Resources Research*, [S.l.], v. 51, n. 7, p. 5827-5838, 2015.

MOHAMED, A. J.; RAHMAN, I. A.; LIM, L. H. Groundwater quality assessment in the urban-west region of Zanzibar Island. *Environmental Monitoring and Assessment*, [S.l.], v. 186, n. 10, p. 6287-6300, 2014.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. *A ONU e a água*. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/agua/>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

PASTÉN-ZAPATA, E. et al. Assessment of sources and fate of nitrate in shallow groundwater of an agricultural area by using a multi-tracer approach. *Science of The Total Environment*, [S.l.], v. 1, p. 470-471, 855-864, 2014.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. *Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos*. São Paulo: ABES, 2006. 285 p.

PRÜSS-ÜSTÜN, A. *Safer water, better health: costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health*. Geneva: WHO, 2008.

SIGNIFICADO ambiental e sanitário das variáveis de qualidade. In: COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo*. São Paulo: CETESB, 2018. Apêndice E. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 8 nov. 2018.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS (Brasil). Água subterrânea. Disponível em: <<http://portal1.snrh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=6f1c6551a61e42ceb8bd77ba0e784d99>>. 15 abr. 2017.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (Brasil). *Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2015*. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>>. Acesso em: 7 jun. 2017.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. *Indicadores municipais*: Candeias. Salvador: SEI, 2016. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br/site/resumos/indicadores/indicadores_2906501.pdf>. Acesso em: 16 maio 2017.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. *Mapa tipologia climática KÖPPEN*. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/tipologia_climatica_segundo_koppen_2014.pdf>. 15 abr. 2017b.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. *Sistema de informações municipais*. Salvador: SEI, 2017a. Disponível em: <http://sim.sei.ba.gov.br/sim/informacoes_municipais.wsp>. Acesso em: 7 nov. 2018.

TRAN, N. H.; GIN, K. Y.; NGO, H. H. Fecal pollution source tracking toolbox for identification, evaluation and characterization of fecal contamination in receiving urban surface waters and groundwater. *Science of the Total Environment*, [S.l.], v. 538, p. 38-57, Dec. 2015.

VARNIER, C. et al. Nitrato nas águas subterrâneas do sistema aquífero Bauru, área urbana do município de Marília (SP). *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, v. 31, p. 1-21, 2010.

VARNIER, C.; HIRATA, R. Contaminação da água subterrânea por nitrato no parque ecológico do Tietê - São Paulo, Brasil. *Revista Águas Subterrâneas*, São Paulo, n. 16, p. 97-104, 2002.