

XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

QUALIDADE DA ÁGUA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA: UM BREVE ESTUDO BIBLIOGRÁFICO COMPARATIVO

Marcio Takashi Uyeno¹; Cristhiane Michiko Passos Okawa² & Generoso De Angelis Neto³

RESUMO – As águas subterrâneas correspondem a cerca de 30% da água doce do planeta, sendo que estes mananciais são frequentemente utilizados para o sistema de abastecimento público. Apesar de existir diretrizes com parâmetros de referência e legislações federais, muitas vezes tais parâmetros físico-químico e biológicos não são verificados, o que pode apresentar um risco à saúde humana. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi comparar sete estudos de caso que apresentaram caracterização de parâmetros físico-químico ou biológicos de águas subterrâneas localizadas no Brasil, Canadá, Bangladesh, Índia e Iêmen no Oriente Médio e identificar se tais estudos indicam o atendimento ou não aos parâmetros recomendados por legislações regionais ou mundiais. Para seleção dos estudos de caso foram a base *Science Direct* e a plataforma de pesquisa *Google Scholar* com os indexadores de pesquisa: “groundwater”, “water quality” e “water supply system” e suas respectivas traduções para o português. Os resultados mostraram que seria necessário um tratamento preliminar antes do consumo pela população em todos os casos, seja pela correção do pH, remoção de nitratos e outros componentes iônicos como ferro, flúor e arsênio. Dentre os parâmetros em não conformidade, destacam-se concentração de nitratos e coliformes. Além disso, pôde-se observar que esses resultados foram em países com baixo ou médio IDH e que um único país com IDH superior a 0,900 apresentou apenas uma não conformidade com relação à turbidez da água. Conclui-se que a avaliação da qualidade de água subterrânea para os sistemas de abastecimento de água é de grande importância.

Palavras-Chave – Gestão de recursos naturais. Políticas ambientais e águas urbanas. Planejamento de águas urbanas.

ABSTRACT – Groundwater accounts for about 30% of the planet's fresh water, and these springs are often used for the public supply system. Despite the existence of guidelines with reference parameters and federal legislation, these physical-chemical and biological parameters are often not verified, which can present a risk to human health. Thus, the objective of this work was to compare seven case studies that presented the characterization of physical-chemical or biological parameters of groundwater located in Brazil, Canada, Bangladesh, India and Yemen in the Middle East and to identify whether such studies indicate compliance or not parameters recommended by regional or global legislation. The case studies were selected using the Science Direct database and the Google Scholar research platform with the search indexes: “groundwater”, “water quality” and “water supply system” and their respective translations into Portuguese. The results showed that a preliminary treatment before consumption by the population would be necessary in all cases, either by correcting the pH, removing nitrates and other ionic components such as iron, fluorine and

¹) Mestrando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana. Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, Zona 7, CEP 87.020-900. Maringá-PR, 44 3011-5183, pg403272@uem.br

²) Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, Zona 7, CEP 87.020-900. Maringá-PR, 44 3011-5183, cmpokawa@uem.br

³) Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, Zona 7, CEP 87.020-900. Maringá-PR, 44 3011-5183, ganeto@uem.br

arsenic. Among the non-conforming parameters, the concentration of nitrates and coliforms stand out. Furthermore, it could be observed that these results were in countries with a low or medium HDI and that a single country with an HDI higher than 0.900 showed only one non-compliance with respect to water turbidity. It is concluded that the assessment of groundwater quality for water supply systems is of great importance.

Key-words – Natural resource management. Environmental policies and urban waters. Urban water planning.

INTRODUÇÃO

O sistema de abastecimento de água à população, em geral, ocorre por meio de mananciais superficiais ou subterrâneos. Apesar de 71% da superfície terrestre ser coberta por água, apenas 3% se referem a água doce, dos quais 30% encontram-se na forma de água subterrânea (TUCCI, 1997; WU, WANG e SEIDU, 2020). Ainda segundo Wu, Wang e Seidu (2020), a qualidade das águas urbanas tem enfrentado diversos desafios decorrentes da poluição industrial, agrícola e social, ou seja, uma deterioração da qualidade da água devido às ações antropológicas.

A qualidade da água se refere a aspectos físico, químico, biológicos e radiológicos, sendo que a gestão de qualidade dos sistemas de abastecimento de água são fundamentais para identificação e prevenção de riscos às pessoas (WU, WANG e SEIDU, 2020). No Brasil, são utilizados valores estabelecidos pela Portaria nº5/17 do Ministério da Saúde, onde são especificados valores limites para índices como pH, presença de coliformes, cloro residual livre, turbidez dentre outros parâmetros, além da disposição de regras de amostragem e aplicações legais (BRASIL, 2017). Além da Portaria, a Resolução do CONAMA nº 396/2008 dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas (BRASIL, 2008). Ainda no Brasil, a CETESB estabelece o IQA (índice de qualidade da água) baseado no estudo realizado pela *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos, este índice avalia o produtório de nove parâmetros: coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez, resíduo total e oxigênio dissolvido. (CETESB, 2020).

Os limites de potabilidade de Bangladesh são especificados pelo Departamento de Meio Ambiente de Bangladesh, dos quais se destacam o pH que deve estar entre 6,5 e 8,5; a concentração de sólidos dissolvidos de 1000µg/L; de ferro de 300 a 1000µg/L; manganês de 100µg/L; de zinco de 5000µg/L; de fluoretos de 1000µg/L e nitratos de 10.000µg/L (DOE, 1997). De modo semelhante, os padrões de potabilidade da Índia são especificados no Indian Standard (2012), onde se destacam o pH entre 6,5 e 8,5; a concentração de sólidos dissolvidos de 500µg/L; de ferro de 300µg/L; manganês de 100µg/L; de zinco de 5000µg/L; de fluoretos de 1000µg/L e nitratos de 45.000µg/L.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (2017), há valores de referência para os aspectos físicos, químicos, microbiológicos e radiológicos, indo de encontro com apresentado por Wu, Wang e Seidu (2020), podendo se destacar que alguns destes parâmetros são: pH, condutividade elétrica da água, além de parâmetros como sólidos dissolvidos, nitratos, manganês, arsênio e outras concentrações de cátions e ânions. O Canadá (2019) estabelece limites de cor de 15TCU, pH entre 6,5 e 8,5 – como o estabelecido pela OMS, Bangladesh e Índia – sólidos dissolvidos totais de 500mg/L, turbidez de 0,3NTU; concentração de cloretos de 250mg/L; de fluoretos de 1,5mg/L; de sódio de 200mg/L; de sulfetos de 500mg/L e de nitratos de 10mg/L.

No entanto, a existências de guias e padrões de qualidade da água não garantem que a água consumida pela população se enquadra dentro de tais parâmetros.

Deste modo, o objetivo deste trabalho é comparar estudos de caso que apresentaram caracterização de parâmetros físico-químico ou biológicos de águas subterrâneas e identificar se tais estudos indicam o atendimento ou não aos parâmetros recomendados por legislações regionais ou mundiais.

METODOLOGIA

Para este estudo foram analisados os resultados de medição e comparação de parâmetros de qualidade de água subterrânea para sistema de abastecimento de água apresentados em sete artigos científicos. Os estudos foram selecionados inicialmente utilizando a base científica *Science Direct* da *Elsevier* e plataforma *Google Scholar* utilizando os identificadores de pesquisa: “groundwater”, “water supply system” e “water quality”; “água subterrânea”, “sistema de abastecimento de água” e “qualidade da água”.

Dentre os estudos resultantes das pesquisas, foram selecionados aqueles que apresentavam levantamentos de pelo menos um parâmetro físico-químico ou biológico com disponibilidade de valores de referência em legislações locais ou recomendações da Organização Mundial da Saúde.

Com os estudos selecionados, listou-se a região de estudo, os parâmetros analisados e a proporção de parâmetros que extrapolaram os limites estabelecidos pelas legislações de referência. Por fim, realizou-se uma análise crítica conjunta dos resultados obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos selecionados foram organizados em duas tabelas, sendo que na tabela 1 foram resumidos a referência dos estudos, os anos em que foram realizadas a medição dos parâmetros dos mananciais subterrâneos, os locais dos estudos e o número de poços analisados. As regiões estão destacadas e identificadas na figura 1.

Tabela 1 – Estudos de caso selecionados, ano de coleta, local de estudo e número de poços analisados.

nº	Estudo	Ano de medição	Local de Estudo	Número de poços
1	SILVA e ARAÚJO, 2013	2000	Feira Santana-BA, Brasil	120
2	SILVA <i>et al.</i> , 2021	2014 - 2018	Bacia sedimentar do Araripe-CE, Brasil	22
3	FOPPEN, 2002	1995 - 2000	Sana ‘a, Iêmen. Oriente Médio	214
4	BODRUD-DOZA, <i>et al.</i> , 2020	2016	Dhâka, Bangladesh	23
5	JHA, SHEKHAR e JENIFER, 2020	2013 - 2014	Tiruchirappalli, Índia	61
6	DAS, LAISHRAM e JAWED, 2019	2013	Guwahati, Índia	17* (regiões)
7	CHOWDURY e HUSAIN, 2020	1999 - 2016	Terra Nova e Labrador, Canadá	137

Nota-se que, dos sete estudos de caso selecionados, dois foram realizados no Brasil, um no Oriente Médio, um no Bangladesh, dois na Índia e um no Canadá, demonstrando que os artigos

foram selecionados essencialmente pelo tema abordado, sem considerar outros critérios, tais como econômicos ou sociais. Observa-se ainda que o número de poços variou de 17 a 137, ou seja, a escolha dos estudos de caso ocorreu independentemente também do tamanho do impacto do uso da água subterrânea.

Na figura 1 são apresentados os mesmos resultados da tabela 1, porém, optou-se por mostrar essa figura para permitir uma rápida visualização da distribuição dos locais de estudo no mundo, representando a variabilidade espacial dos locais de estudo selecionados para análise.

Figura 1 – Distribuição dos estudos em regiões/países,
Países/Regiões com estudos selecionados



A tabela 2, apresenta a mesma numeração utilizada na tabela 1 para identificar cada artigo. São ainda agregadas informações quanto aos parâmetros e índices avaliados, os comparativos com valores de referência, as legislações de referência utilizadas e as conclusões apresentadas pelos autores dos estudos de caso de forma resumida.

Analisando a tabela 2, pode-se observar que, em geral, os estudos de qualidade de água subterrânea são realizados comparando valores de referências locais como a Portaria do Ministério da Saúde, valores de referência Canadense, valores de referência do governo Indiano e em alguns casos os parâmetros apresentados pela Organização Mundial da Saúde.

Apesar das especificidades, percebe-se que os valores regionais se baseiam na referência da OMS, como é o caso do pH variando de 6,5 a 8,5 nas recomendações de Bangladesh, OMS e Estados Unidos, e na ordem de 6,0 a 9,0 na Portaria 05/2017 do Ministério da Saúde.

Nos estudos de Silva e Araújo (2013) e Silva *et al.* (2021) no Brasil, foram observados coliformes em mais de 90% das amostras analisadas, um importante indicador de qualidade tendo em vista que a Portaria 05/2017 do Ministério da Saúde especifica a ausência de coliformes totais em água para consumo humano. Destaca-se assim a importância do tratamento antes do consumo.

Tabela 1 - Resumo de parâmetros avaliados nos estudos de caso e legislações utilizadas como referência.

nº	Parâmetros avaliados	Status / Observações	Legislação	Conclusões
1	Coliformes totais, coliformes fecais, cor, pH, turbidez, cloretos, nitratos e amônia	Não atendido, respectivamente, em: 90,8%, 65,8%, 77,5%, 68,3%, 74,2%, 12,5%, 88,3%, 30,8% das amostras.	Portaria nº1469/00 - Ministério da Saúde	Água imprópria para consumo imediato.
2	Índice da Qualidade da água utilizando: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, DBO, turbidez, sólidos totais dissolvidos, fosfatos, nitratos e coliformes termotolerantes.	pH abaixo de 6,0 em 33% das amostras OD abaixo de 5,0 mg/L em 100% das amostras. Presença de coliformes termotolerantes em 100% dos poços.	Portaria nº 5/2017 e Índice de Qualidade da Água da CETESB	18,2% dos poços com qualidade regular. 81,8% dos poços com qualidade boa.
3	Condutividade elétrica, pH, Temperatura, sódio, potássio, magnésio, cálcio, cloreto, bicarbonato, sulfatos, nitratos e trióxido de carbono. (Não foram avaliadas contaminações microbiológicas).	Altas concentrações de nitratos identificados nas amostras (acima de 25mg/l) Verificação comparativa ao longo dos anos, que há a redução do pH e aumento da concentração de nitratos.	NWSA (National Water and Sanitation Authority)	6 a 12% da população atendida com abastecimento de água com concentrações elevadas de nitrato.
4	pH, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos, ferro, manganês, zinco, flúor e nitratos.	pH, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos ficaram dentro dos valores de referência. Ferro, manganês, zinco e nitratos extrapolaram os valores de referência.	Bangladesh Standard, Indian Standard, OMS, USEPA, European Community	Altas concentrações de ferro e manganês.
5	Sólidos dissolvidos, nitrato, cálcio, magnésio, sódio, cloretos, potássio, fluoretos, sulfatos, dureza.	Concentrações de cálcio, magnésio e sulfatos dentro dos valores de referência para consumo humano. Sólidos dissolvidos, nitratos, sódio, cloro, potássio, fluoretos e dureza excedendo os valores de referência.	Indian Standard for Drinking water e Organização Mundial da Saúde.	Importantes parâmetros estão fora dos valores de referência propostas pelos padrões da Índia e da OMS.
6	Ferro, flúor, arsênio	52% das amostras não atendem aos valores de referência de ferro, 12% de flúor e 9% de arsênio.	Organização Mundial da Saúde	98% da população não conhecia a qualidade da água consumida.
7	Alcalinidade, cor, condut., dureza, sólidos dissolvidos, turbidez, brometos, cálcio, cloretos, fluoretos, potássio, sódio, sulfatos, amônia, carbono orgânico dissolvido, nitratos, nitrogênio, fosfatos, magnésio	Dentre os parâmetros de referência, em valores médios, apenas o índice de turbidez não atendeu aos valores de referência.	Canadian Guideline Value for Drinking water	Objetivo foi análises estatísticas para reduzir o número de variáveis.

Já no estudo de Foppen (2002), não foram avaliadas contaminações microbiológicas, sendo destacados os elevados níveis de concentração de nitrato na água e uma tendência de aumento da acidez da água com o passar do tempo, comparando os resultados medidos em 1995 e 2000. Os resultados indicaram ainda que cerca de 6 a 12% da população de Sana'a é abastecida com águas com elevados índices de nitrato, considerando que 20 dos 214 poços analisados são utilizados para abastecimento humano. Concentrações elevadas de nitratos também foram identificadas nos estudos de Bodrud-Doza *et al.* (2020), além de elevados índices de ferro e manganês, este estudo se destacou pelo fato do autor ainda fazer a comparação dos parâmetros com outras sete regiões de Bangladesh e utilizou como referência as legislações de Bangladesh, Índia, Estados Unidos, OMS e da Comunidade Europeia, nos quais os valores de pH, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos ficaram dentro dos limites preconizados.

Jha, Shekhar e Jenifer (2020), em seu estudo na Índia identificaram também elevados índices de nitratos, além de sólidos dissolvidos, sódio, cloro, potássio, fluoretos e dureza excedendo os valores de referência das legislações indianas e referências da OMS.

Das, Laishram e Jawed (2019), por outro lado identificou que das 17 regiões analisadas, em 1568 amostras analisadas, mais de 50% apresentavam valores acima dos limites de concentração de ferro, 12% de flúor e 9% de arsênio quando comparados com os padrões da Índia e da OMS. Neste estudo, ainda foi destacado que 98% da população dos usuários dos pontos amostrados nunca havia realizado um teste de qualidade da água, destacando ainda que 30% utilizavam filtros d'água domésticos, que apesar de filtrar a água não alteravam os padrões de potabilidade da água, considerando que a concentração destes componentes não era afetada pela ação do filtro. Os autores destacaram a importância da conscientização da população e a relação entre o nível de instrução e a consciência da importância de um sistema de abastecimento adequado.

Por fim, no sétimo estudo, foi avaliado um estudo de caso no Canadá cujo enfoque era diferente dos apresentados anteriormente, porém como uma das etapas da pesquisa consistiu no levantamento de parâmetros de qualidade de água subterrânea. De acordo com os parâmetros alcalinidade, cor, condutividade, dureza, sólidos dissolvidos, turbidez, brometos, cálcio, cloretos, fluoretos, potássio, sódio, sulfatos, amônia, carbono orgânico dissolvido, nitratos, nitrogênio, fosfatos, magnésio apresentados por Chowdury e Husain (2020), apenas o índice de turbidez encontrou-se acima dos valores preconizados pelo governo Canadense.

Avaliando os sete estudos apresentados, observou-se que em todos os casos pelo menos um dos parâmetros avaliados estava em não conformidade em relação às normativas e referências utilizadas, o que reforça a importância da etapa de análise e tratamento das águas subterrâneas nos sistemas de abastecimento de água. Como destacado no estudo de Das, Laishram e Jawed (2019), a grande maioria da população tem o desconhecimento da qualidade da água que está consumindo, em especial quando de fontes subterrâneas, quando as pessoas têm a falsa impressão da adequada qualidade da água, considerando o fato de que muitos dos parâmetros citados são imperceptíveis sem uma análise laboratorial.

Outro ponto a ser observado é que os estudos que apresentaram índices elevados de coliformes e nitratos foram estudos realizados em regiões de menor índice de desenvolvimento humano (IDH): Brasil com 0,765; Bangladesh com 0,632; Índia com 0,645; e Iémen com 0,470 (UNDP, 2019). Apesar de não ter sido realizado uma análise estatística para tal, sendo uma limitação deste estudo, pode-se dizer de modo crítico que fatores de educação, renda e saúde possuem influência com o saneamento e preservação dos mananciais subterrâneos e são os pilares do IDH; percebe-se ainda que há diversos estudos com enfoque de avaliação da qualidade de águas subterrâneas em regiões de baixa renda (RANA e PIRACHA, 2020; ZAHNG *et al.*, 2019). Em contrapartida, o estudo realizado no Canadá, país desenvolvido com IDH de 0,929 (UNDP, 2019)

possuiu um enfoque de avaliações estatísticas para redução dos parâmetros de análise da qualidade da água, ou seja, partindo-se do princípio de que já havia um monitoramento do sistema de abastecimento de água, buscando-se uma melhoria no processo, destacando ainda que neste estudo apenas o parâmetro de turbidez estava em não conformidade com os valores de referência do governo canadense.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da qualidade de água subterrânea para os sistemas de abastecimento de água é de grande importância, sendo que para 100% dos estudos de caso analisados seria necessário um tratamento preliminar antes do consumo pela população, seja pela correção do pH, remoção de nitratos e outros componentes iônicos como ferro, flúor e arsênio. Dentre os parâmetros em não conformidade, destacam-se concentração de nitratos e coliformes.

Além disso, pôde-se observar que, nos estudos selecionados, a maior parte de regiões foi de baixo e médio IDH sendo que, dos sete estudos analisados, apenas um possui IDH acima de 0,900. A ausência de uma análise de correlação é uma limitação deste estudo, sendo recomendado em estudos futuros que seja elaborado uma análise de correlação estatística entre a qualidade das águas subterrâneas para abastecimento humano e o IDH da região de estudo.

REFERÊNCIAS

BIS 10500, 2012. Indian Standard DrinkingWater - Specifications (Second Revision). Bureau of Indian Standards, New Delhi, India. Disponível em: <http://cgwb.gov.in/documents/wq-standards.pdf>. Acesso em: Maio de 2021.

BRASIL, 2008. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 396, Classificação e diretrizes ambientais para a classificação de águas subterrâneas. Diário Oficial da União, 66, 66-68

BRASIL, 2017. Ministério da Saúde, Anexo XX da Portaria de Consolidação nº.5. do controle e da vigilância da qualidade da Água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário oficial da união, Brasília.

BODRUD-DOZA, M. D.; ISLAM, S. M. D; RUME, T.; QURAIISHI, S.B.; RAHMAN, M.S.; BHUIYAN, M. A. H. “Groundwater quality and human health risk assessment for safe and sustainable water supply of Dhaka City dwellers in Bangladesh”. Groundwater for Sustainable Development, v. 10, p. 100374, 2020.

CANADA, 2019. Guidelines for Canadian drinking water quality. Prepared by the federal-provincial-territorial committee on health and the environment: Ottawa, Canadá.

CETESB, 2020. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. “Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo, Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2019”. Apêndice D – Índices de Qualidade das Águas. São Paulo. 336 p

CHOWDHURY, Shakhawat; HUSAIN, Tahir. “Reducing the dimension of water quality parameters in source water: An assessment through multivariate analysis on the data from 441 supply systems”. Journal of Environmental Management, v. 274, p. 111202, 2020.

DAS, Rakhee; LAISHRAM, Boeing; JAWED, Mohammad. “*Perception of groundwater quality and health effects on willingness to procure: The case of upcoming water supply scheme in Guwahati, India*”. *Journal of Cleaner Production*, v. 226, p. 615-627, 2019.

DoE, 1997. Department of Environment, the Environment Conservation Rules 1997. Government of the People’s Republic of Bangladesh, Dhaka.

EU (European Community), 1998. “*The quality of water intended to human consumption*”. Directive 1998/83/EC, Official Journal L330/05.12.1998. European Community, pp. 32–54. Giri, S., Singh, A.

FOPPEN, J. W. A. “*Impact of high-strength wastewater infiltration on groundwater quality and drinking water supply: the case of Sana'a, Yemen*”. *Journal of Hydrology*, v. 263, n. 1-4, p. 198-216, 2002.

JHA, Madan Kumar; SHEKHAR, Ankit; JENIFER, M. Annie. “*Assessing groundwater quality for drinking water supply using hybrid fuzzy-GIS-based water quality index*”. *Water Research*, v. 179, p. 115867, 2020.

RANA, Md Masud Parves; PIRACHA, Awais. “*Supplying water to the urban poor: Government's roles and challenges of participatory water governance*”. *Cities*, v. 106, p. 102881, 2020.

SILVA, Rita de Cássia Assis da; ARAÚJO, Tânia Maria de. “*Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA)*”. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 8, p. 1019-1028, 2003.

SILVA, M. I.; GONÇALVEZ, A. M. L.; LOPES, W. A.; LIMA, M.T.V.; COSTA, C. T. F.; PARIS, M.; FIRMINO, P. R. A.; DE PAULA FILHO, F.J. “*Assessment of groundwater quality in a brazilian semiarid basin using an integration of gis, water quality index and multivariate statistical techniques*”. *Journal of Hydrology*, p. 126346, 2021.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. *Água no meio urbano*. Livro água doce, p. 1-40, 1997.

UNDP 2019. Human Development Report 2019 New York. Disponível em: <http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2019.pdf>. Acesso em: Maio de 2021.

USEPA, 2009. National Primary and Secondary Drinking Water Standards. U.S.Environmental Protection Agency.

WHO (World Health Organization), 2017. Guidelines for Drinking-Water Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum. World Health Organization, Geneva, Switzerland. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/9789241548151_toc.pdf. (Acesso em: Maio de 2021).

WU, Di; WANG, Hao; SEIDU, Razak. “*Smart data driven quality prediction for urban water source management*”. *Future Generation Computer Systems*, v. 107, p. 418-432, 2020.