

Estudo da contaminação da água superficial e subterrânea de um lixão desativado: Arroio Dourado – Foz do Iguaçu - PR

RESUMO

Em Foz do Iguaçu no Paraná, famílias vivem sobre a área do antigo Lixão Arroio Dourado, que foi desativado. A água consumida vem de um poço artesiano e de poços cacimba. A área é margeada pelo Arroio Dourado, afluente de um dos mananciais da cidade. Neste estudo avaliou-se a qualidade da água do Arroio Dourado, e subterrânea usadas pelas famílias. As coletas foram feitas em época seca. Estudou-se compostos inorgânicos *in situ*, íons e cátions, agrotóxicos e compostos orgânicos. Foram detectados os compostos acetato de éter monobutílico de dietilenoglicol, DEET(N,N-dietil-meta-toluamida), 2,2,4-Trimetil-1,3-pentanodiol diisobutirato, cafeína, 3-metilbutil hexadecanoato, acetil tributil citrato e ácido octadecanoico 3-metilbutil éster nas amostras de água. Não foi detectada a presença de agrotóxicos. Os pontos a jusante do lixão e nos poços cacimba foram os que apresentaram maior contaminação. Vários compostos encontrados não estão descritos na legislação brasileira, o que demonstra a fragilidade da lei.

PALAVRAS-CHAVE: Contaminação de água. Passivo ambiental. Lixão. Manancial. Compostos orgânicos. Poluição difusa.

Silvia Sonia da Silva
<http://orcid.org/0000-0002-2972-7591>
sssilvasss20@gmail.com
Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu, Brasil

Fernanda Rubio
<http://orcid.org/0000-0001-5065-1205>
fernanda.rubio@ifpr.edu.br
Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu, Brasil

Kleber Gomes Ramirez
<http://orcid.org/0000-0002-4012-8688>
klebergr@sanepar.com.br
Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu, Brasil

Lizandra Martins Soares
<https://orcid.org/0000-0002-4887-3439>
lizandrasoares@gmail.com
Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu, Brasil

Jiam Pires Frigo
<http://orcid.org/0000-0002-5392-4376>
jjam.frigo@unila.edu.br
Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu, Brasil

Priscila Ferri Coldebella
<http://orcid.org/0000-0003-0826-4281>
pricoldebella@gmail.com
Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu, Brasil

Caroline Da Costa Silva Goncalves
<http://orcid.org/0000-0001-9154-7930>
caroline.goncalves@unila.edu.br
Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu, Brasil

Marcela Boroski
<http://orcid.org/0000-0003-1621-5199>
marcela.boroski@unila.edu.br
Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu, Brasil

INTRODUÇÃO

A água é um recurso indispensável para a sobrevivência da espécie humana e de outros seres vivos (BORTOLI et al., 2018). Dados da Organização das Nações Unidas (ONU) mostram que cerca de 1,1 bilhão de pessoas no mundo não têm acesso a água potável. Adicionalmente, a água doce, potável e de qualidade está distribuída de forma desigual. O Brasil detém 53% da água doce na América Latina e 12% do total mundial, mas enfrenta problemas no que diz respeito à disponibilidade e à qualidade de tal recurso (ANA, 2019).

A qualidade da água dos mananciais varia em função do uso e da ocupação dentro da bacia hidrográfica. Contudo, as ações antrópicas urbanas e rurais têm colaborado para a degradação dos recursos hídricos, causando efeitos deletérios para a biota e os seres vivos do ecossistema. Dentre as fontes poluidoras destaca-se o lançamento inadequado de efluentes (industrial, doméstico, agrícola).

No Brasil, as legislações de qualidade da água superficiais, subterrâneas e solo foram instituídas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A Resolução nº 357, de 2005 (BRASIL, 2005) dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de águas superficiais, e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. A resolução de nº 396, de 2008 (BRASIL, 2008), trata do enquadramento preservação e controle das águas subterrâneas. A resolução nº 420, de 2009 trata sobre os critérios e valores máximos permitidos (VMPs) de qualidade do solo e de águas subterrâneas, quanto a presença de substâncias químicas e estipula diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas em defluência de atividades antrópicas (BRASIL, 2009).

A cidade de Foz do Iguaçu localizada no Paraná entre 1960 e 1992 depositava seus resíduos sólidos sem qualquer tipo de controle num lixão denominado Lixão Arroio Dourado devido à um pequeno rio que margeia a área: o Arroio Dourado. Considerando a população da época e a geração de $0,5 \text{ kg. hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ estima-se que podem estar depositadas até 546.000 toneladas de resíduos sólidos referentes a esse período nesta área que foi desativada em 1992 e que sofreu uma invasão habitacional. Segundo Calebe (2019), vivem ocupação Arroio Dourado aproximadamente 63 famílias que consomem água de poços do tipo cacimba escavados sobre o lixão e de um poço artesiano nas proximidades do mesmo. Não existe coleta de esgoto.

A problemática da contaminação da água em áreas localizadas sobre ou nas proximidades de lixões no Brasil vem sido estudada e infelizmente longe de ser resolvida. Vários estudos foram feitos em lixões, Pereira et al. (2013) estudaram a qualidade da água superficial do rio Juma próximo ao Lixão do Município de Apuí/AM, Azevedo et al. (2015) estudaram a degradação ambiental na área do lixão Pombal na Paraíba entre outros trabalhos. Nestes estudos observou-se que a disposição inadequada dos resíduos afeta a qualidade das águas subterrâneas bem como as águas superficiais localizadas próximas a estes lixões.

Neste sentido, o objetivo deste estudo foi realizar a avaliação preliminar da qualidade da água, com relação aos parâmetros físico-químicos, compostos orgânicos e inorgânicos, em poços de captação de água, utilizados para abastecimento da população da comunidade do Arroio Dourado e do Arroio

Dourado, afluente do Rio Tamanduá, manancial de abastecimento da cidade de Foz do Iguaçu-PR.

METODOLOGIA

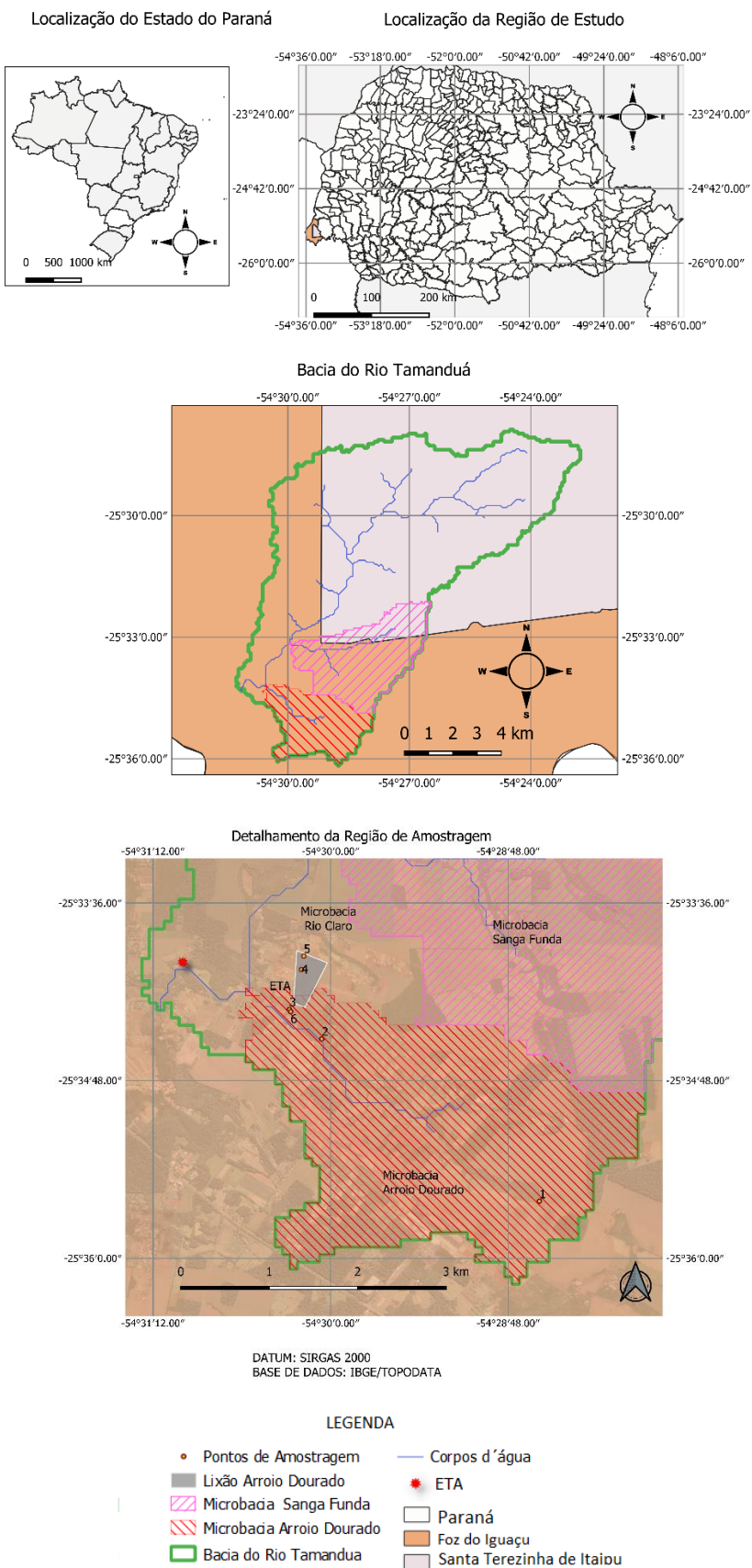
Área de estudo

O estudo foi conduzido na região sudeste de Foz do Iguaçu, na localidade do Arroio Dourado (Figura 1). A localidade da ocupação Arroio Dourado está localizada na microbacia do Córrego Rio Claro (parte superior) e na sua parte inferior na microbacia Arroio Dourado. Ambas as microbacias são parte da bacia do Rio Tamanduá, localizada nos municípios de Santa Terezinha de Itaipu e Foz do Iguaçu no Paraná-Brasil. A nascente do rio Tamanduá localiza-se em Santa Terezinha de Itaipu e seu exutório é no Rio Iguaçu em Foz do Iguaçu. O Arroio Dourado nasce no município de Foz do Iguaçu, margeia a ocupação Arroio Dourado e deságua no rio Tamanduá. A Bacia do rio Tamanduá tem aproximadamente 112,12 Km² de extensão e a sub-bacia do Arroio Dourado tem 10,23 Km². As áreas das microbacias Arroio Dourado e do Córrego Rio Claro somadas representam aproximadamente 13% da área da bacia do Rio Tamanduá. Os dados foram obtidos através de geoprocessamento usando o software Q Gis 3.10.

O córrego Rio Claro é um riacho também afluente do Rio Tamanduá. Existe uma captação de água utilizada pela Companhia de Saneamento a jusante da junção entre o Arroio Dourado e o Rio Tamanduá.

Neste estudo a qualidade da água do Rio Claro não foi avaliada uma vez que existe uma distância maior do lixão ao corpo d'água quando comparado a distância do lixão ao Arroio Dourado.

Figura 1: Delimitação da área de estudo e pontos de amostragem



Pontos de coleta e amostragem

As coletas foram realizadas em 11 de março de 2020 no período da tarde. A temperatura do ambiente era de aproximadamente 30°C. Foram coletadas amostras em seis pontos, três deles no Arroio Dourado, dois em poços do tipo cacimba sobre o lixão e um artesiano que está localizado fora da área do lixão (Figura 1). As localizações geográficas estão descritas na Tabela 1. Na ocasião da coleta fazia mais de 15 dias que não chovia e a região vinha sofrendo com estiagem prolongada. Observou-se a colheita de soja no dia da coleta.

As coletas da água dos poços foram executadas na tubulação na saída da bomba. Deixava-se a água durante 1 min escoar, após isso a água foi coletada em balde plástico e transferida para os frascos de vidro âmbar, seguindo normas técnicas de amostragem (APHA, 2012; BRANDÃO et al., 2012; BRASIL, 2011).

Tabela 1. Localização geográfica e características dos pontos de amostragem

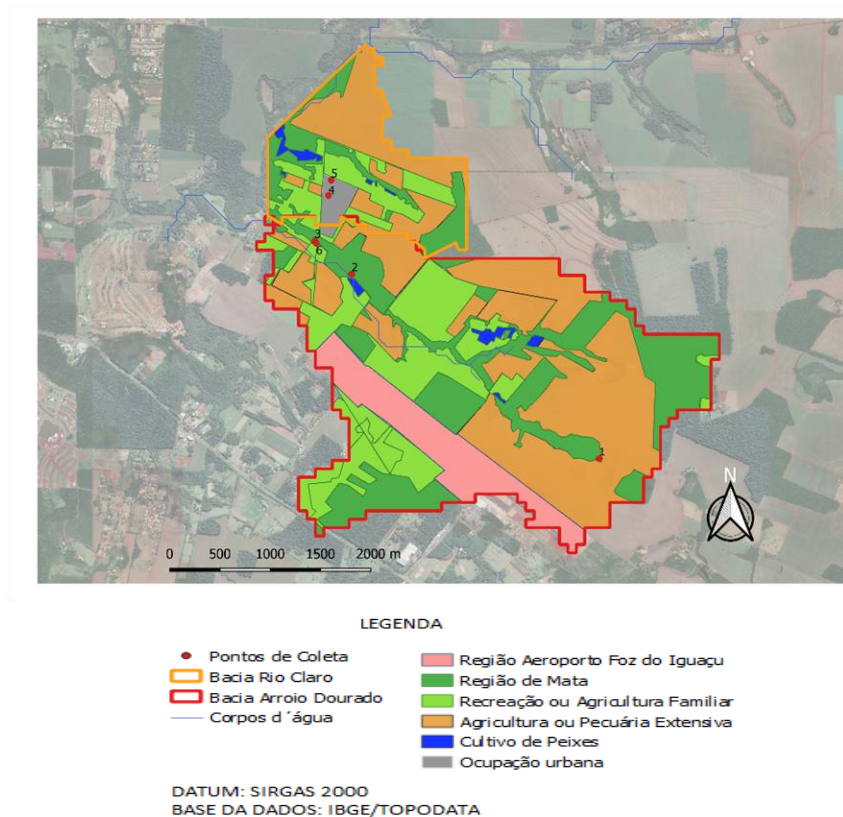
Pontos de coleta	P1	P2	P3	P4	P5	P6
	Arroio Dourado	Arroio Dourado	Arroio Dourado	Poço	Poço	Poço
Detalhe	Nascente	Montant e do Lixão	Jusante do Lixão	Cacimba 3	Cacimba 2	Artesiano
Tipo da Água	Superficial	Superficial	Superficial	Subterrânea	Subterrânea	Subterrânea
Coord. Geogr.	S 25 ° 35.614'	S 25 ° 34.518'	S 25 ° 34.319'	S 25 ° 34.050'	S 25 ° 33.959'	S 25 ° 34.334'
	W 054 ° 28.589'	W 054 ° 30.060'	W 054 ° 30.279'	W 054 ° 30.197'	W 054 ° 30.181'	W 054 ° 30.270'
Altitude	217 m	208 m	191 m	207 m	197m	194m

Fonte: Autores, 2020.

A Figura 2 mostra o uso e ocupação das microbacias do Arroio Dourado e do Córrego Rio Claro. Foi utilizado o Software Q Gis 3.10 para produção da imagem. Observa-se que o Arroio Dourado apresenta mata ciliar e que as microbacias são predominantemente agrícolas. Existe agricultura extensiva e também agricultura familiar ou recreativa com muitos pesqueiros.

O ponto de coleta 1 apresentava mata ciliar e nas proximidades havia agricultura extensiva (soja, em fase de colheita). O ponto 2 situava-se no Arroio Dourado, e a mata ciliar neste ponto estava preservada. O ponto de coleta 3 estava localizado a jusante do antigo lixão Arroio Dourado no Arroio Dourado. Os pontos 4 e 5 eram pontos de coleta de água subterrânea de poços do tipo cacimba localizados na área do lixão desativado. O ponto de coleta 6 estava localizado no poço artesiano utilizado pela população para consumo de água.

Figura 2: Uso e ocupação do solo e pontos de amostragem na região de estudo



Fonte: Autores, 2020.

Análises físico-químicas e de compostos orgânicos

Foram realizadas análises *in situ* de: potencial hidrogeniônico (pH), turbidez, oxigênio dissolvido (OD), potencial de oxidação-redução (ORP), sólidos suspensos totais (SST) e salinidade empregando sonda multiparamétrica Horiba Série U-50.

Os íons fluoreto, cloreto, nitrito, nitrato, brometo, fosfato, sulfato, amônia, sódio, cálcio, magnésio, potássio foram monitorados empregando Cromatografia de troca iônica (HPIC) (Metrohm, 930 Compact IC). Empregou-se o método 300.1 de USEP (1997).

Para a análise dos compostos orgânicos e agrotóxicos, amostras de água (250 mL) foram submetidas a extração em fase sólida (SPE) empregando Cartucho Oasis® HLB 6,0 cc (500 mg), como etapa de pré-concentração dos analitos, de acordo com Pitarch et al. (2016) e Della-Flora et al. (2020). Brevemente, o cartucho acoplado ao sistema Manifold foi ativado com 5 mL de metanol, sendo lavado com o mesmo volume de água ultra pura. Na sequência, um volume de 250 mL da amostra foi percolado no cartucho, a um fluxo de 2 mL/min, até a completa secagem do cartucho sob vácuo. A eluição do analito foi realizada com 10 mL de metanol, sendo os tubos submetidos a secagem a 40° C, com fluxo mínimo de gás nitrogênio. O tubo foi ressuspenso com 300 µL de diclorometano (grau cromatográfico) com posterior agitação durante 30 s em agitador tipo vórtex e

submetido a análise. Adaptou-se a metodologia descrita por Della-Flora et al. (2018), por cromatografia em fase gasosa acoplado a um sistema de detecção por espectrometria de massa (CG/MS) (TRACE 1300 equipado com amostrador automático TriPlus RSH e analisador de massas ISQ Single Quadrupole MS da Thermo Scientific). Os compostos foram separados em uma coluna TR-5MS (5% de difenil-95% de dimetilpolisiloxano, 30 m x 0,25 mm I.D. x 0,25 µm), Thermo Scientific. A temperatura do injetor foi de 250 °C e as amostras (2 µL) injetadas no modo *splitless*. A temperatura da coluna foi 40 °C (5 min) a 300 °C a uma taxa de 5 °C min⁻¹, mantida por 5 min. O tempo total da corrida foi de 33 min. Hélio foi utilizado como gás de arraste a um fluxo de 1 mL min⁻¹. A fonte de íons foi mantida a 250 °C e MS transfer line foi mantida a 250°C. O processamento dos dados foi realizado no software ThermoXcalibur, versão 2.2 (Thermo Scientific). Os analitos atrazina, desisopropilatrazina (DIA), desetilatrazina (DEA), paraquate, diazinon, clorpirifós, paration e pirimfos foram monitorados no modo SIM (monitoramento seletivo de íons), considerando os íons mais intensos e qualificadores obtidos pela biblioteca Nist, e comparado com os padrões analíticos obtidos da Sigma Aldrich. As amostras também foram submetidas ao monitoramento de varredura completo (SCAN) sendo monitorada m/z 25–550. Foram consideradas as moléculas com uma % maior que 70% de probabilidade que seja a molécula.

Exposição e Avaliação de Risco

A avaliação de risco dos contaminantes foi avaliada de acordo com USEPA (1996).

Dentre as substâncias avaliadas nesse estudo, o nitrito e o nitrato são aqueles que podem ocasionar riscos à saúde (IRIS, 2004). Para tanto, foi calculada a avaliação de exposição para um adulto submetido a níveis de ingestão de cada substância. O cálculo de ingresso das substâncias de interesse é expresso na Equação 1 e os dados para o cálculo de ingresso estão descritos na Tabela 2.

$$I = \frac{CF \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (1)$$

Tabela 2. Parâmetro de distribuição do Arroio Dourado para exposição e risco dos contaminantes: nitrito e nitrato

Variável	Descrição	Valores	Referência
I	Ingresso por ingestão de água contaminada	mg/kg.dia	USEPA (1996)
C	Concentração do composto químico de interesse na água	mg/L	Presente estudo
IR	Taxa de ingestão de água	1,5 L/dia	Kahn and Stralka (2009); Razzolini et al. (2016)
EF	Frequência da exposição	345 dias/ano	USEPA (1996)
ED	Duração média da exposição	11,36 anos	USEPA (1996)

Variável	Descrição	Valores	Referência
BW	Peso corpóreo médio do indivíduo durante a exposição	67,6 kg	IBGE (2010), Alves et al. (2014)
AT	Período de exposição médio durante a exposição não carcinogênica	4146,4 dias	USEPA (1996)

Fonte: Autores, 2020.

A caracterização do risco foi estimada por meio do Quociente de Perigo (HQ), o qual foi calculado por meio da exposição de cada elemento e a dose de referência (RfD) (EPA, 2004). Já o índice de perigo (HI) foi determinado pela somatória dos contaminantes em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análises físico-químicas e poluentes inorgânicos

A Tabela 3 apresenta os parâmetros *in situ* obtidos por sonda multiparamétrica. O OD na água subterrânea segundo Feitosa & Manoel Filho, (1997) varia normalmente entre 0 e 5 mg/L. Apenas o P6 apresentou valor superior. Com relação aos pontos de água superficial (P1, P2 e P3) P1 teve um nível inferior quando comparado aos demais pontos. Resultados similares foram obtidos por Crepalli (2007), na avaliação da qualidade da água do Rio Cascavel – PR. Neste estudo, os níveis reduzidos de OD foram atribuídos à alta concentração de matéria orgânica devido ao lançamento direto de efluentes no rio e também a poluição pontual e difusa, influenciada pelo uso e ocupação do solo ao redor do local de estudo. Von Sperling (2014) explica que, em um curso d'água, a concentração de OD pode se encontrar reduzida devido aos processos de consolidação da matéria orgânica, com isso, o teor de OD é menor ao de saturação, que são ditos pela solubilidade do gás a dadas condições de temperatura e pressão.

Tabela 3. Parâmetros de análises *in situ* da qualidade da água nos pontos de coleta

Parâmetros	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Oxigênio dissolvido (mg/L)	3,95	6,20	6,83	4,49	4,66	6,08
Temperatura (°C)	23,9	25,7	25,3	27,6	24,6	24,2
pH	4,84	6,28	6,40	5,44	4,23	7,63
ORP (mV)	236	164	261	331	331	266
Turbidez (NTU)	4,8	16,7	16,2	0,7	0,9	7,5
SST (g/l)	0,01	0,03	0,03	0,17	0,01	0,11
Salinidade (ppt)	0	0	0	0,1	0	0,1

Fonte: Autores, 2020.

Os valores obtidos para a temperatura ficaram entre 23°C e 28°C para os pontos amostrados. Este trata-se de um importante parâmetro de avaliação de qualidade da água, pois pode auxiliar na explicação de algumas variáveis tais como: alcalinidade, pH, salinidade, concentração de saturação de OD, entre outros (CAMPAGNARO, 2009).

Observa-se ainda, que a temperatura da água foi menor no P1, onde há a presença de mata ciliar ao entorno. Em estudo realizado por Bueno et al. (2005), em que foram monitoradas as variáveis de qualidade da água no Horto Ouro Verde em Conchas no estado de São Paulo, foram encontrados valores referentes a temperatura inferiores em área de mata ciliar e de eucalipto. Este estudo ressalta que a principal variável que controla a temperatura de pequenos rios é a radiação solar, por isso é importante analisar a vegetação ao redor do ponto amostrado.

Ainda de acordo com a incidência de radiação solar, Lopes et al. (2010) explica que este fator está diretamente ligado às oscilações de pH, em seu estudo realizado na bacia do Ribeirão de Carrancas no estado de Minas Gerais, onde ele analisou as influências das condições naturais no índice da qualidade da água, o autor relata que o pH pode sofrer várias mudanças no decorrer do dia, devido aos processos bioquímicos ocorrentes na água, e essas variações podem ser influenciadas pela temperatura.

Desta forma, o pH é uma característica importante a ser controlada quando se trata de água de boa qualidade, haja vista que influencia nos processos biológicos que ocorrem no meio aquático. Em um estudo realizado por Queiroz & Oliveira (2018) sobre a qualidade da água em comunidades quilombolas do Vão Grande, no município de Barra do Bugre – MT, observou-se que para a variável pH quando se trata de águas naturais, que não recebem nenhum tipo de tratamento, os valores do pH podem variar entre 4 e 9, e os valores obtidos nas análises do Arroio Dourado em Foz do Iguaçu - PR revelam que enquadram-se dentro deste intervalo.

Com relação à turbidez, os valores medidos no local de estudo ficaram entre 0,7 e 16,7 NTU. Esse parâmetro está diretamente relacionado aos materiais em suspensão, como a argila, matéria orgânica e inorgânica, que podem alterar a turbidez (QUEIROZ & OLIVEIRA, 2018). Nos resultados apresentados na Tabela 3, o P2 e o P3 apresentam um índice de turbidez mais elevado comparado com os outros pontos, pois trata-se de água superficial localizada a montante da nascente.

Em relação à salinidade, os valores apresentados na Tabela 3, demonstram que apenas o P4 e P6 apresentaram um pequeno índice de sais na água. Constata-se que os níveis de sais encontrados são relativamente baixos comparados aos valores aceitáveis, que é de 0,50 ppt para o parâmetro acima descrito (Brasil, 2005). O potencial de Oxidação-Redução (ORP) e Sólidos Suspensos Totais (SST) foram superiores no P4.

Dos poluentes inorgânicos avaliados (Tabela 4), nitrito, nitrato, fluoreto, cloreto e sódio estão enquadrados na Portaria GM/MS no 888, de 4 de maio de 2021 que dispõe sobre os padrões de potabilidade da água (BRASIL, 2021).

Tabela 4: Concentração de ânions e cátions nas amostras

Ânions e Cátions	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Cloreto (mg/L)	ND	0,12 ±0,02	0,11 ±0,02	2,05 ±0,14	ND	0,12 ±0,00
Nitrato (mg/L)	0,15 ±0,07	0,14 ±0,07	ND	1,23 ±0,08	0,11 ±0,04	0,10 ±0,02
Fosfato (mg/L)	2,37 ±0,44	1,50 ±0,04	ND	ND	ND	ND
Sulfato (mg/L)	ND	0,59 ±0,05	ND	0,01 ±0,00	ND	0,16 ±0,02
Fluoreto (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nitrito (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Brometo (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cálcio (mg/L)	0,28 ±0,020	0,41 ±0,154	0,56 ±0,01	1,54 ±0,01	0,19 ±0,00	0,93 ±0,15
Magnésio (mg/L)	0,07 ±0,02	0,15 ±0,07	0,20 ±0,07	0,58 ±0,01	0,05 ±0,01	0,09 ±0,00
Sódio (mg/L)	ND	0,05 ±0,02	0,11 ±0,024	3,26 ±0,24	ND	3,18 ±0,21
Amônio (mg/L)	ND	0,07 ±0,01	0,14 ±0,01	0,40 ±0,04	0,36 ±0,01	0,43 ±0,04
Potássio (mg/L)	ND	0,02 ±0,01	0,05 ±0,02	0,17 ±0,04	ND	ND

Médias ± desvio padrão relativo de três repetições. ND: não detectado.

Fonte: Autores, 2020.

Queiroz e Oliveira (2018) obtiveram resultados semelhantes para águas superficiais quanto a determinação de cloretos. Os autores indicam que para valores reduzidos, o cloreto não representa risco à saúde, mas pode indicar gosto à água, o que provoca recusa ou repulsa a ingestão. A população que consome água do P4 indicou informalmente, durante a coleta, característica não insípida. No entanto, apesar da maior concentração de cloreto em comparação aos demais pontos avaliados, o VMP é muito inferior ao estipulado pelas resoluções, que é de 250 mg/L (Brasil, 2021). Observa-se que águas usadas para abastecimento de parte da comunidade (P6) do Arroio Dourado, não apresentaram nem traços dessa substância.

Não foi detectada a presença de nitrito nas águas, diferente de nitrato, encontrado em 5 pontos (Tabela 4). As resoluções vigentes nacionais determinam o limite de até 10 mg/L. A Legislação da União Europeia (EU, 2013) recomenda o limite de 0,10 mg/L para águas potáveis. Segundo Von Sperling (2014) a forma encontrada de nitrogênio determina o estágio de poluição, sendo que a presença do nitrato indica uma contaminação mais antiga em comparação ao nitrito.

De acordo com Torres et al. (2017) a avaliação das concentrações de nitrogenados e sulfatos podem auxiliar no diagnóstico de contaminações por compostos químicos como defensivos agrícolas e o despejo de efluentes

industriais. No presente estudo, os valores de sulfatos ficaram bem abaixo dos limites exigidos pela legislação (Brasil, 2021), que é de 250 mg/L, assim como os íons fluoretos, os quais foram determinados em pequenas frações, sendo insignificante sua representatividade.

Para os íons brometo e fosfato não há VMP's estipulados na legislação do Brasil (Brasil, 2021). Apesar da legislação brasileira não considerar o fósforo como um poluente, diversos estudos demonstram este potencial (KLEIN e AGNE, 2012). No atual estudo, a nascente do Arroio Dourado foi o ponto com a maior concentração de fosfatos, mas esse índice não refere-se à poluição antrópica, visto as características de proteção vegetal apresentada no local. Este fato pode ser explicado devido ao material orgânico proveniente da decomposição da mata ciliar, os quais quando decompostos favorecem a liberação e aumento da concentração de fosfatos (PAVINATO e ROSOLEM, 2008).

Dos poluentes inorgânicos de características catiônicas avaliados (Tabela 4), os cátions sódio e amônio estão enquadrados como parâmetros de potabilidade (Brasil, 2021), estando relacionadas ao padrão organoléptico. Todos os pontos avaliados estão dentro dos limites admitidos por essa Portaria.

Ante a ausência de VMP's para muitos compostos nas legislações nacionais ou mesmo valores pouco restritivos quando comparados a legislações estrangeiras, Pacheco e Deschamps (2019) apresentaram uma metodologia para estabelecer valores de referência de qualidade de água e classes de uso da água superficial em microbacias de Santa Catarina, Brasil. Os valores encontrados são mais restritivos. No presente estudo adotou-se a classificação proposta pelos autores como aceitável (equivalente a Rios Classe 2 segundo a Resolução CONAMA 357/2005) para efeito de comparação com os resultados obtidos para os pontos de águas superficiais, sendo eles P1, P2 e P3. Os resultados podem ser observados na Tabela 5.

Os valores encontrados foram superiores ao proposto apenas para o fosfato. As quantidades podem sugerir que a atividade agrícola pode é responsável pela elevação deste parâmetro nestes pontos, uma vez que tanto P1 quanto P2 estão localizados em região com presença de agricultura.

Tabela 5: Comparação entre Limites de compostos inorgânicos propostos por Pacheco e Dechamps (2019), resolução CONAMA 357 e pontos de água superficial estudados

	Limites (Pacheco & Deschamps (2019)	Limites CONAMA 357/2005	P1	P2	P3
Classe segundo CONAMA 357/2005	Classe 2	Classe 2	Classe 2	Classe 2	Classe 2
Amônia (mg/L N)	1,5	4,5 *	ND	0,07	0,14
Cálcio (mg/L)	1,12	não indica	0,28	0,41	0,54
Fosfato-orto (mg/LP)	0,08	não indica	2,37	1,50	0,02
Magnésio (mg/L)	1,24	não indica	0,07	0,15	0,20
Nitrato (mg/L)	0,37	10	0,15	0,14	ND
Nitrito (mg/L)	0,02	1	ND	ND	ND

*para pH menor ou igual a 7,5. ND: não detectado.

Fonte: Autores, 2020.

Análises de Poluentes Orgânicos

Os analitos atrazina, DIA, DEA, paraquat, diazinon, clorpirifós, paration, pirimfos foram monitorados no modo SIM nos seis pontos, durante as análises cromatográficas. Não foi detectada a presença de nenhum dos agrotóxicos nas amostras. Destaca-se aqui que fazia mais de 15 dias que não chovia e que a região vinha sofrendo com estiagem. Na ocasião da coleta realizava-se a colheita de soja.

Durante as análises cromatográficas, as amostras foram avaliadas no modo de varredura completa (SCAN), sendo monitorada a presença de compostos orgânicos em um intervalo de m/z 25–550. A Tabela 6 mostra os compostos encontrados. Na amostra P1 (nascente), poucos picos cromatográficos foram observados.

O composto N, N-dietil-meta-toluamida (DEET) encontrado no P2 é utilizado em repelente de insetos. Segundo Xiangyun et al. (2019), além de seus efeitos adversos em insetos, o DEET pode afetar organismos não-alvo em sistemas de águas superficiais. No entanto, os critérios de tolerância do DEET para vida aquática não estão disponíveis. Os autores conduziram um estudo em espécies aquáticas nativas chinesas. Os dados de toxicidade indicaram que a exposição ao DEET apresentou uma toxicidade mais alta para algumas algas do que para outras espécies aquáticas.

Tabela 6: Compostos orgânicos obtidos nas amostras através de cromatografia (GC/MS)

Composto	Retenção (min)	Íons	CAS Number	Amostras
Acetato de éter monobutílico de dietilenoglicol	9,73	57,87 e 43	124-17-4	P3
DEET (N, N-dietil-meta-toluamida)	13,09	119,91 e 190	134-62-3	P2
2,2,4-Trimetil-1,3-pentanodiol diisobutirato	15,54	71,43 e 243	6846 50-5	P2, P3, P4, P6
Cafeína	17,82	194,109 e 55	58082	P5
3-Metilbutil hexadecanoato	28,81	70,71 e 43	81974-61-0	P5
Acetil tributil citrato	30,46	12,185 e 259	77907	P5
Ácido Octadecanoico 3-metilbutil ester	32,95	70, 71 e 43	627-88-3	P5

Fonte: Autores, 2020.

O composto acetato de éter monobutílico de dietilenoglicol é segundo a ECHA - European Chemical Agency, (2020), uma substância utilizada nos seguintes produtos: Tintas e toners, produtos químicos de laboratório, adesivos e selantes, produtos de revestimento, produtos de tratamento de couro e produtos fito farmacêuticos. Chega ao ambiente através de detergentes, produtos automotivos, tintas e revestimentos adesivos, fragrâncias e purificadores de ar. Dado o uso e ocupação do solo na região, sua presença em P3 indica que pode estar havendo carreamento de substâncias do lixão para o corpo hídrico.

O 2,2,4-Trimetil-1,3-pentanodiol diisobutirato encontrado em P2, P3, P4, P6, segundo Viola (2008) é usado como um plastificante para a produção de plásticos flexíveis. Sua presença numa microbacia agrícola com a presença de um lixão sugere que passa haver contaminação oriunda de restos de tintas provenientes do lixão. Entretanto, a sua presença em P2 sugere uma contaminação difusa que merece ser melhor investigada.

A cafeína encontrada no P5 fornece indicativos de que podem haver outros contaminantes emergentes na região de estudo. De acordo com Santana (2013) a cafeína possui um papel especial dentro das substâncias classificadas como contaminantes emergentes, sua ocorrência pode indicar a presença de outras substâncias. A cafeína é encontrada em fármacos, refrigerantes, chás, bebidas à base de café, bebidas energéticas, produtos de higiene pessoal e também em inúmeras matrizes de interesse ambiental.

O ácido octadecanoico 3-metilbutil ester encontrado no P5 segundo CETESB (2020) é um material usado para industrial de borracha, como lubrificante, cosméticos, surfactantes. Sua presença na água pode indicar contaminação oriunda dos resíduos sólidos depositados no lixão. A toxicidade em humanos não está estabelecida.

Tanto a cafeína quanto o DEET de acordo com Westerhoff et al., (2005) tem baixa remoção em sistemas de tratamento de água convencionais. A exemplo de outros contaminantes emergentes os riscos associados pela sua ingestão prolongada não estão bem esclarecidos.

Exposição e Avaliação de Risco

Os resultados da avaliação de exposição de nitrato estão representados na Tabela 7.

Tabela 7. Distribuição de parâmetros de Monte Carlo para exposição e risco de nitrato

Pontos	Nitrato (mg/L)	I (mg/ kg. dia)	HQ
P1	$1,5 \cdot 10^{-1}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$
P2	$1,4 \cdot 10^{-1}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$
P3	ND	0	0
P4	$12,3 \cdot 10^{-1}$	$2,6 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$
P5	$1,1 \cdot 10^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$
P6	$0,9 \cdot 10^{-1}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$

I : Ingresso por Ingestão de água contaminada ; HQ: Quociente de Perigo; HI: Índice de Perigo. ND: não detectado.

Fonte: Autores, 2020.

O nitrato nível de exposição variando de $2,1 \cdot 10^{-3}$ mg/kg.dia à $2,6 \cdot 10^{-2}$ mg/kg.dia, sendo que o P4 exibiu as maiores doses do contaminante (Tabela 7). Por se tratar de água subterrânea, a presença de nitrato no P4 indica que o material orgânico, o qual contaminou essa água, foi todo oxidado, sendo o contaminante de procedência remota (VON SPERLING, 2014).

Os resultados sobre os referidos poluente indicam que a exposição atual a este contaminante pelo consumo da água do Arroio Dourado não representa risco carcinogênico para a população que mora nas proximidades, visto que HQ e HI apresentaram valores menores que 1 (CETESB/GTZ, 2001).

Os níveis de nitrito e nitrato quantificados em água ficaram abaixo das Diretrizes das Resoluções 396/2008, 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2008; BRASIL, 2005) e Portaria GM/MS nº 888 (BRASIL, 2021).

A avaliação de risco à saúde associada à ingestão de água do Arroio Dourado é importante devido a esse corpo hídrico ser afluente do Rio Tamanduá, manancial de abastecimento de água da cidade de Foz do Iguaçu.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostram a presença dos compostos: Acetato de éter monobutílico de dietilenoglicol, DEET (N,N-dietil-meta-toluamida),2,2,4-Trimetil-1,3-pentanodiol diisobutirato, Cafeína, 3-Metilbutil hexadecanoato, Acetil tributil citrato e Ácido Octadecanoico 3-metilbutil éster na água. Os pontos a jusante do lixão e nos poços cacimba tiveram maior presença de compostos o que demonstra

a possível influência do lixo e da ocupação na contaminação das águas subterrânea e superficial.

Não foram detectados os agrotóxicos pesquisados nas amostras. Uma limitação do estudo é a não realização das análises em período chuvoso e de acordo com o calendário agrícola da região, uma vez que a microbacia sofre grande influência da agricultura e que já é de conhecimento que coletas em águas superficiais nestes momentos costumam apresentar resultados piores. Destaca-se o diferente comportamento de águas superficiais e subterrâneas em diferentes condições de pluviometria

Observou-se que os íons descritos na legislação brasileira, bem como os parâmetros físico-químicos analisados estão dentro dos VMPs. Destaca-se a necessidade de incremento e melhor atenção a novos compostos na legislação brasileira, uma vez que muitos dos compostos orgânicos, catiônicos e aniônicos detectados neste estudo sequer constam nestas legislações e quando se encontram descritos tem valores menos restritivos que as legislações estrangeiras.

A análise de risco referente a Nitrato indica que a exposição atual a esse contaminante pelo consumo da água não representa risco carcinogênico para a população, visto que HQ e HI apresentaram valores menores que 1. Entretanto, foram detectados compostos cujo risco a saúde humana está pouco estabelecido.

Contamination of surface and subterranean water in an deactivate open pit dump. Arroio Dourado – Foz do Iguaçu – PR.

ABSTRACT

In Foz do Iguaçu (Paraná), 63 families live on the area of deactivate open pit dump: Arroio Dourado. The consumed water comes from artesian wells and "cacimba" wells and there is no sewage system. The area is bordered by Arroio Dourado river, which is an affluent of one the springs that supplies the city. In this study, the Arroio Dourado's water and subterranean water consumed by families was assessed. Inorganic compounds were evaluated *in situ*, ions and cations, pesticides and organic compounds were studied. The following were detected: 2-2-butoxyethoxy acetate, Caffeine, Diethyltoluamine, 2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate, 3-methylbutyl octanoate, Tributyl acetyl citrate e 3-methylbutyl ester. Pesticides were not founded. The downstream points of open pit dump and the "cacimba" wells are those with the greatest contamination. Several compounds found are not described in Brazilian legislation with demonstrates their fragility. The water was collected in the dry season. Collections are also recommended at other times.

KEYWORDS: Water contamination. Environmental liability. Open pit dump. Supply source. Organic compounds. Diffuse pollution.

REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional das Águas. **Conjuntura Recursos Hídricos**. Brasil. 2019. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2020.

AZEVEDO, Pollyana Bezerra *et al.* Diagnóstico da degradação ambiental na área do lixão de Pombal – PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 10, n. 1, p. 20-34, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v10i1.3294>. Acesso em: 2 ago. 2020.

BORTOLI, Jaqueline de *et al.* Avaliação microbiológica da água em propriedades rurais produtoras de leite localizadas no Rio Grande do Sul, **Brasil**. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p.39-53, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20180005>. Acesso em 2 jul. 2020.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Brasília, [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. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 2 ago. 2020.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília, [2008]. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>. Acesso em: 2 ago. 2020.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, [2009]. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>. Acesso em: 2 ago. 2020.

BRASIL. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 05/12/2022.

BUENO, Lara. F., GALBIATTI, João. A., BORGES, Maurício. J. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do Horto Ouro Verde – Conchal – SP. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 742-748, Set./Dez. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000300020> . Acesso em: 2 ago. 2020.

CALEBE, J. **Moradores não querem deixar Arroio Dourado, considerado área de risco pelo Ministério Público Federal**. Foz do Iguaçu, 15 abr. 2019. Cultura Rádio AM e WebTV. Disponível em: <https://www.radioculturafoz.com.br/2019/04/15/moradores-nao-querem-deixar-arroio-dourado-considerado-area-de-risco-pelo-ministerio-publico-federal/>. Acesso em: 02 mar. 2020.

CAMPAGNARO, Vanessa Fabiane. **Índice de Qualidade de água e déficit de oxigênio dissolvido como indicadores ambientais no monitoramento de microbacias**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Curso de pós-graduação em Engenharia Agrícola, Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2009.

CETESB/GTZ (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo/Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit). Manual de gerenciamento de áreas contaminadas. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/areascontaminadas/manual-de-gerenciamento-de-ACs/7->. **Acesso em: 2 ago. 2020.** São Paulo, 2001.

CETESB. Ficha de Informação do Produto Químico. Disponível em: https://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=%C3%81CIDO%20ESTE%C3%81RICO **Acesso em: 2 ago. 2020.**

CREPALLI, Mauro da Silva. **Qualidade da água do Rio Cascavel**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Engenharia de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2007.

ECHA (European Chemical Agency). Substancy Infocard. Disponível em: <https://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.004.261>. **Acesso em: 2 ago. 2020.**

FEITOSA, Fernando A. Carneiro; *et al.* **Hidrogeologia - conceitos e aplicações**. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Editora Gráfica LCR: Fortaleza, 1997. 389p.

FONSECA, Wagner Cleyton; NUNES, Cristina Cardoso; FERNANDES, Marilda; CORSEUIL, Henry Xavier. Impactos de derramamentos de etanol em água subterrânea – Experimento de campo. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**

Versão On-line. V. 21 n .1, p. 105 – 117, Jan/Mar. 2016. DOI: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v21n1.p105-117>. Acesso em: 02 mar. 2020.

GAO, Xiangyun.; WANGA, Xiaonan.; LI, Ji.; AI, Shunhao.; FU, Xiaolin. ; FAN; Bo. WENWEN, Li.; LIUA, Zhengtao. Aquatic life criteria derivation and ecological risk assessment of DEET in China. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. Jan. 2020. V.188. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2019.109881. Acesso em: 02 ago. 2020.

IBGE (2010) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da População**. http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/pof/2008_2009_encaa/defaulttabpdf_UF.shtm. Acesso em: 2 ago. 2020.

EPA - Integrated Information System Risk- **List of IRIS Substances**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/IRIS/>>. Acesso em: 2 ago. 2020. Estados Unidos, 2004.

KAHN Henry D.; STRALKA Kathleen. Estimated daily average per capita water ingestion by child and adult age categories based on USDA's 1994–1996 and 1998 continuing survey of food intakes by individuals. **J Expo Sci Environ Epidemiol**. V.19, p.396–404, 2009. DOI: 10.1038/jes.2008.29. Acesso em: 02 ago. 2020.

KLEIN, Cláudia *et al.* Fósforo: de nutriente à poluente! **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. V.8, N. 8, p. 1713-1721, Set/Dez 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/223611706430>. Acesso em: 02 jun. 2020.

LOPES, Frederico Wagner de Azevedo, MAGALHÃES JUNIOR, Antônio Pereira. Influência das condições naturais de pH sobre o índice de qualidade das águas (IQA) na bacia do Ribeirão de Carrancas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 6, n. 2, p. 134 – 147, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/324165528_Influencia_das_condicoes_naturais_de_ph_sobre_o_indice_de_qualidade_das_aguas_IQA_na_bacia_do_Ribeirao_de_Carrancas. Acesso em: 02 jun. 2020.

PACHECO, Bruna Stedile Ribeiro; DESCHAMPS, Francisco Carlos. Método para Estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade e classes de uso da água superficial em microbacias no estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira De Ciências Ambientais (Online)**, Rio de Janeiro, n.52, p. 62-78, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820190441>. Acesso em: 02 jun. 2020.

PAVINATO, P.S.; ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. V 32, n. 3, p. 911-920, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000300001>. Acesso em: 02 mai. 2020.

PEREIRA, Anne Relvas *et al.* Avaliação da qualidade da água superficial na área de influência de um lixão. **Revista Ambiente e Água**. V. 8. N. 3., p. 911-920, Dez. 2013. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1160>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/v99tSdRzw93BHT8vVpmczTf/> Acesso em: 02 mai. 2020.

QUEIROZ, Tadeu Miranda; OLIVEIRA, Lizandra Carla Pereira. Qualidade da água em comunidades quilombolas do Vão Grande, município de Barra do Bugres (MT). **Engenharia Sanitária Ambiental**. v.23 ,n.1, p. 173-1800, Jan./Fev. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018166375>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/BmD74Jt9sgWTyTLXsrCHgxt/?lang=pt.> . Acesso em: 02 mai. 2020.

RAZZOLINI Maria Tereza Pepe *et al.* Giardia and cryptosporidium infection risk by simultaneous exposure to drinking water. **Microbial Risk Analysis** V.4, p. 1-6, 2016. DOI: 10.1016/j.mran.2016.01.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352352215300086>. Acesso em: 02 mai. 2020.

SANTANA. Joice da Silva. **Determinação de contaminantes emergentes em mananciais de água bruta e na água para consumo humano do Distrito Federal**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

SILVA, Rita de Cássia Assis; ARAÚJO, Tânia Maria. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência e Saúde Coletiva**. v. 8, n. 4, p. 1019 – 1028, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232003000400023>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/Jqm4CW7ykGsmMsfNwt3tLqR/>. Acesso em: 02 mai. 2020.

TORRES, I.A.; *et al.* Avaliação físico-química de amostras de água, sedimento e mata ciliar de uma piscicultura localizada em área agroindustrial à margem do Ribeirão da Mata (MG). **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.22 n.4, P. 773-780, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017110861>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/ZkDvpcqDDJ54HLtSr47FSQG/> Acesso em: 02 mai. 2020.

UE - UNIÃO EUROPEIA. **Directiva 98/83/CE do Conselho de 3 de Novembro de 1998, relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano**. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, JO L 330 de 5.12.1998, p. 32. ECHA (European Chemical Agency). Disponível em: <https://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.004.261>. Acesso em: 18 Dez. 2020.

USEPA United States Environmental Protection Agency. **Quantitative uncertainty analysis of Superfund residential risk pathway models for soil and groundwater: white paper**. Office of Health and Environmental, Washington, DC, 1996.

Disponível em: <https://www.environmental-expert.com/articles/quantitative-uncertainty-analysis-of-superfund-residential-risk-pathway-models-for-soil-and-groundwa-11087>. Acesso em: 02 mai. 2020.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

Westerhoff, Paul *et al.* Fate of Endocrine-Disruptor, Pharmaceutical, and Personal Care Product Chemicals during Simulated Drinking Water Treatment Processes.

Environ. Sci. Tech., V. 39, N. 17, p. 6649-6663, 2005. DOI: 10.1021/es0484799.

Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16190224/>. Acesso em: 02 mai. 2020.

Recebido: 19/03/2021

Aprovado: 22/11/2022

DOI: 10.3895/rts.v19n55.13939

Como citar: DA SILVA, S.S. et al. Estudo da contaminação da água superficial e subterrânea de um lixão desativado: Arroio Dourado – Foz do Iguaçu – PR. **Rev. Technol. Soc.**, Curitiba, v. 19, n. 55, p.345-365, jan./mar., 2023. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/13939>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

