

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES LÍQUIDOS EM UM HOSPITAL PÚBLICO: ESTUDO DE CASO EM BELO HORIZONTE, BRASIL

Elci de Souza Santos¹
Jéssica Blenda Martins Teles²
Luely Miguel Pereira³
Luiz Carlos Moutinho Pataca⁴
Olívia Maria de Sousa Ribeiro Vasconcelos⁴
* Marcos Paulo Gomes Mol⁴

LIQUID EFFLUENTS CLASSIFICATION IN A PUBLIC HOSPITAL: A CASE IN BELO HORIZONTE, BRAZIL

Recibido el 19 de enero de 2022. Aceptado el 20 de septiembre de 2022

Abstract

Liquid effluents generated by hospital activities can cause negative environmental impacts if poorly managed. The continuous operation and service to a large and heterogeneous public often contribute to a significant consumption of water resources and the consequent generation of liquid effluents. In this research, the characterization of the liquid effluents generated and the diagnosis of possible reasons for the occurrence of non-conforming parameters were carried out. The study was carried out from July to October 2019, in a public hospital in Minas Gerais. Data collection took place from the consolidated institutional record of effluent analyzes in the period 2016 to 2019. The results show that the main parameters that differ from those established by Technical Standard 187/5 is the Chemical Oxygen Demand. Among the 22 parameters analyzed, the medians of point AM01 were higher for 16 parameters. At the AM02 point, only the parameters total boron, total phenols, total fluorides, total suspended solids, surfactants and sulfates presented medians higher than the AM01 point. A positive and high correlation can also be observed between the BOD and COD parameters for both points. Variation in the effluent toxicity characteristics of the studied hospital was observed, especially due to the monitored parameters that are associated with the discarded materials.

Keywords: hospital effluent, liquid effluent, wastewater, environmental impact.

¹ Unidade de Gestão de Resíduos do HC-UFMG-Ebserh, Belo Horizonte, MG, Brasil.

² Centro Universitário de Belo Horizonte, Belo Horizonte, MG, Brasil.

³ Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

⁴ Fundação Ezequiel Dias, Belo Horizonte, Brasil.

* *Autor correspondente:* Fundação Ezequiel Dias [FUNED], Conde Pereira Carneiro st., 80, Gameleira, Belo Horizonte/MG, CEP 30510-010, Brazil. Email: marcos.mol@funed.mg.gov.br

Resumo

Os efluentes líquidos gerados nas atividades hospitalares podem causar impactos ambientais negativos se mal gerenciados. O funcionamento de forma contínua e o atendimento a um público grande e heterogêneo muitas vezes contribuem para um consumo significativo de recursos hídricos e, conseqüente geração de efluentes líquidos. Nesta pesquisa, foi realizada a caracterização dos efluentes líquidos gerados e diagnóstico dos possíveis motivos de ocorrência dos parâmetros não conformes. O estudo foi realizado de julho a outubro de 2019, em um hospital público de Minas Gerais. A coleta de dados se deu a partir do registro institucional consolidado das análises do efluente no período de 2016 a 2019. Os resultados apontam que os principais parâmetros que destoam do estabelecido pela Norma Técnica 187/5 é a Demanda Química de Oxigênio (DQO). Entre os 22 parâmetros analisados, as medianas do ponto AM01 foram maiores para 16 parâmetros. No ponto AM02 somente os parâmetros boro total, fenóis totais, fluoretos totais, sólidos em suspensão totais, surfactantes e sulfatos apresentaram medianas superiores ao ponto AM01. Também pode-se observar uma correlação positiva e alta entre os parâmetros DBO e DQO para ambos os pontos. Foi constatada a variação das características de toxicidade dos efluentes do hospital estudado, especialmente devido aos parâmetros monitorados que estão associados aos materiais descartados.

Palavras-chave: efluente hospitalar, efluente líquido, esgoto, impacto ambiental.

Introdução

O Brasil é um país rico em recursos hídricos, com 12% das reservas de água doce do planeta e 53% dos recursos hídricos da América do Sul. No entanto, mais de 110 mil quilômetros dos rios brasileiros são comprometidos pelo recebimento de esgoto não tratado e 37% da água potável é perdida no sistema de abastecimento, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) e Secretaria Nacional de Saneamento Básico (Atlas Esgotos, 2017).

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, em 2018, o índice de atendimento total com rede de abastecimento de água, pela média do país, foi de 83.6%, com 5146 municípios (92.3% do total de municípios brasileiros) analisados. Quanto ao índice de atendimento total com rede de esgotos, a média do país foi de 53.2%, para um total de informações de 4050 municípios, o que representa 72.7% do total de municípios.

Os efluentes hospitalares têm se tornado objeto de muitas pesquisas (Verlicchi *et al.*, 2010; Ort *et al.*, 2010; Escher *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2013; Afsa *et al.*, 2020). Isto pode ser atribuído às características físico-químicas, sua toxicologia e a presença de fármacos e seus metabólitos em seus efluentes.

Os efluentes hospitalares podem ser classificados como híbridos, por possuírem frações tanto de efluentes domésticos como de efluentes industriais. Além disso, podem apresentar diversidade tanto no âmbito quantitativo como qualitativo, de acordo com o tamanho, tipologia e localização. Existem efluentes específicos de cada área, como laboratórios, radiologia, centro cirúrgico,

lavanderia e cozinha. Estes podem possuir substâncias e misturas químicas persistentes e complexas, como os fármacos e seus metabólitos, marcadores radioativos, meios de contraste à base de iodo ou gadolínio e nutrientes. Os setores da limpeza, desinfecção, lavanderia e cozinha podem lançar detergentes, antissépticos e tensoativos. No caso de hospitais a mais tempo construídos, estes efluentes têm sido lançados diretamente no sistema de esgotos do município (Verlicchi *et al.*, 2012, Kern *et al.*, 2013, Carraro *et al.*, 2016, Khan *et al.*, 2021).

A ausência de legislações específicas para o tratamento e/ou lançamento de efluentes hospitalares tem levado a dificuldades na gestão destes efluentes, tanto no Brasil como na maioria dos países (Khan *et al.*, 2021; Kumari *et al.*, 2020). Em razão da diversidade característica dos efluentes hospitalares, o gerenciamento dos impactos negativos destes efluentes demandam uma análise focada tanto em determinar os pontos de geração como as quantidades e as características físico-químicas de cada lançamento (Khan *et al.*, 2021; Kumari *et al.*, 2020. Cezimbra, 2015).

Considerando a toxicidade dos efluentes líquidos de estabelecimentos de saúde, nota-se que tem crescido as pesquisas sobre os efluentes das lavanderias hospitalares (Kern *et al.*, 2013, Zotesso *et al.*, 2017, Furtado *et al.*, 2020) e sobre os impactos de fármacos na diversidade de bactérias (Chagas *et al.*, 2011, Prado *et al.*, 2011). Os processos têm sido avaliados por diferentes tecnologias (Cuervo Lubarque *et al.*, 2020, Souza *et al.*, 2017, Martins *et al.*, 2017, Souza *et al.*, 2018, Berto *et al.*, 2009, Somense *et al.*, 2015).

Sabe-se que muitos desses impactos podem ser reduzidos ou evitados, tomando-se alguns procedimentos como padrão de maneira a controlar seus efeitos negativos (Toledo, 2006). O funcionamento de forma contínua e o atendimento a um público grande e heterogêneo muitas vezes contribuem para um consumo significativo de recursos hídricos e, conseqüente geração de efluentes líquidos. Esta é uma das problemáticas que envolvem o complexo hospitalar, já que a inserção de boas práticas e racionalização dos recursos naturais representa uma tarefa complexa (Rohloff, 2011; Cezimbra, 2015).

No âmbito da legislação brasileira, a Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, mas não contempla o efluente hospitalar especificamente. Para adequar seu sistema de tratamento aos efluentes gerados por empreendimentos situados dentro da área servida pela rede coletora de efluentes, as companhias de saneamento podem regulamentar por meio de normas específicas. Desta forma, a Norma Técnica nº 187/5 da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) estabelece condições e critérios para o lançamento de efluentes líquidos não domésticos em seu sistema de esgotamento sanitário. Além disto, a COPASA possui o Programa de Recebimento e Controle de Efluentes Não Domésticos (PRECEND).

De acordo com a COPASA (2016), o PRECEND busca obter a destinação adequada dos efluentes líquidos não domésticos gerados por processos produtivos e prestadores de serviços, que serão captados e encaminhados para suas Estações de Tratamento de Esgotos (ETE). Esse sistema possui rastreamento pelas secretarias de meio ambiente dos municípios, visando a regularização ambiental. Essa norma técnica (T-187/5) estabelece limites máximos, para alguns parâmetros, para o lançamento de efluentes não domésticos em sua rede coletora. Nas situações em que os efluentes possuam parâmetros acima dos limites estabelecidos, estes deveriam ser, obrigatoriamente, ser pré-tratados antes do lançamento (COPASA, 2014).

A crescente preocupação com os modos sustentáveis em todas as áreas de atuação tem direcionado estudos para a minimização dos impactos causados também pelos efluentes hospitalares. Entretanto, sua complexidade exige acompanhamento e conhecimento de suas atividades internas (Bopp *et al.*, 2009). Para Brito (2018), faz-se necessária a identificação e acompanhamento de processos de geração de efluentes em hospitais, e, posteriormente, sugestão de metodologias que reduzam os impactos causados por tais efluentes nos casos de inconformidades encontradas, além de permitir a implantação de ações voltadas para a educação ambiental envolvendo trabalhadores e pacientes/visitantes.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características dos efluentes líquidos de um hospital brasileiro, e apontar os motivos que levam os parâmetros a ultrapassar os limites máximos estabelecidos.

Materiais e métodos

Caracterizando o local do estudo

O estudo foi realizado em um hospital público da região de Belo Horizonte, Minas Gerais, inaugurado em 1928. O complexo hospitalar é composto de um edifício central e sete prédios anexos. Realiza atividades assistenciais, de ensino e pesquisa, para pacientes com doenças de média a alta complexidade. Por ser um complexo hospitalar antigo, a identificação de pontos de descarte de efluentes específicos dos setores tem apresentado um desafio, uma vez que ocorreram reformas e modificações em todos os prédios da instituição.

As amostras dos efluentes líquidos coletadas foram analisadas por empresa credenciada junto a Secretaria de Meio Ambiente de BH (SMA-BH) contratada pelo hospital, O sistema de coleta estabelecido por SMA-BH deve ser 6 vezes ao ano, em dois pontos do complexo hospitalar. Um ponto abrangendo a área assistencial (AM01), e o segundo englobando a Central de Materiais e Esterilização (CME) e complexo da lavanderia (AM02).

O hospital em estudo tem um histórico de monitoramento de seus efluentes, por meio do Programa de Controle de Efluentes Não Domésticos (PRECEND) da COPASA. Portanto, neste estudo foram monitorados os seguintes parâmetros: Alumínio Total; Boro Total; Cianetos Totais; Cobre Total; Cromo Hexavalente; Cromo Total; Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO); Demanda Química de Oxigênio (DQO); Fenóis Totais; Ferro Solúvel; Flúor Total; Gorduras, Óleos e Graxas; Mercúrio Total; Níquel Total; Nitrogênio Amoniacal Total; Prata Total; Sólidos Suspensos Totais; Sólidos Sedimentáveis; Substâncias Surfactantes; Sulfatos; Sulfetos e Zinco Total. O período de amostragem correspondeu aos anos de 2016 a 2019. Para cada ponto de coleta (AM01 e AM02) foram coletadas um total de 24 amostras, totalizando 48 amostras em todo o período de amostragem.

Legislação aplicável

O Programa de Recebimento e Controle de Efluentes para usuários não domésticos (PRECEND) COPASA estabelece uma série de parâmetros que devem ser, continuamente, monitorados. Se as amostras analisadas apresentarem valores fora dos padrões estabelecidos, será cobrada multa referente ao aumento da carga poluidora, diretamente na conta de água e esgoto. A empresa de saneamento pode, ainda, solicitar análises toxicológicas e químicas complementares.

Para estabelecer o fator de carga poluidora (Fator K) causado pelo lançamento do efluente não doméstico ao sistema de tratamento de efluentes doméstico, utilizam-se os valores limites dos parâmetros Demanda Química de Oxigênio (DQO) = 450 mg/L; e Sólidos Suspensos Totais (SST) = 300 mg/L, conforme a equação 1

$$K = 0.63 + 0.19 \times (DQO/450) + 0.18 \times (SST/300)$$

Equação (1)

onde:

K: fator de carga poluidora

DQO: demanda química de oxigênio

SST: sólidos suspensos totais

Quando o valor do fator K for superior 1, ocorre uma alteração na taxa de cobrança mensal do esgoto, através da equação 2.

$$TE = (Pv \times Ve) \times (K > 1)$$

Equação (2)

onde:

TE: Tarifa de Esgoto

Pv: Tarifas vigentes

Ve: Volume mensal (PRECEND, 2012)

Todas as vezes que os Relatórios de Auto Monitoramento indicam efluentes fora das especificações da norma T 187/5, ocorre a incidência de multa compensatória correspondente a 30% do valor da última fatura de esgoto. O lançamento de efluentes fora dos padrões proporciona seu custo adicional que pode afetar a gestão financeira e o funcionamento do hospital.

Coleta de dados e análise estatística

A pesquisa foi realizada através de observação assistemática e documental com acompanhamento do fluxo de trabalho do hospital, a fim de reconhecer as possíveis causas das não conformidades dos parâmetros analisados pelo PRECEND e consulta aos arquivos dos resultados dos parâmetros analisados entre 2016 e 2019. Também foram consultadas as Instruções de Trabalho referentes aos setores visitados, para identificar possíveis não conformidades.

Inicialmente foram realizadas visitas aos setores que possuíam efluentes líquidos com potenciais de serem contaminantes da rede de esgoto, acompanhando a rotina dos mesmos e fazendo o levantamento das substâncias que eram lançadas in natura e após realização do pré-tratamento feito antes do descarte para rede.

Os dados foram consolidados em planilhas e avaliados em função dos limites estabelecidos. Inicialmente os dados foram testados quanto à normalidade, teste de Shapiro Wilk, e posteriormente o valor central (média ou mediana) foi comparado com o limite da norma, para cada parâmetro. As análises estatísticas consistiram na determinação de parâmetros descritivos dos dados (média, desvio padrão, mediana, desvio absoluto mediano (MAD), mínimo, máximo, intervalo interquartil (IQR). Determinou-se, também, o número de vezes que a concentração de um determinado parâmetro ultrapassou o limite máximo permitido estabelecido pela COPASA. Finalmente, determinou-se a correlação entre os vários parâmetros monitorados. Os resultados foram apresentados com 95% de confiança.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando a Language and Environment for Statistical Computing - R (R Core Team, 2021).

Resultados e discussão

Os resultados, das análises do efluente dos anos de 2016 a 2019, foram compilados, sendo realizado as análises de estatística descritiva (Tabelas 1 e 2).

O parâmetro DQO apresentou a maior incidência de valores acima dos limites estabelecidos pela Norma Técnica 187/5 tanto para o ponto AM01 quanto para o ponto AM02 (Tabelas 3 e 4), contribuindo para as multas aplicadas ao hospital, pela COPASA.

Tabela 1. Estatística descritiva do ponto AM01 de 2016 a 2019 (valores em mg·L⁻¹).

Parâmetro	Limite ⁽¹⁾	N ⁽²⁾	Média	DV ⁽³⁾	Mediana	MAD ⁽⁴⁾	min ⁽⁵⁾	max ⁽⁶⁾	IQR
Alumínio	3.0	0	0.55	0.4	0.495	0.46	0.03	1.94	0.625
Boro	5.0	0	0.071	0.07	0.055	0.067	0.01	0.24	0.0925
Cianetos	5.0	0	0.014	0.013	0.009	0.0111	0.0005	0.056	0.0153
Cobre	10.0	0	0.0475	0.068	0.0225	0.026	0.001	0.3	0.0348
Cromo VI	1.5	0	0.0450	0.061	0.05	0.1	0.01	0.3	0.040
Cromo Total	10.0	0	0.0177	0.039	0.01	0.0	0.0049	0.2	0.00
DBO		0	551.4	614	290.7	168	133.3	2567.3	261.5
DQO	450.0	20	1167	1081	822.75	449	351.1	4294.5	620.3
DBO/DQO			0.47	0.17	0.47	0.18	0.156	0.862	0.221
Fenóis	5.0	0	0.185	0.18	0.115	0.096	0.028	0.75	0.205
Ferro solúvel	15.0	0	1.017	1.4	0.505	0.57	0.02	5.7	0.701
Fluoretos	10.0	1	2.85	11.3	0.4295	0.41	0.05	55.6	0.648
Gorduras, óleos & graxas	150.0	1	35.5	76	12.15	8	1.6	379	17.1
Mercúrio	1.5	0	0.00074	0.0024	0.0002	0.0	5·10 ⁻⁵	0.012	0
Níquel	5.0	0	0.0146	0.022	0.0095	0.007	0.001	0.1	0.0060
Amônio	500	0	34.9	23	28.13	20	0.06	74.89	37.83
Prata	5.0	0	0.0097	0.020	0.00325	0.0019	0.002	0.1	0.0080
Sólidos Suspensos	300	0	0.0	0	0.00325	0	0.002	0.1	0.0080
Sólidos Sedimentáveis	20	2	7.39	9.7	4.5	5.2	0.3	42	7.25
Surfactantes		2	2.59	2.2	2.11	2.5	0.34	7.98	3.13
Sulfatos	1000	0	16.8	14	15.525	9	3	56.8	17.57
Sulfetos	1.0	4	0.479	1.1	0.009	0.012	0.001	4.85	0.248
Zinco	5.0	0	0.139	0.11	0.125	0.082	0.02	0.527	0.108

Notas: (1) Limite: máximo valor permitido, (2) N: número de valores acima do limite permitido, (3) DV: desvio padrão, (4) MAD: Desvio absoluto mediano, (5) min: mínimo, (6) max: máximo.

Fazendo uma comparação dos valores de DBO em relação a outros hospitais observou que a mediana de DBO, no período de 2016 a 2019, ficou em 290.7 mg/L, sendo inferior ao valor médio encontrado por Carraro *et al.* (2016) de 325 mg/L de DBO para hospitais na Europa, Ásia e América Latina. Para um hospital universitário com 500 leitos, como o caso em estudo, encontrou-se um valor de 245.7 mg/L para DBO (Afsa *et al.*, 2020). Esses dados mostram que os valores no hospital em estudo estão na mesma faixa encontrada em outros estudos.

O ponto AM01 apresentou quase o dobro de valores que extrapolaram os limites máximos permitidos em relação ao ponto AM02 (tabelas 3 e 4). Isto pode ser decorrente pela complexidade dos efluentes amostrados neste ponto, uma vez que engloba todos os efluentes de diferentes tipologias de laboratórios, clínica médica e diálise, além da radioterapia. O gerenciamento dos lançamentos destes pontos possui maior complexidade, devido ao grande fluxo de alunos de medicina e enfermagem, professores, e profissionais ligados a cada um dos setores. Seria necessário realizar constantes treinamentos e ações de conscientização envolvendo todos; visando minimizar os lançamentos não conformes ao sistema de coleta de efluentes.

Tabela 2. Estatística descritiva do ponto AM02 de 2011 a 2019 (valores em mg·L⁻¹).

Parâmetro	Limite ⁽¹⁾	N ⁽²⁾	Média	DV ⁽³⁾	Mediana	MAD ⁽⁴⁾	min ⁽⁵⁾	max ⁽⁶⁾	IQR
Alumínio	3.0	0	0.287	0.26	0.235	0.170	0.03	1.2	0.21
Boro	5.0	1	1.348	1.6	0.855	1.119	0.01	6.39	1.6
Cianetos	5.0	0	0.0100	0.007	0.0080	0.0089	0.0018	0.02	0.016
Cobre	10.0	0	0.0276	0.041	0.0155	0.0133	0.005	0.2	0.021
Cromo VI	1.5	0	0.1075	0.30	0.0500	0.0593	0.01	1.5	0.0400
Cromo Total	10.0	0	0.434	2.0	0.0100	0.0000	0.01	10	0.0000
DBO		0	251	145	239	110	57	594.3	159
DQO	450.0	10	476	295	411	247	143	1450	302
DBO/DQO			0.57	0.18	0.58	0.25	0.252	0.914	0.252
Fenóis	5.0	0	0.179	0.17	0.1500	0.1483	0.05	0.79	0.19
Ferro solúvel	15.0	0	0.180	0.12	0.170	0.1038	0.02	0.51	0.17
Fluoretos	10.0	0	0.660	0.40	0.658	0.3929	0.14	1.69	0.53
Gorduras, óleos & graxas	150.0	0	14.8	26	6.100	5.78	1	100	7.4
Mercúrio	1.5	0	0.0007	0.002	0.000	0.0000	5·10 ⁻⁵	0.012	0.00000
Níquel	5.0	0	0.0133	0.027	0.0050	0.0059	0.001	0.1	0.008
Amônio	500	0	42.4	43	22.6	30.1	0.023	131.9	57.6
Prata	5.0	0	0.0126	0.027	0.0025	0.0007	0.002	0.1	0.0080
Sólidos Suspensos	300	1	120	76	98.0	45.2	39	360	55.4
Sólidos Sedimentáveis	20	1	14.02	50	3.00	3.85	0.1	244.5	5.3
Surfactantes		3	3.11	2.0	2.66	1.22	0.38	7.75	2.3
Sulfatos	1000	0	41.4	33	36.9	30.9	3	118.56	43.8
Sulfetos	1.0	0	0.103	0.2	0.0085	0.0111	0.001	1	0.10
Zinco	5.0	0	0.096	0.07	0.0850	0.0519	0.02	0.3	0.07

Notas: (1) Limite: máximo valor permitido, (2) N: número de valores acima do limite permitido, (3) DV: desvio padrão, (4) MAD: Desvio absoluto mediano, (5) min: mínimo, (6) max: máximo.

Tabela 3. Número de vezes que o limite estabelecido pela legislação foi extrapolado (ponto AM01).

Parâmetro	2016	2017	2018	2019	Total
DQO	6	3	6	5	20
Fluoretos	1	0	0	0	1
Óleos	1	0	0	0	1
Sólidos Sedimentáveis	0	1	1	0	2
Surfactantes	0	2	0	0	2
Sulfetos	3	0	0	1	4
Total	11	6	7	6	30

Tabela 4. Número de vezes que o limite estabelecido pela legislação foi extrapolado (ponto AM02).

Parâmetro	2016	2017	2018	2019	Total
Boro	0	0	0	1	1
DQO	3	2	1	4	10
Sólidos Suspensos	0	0	1	0	1
Sólidos Sedimentáveis	1	0	0	0	1
Surfactantes	0	3	0	0	3
Total	4	5	2	5	16

Entre os 22 parâmetros analisados, as medianas do ponto AM01 foram maiores para 16 parâmetros. No ponto AM02 somente os parâmetros boro total, fenóis totais, fluoretos totais, sólidos em suspensão totais, surfactantes e sulfatos apresentaram medianas superiores ao ponto AM01. Isto pode ser justificado em razão da origem destes efluentes, a sistema de lavanderia e autoclavagem hospitalar. As águas geradas em lavanderias produzem sólidos suspensos por abrasão das máquinas com os tecidos: SST = 98.0 mg·L⁻¹ (mediana). Segundo o Ministério do Desenvolvimento Regional- SNIS (Brasil, 2018), os hospitais devem instalar uma caixa separadora com telas, na rede de esgotos, após as lavanderias; visando a retenção dos resíduos oriundos destas roupas. Os efluentes das máquinas da lavanderia de um hospital universitário (Maringá-PR) foram analisados e os valores médios encontrados para sólidos suspensos foram: SS 21 ± 9 mg L⁻¹, com valores máximos de 54 mg·L⁻¹ (Zotesso *et al.*, 2016). Os dados obtidos, durante 6 meses de monitoramento em uma grande hospital (Porto Alegre, RS) mostram que o SST variam entre 27 a 165 mg·L⁻¹ (Becker *et al.* 2020).

Wilde e colaboradores (2014) determinaram, nos efluentes gerados por um hospital universitário, em Santa Maria (RS), os teores de DQO, obtendo valores que variaram entre 354 mg·L⁻¹ a 388 mg·L⁻¹, para amostras compostas que são inferiores à mediana indicada (Tabela 1 e Tabela 2). Amostras brutas de efluente hospitalar foram analisadas para DBO, durante 6 meses. Os valores mínimo e máximos foram 203 mg·L⁻¹ e 706 mg·L⁻¹, em Porto Alegre. Estes dados mostram a grande variabilidade dos efluentes em estudo, visto que estão acima dos efluentes AM02 (DQOmed 476 mg·L⁻¹) e abaixo dos efluentes AM01 (DQOmed 1167 mg·L⁻¹) (Becker *et al.*, 2020). Utilizando o tratamento biológico por lodos ativados com tempo de retenção longo, sendo este realizado nas dependências do hospital, em Santa Catarina, Brasil, a eficiência média de remoção foi de 46%, apesar dos valores para lançamento terem permanecidos significativamente altos de DQO de 1338 mg/L (Berto *et al.*, 2009).

Em outro estudo, Majumder (2021) avaliou parâmetros físico-químicos nos efluentes gerados, alcançando valores médios de DQO de 591 mg/L para Ásia, 613 mg/L para Europa e 1074 mg/L para América do Sul. Estes valores, para América do Sul, e especialmente para o Brasil, indicam a necessidade de melhoria no gerenciamento de efluentes líquidos nos hospitais brasileiros.

Outro aspecto que diferencia o ponto AM01 do ponto AM02 são as correlações obtidas entre os parâmetros listados nas Tabela 1 e 2. Nas figuras 1 e 2 estão apresentados os correlogramas para os pontos AM01 e AM02. Identifica-se que algumas das correlações significativas que ocorrem entre as variáveis são diferentes nos dois pontos de amostragem. Este comportamento era esperado uma vez que os efluentes de cada um dos pontos são provenientes de diferentes setores do Hospital.

Pode-se observar uma correlação positiva e alta entre os parâmetros DBO e DQO para ambos os pontos. O quociente entre estes dois parâmetros permite inferir quanto às características de refratariedade ao tratamento biológico.

O correlograma do ponto AM01 indica correlação negativa entre o cromo VI (Cr^{+6}) com o DBO, DQO e sulfetos. O cromo (VI) possui um potencial oxidativo e reage com a matéria orgânica, justificando assim a correlação negativa (Aquino *et al.*, 2006).

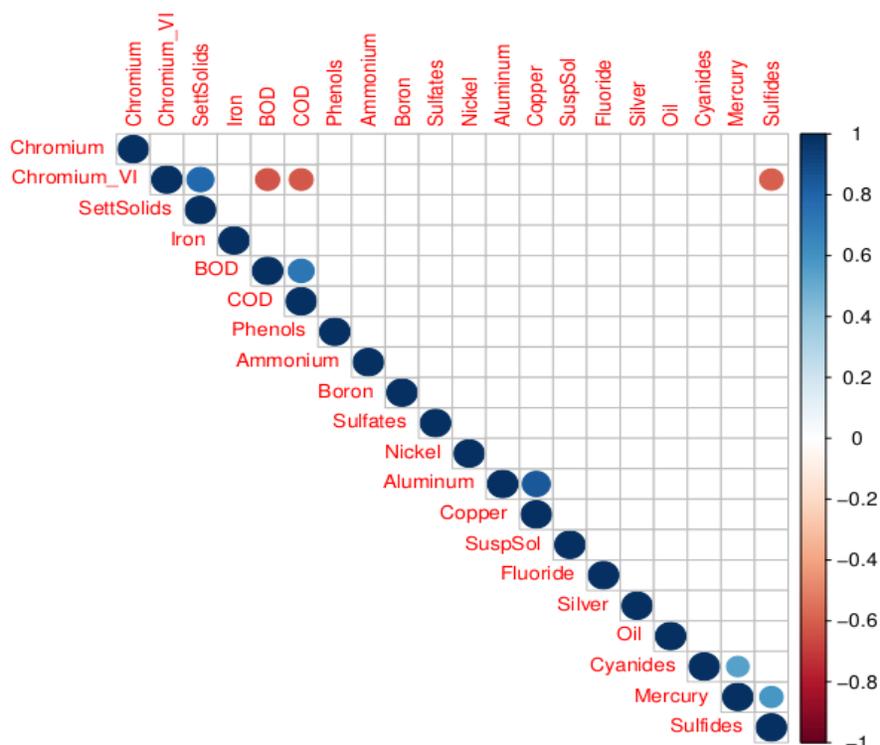


Figura 1. Correlograma dos parâmetros monitorados do ponto AM01.

Os sólidos sedimentáveis apresentam uma correlação negativa com os óleos e graxas e sulfetos. Esses sólidos agem adsorvendo os óleos e graxas, sendo assim removidos dos efluentes. Esse efluente gerado na lavanderia e sistemas de esterilização possui, geralmente, pH básico, favorecendo a formação de hidróxidos, como indica a correlação positiva entre sólidos sedimentáveis, alumínio e cromo VI.

A análise das Tabelas 3 e 4, permitiu contextualizar os valores decorrentes das multas e sobretaxas que incidiram devido ao não cumprimento da legislação. Em relação ao primeiro ano avaliado: 2015, este apresentou o maior valor, R\$267,374.08 (US\$ 83,560.93, conversão pela mediana do ano, Banco Central do Brasil, 2021), enquanto os demais anos monitorados apresentaram os seguintes valores: R\$87,276.48 (US\$ 25,679.37); R\$102,798.60 (US\$ 32,440.86); e R\$168,295.28 (US\$ 45,132.69); respectivamente aos anos 2016, 2017 e 2018. Foi possível

observar uma redução considerável ao longo dos anos. Considerando o ano 2015 como base, houve uma redução de 67% (69% em US\$) em 2016, 62% (61% em US\$) em 2017 e 37% (46% em US\$) em 2018. Estes dados podem indicar que o gerenciamento de resíduos tem se tornado mais efetivo nos anos de 2016 e 2017, apesar de um indicativo de piora em 2018. Entretanto, os valores das multas ainda apresentam valores expressivos, tornando necessário uma busca por otimização dos processos de descarte e conscientização de todos os profissionais envolvidos no processo. Exemplificando essa necessidade, pode-se avaliar os valores despendidos para pagamento da taxa de lançamento acima dos padrões, ocorrido no primeiro semestre de 2019 ter apresentado uma majoração de 66% em relação a todo o ano de 2018 (Banco Central do Brasil, 2021).

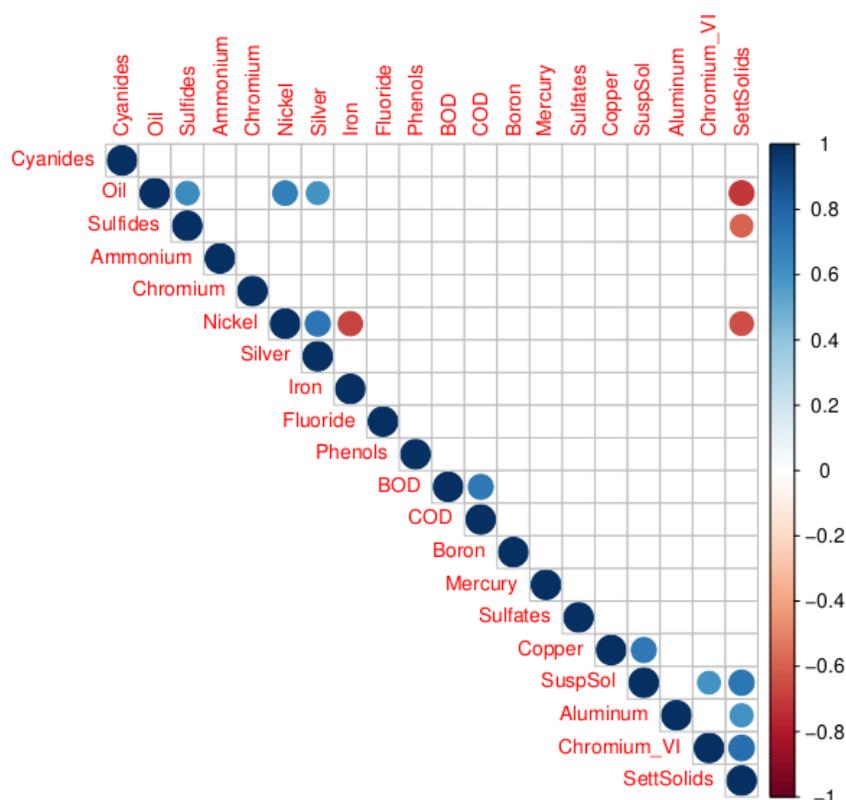


Figura 2. Correlograma dos parâmetros monitorados do ponto AM02.

A partir destes dados, seguiu-se para avaliações nos diferentes setores do hospital, com maior foco nos laboratórios, buscando identificar as práticas de não conformidade nos procedimentos de descarte de resíduos químicos e biológicos. Pode-se observar a necessidade de intensificar os treinamentos. Diferentes grupos de profissionais do hospital demonstraram possuir poucas

informações referentes às legislações e procedimentos aplicados aos efluentes líquidos. Por não ser sua área de atuação estes apresentam baixa motivação e envolvimento com o processo de segregação e destinação adequada aos resíduos que seus trabalhos geram, sendo que muitas vezes são descartados diretamente na rede de esgoto.

Um dos laboratórios com alta taxa de não conformidade foi o laboratório de Microbiologia. Este realiza o descarte de diferentes tipos de reagentes (Cristal Violeta, Lugol, Bicarbonato de Sódio, Fucsina Fenicada (solução aquosa 1:10), Éter Acetona), tem sido, com muita frequência, descartado diretamente na rede coletora de efluentes. O Método de Gram utiliza o reagente Cristal Violeta, sendo analisadas entre 70 a 100 lâminas por dia, gerando em média 1 L de reagentes a cada 3 semanas de trabalho (informação da equipe técnica. Tanto o Cristal violeta como o a fucsina básica possui, em sua estrutura química, anéis aromáticos, e estes apresentam maior refratariedade em se degradar, contribuindo para o aumento da DQO.

Existem alguns equipamentos de análises com maior automação nos laboratórios; possuem reagentes específicos e realizam um pré-tratamento do efluente líquido gerado. Como não são todos os equipamentos automatizados, o procedimento de tratar os efluentes passa a ser responsabilidade da equipe do laboratório. Estes fazem um pré-tratamento padrão, utilizando com hipoclorito de sódio (NaClO) a 1%. Contudo, observou-se que esse método utilizado necessita de revisões técnico-científicas, para estabelecer se apresentam eficiência necessária.

Em relação aos efluentes das autoclaves usadas para pré-tratamento de resíduos biológicos, estes tem sido lançados diretamente na rede de esgoto em altas temperaturas, com a justificativa de auxiliar na minimização das incrustações na tubulação. Este fato pode acarretar a um para o aumento da temperatura do efluente e, conseqüentemente, desrespeitando os parâmetros exigidos pelo PRECEND/COPASA.

Um fator importante para a redução dos efeitos negativos dos efluentes gerados em empreendimentos como hospitais é a correta segregação dos resíduos líquidos e sólidos, de maneira a não comprometer a caracterização dos efluentes. Exemplo disso seria a segregação de resíduos líquidos em recipientes adequados, em vez de se efetivar o lançamento na rede de esgotos. Portanto, manter as equipes treinadas e sensibilizadas quanto às questões ambientais é fundamental neste contexto. Para Jacobi (2003), a contínua degradação do meio ambiente demonstra a crescente demanda da educação ambiental, com o envolvimento de diversas áreas do conhecimento, bem como a inter-relação com os aspectos ambientais e sociais. Refletir sobre as várias vertentes ambientais estimula a compreensão de novas formas de gerir, em busca de um processo educativo articulado que vise a sustentabilidade, tendo como pilares o diálogo e a interdisciplinaridade (Jacobi, 2003).

O efluente resultante da atividade hospitalar que inclui dejetos provenientes de toda a edificação apresenta normalmente uma matriz complexa por envolver diversos fatores, etapas do trabalho de centenas de profissionais e equipamentos automatizados, que se torna por muitas vezes um processo delicado e inconstante.

Conclusões

O efluente líquido do hospital estudado apresenta variação das características de toxicidade, conforme parâmetros monitorados, que provavelmente estão associados aos materiais descartados na rotina do hospital. O tratamento prévio dos efluentes líquidos é recomendado para assegurar o atendimento às normas e legislações, de forma a controlar o potencial de toxicidade do efluente. Além disso, ações de conscientização e responsabilização dos trabalhadores são necessárias para garantir o descarte correto dos resíduos, e consequente preservação da carga poluidora do efluente, com influência no contexto ambiental e financeiro. Finalmente, mais estudos semelhantes a este são importantes para minimizar a sobrecarga dos efluentes hospitalares e economizar recursos com pagamentos de multas por parâmetros não conformes.

Referências bibliográficas

- Afsa, S., Hamden, K., Lara Martin, P. A., Mansour, H. B. (2020) Occurrence of 40 pharmaceutically active compounds in hospital and urban wastewaters and their contribution to Mahdia coastal seawater contamination. *Environmental Science and Pollution Research*, **27**(2), 1941–1955. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06866-5>
- ANA, Agência Nacional de Águas (2017) *Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas*. ANA, Brasília. Acesso em 21 de outubro de 2021. Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br>
- Aquino, Sérgio F. de, Silva, Silvana de Queiroz, Chernicharo, Carlos A. L. (2006) Considerações práticas sobre o teste de demanda química de oxigênio (DQO) aplicado a análise de efluentes anaeróbios. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*. **11**(4), 295-304. Acesso em 1º de dezembro de 2021. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522006000400001>.
- Becker, Raquel Wielens, Ibáñez, Maria, Lumbaque, Elisabeth Cuervo, Wilde, Marcelo Luís, da Rosa, Tainá Flores, Hernández, Félix, Becker, Sirtori, Carla (2020) Investigation of pharmaceuticals and their metabolites in Brazilian hospital wastewater by LC-QTOF MS screening combined with a preliminary exposure and in silico risk assessment, *Science of The Total Environment*, **699**, 134218, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134218>
- Berto, J., Rochenbach, G. C., Barreiros, M. A., Corrêa, A. X., Peluso-Silva, S., Radetski, C. M. (2009) Physico-chemical, microbiological and ecotoxicological evaluation of a septic tank/Fenton reaction combination for the treatment of hospital wastewaters. *Ecotoxicol Environ Saf.* **72**(4), 1076-1081. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2008.12.002>
- Brasil (2018) *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos*, Ministério do Desenvolvimento Regional, SNIS. Acesso em 21 de outubro de 2021. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-dos-servicos-de-agua-e-esgotos-2018>
- Brito, Débora (2018) *A água no Brasil: da abundância à escassez*. Acesso em 21 de outubro de 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-10/agua-no-brasil-da-abundancia-escassez>
- Carraro, E., Bonetta, S., Bertino, C., Lorenzi, E., Bonetta, S., Gilli, G. (2016) Hospital effluents management: Chemical, physical, microbiological risks and legislation in different countries, *Journal of Environmental Management*, **168**, 185-199. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.021>

- Cezimbra, Renata Andrade da Silva (2015) *Estudo de Efluentes Hospitalares: Caso Hospital Santa Casa de Misericórdia de São Lourenço do Sul*. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 67 pp. Acesso em: 21 out. 2021. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/esa/files/2015/12/TCC-Renata-Cezimbra.pdf>
- Chagas, T. P., Seki, L. M., Cury, J. C., Oliveira, J. A., Dávila, A. M., Silva, D. M., Asensi, M. D. (2011) Multiresistance, beta-lactamase-encoding genes and bacterial diversity in hospital wastewater in Rio de Janeiro, Brazil. *J Appl Microbiol.* **111**(3), 572-581. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2011.05072.x>
- De Toledo, Artur Ferreira, Demajorovic, Jacques (2006) Atividade hospitalar: impactos ambientais e estratégias de ecoeficiência. *Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente*, **1**(2), 23.
- Escher, B. I., Baumgartner, R., Koller, M., Treyer, K., Lienert, J., McArdell, C. S. (2011) Environmental toxicology and risk assessment of pharmaceuticals from hospital wastewater. *Water Res.* **45**, 75–92.
- Fuentefria, Daiane Bopp, Ferreira, Alessandra Einsfeld, Gräf, Tiago (2008) Pseudomonas aeruginosa: disseminação de resistência antimicrobiana em efluente hospitalar e água superficial. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical.* **41**(5), 470–473. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rsbmt/v41n5/a07v41n5>
- Furtado, A. O., Almeida, I. V., Almeida, A. C. C., Zotesso, J. P., Tavares, C. R. G., Vicentini, V. E. P. (2020) Evaluation of hospital laundry effluents treated by advanced oxidation processes and their cytotoxic effects on Allium cepa L. *Environ Monit Assess.* **192**(6), 360. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08328-9>
- Jacobi, Pedro (2003) Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. *Cadernos de Pesquisa*, **118**, 189–206. <https://doi.org/10.1590/S0100-15742003000100008>
- Kern, Deivid I., Schwaickhardt, Rômulo de O., Mohr, Geane, Lobo, Eduardo A, Kist, Lourdes T., Machado, Ênio L. (2013) Toxicity and genotoxicity of hospital laundry wastewaters treated with photocatalytic ozonation, *Science of The Total Environment*, **443**, 566-572, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.11.023>
- Kern, D. I., de Oliveira Schwaickhardt, R., Lutterbeck, C. A., Kist, L. T., Alcayaga, E. A. L., & Machado, Ê. L. (2015) Ecotoxicological and Genotoxic Assessment of Hospital Laundry Wastewaters. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **68**(1), 64–73. <https://doi.org/10.1007/s00244-014-0072-0>
- Khan, Nadeem, Khan, Saif, Ahmed, Sirajuddin, Farooqi, Izharul, Hussain, Arshad, Vambol, Sergij, Vambol, Viola. (2019) Smart ways of hospital wastewater management, regulatory standards and conventional treatment techniques: A short review. *Smart and Sustainable Built Environment.* **9**(4), 727-736, <https://doi.org/10.1108/SASBE-06-2019-0079>
- Khan, Nadeem A., Vambol, Viola, Vambol, Sergij, Bolibrukh, Borys, Sillanpaa, Mika, Changani, Fazlollah, Esrafil, Ali, Yousefi, Mahmood, (2021) Hospital effluent guidelines and legislation scenario around the globe: A critical review. *Journal of Environmental Chemical Engineering.* **9**(5),105874. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105874>
- Kumari, A, Maurya, N. S., Tiwari, B. (2020) Hospital wastewater treatment scenario around the globe. *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering. Environmental and Health Impact of Hospital Wastewater.* 549–70. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819722-6.00015-8>
- Lumbaue, E. Cuervo, Wilde, M. L., Lopes, F. Abella, Almeida, E. de Souza Duarte, Tiburtius, E. R. Lopes, Rodrigues, M. Barreto, Sirtori, C. (2020) Degradation of a mixture of pharmaceuticals in hospital wastewater by a zero-valent scrap iron (ZVSI) combined reduction-oxidation process. *Journal of Water Process Engineering*, **37**, 101410, <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101410>
- Majumder, A., Gupta, A. K., Ghosal, P. S., & Varma, M. (2021) A review on hospital wastewater treatment: A special emphasis on occurrence and removal of pharmaceutically active compounds, resistant microorganisms, and SARS-CoV-2. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, **9**(2), 104812. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104812>
- Martins, A. F., Santos, J. B., Todeschini, B. H., Saldanha, L. F., Silva, D. S., Reichert, J. F., Souza, D. M. (2017) Occurrence of cocaine and metabolites in hospital effluent - A risk evaluation and development of a HPLC method using DLLME. *Chemosphere.* **170**, 176-182. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.12.019>
- Ort, C., Lawrence, M. G., Reungoat, J., Eaglesham, G., Carter, S., & Keller, J. (2010) Determining the fraction of pharmaceutical residues in wastewater originating from a hospital. *Water Research*, **44**(2), 605–615. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.08.002>

- Prado, T., Silva, D. M., Guilayn, W. C., Rose, T. L., Gaspar, A. M. C., Miagostovich, M. P. (2011) Quantification and molecular characterization of enteric viruses detected in effluents from two hospital wastewater treatment plants. *Water Res.* **45**, 1287–1297. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.10.012>
- R Core Team. (2020) *A Language and Environment for Statistical Computing* [Linux]. R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://www.r-project.org>
- Rohloff, Claudia Cristina (2011) *Avaliação da situação dos hospitais do Rio Grande do Sul no que se refere ao licenciamento de estações de tratamento de efluentes*. Trabalhos de Conclusão de Curso de Graduação. Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 56pp. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/55390>
- Santos, L. H. M. L. M., Gros, M., Rodriguez-Mozaz, S., Delerue-Matos, C., Pena, A., Barceló, D., & Montenegro, M. C. B. S. M. (2013) Contribution of hospital effluents to the load of pharmaceuticals in urban wastewaters: Identification of ecologically relevant pharmaceuticals. *Science of The Total Environment*, **461–462**, 302–316.
- Somensi, C. A., Souza, A. L. F., Simionatto, E. L., Gaspareto, P., Millet, M., & Radetski, C. M. (2015) Genetic material present in hospital wastewaters: Evaluation of the efficiency of DNA denaturation by ozonolysis and ozonolysis/sonolysis treatments. *Journal of Environmental Management*, **162**, 74–80. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.07.039>
- Souza, F. S., Da Silva, V. V., Rosin, C. K., Hainzenreder, L., Arenzon, A., Pizzolato, T., Jank, L., & Féris, L. A. (2018) Determination of pharmaceutical compounds in hospital wastewater and their elimination by advanced oxidation processes. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, **53**(3), 213–221. <https://doi.org/10.1080/10934529.2017.1387013>
- Verlicchi, P., Al Aukidy, M., Galletti, A., Petrovic, M., & Barceló, D. (2012) Hospital effluent: Investigation of the concentrations and distribution of pharmaceuticals and environmental risk assessment. *Science of The Total Environment*, **430**, 109–118. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.04.055>
- Verlicchi, P., Galletti, A., Al Aukidy, M. (2013) *Hospital Wastewaters: Quali-Quantitative Characterization and for Strategies for Their Treatment and Disposal*. In S. K. Sharma & R. Sanghi (Eds.), *Wastewater Reuse and Management*. Springer, Netherlands. 225–251. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4942-9>
- Verlicchi, P., Galletti, A., Masotti, L. (2010) Management of hospital wastewaters: The case of the effluent of a large hospital situated in a small town. *Water Science and Technology*, **61**(10), 2507–2519. <https://doi.org/10.2166/wst.2010.138>
- Wielens Becker, R., Ibáñez, M., Cuervo Lumbaque, E., Wilde, M. L., Flores da Rosa, T., Hernández, F., & Sirtori, C. (2020) Investigation of pharmaceuticals and their metabolites in Brazilian hospital wastewater by LC-QTOF MS screening combined with a preliminary exposure and in silico risk assessment. *Science of The Total Environment*, **699**, 134218. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134218>
- Wilde, M. L., Montipó, S., & Martins, A. F. (2014) Degradation of β -blockers in hospital wastewater by means of ozonation and Fe²⁺/ozonation. *Water Research*, **48**, 280–295. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.09.039>
- Zotesso, J. P., Cossich, E. S., Janeiro, V., & Tavares, C. R. G. (2017) Treatment of hospital laundry wastewater by UV/H₂O₂ process. *Environmental Science and Pollution Research*, **24**(7), 6278–6287. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6860-5>