

Organizadores:

Débora T. R. Silva

Josiano G. Puhle

Vanessa S. Corralo



QUALIDADE DE VIDA

**Da saúde humana à saúde
ambiental**



QUALIDADE DE VIDA: da saúde humana à saúde ambiental

Volume 1

Organizadores/Editores

Débora Tavares de Resende e Silva

Josiano Guilherme Puhle

Vanessa da Silva Corralo

GS4
EDITORA
EXPERTISE EM PUBLICAÇÃO

© 2023, GS4 Editora

Todos os direitos deste volume foram cedidos à GS4 Editora pelos autores.

Open access publication by GS4 Editora.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

Nota: Muito zelo e técnica foram empregados neste livro. No entanto, podem ocorrer erros de digitação ou dúvida conceitual. Em qualquer das hipóteses, solicitamos a comunicação ao nosso Serviço de Atendimento ao Cliente, para podermos esclarecer ou encaminhar a questão.

Serviço de Atendimento ao Cliente

(49) 98847-8760

editorial@gs4editora.com

ISBN: 978-65-998418-3-5

DOI: 10.56041/9786599841835

Todos os direitos reservados

DADOS INTERNACIONAIS PARA CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

Q1	Qualidade de vida: da saúde humana à saúde ambiental: volume 1 [recurso eletrônico] / Organizadores/Editores: Débora Tavares de Resende e Silva, Josiano Guilherme Puhle, Vanessa da Silva Corralo. - Concórdia, SC: GS4, 2023. 2073 kb ; PDF Livro digital Requisitos do sistema: Adobe Acrobat Reader Acesso: World Wide Web ISBN 978-65-998418-3-5 1. Saúde ambiental. 2. Qualidade de vida. I. Silva, Débora Tavares de Resende e. II. Puhle, Josiano Guilherme. III. Corralo, Vanessa da Silva. CDD 613 CDU 613
----	---

Elaborada por: Amanda Moura de Sousa CRB-7/5992

Índices para Catálogo Sistemático:

1. Saúde ambiental 613
2. Saúde ambiental 613

CONSELHO EDITORIAL

Dra. Helen Treichel – Universidade Federal da Fronteira Sul
Dra. Gislaine Fongaro – Universidade Federal de Santa Catarina
Dra. Fabiana Ludka – Faculdade e Escola Técnica DAMA
Dr. André C. Amaral – Dr. em Engenharia Agrícola
Dr. Eraldo Antonio Bonfatti Júnior - Universidade Federal do Paraná
Dr. Lucas A. T. Garcia – Dr. em Biotecnologia em Biociências.
Dra. Simone Molz Steidel – Neuronova Neurociência
Dra. Juliana Valentini – InnVitro Pesquisa & Desenvolvimento
Dra. Cristine Trevisan – Instituto Antártico Chileno – INACH
Dra. Leslie Marcela Elizabeth Manríquez Márquez – Universidade do Vale do Rio dos Sinos

ORGANIZADORES/EDITORES

Débora Tavares de Resende e Silva – Coordenadora do Programa de Pós Graduação em Ciências Biomédicas e Professora adjunta da Universidade Federal Fronteira Sul. Possui pós-doutorado em Imunologia e doutorado em Ciências - Patologia Geral. Graduada em Fisioterapia e especialista em Fisioterapia Neurológica e em Saúde Coletiva. Atualmente é Líder do Grupo de Estudo e Pesquisa Interdisciplinar Saúde e Cuidado. Tem experiência na área de Fisioterapia, assim como nas áreas básicas da saúde relacionadas a Processos Patológicos Gerais, Patologia Experimental e Imunologia, atuando principalmente nos temas relacionados a Doenças Crônicas Não Transmissíveis (diabetes, oncologia, HAS e DRC) e Transmissíveis (Covid-19) associados a intervenções como Treinamento Físico e Práticas Integrativas e Complementares, pesquisando principalmente sobre Inflamação, Estresse oxidativo e Autofagia.

Josiano Guilherme Puhle - Mestre em Ciências Biomédicas, especialista em Acupuntura, em Educação Física Hospitalar e em Imunização, licenciado/bacharel em Educação Física e licenciado em Pedagogia. Tem experiência na área da Educação Física, da Dança e na área básica da saúde, relacionados à Processos Patológicos, Imunologia e Envelhecimento Humano, atuando principalmente nos temas relacionados à Doenças Crônicas (Diabetes, HAS e DRC) associados a intervenções como Exercício Físico e Práticas Integrativas e Complementares, pesquisando principalmente sobre Inflamação e Estresse Oxidativo.

Vanessa da Silva Corralo - Graduada em Farmácia pela Universidade de Cruz Alta, mestrado e doutorado em Bioquímica Toxicológica (Ciências Biológicas) pela Universidade Federal de Santa Maria. Especialista em Aprendizagem Ativa e Inovação Acadêmica. Tutora do Programa de Educação pelo trabalho para a Saúde- PET- Redes de Atenção à Saúde Indígena. Docente da Área de Ciências da Saúde nas disciplinas de fisiologia e toxicologia e do Programa de Pós-Graduação Stricto sensu em Ciências da Saúde da Universidade Comunitária da Região de Chapecó. Atualmente é Diretora de Pesquisa e Pós-Graduação Stricto sensu da Unochapecó. Atua na área de Saúde e Ambiente, com ênfase em Toxicologia e Farmacologia de xenobióticos, bem como na área de Envelhecimento Humano.

Caro leitor,

A obra “*Qualidade de vida: da saúde humana à saúde ambiental*” foi organizada com o objetivo de reunir e compartilhar conhecimento por meio de artigos escritos por grandes cientistas abordando diferentes aspectos da qualidade de vida, de humanos e animais, destacando como a vida se entrelaça diariamente. Este livro é um alerta para a necessidade de estarmos atentos ao que ocorre ao nosso redor, especialmente em tempos de tantas mudanças, e pela constante busca pelo equilíbrio entre homens e a natureza.

Organizada em 5 capítulos, iniciando pela descrição de um estudo relacionando a doença periodontal e qualidade de vida dos pacientes. Essa doença é caracterizada pela presença de um processo inflamatório crônico, devido ao acúmulo de biofilme bacteriano e a resposta do hospedeiro frente a esses patógenos, tendo como consequência a destruição dos tecidos de suporte das estruturas dentais. O capítulo 2, aborda a incorporação de técnicas da medicina chinesa, como a auriculoterapia, para auxiliar no abrandando dos sintomas e sinais clínicos de diversas doenças, como por exemplo, doença renal crônica. O capítulo 3, faz uma revisão da literatura relacionando a qualidade ambiental e seu impacto na saúde humana, por meio dos contaminantes emergentes. As preocupações com esses resíduos devem-se ao fato de permanecerem bioativos no ambiente, e mesmo em concentrações baixas causarem alterações hormonais e metabólicas em animais e humanos. O capítulo 4 apresenta um importante relato do trabalho implementado pelo Laboratório de Virologia Aplicada da Universidade Federal de Santa Catarina, denominado “VigEAI” - Vigilância Epidemiológica Ambiental Integrativa em parceria com diferentes entidades distribuídas por todo o território catarinense no monitoramento de SARS-CoV-2, em efluentes domésticos. Em meio a pandemia de COVID-19, a detecção do RNA viral no esgoto bruto tornou-se uma ferramenta epidemiológica, já que o vírus é excretado pelas fezes humanas. Por último, um estudo de comportamento animal, mostra como a crescente urbanização sobre as áreas peri-urbanas afeta o comportamento da vida selvagem, servindo de alerta sobre a necessidade de monitoramentos constantes em todos os aspectos da qualidade de vida, desde humanos até animais. Assuntos importantes discutidos por profissionais qualificados, e agora ao alcance das suas mãos.

A Global Science 4 – GS4 Editora Expertise em Publicações surge do anseio de quatro cientistas de áreas diferentes mas com um objetivo em comum: auxiliar pesquisadores a divulgar seus trabalhos com qualidade, seriedade, agilidade e transparência, deixando sua marca na história da ciência. Publicando conteúdos de qualidade, promovendo o saber e realizando sonhos. Desejamos uma excelente leitura a todos, e que os trabalhos aqui descritos sejam inspiração para outros cientistas.

Verão de 2023.

SUMÁRIO

Capítulo 1.....07

Doença periodontal e seu impacto na qualidade de vida

Silviane C.C. Fuchter, Eduardo A. B. Prates, Emanuely A. Lopes, Sarah F.V.O. Maciel

DOI: 10.56041/9786599841835-1

Capítulo 2.....25

Auricular acupuncture as a complementary therapy on quality of life and adverse clinical effects manifested by patients on hemodialysis: a narrative review

Josiano G. Puhle, Alessandra Y. Hoffmann, Pâmela L. Weber, Keroli E. T. Silva, Angela M. K. Dalagnol, Vanessa S. Corralo, Débora T. S. Resende

DOI: 10.56041/9786599841835-2

Capítulo 3.....36

Contaminantes emergentes: um risco à saúde

Aline Viancelli, William Michelin

DOI: 10.56041/9786599841835-3

Capítulo 4.....60

VigEAI - Vigilância Epidemiológica Ambiental Integrativa - Laboratório de Virologia Aplicada da Universidade Federal de Santa Catarina – Brasil: Bases da Ferramenta epidemiológica para o monitoramento viral a partir do esgoto sanitário

Julia K. Wachter, Rafael. D. Cadamuro, Beatriz P. Savi, Mariana A. Elois, Giulia V. T. Pilati, Estêvão B. Souza, Dayane A. Padilha, Vinícius D. Rodrigues, Eliandra M. Rossi, Simone Malutta, Doris S. M. Souza, Fernando H. Barazzetti, Henrique B. S. Grisard, Marcos A. Schörner, Maria L. Bazzo, Glauber Wagner, Gislaïne Fongaro

DOI: 10.56041/9786599841835-4

Capítulo 5.....85

Padrão de atividade da coruja buraqueira (*Athene cunicularia*) na cidade de Concórdia-SC

Suyanne M. Backes, Marcela A. S. Leite

DOI: 10.56041/9786599841835-5

DOENÇA PERIODONTAL E O SEU IMPACTO NA QUALIDADE DE VIDA

DOI: 10.56041/9786599841835-1

FUCHTER, Silviane C.C.*

Discente do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Biomédicas
na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)
Chapecó - Santa Catarina
<https://orcid.org/0000-0002-3362-4915>

PRATES, Eduardo A. B.

Discente do curso de graduação bacharelado em Medicina
na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)
Chapecó - Santa Catarina
<https://orcid.org/0000-0003-3712-4309>

LOPES, Emanuely A.

Discente do curso de graduação bacharelado em Medicina
na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)
Chapecó - Santa Catarina
<https://orcid.org/0000-0002-1043-1723>

MACIEL, Sarah F.V.O

Docente do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Biomédicas
na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)
Chapecó - Santa Catarina
<https://orcid.org/0000-0002-5746-7109>

*Autora correspondente: silvianecarneiro@unochapeco.edu.br

RESUMO

A doença periodontal (DP) é caracterizada pela presença de um processo inflamatório crônico, devido ao acúmulo de biofilme bacteriano e a resposta do hospedeiro frente a esses patógenos, tendo como consequência a destruição dos tecidos de suporte das estruturas dentais. O objetivo deste estudo foi avaliar a associação entre DP e qualidade de vida dos indivíduos acometidos pela doença. Um total de 82 participantes foram incluídos no estudo, sendo 25 participantes no grupo controle/sem DP, e 57 participantes com DP. Foi utilizado como instrumento, o questionário de qualidade de vida adaptado do questionário para adultos da pesquisa EpiFloripa, versão 2014, onde contém questões com respostas objetivas que visam conhecer melhor os hábitos mais comuns na vida dos participantes acometidos pela DP. Em participantes com DP, observa-se forte presença do que muitas vezes são considerados “maus hábitos”, como baixa adesão à atividade física e dieta rica em gorduras. Podendo associar esses hábitos a uma menor qualidade de vida e associação com o desenvolvimento e manutenção de doenças inflamatórias como a DP.

Palavras-chave: Hábitos de vida. Doença inflamatória. Periodontite. Gengivite.

1. INTRODUÇÃO

A doença periodontal (DP) é caracterizada pela presença de um processo inflamatório crônico, devido ao acúmulo bacteriano organizado (biofilme) e a resposta do hospedeiro frente a esses patógenos, tendo como consequência a destruição dos tecidos de suporte das estruturas dentais (periodonto) (Van Dyke & Serhan, 2003). A DP está entre as doenças com maior prevalência no mundo, cerca de 50 a 90% da população adulta mundial são afetados pela DP, gerando grande impacto na saúde pública, devido ao seu tratamento longo e de alto custo, além dos danos causados ao periodonto (Pihlstrom et al., 2005).

A DP estimula, por meio do sistema imune, localmente e em sítios distantes, concentrações elevadas de citocinas e proteínas pró-inflamatórias (Peres et al., 2019). Dessa forma, os resultados adversos da DP não se restringem apenas à cavidade bucal, afetando negativamente outros sistemas do corpo humano, associada com doenças

como o câncer colorretal, Alzheimer, diabete, artrite reumatoide, complicações na gravidez, doenças cardiovasculares, dentre outras condições, impactando diretamente na qualidade de vida (Mombelli, 2003).

Instrumentos que avaliam a qualidade de vida podem ser utilizados para mensurar o impacto das doenças bucais no bem-estar físico e mental, para que se possam evitar desconfortos, reduzir as consequências de doenças, otimizar diagnósticos e tratamentos, além de propor intervenções mais efetivas. Ainda, os inquéritos de saúde são extremamente importantes para produzir informações que subsidiem políticas públicas e promovam avanços no conhecimento científico.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados fazem parte do projeto de pesquisa ‘SISTEMA PURINÉRGICO, ESTRESSE OXIDATIVO E INFLAMAÇÃO NA DOENÇA PERIODONTAL’, no qual foram coletados dados de qualidade de vida de participantes que fizeram parte dos estudos referentes à saúde e desenvolvimento da DP e os efeitos da enfermidade no sistema purinérgico, estresse oxidativo e na inflamação. O questionário utilizado foi adaptado do grupo de pesquisas EpiFloripa e contém perguntas com respostas objetivas, que visam ter melhor ideia a respeito dos hábitos mais presentes na vida dos participantes. Foram fornecidas respostas diretamente pelos participantes que responderam os questionários a partir das suas próprias percepções.

O questionário foi aplicado para participantes do grupo controle e do grupo com DP, no município de Belmonte, SC, Brasil. O grupo amostral foi escolhido dentre os usuários do atendimento em saúde. Os selecionados foram divididos em dois núcleos: grupo controle e grupo de participantes com DP. O grupo controle contemplou um n=25 participantes e o grupo com DP contemplou um n=57 participantes, sendo estes portadores de gengivite ou periodontite. Considerando os questionamentos e o desenvolvimento, este se apresenta como um estudo transversal com análise quantitativa.

No questionário aplicado e adaptado do grupo Epi floripa, obtiveram-se questões relacionadas às seguintes temáticas:

1. Idade;

2. Cor da pele;
3. Nível de escolaridade;
4. Vínculo empregatício;
5. Autoanálise de saúde;
6. Prática de atividade física, intensidade e frequência;
7. Hábitos alimentares e consumo de determinados alimentos;
8. Doenças prévias e;
9. Consumo de bebidas alcoólicas.

Foram excluídos do estudo, participantes que estavam fazendo uso de medicamentos que pudessem desencadear efeitos adversos no periodonto (anti-histamínicos, cortisona, hormônios, nifedipina e ciclosporina). Ainda, foram excluídos participantes gestantes, lactantes, diabéticos, fumantes, hipertensos e oncológicos, ou que não pertenciam ao grupo de idade estipulado entre 18 e 70 anos. Após avaliar as respostas do questionário, foi realizada a análise estatística, onde se utilizou o *software GraphPad Prism 8.0.2*, buscando o valor de significância com a aplicação do teste Qui-Quadrado, sempre considerando os grupos controle e DP. Valores de $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significantes.

Todos os procedimentos realizados foram submetidos à avaliação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal da Fronteira Sul, conforme as normas da Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde sobre Pesquisa envolvendo seres humanos, onde foi aprovado, sob o Número do Parecer: 4.662.702.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise dos dados, tornou-se mais palpável a relação entre os hábitos que ditam a qualidade de vida da população estudada com o desenvolvimento da DP. É possível observar que em indivíduos com DP, ocorre uma forte associação de hábitos normalmente considerados “ruins”, como a baixa adesão à prática de exercícios físicos e alimentação rica em gorduras. Assim, demonstrando a relação desses hábitos com uma qualidade de vida inferior e conseqüentemente ao desenvolvimento de doenças inflamatórias, como a DP.

Uma das perguntas do questionário inquiria a respeito da ideia que o participante tinha do seu próprio estado de saúde ($p=0,0002$) (Figura 1). Entre as

respostas possíveis: muito boa, boa, regular, ruim e ignorar/não respondeu. A maioria do grupo controle, 15 indivíduos (60%) considera a sua saúde como boa, enquanto os participantes com DP, na sua maioria 25 indivíduos (43,85%), responderam “regular”.

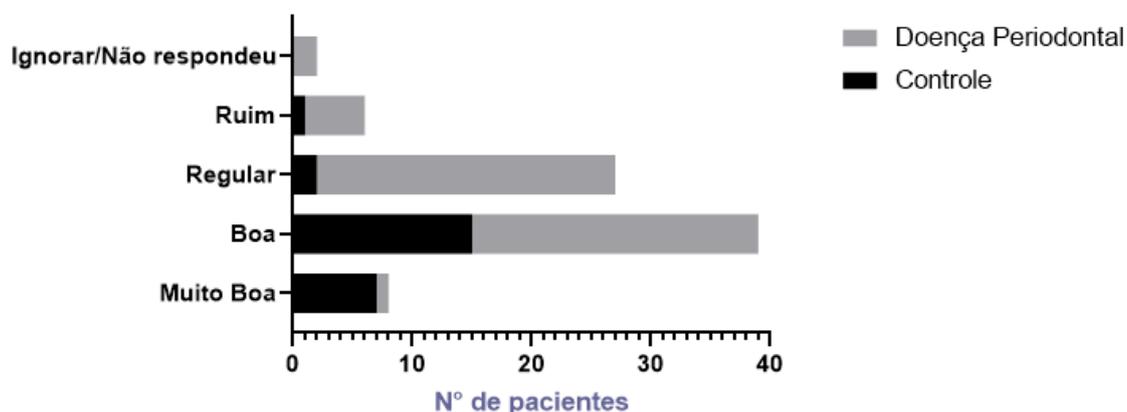


Figura 1 - Qualidade da saúde autorrelato, gráfico.

A partir disso, é possível observar certa discrepância entre o estado geral do grupo controle e do grupo DP, sendo o segundo grupo exposto a menor qualidade de vida e conseqüentemente de saúde. Tendo em vista que o estado geral de saúde é composto por um conjunto de fatores, que além da ausência de patologias, inclui questões socioeconômicas, nível de escolaridade, inclusão e justiça social, uma “pequena diferença” entre boa e regular diz muito a respeito do estado geral da vida do indivíduo.

Observa-se a partir da análise do conceito amplo de saúde, estabelecido pela VIII Conferência Nacional de Saúde (1986), que define saúde como o conjunto de aspectos envolvidos com as condições de vida das pessoas. Considerando vínculos empregatícios, condições sociais e econômicas, condição de saúde mental, além das patologias físicas, demonstram que a saúde dos indivíduos se trata de algo amplo e complexo, que quando negligenciado tem afeto direto na qualidade de vida do indivíduo.

Assim, além de aplicar o conceito de ampla saúde, é possível observar como a relação entre condição social e saúde é completamente intrínseca. Segundo Carrapato et al. (2017), não se faz saúde sem relacionamentos e condicionamento social, sendo assim, obteve-se um maior número de participantes do grupo DP entre aqueles que

dizem ter qualidade menor de vida/saúde, onde é possível compreender a forte ligação entre vulnerabilidade social, degradação gradual da saúde e desenvolvimento de doenças inflamatórias, como, por exemplo, a DP.

Pode-se observar que o ponto supracitado é reforçado com o padrão apresentado na resposta das demais perguntas do questionário. Em relação à prática de atividades físicas, foi questionado aos participantes quais as atividades escolhidas no seu tempo livre, o volume de atividades nesse período e em quantos dias da semana essas atividades estavam distribuídas.

Ao perguntar aos participantes qual a atividade escolhida ($p=0,0004$) (Figura 2), muitos participantes do grupo com DP afirma não praticar nenhum tipo de atividade. Entre as possíveis respostas, os participantes poderiam escolher entre: caminhada, corrida, musculação ou bicicleta, ou a prática de algum esporte a ser então exemplificado pelo participante.

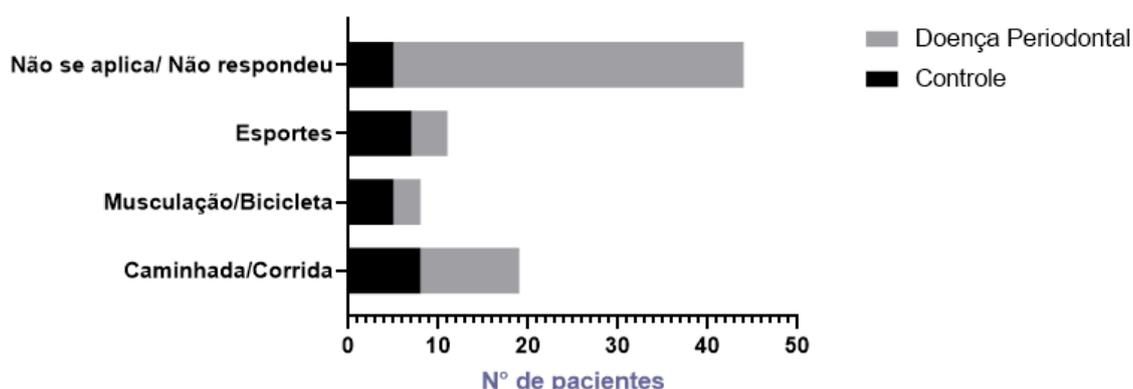


Figura 2 - Tipo de atividade física praticada em tempo livre.

Como citado anteriormente, a grande maioria dos participantes afirmam não ter o hábito de praticar atividades físicas, isso ficando claramente exemplificado, quando 44 (53,65%) dos 82 participantes responderam não praticar. O mais interessante de se observar entre essa população, é que a maioria, 39 (88,63%) dos 44, compõem o grupo DP, sendo que o grupo controle se distribui mais amplamente entre as demais opções de resposta.

Entre o grupo controle, que, como anteriormente citado, está mais distribuído entre a prática de diversas atividades físicas, tendo a maioria (8 participantes), afirmando realizar caminhadas e/ou corrida enquanto os demais praticam outras

atividades. Somente 5 indivíduos do grupo controle afirmam não ter o hábito de realizar atividades físicas.

Ao serem questionados a respeito da frequência que essas atividades eram realizadas ($p=0,0001$) (Figura 3), observa-se um padrão de resposta reforçando a falta de atividades físicas. Entre o grupo DP, 39 (68,42%) dos participantes não realizam atividades em nenhum dia da semana, enquanto 12 reservam um ou dois dias da semana para atividades. Já o grupo controle, de maneira geral, reforça a característica de praticar atividade física, com somente 4 (16%) dos participantes afirmam que não praticam, os demais afirmam utilizar de um a quatro dias da semana para exercícios.

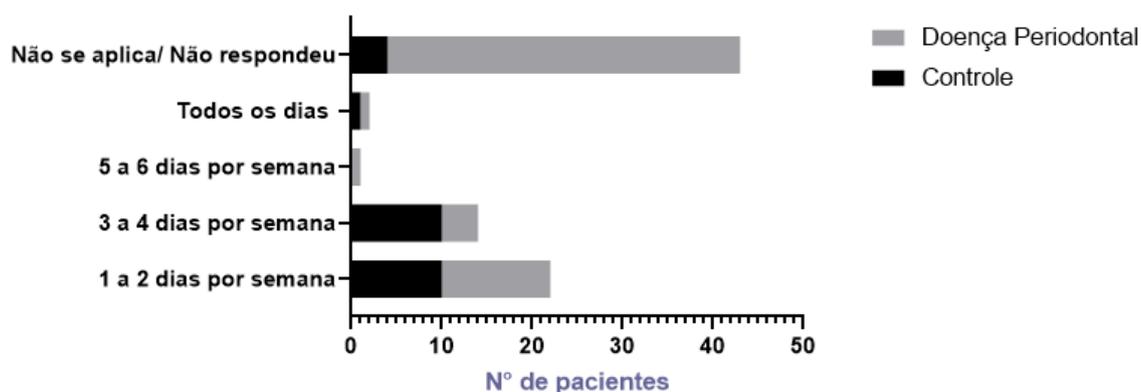


Figura 3 - Frequência de dias na semana em que os participantes praticam atividades físicas.

Quando perguntados a respeito do volume e intensidade de exercício realizados nesses dias ($p=<0,0001$) (Figura 4), entre os praticantes, vê-se que a maioria dos participantes afirmaram se exercitar de 31 a 149 minutos de atividade moderada ou intensa. Desses, a maioria se tratava de participantes do grupo controle, com 17 (68%) indivíduos, enquanto novamente, a maioria do grupo DP 37 (64,91%) não realiza atividade nenhuma de intensidade moderada a intensa.

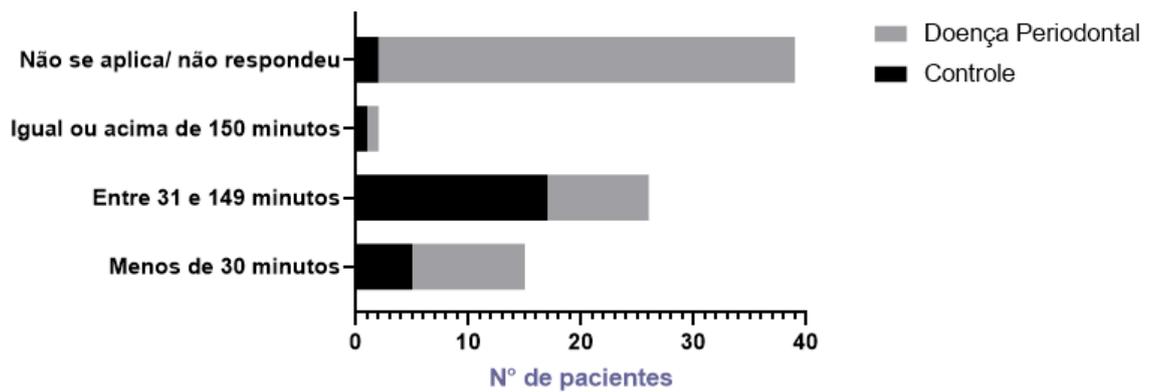


Figura 4 - Volume de atividade física praticada.

Ao observar os dados anteriormente citados, fica fácil a associação entre a prática de exercícios físicos com a prevenção da DP. Entre os participantes controles houve uma maior frequência de atividade, além de que, quando realizadas, costumam ser de maior intensidade. Enquanto isso, entre o grupo que desenvolveu gengivite e/ou periodontite a prática de exercício físicos é quase nula, e nos poucos casos em que há atividade, costuma ser de baixa intensidade, como caminhar no ambiente de trabalho ou em casa, por exemplo. Com esses dados expostos, fortalece a ideia da atuação preventiva dos exercícios físicos (Peixoto de Oliveira, 2018) em casos de doenças inflamatórias localizadas ou sistêmicas.

Com o seguimento do questionário, os participantes foram questionados em relação ao volume de utilização de telas pelos participantes, especificando o uso da televisão, ($p= 0,0032$) (Figura 5). O tempo avaliado se refere a quantidade de dias da semana em que o participante assiste televisão no seu tempo livre, o menor tempo possível era representada pela opção de nenhum dia da semana, que obteve 18 respostas, enquanto o maior tempo referia-se ao hábito de assistir televisão todos os dias da semana, que teve 15 respostas.

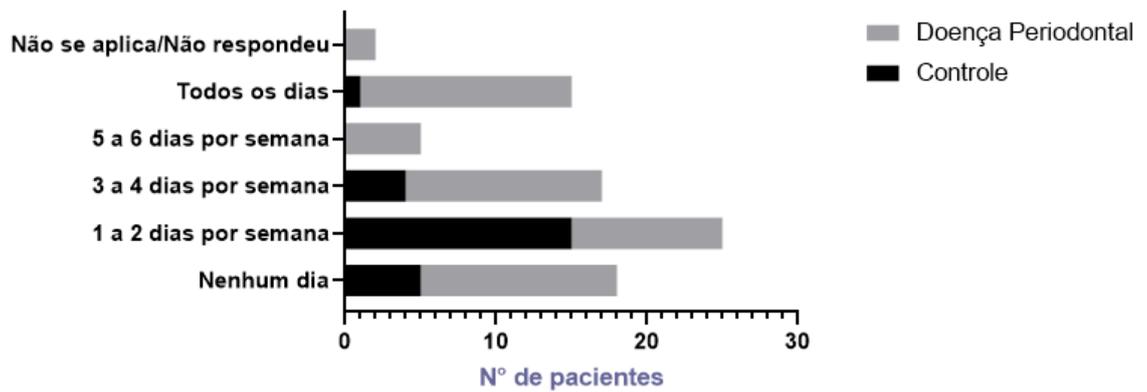


Figura 5 - Volume de consumo de telas durante a semana.

Grande parte dos participantes que responderam não possuir o hábito de ver televisão pertencem ao grupo controle, representado por 13 (72,22%) dos 18 indivíduos, enquanto entre o grupo que assiste diariamente 14 (93,33%) dos 15 indivíduos eram do grupo DP. Ao associar esse grande número de horas com telas com a baixa adesão a atividades físicas regulares, vê-se um reforço do sedentarismo. Tendo em vista que o sedentarismo se refere a diminuição gradativa da movimentação física com aumento das horas paradas, os participantes com DP são na sua maioria indivíduos sedentários.

Assim, fica mais compreensível a associação entre o sedentarismo e o desenvolvimento de doenças inflamatórias. Isso, porque além de ter uma função protetiva contra doenças inflamatórias sistêmicas (Rossetti et al., 2009), a prática de atividades físicas é intrinsecamente associada a outros hábitos saudáveis, como alimentação adequada, por exemplo, o que auxilia no tratamento e prevenção de doenças inflamatórias sistêmicas e localizadas como a obesidade e a DP (Ramos et al., 2013).

Dentre os tipos de leite consumidos ($p=0,0005$) (Figura 6), os participantes do grupo controle responderam que optam por leites desnatados e semidesnatados, em comparação com o integral. No entanto, em participantes do grupo com DP, a maioria se concentra em um consumo do tipo integral (38%), em detrimento de um número bem baixo em leites com dos grupos desnatado e semidesnatado. O leite, sendo algo muito explorado pelo homem e com grande efeito na sua saúde, devido a componentes como o cálcio e ferro, por exemplo, pode possuir quantidades consideráveis de lipídios (Mendes Duarte et al. 2000). Porém, em detrimento disso, destaca-se a importância

do leite, tanto no contexto nutricional, quanto no efeito da caseína sobre a glicosiltransferase (GTF) produzida pelos estreptococos e o seu efeito na hidroxiapatita. Em aprofundamentos do estudo, viu-se como o leite bovino e o efeito da caseína do mesmo podem se portar como importante inibidor de adesão do *Streptococcus sanguis* e *Streptococcus sobrinus* (Duarte et al., 2000).

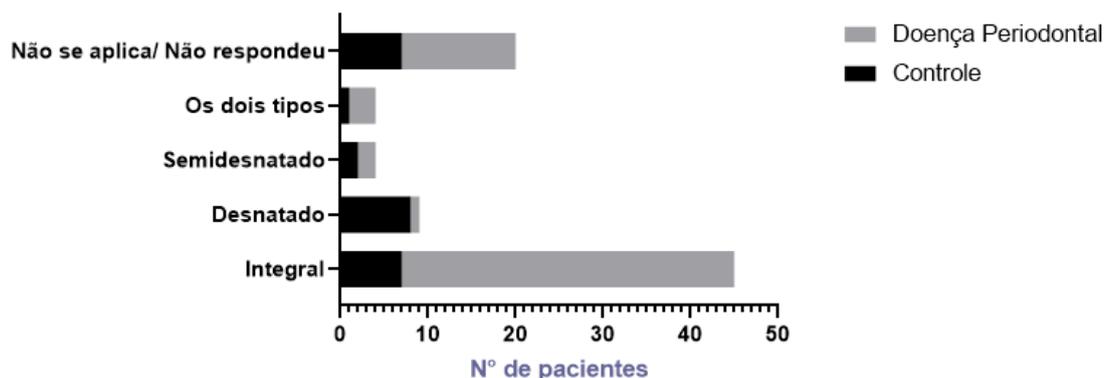


Figura 6 - Tipo de leite mais comumente consumido.

O consumo de alimentos fritos e gordurosos também obteve destaque ($p=0,0009$) (Figura 7). Em participantes do grupo controle, a maioria dos indivíduos consumia alimentos fritos apenas uma a duas vezes por semana, representado por 13 (52%) indivíduos, em detrimento de apenas 2 (8%) que apresentavam consumo mais elevado. Já no grupo com DP, obtiveram-se expressivos no consumo desse tipo de comida, inclusive nas alternativas de três a quatro dias por semana, obteve-se 12 (21,10%) das respostas e superior a cinco dias por semana, obteve-se 18 (31,57%) respostas.

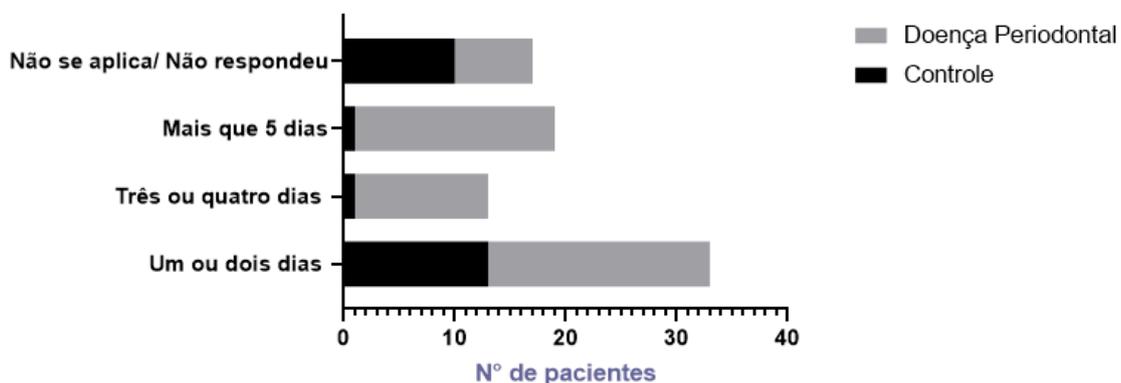


Figura 7 - Consumo de alimentos gordurosos/ frituras.

Ainda, trazendo o consumo de alimentos ricos em gordura, as questões associadas ao consumo de carne vermelha e de frango obteve destaque (ambos com $p < 0,0001$) (Figuras 8 e 9). Dos participantes que comem carne vermelha com gordura, grande parte está alocado no grupo com DP, sendo eles 32 (56,14%) indivíduos, já no grupo controle, na sua maioria, os indivíduos relatam ter o hábito de retirar a parte com gordura do alimento, representados por 20 (80%) dos participantes. No questionamento da pesquisa que se tratava do consumo de carne de galinha com a gordura presente, a situação repetiu-se, onde grande parte do grupo com a DP consome pele da carne de galinha, onde tem maior concentração de gordura, representado por 35 (61,14%) dos participantes, em detrimento do grupo controle que consome apenas após retirar essa porção, 21 (84%).

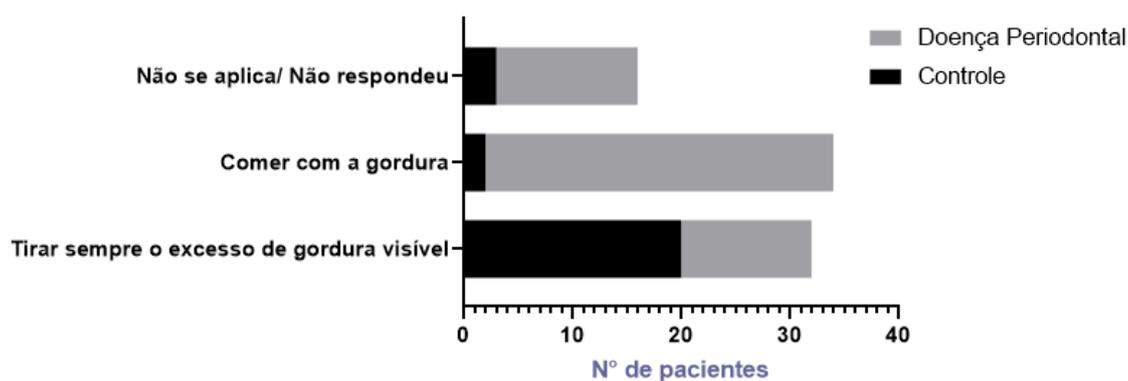


Figura 8 - Consumo de carne vermelha.

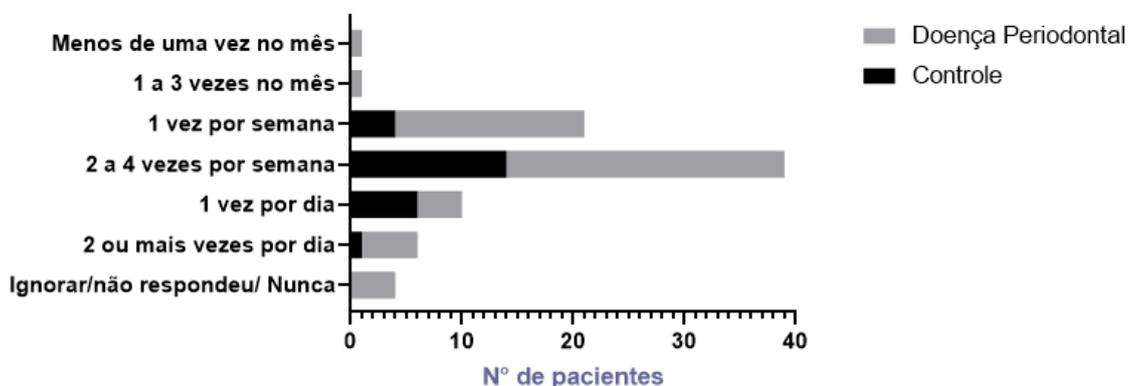


Figura 9 - Consumo de carne de frango.

De acordo com De Paula e colaboradores (2019), o leite desnatado se caracteriza como aquele que possui até o valor percentual de gordura de 0,5%, já o leite integral apresenta uma concentração de gordura 3,0%. Assim, como destacado por De Paula e os seus colaboradores (2019), o consumo de dietas com maior concentração de gorduras, como exemplo de leites com maior concentração do mesmo, peles de frango e carne gordurosa, em uma dieta desbalanceada, pode induzir a via de aumento da concentração lipídica, além de vias hormonais com as de redução de adiponectina, elevação de leptina e aumento de padrões inflamatórios sistêmicos (Leite et al., 2014). Além disso, em casos de obesidade por consumos lipídicos em excesso, estudos mostraram-na como fator desencadeante da DP, tanto pela associação a resistência à insulina e ao processo inflamatório exacerbado decorrentes da alteração metabólica e dos fatores causais (Bianezzi et al., 2013).

Nos questionários aplicados, obteve-se resultado significativo no consumo de frutas e de sucos de frutas ($p=0,0142$ e $p=0,0172$, respectivamente) (Figuras 10 e 11). Dentre os participantes controles, a maioria consome frutas apenas uma vez ao dia (18), sendo o restante (7) distribuídos entre duas vezes, três vezes ou mais ao dia e aqueles que não responderam. Já nos participantes acometidos com a DP, há um número expressivo, distribuído em um consumo duplo diário (15) e entre consumo único diário (28), restando apenas 14 participantes, distribuídos entre consumo igual ou superior a três porções diária e aqueles que relataram não consumir frutas.

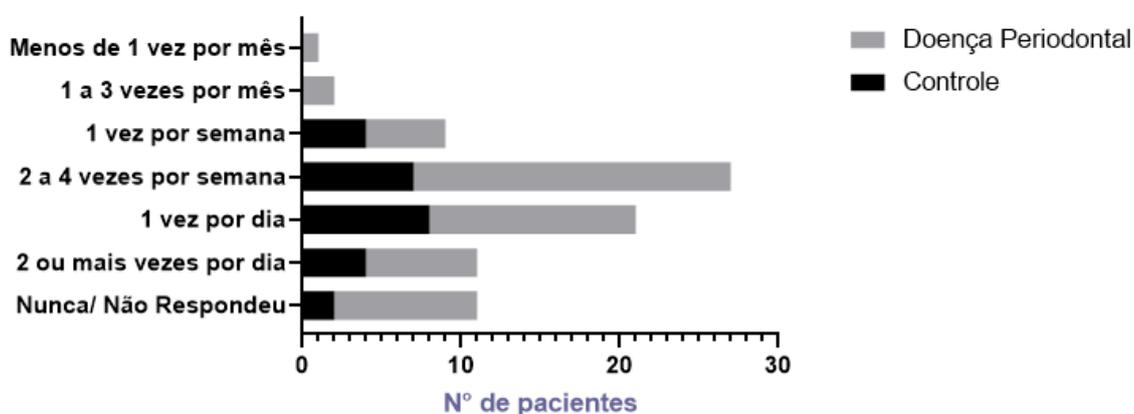


Figura 10 - Consumo de frutas.

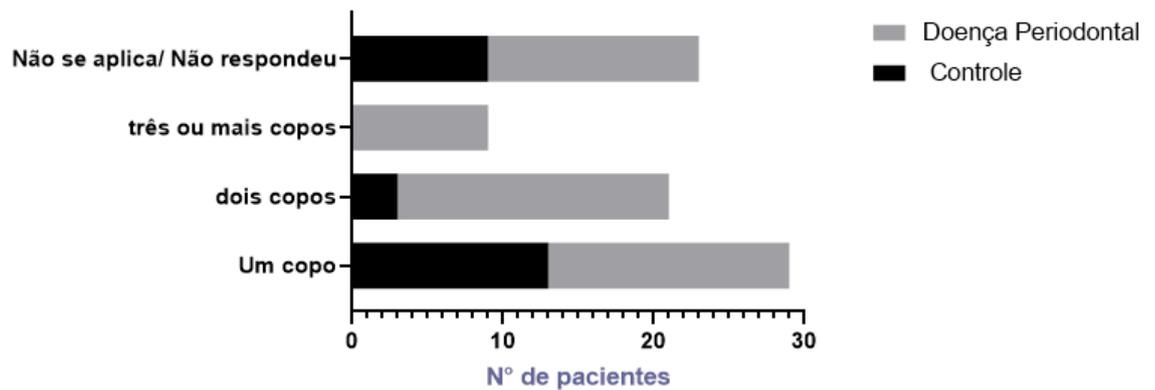


Figura 11 - Consumo de suco de frutas.

Em relação ao consumo diário de suco de frutas, a maioria dos participantes controle consomem apenas um copo de suco, sendo o restante está distribuído entre um consumo superior a dois copos e aqueles que não responderam ou que não tomam. Já o consumo diário de sucos em participantes acometidos pela DP foi mais elevado, em um consumo de dois copos diários, representando 18 (31,57%), com o consumo único em segundo lugar, representando 16 (28,07%).

No mesmo contexto, o consumo de refrigerantes e bebidas açucaradas também obteve resultados consideráveis e interessantes ($p=0,0011$ e $p=0,0019$, respectivamente) (Figuras 12 e 13). Em ambas as questões, os participantes do grupo controle apresentaram o consumo mais espaçado e menos frequentes. Na situação de participantes que possuem a questão periodontal envolvida, eles apresentaram um consumo mais frequente e elevado, tendo participantes que fazem consumo superior a diário desses alimentos. Já no tipo de refrigerante consumido ($p=0,0108$), todos os participantes do grupo estudado consomem a bebida na sua forma tradicional, enquanto nos participantes controle há o consumo de formas reduzidas de açúcar (diet/light/zero).

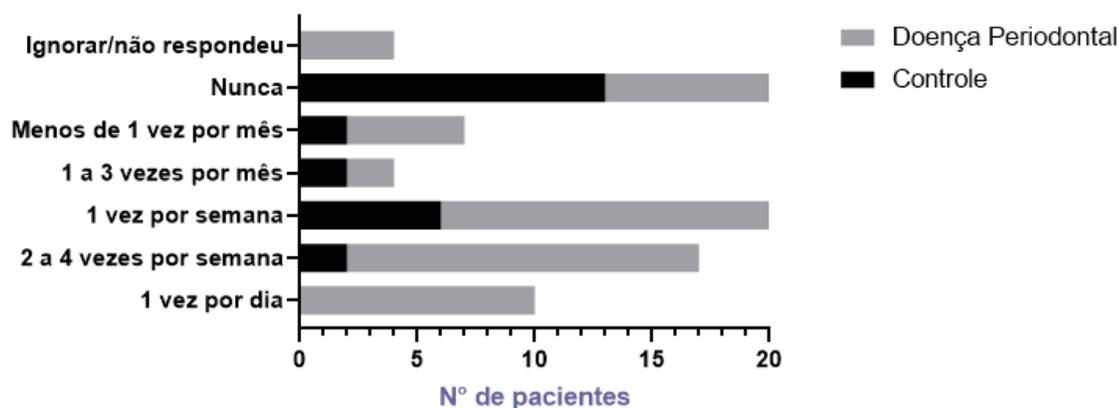


Figura 12 - Gráfico consumo de refrigerante durante a semana.

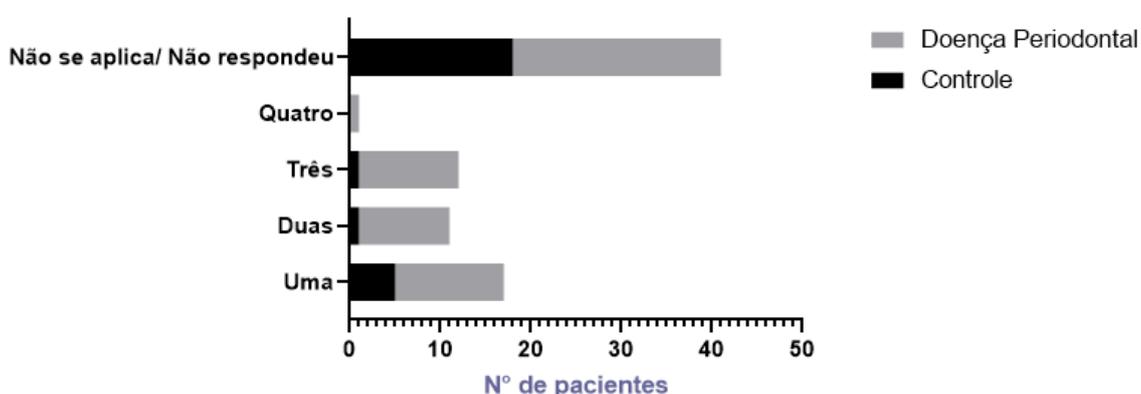


Figura 13 - Consumo de bebidas açucaradas durante a semana.

Os dados acima são importantes e de relevância para saúde pública, pois o consumo de açúcar (com destaque para a glicose) é um fator importante para o desenvolvimento de doenças da cavidade oral (França, 2016). Onde um dos principais mecanismo relacionados ao desencadeamento de afecções bucais está relacionado com o exagero no consumo de alimentos açucarados, onde ocorre o desequilíbrio do potencial hidrogeniônico, favorecendo o crescimento bacteriano (França, 2016). Nesse contexto, porém, percebe-se que o consumo de frutas e sucos, mesmo sendo vistos como alimentos mais saudáveis, possuem substratos que não a glicose do açúcar, mas que são cariogênicos e calóricos da mesma forma (Freire et al., 2012). Além disso, o consumo elevado de substâncias como glicose, sacarose e frutose, tem-se um elevado valor calórico, assim como o alto consumo de lipídios, induzindo processos de lipogênese com a consequência de incentivar a diferenciação de adipócitos (França, 2016). Este atua com uma elevação de resposta inflamatória, secreção de citocinas e

fatores inflamatórios, como exemplo a IL-6, NFkB e TNF-alfa, que interferem nas funções orgânicas e auxiliam em um processo de inflamação sistêmica (França, 2016).

Outro parâmetro que apresentou destaque foi o consumo de bebidas alcoólicas e a quantidade de álcool consumida ($p=0,0415$ e $p=0,0385$, respectivamente) (Figuras 14 e 15). Dentre os participantes estudados, boa parte consome bebida alcoólica mensalmente ou menos e o restante se distribui entre 2 a 4 vezes ao mês, de 2 a 4 vezes por semana e aqueles que não se obteve resposta. Em detrimento disso, grande parte dos participantes com DP se encontraram no grupo de 2 a 4 vezes por semana e 2 a 4 vezes por mês, sendo o restante distribuído entre mensalmente ou menos e que não responderam.

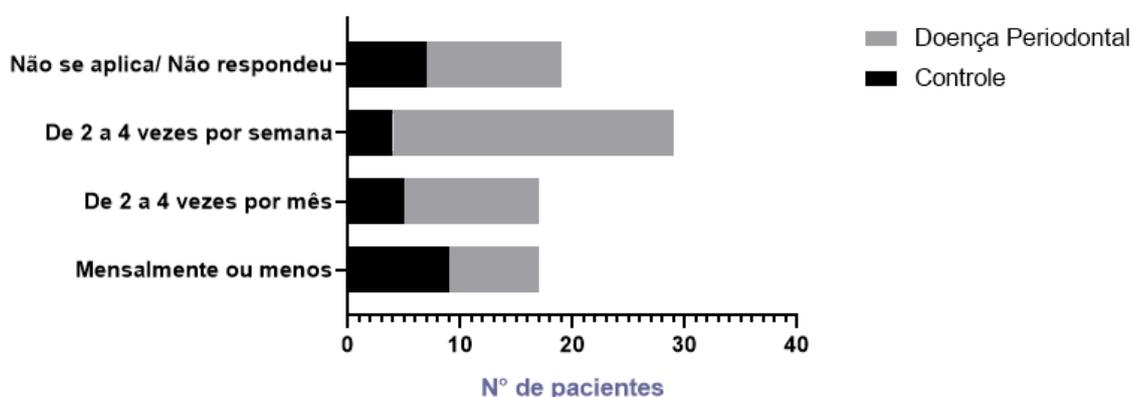


Figura 14 - Frequência do consumo de bebidas alcoólicas.

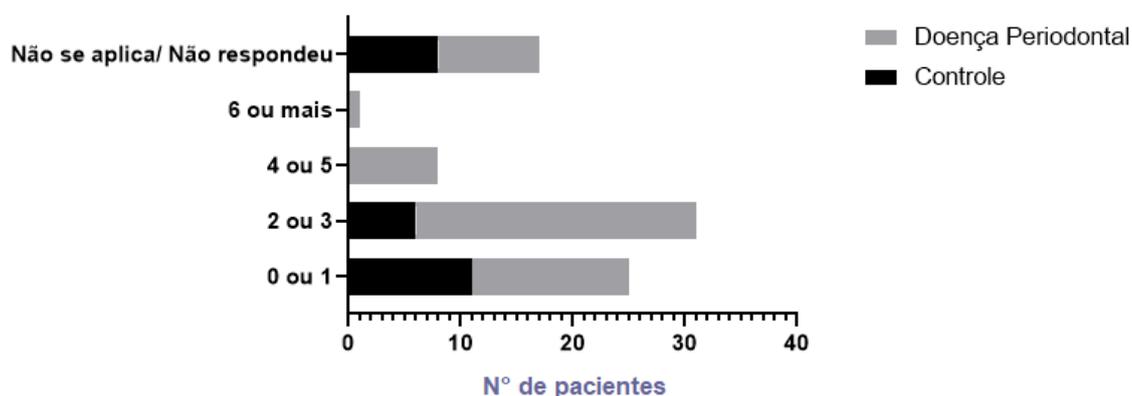


Figura 15 - Quantidade de álcool consumido.

Já em relação à quantidade de bebida consumida pelos grupos, percebeu-se que os participantes do grupo controle se distribuíram apenas entre o consumo de zero a 1 dose de álcool, 2 a 3 doses e aqueles que não responderam, com a sua maior

concentração dentre o primeiro citado. No grupo com DP, os mesmos também se concentram na sua maioria nos dois primeiros, porém também é presente em participantes com consumo entre 4 e 5 doses e acima de 6 doses, além dos participantes que não responderam.

Dessa forma, percebe-se como o consumo de álcool mostrou-se mais elevado em participantes com DP, comparado com os participantes do grupo controle. Conforme já foi visto anteriormente, o álcool é uma substância com efeito intoxicante, imunossupressor, carcinogênico e tóxico para a célula e para os tecidos em praticamente todos os órgãos (Monteiro, 2016; Rehm et al., 2009). Assim, percebe-se como o álcool interfere no processo de lesão ao corpo humano e como o periodonto pode ser atingido por tal hábito.

4. CONCLUSÃO

A DP está entre as doenças com maior prevalência no mundo, gerando grande impacto na saúde pública, devido ao seu tratamento longo e de alto custo, além de causar danos ao periodonto, tendo consequência a perda dentária, deficiência na fala, dificuldades na alimentação, baixa autoestima portanto, redução da qualidade de vida.

Hábitos relacionados à atividade física, alimentação, álcool estão fortemente atreladas a DP, onde estratégias de promoção e prevenção de saúde bucal e implementações de hábitos saudáveis devem ser planejadas e integradas aos locais de maior abrangência, com o intuito de facilitar o acesso desta população a medidas de educação em saúde, com vistas à melhoria efetiva da qualidade de vida.

CONFLITO DE INTERESSE: Os autores declaram que não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

Ahern, D. C., Schweitzer, C. M., de Castro, A. L., Coclete, G. A., Okamoto, A. C., & Gaetti-Jardim Jr, E. (2014). Susceptibilidade antimicrobiana ao metronidazol de microrganismos isolados de periodontite crônica e agressiva. *Archives of Health Investigation*, 3(1).

Brianezzi, L. F. de F., Al-Ahj, L. P., Prestes, L. A., Andreatta, L. M., Vasconcelos, L. R. M., Marsicano, J. A., Sales-Peres, A., & Peres, S. H. de C. S. (2013). Impacto da obesidade na saúde bucal: Revisão de literatura. *RFO UPF*, 18(2), 211–216.

Carrapato, P., Correia, P., & Garcia, B. (2017). Determinante da saúde no Brasil: A procura da equidade na saúde. *Saúde e Sociedade*, 26(3), 676–689. <https://doi.org/10.1590/s0104-1290201717030>

de Paula, N. C. C., dos Anjos Guedes, M. A., Lemes, N. S., Santos, V. R., & Silva, F. C. (2019). Caracterização físico-química de leite UHT integral e desnatado e de leite cru comercializados na cidade de Ituiutaba-MG. *Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative Science & Technology Journal*, 24-32.

Ferreira, G. C., Mizael, V. P., & Araújo, T. G. F. (2018). Utilização do diário alimentar no diagnóstico do consumo de sacarose em odontopediatria: Revisão de literatura. *Revista da Faculdade de Odontologia - UPF*, 23(1). <https://doi.org/10.5335/rfo.v23i1.8506>

Fredman, G., Oh, S. F., Ayilavarapu, S., Hasturk, H., Serhan, C. N., & Van Dyke, T. E. (2011). Impaired Phagocytosis in Localized Aggressive Periodontitis: Rescue by Resolvin E1. *PLoS ONE*, 6(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0024422>

Freire, M. do C. M., Balbo, P. L., Amador, M. de A., & Sardinha, L. M. V. (2012). Guias alimentares para a população brasileira: Implicações para a Política Nacional de Saúde Bucal. *Cadernos de Saúde Pública*, 28(suppl), s20–s29. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2012001300004>

Leite, B. F., Jamar, G., & Caranti, D. A. (2014). Efeito dos ácidos graxos na Síndrome Metabólica: Uma revisão de literatura. *Nutrire*, 39(1), 113–129. <https://doi.org/10.4322/nutrire.2014.010>

Mendes Duarte, P., Coppi, L. C., & Rosalen, P. L. (2000). Cariogenicidade e propriedades cariostáticas por diferentes tipos de leite-revisão. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(2), 113–120.

Mombelli, A. (2003). Periodontitis as an infectious disease: Specific features and their implications: Periodontitis as an infectious disease. *Oral Diseases*, 9, 6–10. <https://doi.org/10.1034/j.1601-0825.9.s1.2.x>

Monteiro, M. G. (2016). Políticas públicas para a prevenção dos danos relacionados ao consumo de álcool. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 25(1), 1–10. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742016000100017>

Peixoto, J. A. O. Associações bidirecionais entre doença periodontal, fadiga e atividade física. 2018. Available at: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/238550/001067456.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Peres, M. A., Macpherson, L. M. D., Weyant, R. J., Daly, B., Venturelli, R., Mathur, M. R., Listl, S., Celeste, R. K., Guarnizo-Herreño, C. C., Kearns, C., Benzian, H., Allison, P., & Watt, R. G. (2019). Oral diseases: A global public health challenge. *Lancet (London, England)*, *394*(10194), 249–260. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)31146-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)31146-8)

Peres, M. A., Peres, K. G., Boing, A. F., Bastos, J. L., Silva, D. A., & González-Chica, D. A. (2014). Saúde bucal no EpiFloripa: Estudo prospectivo das condições de saúde de adultos de Florianópolis, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, *17*(2), 571–575. <https://doi.org/10.1590/1809-4503201400020021>

Pihlstrom, B. L., Michalowicz, B. S., & Johnson, N. W. (2005). Periodontal diseases. *Lancet (London, England)*, *366*(9499), 1809–1820. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)67728-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)67728-8)

Rehm, J., Samokhvalov, A. V., Neuman, M. G., Room, R., Parry, C., Lönnroth, K., ... & Popova, S. (2009). The association between alcohol use, alcohol use disorders and tuberculosis (TB). A systematic review. *BMC public health*, *9*, 1-12.

Rossetti, M. B., Britto, R. R., & Norton, R. D. C. (2009). Prevenção primária de doenças cardiovasculares na obesidade infantojuvenil: efeito anti-inflamatório do exercício físico. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, *15*, 472-475.

Sanchez, G. A., Miozza, V. A., Delgado, A., & Busch, L. (2013). Relationship between salivary leukotriene B 4 levels and salivary mucin or alveolar bone resorption, in subjects with periodontal health and disease. *Journal of periodontal research*, *48*(6), 810-814.

Van Dyke, T. E., & Serhan, C. N. (2003). Resolution of inflammation: A new paradigm for the pathogenesis of periodontal diseases. *Journal of Dental Research*, *82*(2), 82–90. <https://doi.org/10.1177/154405910308200202>.

**AURICULAR ACUPUNCTURE AS A COMPLEMENTARY THERAPY ON
QUALITY OF LIFE AND ADVERSE CLINICAL EFFECTS MANIFESTED
BY PATIENTS ON HEMODIALYSIS: A NARRATIVE REVIEW**

DOI: 10.56041/9786599841835-2

PUHLE, Josiano G.

Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó)
Chapecó - Santa Catarina

<https://orcid.org/0000-0003-1607-6571>

HOFFMANN, Alessandra Y.

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)
Chapecó - Santa Catarina

<https://orcid.org/0000-0002-1875-4324>

WEBER, Pâmela L.

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)
Chapecó - Santa Catarina

<https://orcid.org/0000-0002-0215-7728>

SILVA, Keroli E. T.

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)
Chapecó - Santa Catarina

<https://orcid.org/0000-0001-5737-057X>

DALAGNOL, Angela M. K.

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)
Chapecó - Santa Catarina

<https://orcid.org/0000-0002-3779-0419>

CORRALO, Vanessa S.

Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó)
Chapecó - Santa Catarina

<https://orcid.org/0000-0003-4234-4875>

RESENDE, Débora T. S.

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)
Chapecó - Santa Catarina

<https://orcid.org/0000-0002-3813-7139>

* Corresponding Author: puhlejosianoguilherme@gmail.com

ABSTRACT

Auricular acupuncture is a technique of Traditional Chinese Medicine, widely used as an auxiliary treatment in several diseases, aiming at the improvement of symptoms and clinical condition, being applied as a complementary alternative to drug treatment. The present study is an investigation of the results of research on the effects of auricular acupuncture on chronic kidney disease, considering hemodialysis treatment. Considered a global health problem due to the high number of incidence and deaths, chronic kidney disease has hemodialysis as a treatment method, which aims to supply compromised kidney function in more advanced stages of the disease. During and after hemodialysis sessions, patients commonly experience adverse symptoms, such as pain, headache, cramps, and hypotension/hypertension, which are associated with treatment conditions and which generally affect their perception of quality of life. Regarding the use of auricular acupuncture as a complementary non-pharmacological treatment tool for the control and reduction of adverse hemodialysis symptoms, good and promising results can be expected, considering the modulation of markers involved in inflammatory processes.

Keywords: Acupuncture Ear. Chronic Kidney Failure. Signs and Symptoms.

1. INTRODUCTION

Chronic kidney disease is characterized by a slow and progressive decrease in the kidneys' ability to filter metabolic wastes from the blood, and which in some cases can occur acutely acute manner. The occurrence of the disease is observed in a variable period, determined by associated and associated and triggering conditions such as hypertension, diabetes mellitus and glomerulopathies (Drawz; Rahman, 2015).

According to the Ministry of Health (Brasil, 2014), in its Clinical Guidelines for the care of patients with chronic kidney disease in the Brazilian National Health System, the disease is considered a serious public health public health, because the

incidence and prevalence are increasing considerably and the cost of treatment becomes high, demonstrating the need for preventive actions and treatment.

One of the most effective alternatives for the treatment of renal failure is hemodialysis, which consists of a blood filtration technique performed by a machine capable of retaining toxins and other metabolic components other metabolic components, performing the basic function of the kidneys (Sociedade Brasileira de Nefrologia, 2020). It is analyzed that both the chronic health condition and the dynamics of treatment, are stressful factors that can disrupt the routine and expectations of these patients, causing a considerable impact on their quality of life, which will lead to more difficulties during treatment (Bezerra; Hora; Gil, 2018).

An alternative adopted for the management of patients is auricular acupuncture, showing positive results in clinical improvement and positive results in clinical improvement and treatment of symptoms arising from various diseases and health conditions, such as chronic pain, treatment of diabetes, allergies, and musculoskeletal problems. In view of the physical and psychological impairment of patients who are on hemodialysis, auriculotherapy is used as an auxiliary treatment through the perception of improvement of patients, as well as by its proven immune modulation (Yeh et al., 2014; Hou et al., 2015; Alimi, Chelly, 2018; Melo et al., 2019; Lu, Li, 2020).

In this sense, auricular acupuncture shows itself as a practical and efficient tool for the treatment of patients with chronic kidney disease who are on hemodialysis. Besides having a non-invasive method of use and evaluation, it provides improvement in the perception of quality of life and clinical improvement with regard to adverse symptoms that hemodialysis symptoms that hemodialysis treatment provides, such as blood pressure disorders, headache muscle pain, anxiety, and depression.

2. PATHOPHYSIOLOGY OF CKD

The clinical diagnosis of chronic kidney disease is performed by measuring the Glomerular Filtration Rate (GFR), and GFR values lower than 60 mL/min/1.73 m² for three continuous months are sufficient to confirm the disease. Once the diagnosis is

established, the measurement of the severity of the disease is performed through albuminuria, in which if this rate is less than 30mg/g it is considered normal, between 30mg/g and 300mg/g it is moderately high, and above of 300 mg/g is severely elevated (KDIGO, 2013).

As a result of renal decompensation, many patients have a worsening condition, developing chronic renal failure, requiring replacement therapies, namely: kidney transplantation, dialysis and/or hemodialysis⁸. Hemodialysis is defined by the active and external filtration of the blood, removing excess fluids and toxins from the body. It is performed in a hospital environment for 3 to 4 hours, three times a week. It occurs through the introduction of venous accesses in the patient, directing the blood to the hemodialysis machine, which then performs external filtration, removing an average of 1 to up to 4 liters of liquid (Fleming, 2011; KDIGO, 2013; Santos et al., 2018).

3. QUALITY OF LIFE AND ADVERSE CLINICAL EFFECTS OF HEMODIALYSIS

Hemodialysis is configured as an effective and important method, with regard to the maintenance of patients who are in this condition, however, sometimes this type of treatment is also characterized by its debilitating treatment is also characterized by its debilitating potential, because it affects and interferes in various segments of the individual subjected to this practice (Santos et al., 2018). Thus, it is analyzed that both the chronic health condition and the dynamics of treatment of these patients are factors stressors that can disrupt the routine and expectations of these patients, often causing social often causing social problems such as isolation, unemployment, abandonment of leisure activities and physical exercises (Bezerra et al., 2018).

Patients undergoing hemodialysis treatment are subject to some complications and/or interurrences during and even after the hemodialysis session, and these can be serious, if there is no perception and interruption of the event, or of a simpler and less complex nature. Among the main disorders are hypotension, headache and cramps (Sands et al., 2014).

Episodes of cramps usually occur before the onset of arterial hypotension. Its pathophysiology is still not very clear, it ends up being related to the low levels of

carnitine (an amine that facilitates the transport of fatty acids into the mitochondria that are eliminated through the urine) filtered during hemodialysis, which occurs associated with the imbalance between ultrafiltration and vascular filling, with hypotension, low dry weight and the use of a low-sodium dialysis solution as predisposing factors for involvement (Lessa et al., 2018).

The pathophysiology of hypotension in hemodialysis is related to the ultrafiltration rate, the drop in osmolarity and the reduction in intravascular volume, which cause a reduction in cardiac output and, consequently, interfere with peripheral vascular resistance. Factors such as food intake, abundant use of antihypertensive drugs and blood loss at the level of machine connections also predispose to hypotensive conditions (Sands et al., 2014).

Another complication presented by patients during the hemodialysis procedure and reported after the end of therapy is headache, which has a bilateral pulsation in the frontal region, characterized by variable intensity (Kudoh et al., 2013). Most of the time, the condition is accompanied by crises of muscle pain and fatigue, noticeable in different regions of the body, evidencing the high use of analgesic drugs for relief (Marques et al., 2013).

Moreover, pain is also one of the adverse effects of this therapy, being it in various places of the body, where according to the analytical cross-sectional study of Marques et al. (2016), about 40% of hemodialysis patients make use of drugs for pain relief, yet, this same research shows that this condition has repercussions in physical limitations that influence their daily lives.

The quality of life of patients with chronic kidney disease undergoing hemodialysis is significantly lower in comparison to people who are not affected by the disease and/or those who do not undergo any treatment. The physical and psychological domains are compromised and altered, in view of all the adverse clinical conditions and intercurrent events presented by the patients in question and as a result of the conjunctures of this treatment (Jesus et al., 2019).

4. AURICULAR ACUPUNCTURE: PHYSIOLOGY AND IMMUNE MODULATION MECHANISM

The mechanical stimulation performed during auricular acupuncture enables nerve signaling and consequently remotely affects the function of internal organs according to the corresponding points that have been stimulated. Depending on the stimulation, it is possible to reduce inflammatory processes in individuals who experience an event called a cytokine storm, a mechanism in which a series of immune responses is triggered so that the body rapidly releases a set of inflammatory proteins. For such effects, the treatment time, the points to be stimulated and the intensity of stimulation must be considered (Hou et al., 2015).

The inflammatory process is commonly associated with increased temperature, redness, swelling, pain and loss of function. During auricular acupuncture, vasoactive mediators, cytokines and neuropeptides can be modulated, given the regulation and distribution of blood to organs and tissues affected by inflammation (Abdi et al., 2012).

The peptide linked to the calcitonin gene is a potent vasodilator, with physiological and pathological effects on inflammatory processes. Studies show that techniques such as systemic acupuncture and auricular acupuncture can regulate the release of substance P and neurokinin. Furthermore, anti-inflammatory substances such as interleukin (IL)-10 are produced by such techniques (Abdi et al., 2012; Melo et al., 2019).

The levels of interferon (IFN) - gamma, IL-2, IL-4 and IL-6 were found to be elevated after the application of auricular acupuncture, while markers such as tumor necrosis factor (TNF) - alpha were reduced. Therefore, there is a balance between pro-inflammatory cytokines and anti-inflammatory cytokines (Zijlstra et al., 2003; Lu, Li, 2015).

5. THE EFFECT OF AURICULAR ACUPUNCTURE DURING HEMODIALYSIS TREATMENT

Considering that patients undergoing hemodialysis have symptoms and adverse clinical effects, which may be related to the imbalance between inflammatory and anti-inflammatory components, triggering a systemic inflammatory condition.

Auricular acupuncture, through its immune modulation, can be a useful tool in the complementary treatment of these patients (Watkins & Maier, 2005; Lin et al., 2015).

Figure 1. Immune modulation of auricular acupuncture in adverse hemodialysis symptoms

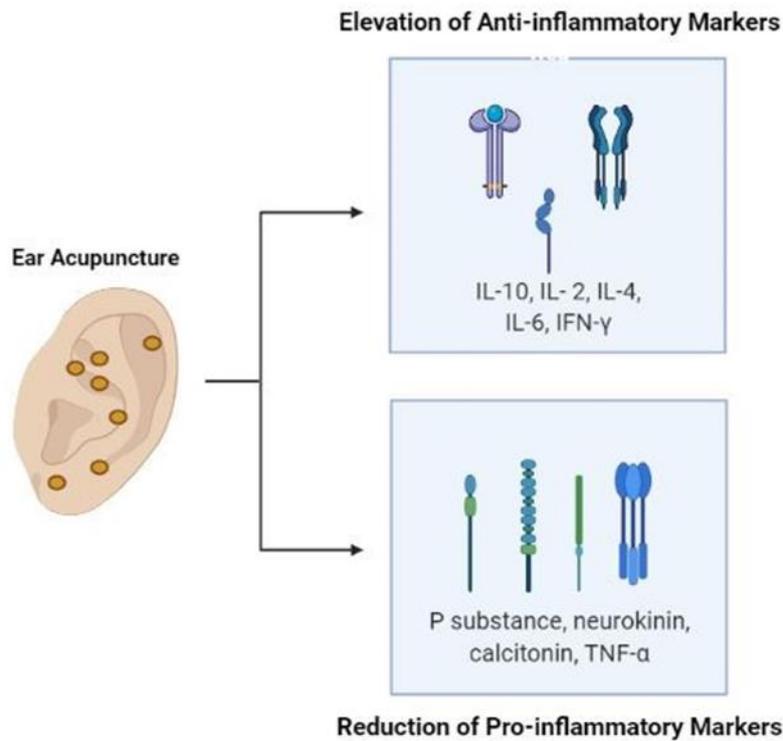


Figure 1. Immune modulation of auricular acupuncture in adverse hemodialysis symptoms. Stimulation of the ear using the auricular acupuncture technique triggers an increase in anti-inflammatory markers concomitantly with a decrease in inflammatory components, acting as a regulator of inflammatory processes linked to the adverse effects of hemodialysis treatment.

Stimulation of the auricle triggers nerve responses that are transmitted via peripheral and cranial nerves to the central nervous system, resulting in the release of neurotransmitters involved in pain mechanisms. This process causes the descending neural pathway to release endorphins in the posterior horn of the spinal cord, constituting an obstacle for the propagation of the painful stimulus through the CNS (Artioli et al., 2019).

In addition, studies in individuals with cramps and pain showed that after the application of auricular acupuncture, there was a reduction in pro-inflammatory

markers (TNF- α) and, consequently, a reduction in pain, given that cytokines, as disease-inducing agents, present themselves as mediators of immune communication with the nervous system, in order to modulate pain conditions (Watkins & Maier, 2005; Lin et al., 2015).

Another common complication during hemodialysis treatment is instability in blood pressure levels, due to an increase in the concentrations of highly inflammatory substance P and neurokinin. This condition, which can be regulated through auricular acupuncture, in view of the increase in the concentration of IL-10 anti-inflammatory component, together with the concentration of nitric oxide (NO) after the use of the technique, resulting in an increase in arteriolar diameter, the which triggers a positive effect on blood pressure regulation (Loaiza et al., 2002; Zijlstra et al., 2003).

Besides physiological alterations, patients on hemodialysis present alterations in the perception of quality of life, due to all the circumstances and consequences that their health condition provides. Having their quality of life altered, one can see a clinical management with greater difficulties, considering the difficulties, considering the impacts that the decrease in quality of life can cause on the physical and on the physical and mental health of these patients (Bezerra et al., 2018; Santos et al., 2018).

Referring to auricular acupuncture, it is possible to notice a significant improvement in the perception of quality of life by patients on hemodialysis. Improvement in the social, physical and psychological domains is perceptible, physical and psychological domains, denoting that it is an effective treatment when used as an intervention aiming at improving the quality of life and health of patients with chronic kidney disease. This is justified by the fact that the biomolecular modulation provided by auricular acupuncture changes and/or reduces the symptoms that compromise the quality of life of these patients (Wang et al., 2014).

6. CONCLUSIONS

It is observed that with the data obtained from the literature so far, it appears that auricular acupuncture can be a useful and effective tool as a supporting treatment in hemodialysis patients. In view of its biomolecular modulation and the regulation of immunological components of the organism, which results in the reduction of conditions and symptoms arising from the treatment, auricular acupuncture, as it is a non-invasive therapy and with significant improvements in the quality of life of patients, it is an alternative to be considered by clinics and hospitals that perform hemodialysis, contributing to an offer of comprehensive care and attention.

Another important point is the suggestion of elaborating clinical trials that evaluate molecular patterns related to adverse hemodialysis symptoms and the effect of auricular acupuncture as a control tool in the alteration of these molecular markers. Furthermore, It is noteworthy that, in the future, the authors intend to study other actions of auricular acupuncture in a supposed improvement of urea and creatinine dosages, glomerular filtration rate, as well as regarding the production of reactive oxygen species and in the inflammation of individuals undergoing hemodialysis, with a view to clinical improvement, quality of life and the production of significant scientific materials.

STATEMENTS: The present work has neither financing nor financial incentives for its elaboration and publication. Furthermore, it has no conflict of interest.

REFERENCES

Abdi, H., Abbasi-Parizad, P., Zhao, B., Ghayour-Mobarhan, M., Tavallaie, S., Rahsepar, A. A., ... & Ferns, G. A. (2012) Effects of Auricular Acupuncture on Anthropometric, Lipid Profile, Inflammatory, and Immunologic Markers: A Randomized Controlled Trial Study. *J Altern Complement Med.* 18(7), 668–677. doi: 10.1089/acm.2011.0244.

Alimi D., & Chelly J.E. (2018) New universal nomenclature in auriculotherapy. *J Altern Complement Med.* 24(1),7-14. doi: 10.1089/acm.2016.0351.

Artioli, D. P., Tavares, A. L. F., & Bertolini, G. R. F. (2019) Auriculotherapy: neurophysiology, points to choose, indications and results on musculoskeletal pain

conditions: a systematic review of reviews. *Braz J Pain.* 2(4). doi: <https://doi.org/10.5935/2595-0118.20190065>

Brasil. Ministério da Saúde (2014). *Diretrizes Clínicas para o Cuidado ao Paciente com Doença Renal Crônica – DRC no Sistema Único de Saúde*. Brasília – DF.

Bezerra, R. M.; Hora, A. C. C. F. & Gil, M. M. (2015). *Hemodiálise e a experiência de mudança de vida*. Associação educativa Unievangélica, 3º congresso internacional de pesquisa, ensino e extensão (CIPEEX).

Drawz, P., & Ragman, M. (2015) Chronic Kidney Disease. *Ann Intern Med.*162(11). doi: 10.7326/AITC201506020.

Fleming, G. M. (2011) *Renal replacement therapy review: past, present and future*. *Organogenesis.* 7(1), 2–12. doi: 10.4161/org.7.1.13997

Hou, P. W., Hsu, H. C., Lin, Y. W., Tang, N. Y., Cheng, C. Y., & Hsieh, C. L. (2015) The history, mechanism, and clinical application of auricular therapy in traditional Chinese medicine. *Evid Based Complement Alternat Med.* doi: 10.1155/2015/495684.

Jesus, N. M., Souza, G. F. D., Mendes-Rodrigues, C., Almeida, O. P. D., Rodrigues, D. D. M., & Cunha, C. M. (2019) Qualidade de vida de indivíduos com doença renal crônica em tratamento dialítico. *Jornal Brasileiro de Nefrologia.* 41(3), 364-374. <https://doi.org/10.1590/2175-8239-JBN-2018-0152>

KDIGO. Kidney Disease: Improving Global Outcomes - CKD Work Group. KDIGO 2012: *Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease*. v.3, n.1, p. 1–150, 2013

Kudoh, Y., Aoyama, S., Torii, T., Chen, Q., Nagahara, D., Sakata, H., & Nozawa, A. (2013) Hemodynamic Stabilizing Effects of L-Carnitine in Chronic Hemodialysis Patients. *Cardiorenal Med.* 3(3), 200–217. <https://doi.org/10.1159/000355016>

Lessa, S. R. D. O., Bezerra, J. N. D. M., Barbosa, S. M. C., Luz, G. O. D. A., & Borba, A. K. D. O. T. (2018) Prevalência e fatores associados para ocorrência de eventos adversos no serviço de hemodiálise. *Texto Contexto Enferm.*, 27(3), 1-11 doi: <https://doi.org/10.1590/0104-07072018003830017>

Lin, W. C., Yeh, C. H., Chien, L. C., Morone, N. E., Glick, R. M., & Albers, K. M. (2015) The Anti-Inflammatory Actions of Auricular Point Acupressure for Chronic Low Back Pain. *Evid Based Complement Alternat Med.* doi: 10.1155/2015/103570.

Loaiza, L.A. (2002) Electro-acupuncture stimulation to muscle afferents in anesthetized rats modulates the blood flow to the knee joint through autonomic reflexes and nitric oxide. *Auton Neurosci.* 97(2). doi: [https://doi.org/10.1016/S1566-0702\(02\)00051-6](https://doi.org/10.1016/S1566-0702(02)00051-6)

Lu Y., Li G. (2020) Auricular acupuncture induces FNDC5/irisin and attenuates obese inflammation in mice. *Acupunct Med.* 38(4), 264-271. doi: 10.1136/acupmed-2017-011405

Marques, V. R., Benetti, P. E., Benetti, E. R. R., Rosanelli, C. L. S. P., de Fátima Colet, C., & Stumm, E. M. F (2016) Pain intensity assessment in chronic renal patients on hemodialysis. *Rev Dor.* 17(2). doi: 10.5935/1806-0013.20160023

Melo, G. A. A., Aguiar, L. L., Silva, R. A., Pereira, F. G. F., Silva, F. L. B. D., & Caetano, J. Á. (2020) Efeitos da acupuntura em pacientes com insuficiência renal crônica: revisão sistemática. *Revista Brasileira de Enfermagem.* 73(4), 1-9. doi: <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2018-0784>

Melo, R. N. R., Francisco, S. C., Moura, C. D. C., Loudon, K., Sawada, N. O., Chaves, É. D. C. L., ... & Garcia, A. C. M. (2019) Auriculotherapy to control chemotherapy-induced nausea and vomiting in patients with cancer: protocol of a systematic review. *Syst Rev.* 8(206). doi: 10.1186/s13643-019-1124-3

Sands, J. J., Usvyat, L. A., Sullivan, T., Segal, J. H., Zabetakis, P., Kotanko, P., ... & Diaz-Buxo, J. A (2014) Intradialytic hypotension: Frequency, sources of variation and correlation with clinical outcome: Intradialytic hypotension: risk-variation. *Hemodial Int.* 18(2), 415–422. doi: 10.1111/hdi.12138.

Santos, V. F. C. D., Borges, Z. N., Lima, S. O., & Reis, F. P. (2018). Percepções, significados e adaptações à hemodiálise como um espaço liminar: a perspectiva do paciente. *Interface-Comunicação, Saúde, Educação*, 22, 853-863. doi: <https://doi.org/10.1590/1807-57622017.0148>

Sociedade Brasileira de Nefrologia. Hemodiálise - SBN. Disponível em: <https://www.sbn.org.br/orientacoes-e-tratamentos/tratamentos/hemodialise/> Acesso em: 28 dez. 2022.

Wang, S., Chen, Z., Fu, P., Zang, L., Wang, L., Zhai, X., ... & Zhang, Y. (2014) Use of Auricular Acupressure to Improve the Quality of Life in Diabetic Patients with Chronic Kidney Diseases: A Prospective Randomized Controlled Trial. *Evidence Based Complement Altern Med*, doi: 10.1155/2014/343608

Watkins, L. R., Maier, S.F. (2005) Immune regulation of central nervous system functions: from sickness responses to pathological pain. *J Intern Med.* 257(2), 139–155. doi: 10.1111/j.1365-2796.2004.01443.x.

Yeh, C. H., Chiang, Y. C., Hoffman, S. L., Liang, Z., Klem, M. L., Tam, W. W., ... & Suen, L. K. P. (2014) Efficacy of Auricular Therapy for Pain Management: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2014, 1–14. doi: 10.1155/2014/934670

Zijlstra, F. J. (2003) Anti-inflammatory actions of acupuncture. *Mediators Inflamm.* 12(2), 59–69. doi: 10.1080/0962935031000114943

CONTAMINANTES EMERGENTES: UM RISCO À SAÚDE

DOI: 10.56041/9786599841835-3

VIANCELLI, Aline

Universidade do Contestado, Concórdia, SC, Brasil

<https://orcid.org/0000-0003-1654-6510>

MICHELON, William*

Universidade do Contestado, Concórdia, SC, Brasil

<https://orcid.org/0000-0003-0713-0150>

* Autor correspondente: william@unc.br

RESUMO

Contaminantes emergentes são representados por um grupo de substâncias naturais e sintéticas, como hormônios, produtos farmacêuticos (reguladores lipídicos, diuréticos, anti-inflamatórios não esteroides, estimulantes, antissépticos, analgésicos, beta bloqueadores), detergentes, desinfetantes, produtos de higiene pessoal e fitoestrogênio. Resíduos destes compostos estão presentes em efluentes domésticos, industriais ou agrícolas que, ao serem dispostos no ambiente, dispersam esses resíduos para o solo e água. As preocupações com esses resíduos devem-se à sua alta solubilidade e ao fato de permanecerem bioativos em matrizes ambientais, e mesmo em concentrações baixas causam alterações hormonais e metabólicas em animais e humanos. Devido à importância deste tema, a presente revisão aborda os conceitos, preocupações e alternativas de tratamento de efluentes para minimizar a chegada destes resíduos no ambiente.

Palavras-chave: Desreguladores endócrinos. Bisfenol A. Tratamento de efluentes.

1. INTRODUÇÃO

Uma gama de resíduos químicos utilizados na indústria, na agricultura ou resultantes de processos metabólicos naturais de mamíferos, chegam diariamente ao ambiente. Mesmo que o uso destes compostos traga benefícios importantes nas atividades diárias da humanidade, a presença deles em ambientes aquáticos é uma preocupação global devido aos riscos à saúde e impactos ecológicos desencadeados. Essas alterações estendem-se desde alterações reprodutivas até casos de obesidade (Baillie-Hamilton, 2002; Casals-Casas et al., 2011; McAllister et al., 2009). Esses compostos foram denominados Contaminantes Emergentes.

Contaminantes emergentes são compostos químicos naturais ou artificiais que, mesmo em nano concentrações, tem potencial de causar danos a diferentes formas de vida (Hamilton et al., 2015). Embora o termo possa nos levar a errônea interpretação de que os contaminantes emergentes são poluentes que surgiram recentemente no ambiente, eles estão por aqui há muito tempo. Os primeiros relatos científicos datam

de 1965, quando Stumm-Zollinger e Fair reportaram a presença de estrogênio (um hormônio) em efluentes domésticos (Montagner et al., 2017). Mas por que então o termo “emergentes”? Isso se deve a descoberta relativamente recente (1990) dos danos causados por estes compostos.

Dentre os contaminantes emergentes está um grupo chamado desreguladores endócrinos. A criação do termo “desreguladores endócrinos” é atribuído a Theo Colborn et al. (1993) que no seu artigo apontaram uma gama de compostos capazes de alterar o sistema hormonal de animais e humanos (Colborn et al., 1993). Como consequência, essas alterações causavam problemas de desenvolvimento reprodutivos e diferenciação sexual em animais (Colborn et al., 1993). Sabe-se que a desregulação pode ocorrer por interferência na produção, secreção e metabolismo de hormônio, ou ainda pela mimetização de hormônios naturais (neste caso, os resíduos de compostos químicos sintéticos “enganam” o sistema endócrino por terem estruturas químicas semelhantes aos hormônios humanos) (Tabb et al., 2006). O uso de produtos com características de desreguladores endócrinos iniciou na década de 1940, mas vale destacar que a discussão sobre os danos causados iniciou com Theo Colborn (Theodora Emily Corlborn – viveu de 1927 a 2014). Colborn estudou diversos trabalhos e percebeu a associação entre os problemas reprodutivos em animais e humanos expostos por longos períodos a nano concentrações destes resíduos. Ela foi precursora e referência mundial na discussão deste tema desde a década de 1990 (Kabir et al., 2015).

No Brasil, os estudos nesta área iniciaram em 1995, com a detecção de pesticidas em água de rio, e nos anos seguintes a remoção de fármacos e hormônios em estações de tratamento de esgotos (Montagner et al., 2017). Atualmente vários grupos estudam processos de remoção, danos ecológicos e interação com micro-organismos (Perondi et al., 2020; Viancelli et al., 2020, 2023).

2. CONTAMINANTES EMERGENTES

Os contaminantes emergentes podem ser de origem natural do metabolismo animal, humano ou de plantas (fitoestrogênio), mas a grande maioria compreende

resíduos de compostos sintéticos, como analgésicos, reguladores de apetite, psicoativos, ftalatos, alquilfenóis, organoclorados, bisfenol A, parabenos, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, pesticidas, hormônios, produtos de beleza e de higiene pessoal (Daughton et al., 1999). Entre os hormônios classificados como contaminantes emergentes, destaca-se o 17 β -estradiol (E2), um hormônio natural amplamente utilizado como repositores hormonal (Nie et al., 2015).

Esses produtos chegam ao ambiente terrestre ou aquático por meio da disposição, percolação ou escoamento superficial de efluentes não tratados, ou cujo tratamento utilizado não seja eficiente na remoção destes compostos. Essa dificuldade na remoção está associada à grande variedade de compostos, e características químicas como polaridade, solubilidade, massa molecular e carga elétrica (Garcia-Becerra et al., 2018). Os contaminantes emergentes têm sido encontrados no mundo todo, em amostras de água superficial, água subterrânea, ambiente marinho, sedimento e no solo (Bayen et al., 2013; Cabeza et al., 2012; Kong et al., 2015; Padhye et al., 2014).

À medida que mais e mais desses compostos forem usados, as suas concentrações ambientais aumentarão, e por essa razão os estudos nesta área tendem a aumentar, uma vez que os dados à saúde causados por estes compostos não podem ser ignorados (Yang et al., 2019). Um agravante quanto a toxicidade destes compostos estão associadas aos compostos de transformação gerados pela quebra/degradação dos contaminantes emergentes.

Ao chegarem ao ambiente, os contaminantes emergentes ficam expostos a intempéries como radiação UV (fotólise), interação com outros compostos (oxidação), ação de micro-organismos (biodegradação) e hidrólise. Esses processos podem desencadear a quebra das moléculas, transformando-as em outros compostos (chamados compostos de transformação). A preocupação em relação a esses compostos está no fato de que alguns deles são mais tóxicos do que o composto do qual se originaram (Escher et al., 2011). A identificação de compostos de transformação e a determinação das rotas de transformação são lacunas importantes a serem preenchidas neste campo de estudo (Richardson et al., 2018).

É importante destacar que a quebra dos compostos e os produtos originados, dependerá do ambiente (natural ou durante um processo de tratamento), pois as interações podem ser diferentes (Noguera-Oviedo et al., 2016).

3. DANOS À SAÚDE HUMANA E ANIMAL

Os danos à saúde relacionados a contaminantes emergentes demoraram a ser percebidos devido à dificuldade em associar/documentar causa e efeito. Um exemplo bem conhecido foi o medicamento dietilestilbestrol (DES) que durante 30 anos foi prescrito para aliviar enjoos relacionados à gestação. Ocorre que as bebes mulheres gestadas e expostas a este medicamento apresentavam problemas reprodutivos quando chegavam a vida adulta (Colborn et al., 1993). Assim que as associações foram descobertas, o medicamento parou de ser prescrito.

Outro grande exemplo da relação entre contaminantes emergentes do tipo desregulador endócrino e saúde, é o Bisfenol A (BPA). Esse produto é amplamente utilizado para a fabricação de recipientes de plástico, embalagens para alimentos, PVC, e recibos térmicos (Rochester, 2013), aos quais estamos expostos diariamente. Em estudos laboratoriais observou-se que o BPA se liga aos receptores de estrogênio e tem efeitos estrogênicos. Embora o BPA tenha uma afinidade menor para os receptores de estrogênio em relação ao 17- β estradiol (E2), a sua potência estrogênica é igual ao E2 para respostas mediadas por receptores não nucleares de estrogênio (García-Enguídanos et al., 2002). Estudos com camundongos expostos antes do nascimento ao BPA mostraram efeitos na vida adulta dos animais como puberdade acelerada, aumento de peso corporal, alteração nas glândulas mamárias, e várias alterações do sistema reprodutivo (Somm et al., 2009). O BPA também interage com órgãos e sistemas fisiológicos, incluindo o sistema nervoso central em desenvolvimento, o pâncreas e o sistema imunológico (Wetherill et al., 2007). A presença de BPA na urina de adultos e crianças é detectável em 99% da população (Braun et al., 2011; Calafat et al., 2005), assim como em sangue do cordão umbilical e tecido placentário

(Schönfelder et al., 2002), leite materno (Jin et al., 2020), líquido folicular e amniótico (Kim et al., 2021) e no fígado (Abdulhameed et al., 2022).

Mas como o BPA chega ao nosso organismo? Quando os recipientes plásticos são aquecidos, eles liberam resíduo de BPA, que por sua vez é transferido para o alimento que se está aquecendo. Um caso interessante refere-se ao uso de BPA na fabricação de mamadeiras. Ocorre que, ao aquecer a mamadeira com o leite, o BPA era liberado e contaminava o leite do bebê. A exposição a longo prazo levava a problemas hormonais percebidos somente na adolescência, com o desenvolvimento do sistema reprodutivo (puberdade). Por essa razão, proibiu-se o uso de BPA na fabricação de mamadeiras (Baluka et al., 2016).

Problemas de saúde associados a contaminantes emergentes estão bem documentados, como por exemplo, os estudos *in vitro*, *in vivo* e epidemiológicos mostrando a associação entre a exposição humana a estes compostos e a epidemia de obesidade, síndromes metabólicas e diabetes tipo 2 (Baillie-Hamilton, 2002; Casals-Casas et al., 2011; McAllister et al., 2009).

No caso de animais selvagens, vale ressaltar os efeitos de bioacumulação dos resíduos ao longo da cadeia alimentar. Neste sentido, a concentração do poluente nos organismos do animal aumenta, devido ao consumo de outros seres contaminados (Darbre, 2022).

Este cenário num primeiro momento é assustador. No entanto, o grande papel da ciência é buscar alternativas para resolver problemas ou mitigar esses dados. Por conta disso, ao longo dos anos as técnicas de detecção destes compostos, assim como métodos de remoção destes de efluentes e águas residuárias, vem sendo estudado.

4. TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS EMERGENTES

Devido à sua estrutura química, vários dos contaminantes emergentes podem ser facilmente dissolvidos na água e transferidos através do ciclo hidrológico, representando um risco considerável para os seres aquáticos e humanos. A lista de produtos químicos reconhecidos como contaminantes emergentes aumentou dramaticamente ao longo dos anos, resultando em uma quantidade desconhecida de

compostos originais e produtos de transformação presentes em efluentes, águas superficiais e subterrâneas e água potável (Khan et al., 2022).

A identificação e quantificação dessas substâncias em água ou efluentes tornou-se uma questão científica fundamental, exigindo abordagens analíticas extremamente avançadas, capazes de detectar concentrações na magnitude de nanogramas por litro (ng L^{-1}) (de Oliveira et al., 2020). Assim, há uma necessidade de informações aprofundadas sobre contaminantes emergentes, do ponto de vista da química analítica, o que pode fornecer conhecimento sobre monitoramento, bem como o desenvolvimento de métodos de caracterização e quantificação, que sejam rápidos e eficazes para detectar essas substâncias (Reichert et al., 2019).

Os principais métodos analíticos para identificação e quantificação são a cromatografia, gasosa ou líquida, combinada com espectrometria de massa. O uso da espectrometria de massa na detecção e quantificação de contaminantes emergentes está ligado aos avanços na seletividade, sensibilidade e especificidade do método, permitindo a identificação e quantificação precisas de poluentes específicos, mesmo em matrizes muito complexas, como água superficiais ou águas residuais (Caldas et al., 2018; Chen et al., 2018; Xu et al., 2019).

Outros métodos analíticos para medição de contaminantes emergentes foram testados, incluindo eletroforese capilar, técnicas imunanalíticas e testes microbiológicos. No entanto, a eletroforese capilar é menos sensível do que as técnicas de cromatografia líquida, enquanto as técnicas imunanalíticas são dependentes do anticorpo usado para o ensaio e são restritas na sua capacidade de detectar muitos analitos simultaneamente, e os testes microbiológicos são altamente dependentes da composição da amostra (Buchberger, 2011).

4.1 Tecnologias aplicadas para remoção de contaminantes emergentes

Os métodos não tradicionais de tratamento de águas, incluindo as residuárias, evoluíram ao longo do tempo à medida que novas abordagens foram criadas. Estes processos de tratamentos são classificados em três tipos: tecnologia de mudança de fase e retenção, processos oxidativos avançados e tratamento biológico.

4.1.1 Tecnologia de mudança de fase e retenção

A adsorção por carvão ativado é uma das tecnologias mais utilizadas, devido a sua alta porosidade e área superficial específica (Rivera-Utrilla et al., 2013). O carvão ativado é um recurso de tratamento altamente adsorvente e eficaz para muitos contaminantes emergentes. O carvão ativado pode remover até 90% dos contaminantes emergentes, como naproxeno e diclofenaco (de Oliveira et al., 2020; Grover et al., 2011; Sotelo et al., 2012). No entanto, outros contaminantes reportados na literatura, apresentaram taxas de remoção > 90%, somente após um longo período (Huang et al., 2014; Ruiz et al., 2010).

A fonte da matéria-prima do carvão ativado é uma consideração importante, pois dependendo das suas características, influencia significativamente nas taxas de remoção dos contaminantes. Um exemplo foi reportado na remoção do acetaminofeno, onde o carvão ativado derivado de madeira removeu mais de 90%, enquanto outras fontes de carvão ativado atingiram eficiência de remoção de 60-87% (Cabrita et al., 2010). Similarmente, empregando carvão ativado preparado a partir de subproduto agrícola (bagaço de azeitona), a eliminação do diclofenaco foi de 90,4% (Baccar et al., 2012). A tetraciclina foi removida da água usando carvão ativado derivado de quatro fontes distintas: polpa de beterraba, casca de amendoim, casca de coco e carvão de madeira ativado quimicamente com ácido fosfórico. Os dois primeiros proporcionaram alta eliminação de tetraciclina (>90%), mas o carvão ativado derivado de madeira gerou 75% de remoção e a casca de coco removeu apenas 30% (Torres-Pérez et al., 2012).

Sistemas de tratamentos baseados em adsorção podem ser integrados com outros processos de tratamento. Por exemplo, uma combinação de três tratamentos distintos: carvão ativado, ultrafiltração e coagulação, tem sido recomendada para remoção de contaminantes emergentes (Acero et al., 2012). Adicionalmente, o tipo de substância retida por processos de membrana é determinado pelo tamanho dos poros, carga superficial e hidrofobicidade. Após o processo de ultrafiltração foi alcançada uma remoção de 93, 68, 98, 97, 89, 64 e 98 % para cafeína, diclofenaco,

triclosan, bisfenol A, naproxeno, sulfametazol e cetoprofeno, respectivamente (de Oliveira et al., 2020).

Melo-Guimarães et al. (2013) alcançaram 15% e 78% de remoção para dois derivados de ácido ftalato diferentes (Bis-2-etil-hexilftalato e butilbenzilftalato) por processo de ultrafiltração. Em geral, a ultrafiltração é mais eficaz na remoção de contaminantes emergentes polares e altamente solúveis em água do que compostos apolares e pouco solúveis em água. Por exemplo, derivados de hormônios e contaminantes emergentes semelhantes a ácidos orgânicos, (estrona, 17 α -etinilestradiol, 17 β -estradiol, diclofenaco e cetoprofeno), demonstraram ter maior eficiência de remoção, enquanto ésteres de ftalato menos polares, apresentaram baixas taxas de remoção (Melo-Guimarães et al., 2013; Sutzkover-Gutman et al., 2010; Zhang et al., 2011).

Os processos de mudança de fase podem ser úteis para a remoção de alguns contaminantes emergentes. No entanto, a disposição final destes contaminantes é uma dificuldade considerável, pois os tratamentos geram duas correntes de efluentes, uma diluída e outra concentrada. No caso dos processos de adsorção, as impurezas são removidas para a fase sólida, enquanto nos processos de membrana, os contaminantes são removidos para a fase líquida. Assim, uma preocupação fundamental com a utilização de tecnologias de mudança de fase é que os contaminantes emergentes apenas mudam de local, mas continuam a ser um problema para o meio ambiente. Várias tecnologias estão sendo pesquisadas para dar uma alternativa sustentável ao uso de processos de tratamento padrão, como por exemplo, a combinação de filtração por membrana com oxidação química (Acero et al., 2015).

4.1.2 Processos oxidativos avançados

O interesse pelos processos oxidativos avançados (POAs) tem crescido nos últimos anos, devido à sua maior capacidade de remoção de contaminantes quando comparado aos tratamentos convencionais de tratamento de água, incluindo residuárias. As altas taxas de remoção têm sido associadas à formação de radicais livres, uma das principais características dos POAs (Shahid et al., 2021). O tipo de

reação e as circunstâncias experimentais são extremamente importantes para a formação de radicais, podendo ser produzidos por diferentes agentes e materiais, como radiação UV (Acero et al., 2018), peróxido de hidrogênio (Liu et al., 2021), ozônio (Xiang et al., 2021), dióxido de titânio (Krakowiak et al., 2021) e oxidação sonoquímica (Villegas-Guzman et al., 2015).

O processo de fotólise direta (UV) foi comparado ao processo $H_2O_2:UV$, no processo de degradação do ácido tolfenâmico, um anti-inflamatório comum usado na medicina humana e veterinária. Após 90 minutos, a degradação do ácido tolfenâmico (25 mg L^{-1}) foi de 100% utilizando $H_2O_2:UV$ e 98,87% utilizando fotólise direta (UV) (de Melo et al., 2016). O processo de oxidação avançado usando ozônio para remoção de quatro contaminantes emergentes na água (dois esteroides: estradiol (E2) e etinilestradiol (EE2) e dois fármacos: naproxeno e ibuprofeno) foi investigado por Vallejo-Rodríguez et al. (2014). Como resultado, após o POAs, a eficiência de remoção foi de >99, 80, 80 e 90 % para estradiol, etinilestradiol, naproxeno e ibuprofeno, respectivamente.

Uma pesquisa abrangente foi realizada para investigar a eficácia relativa de vários métodos avançados de oxidação, como O_3 , H_2O_2 , UV e combinações de UV/O_3 , UV/H_2O_2 para a remoção de estrona (E1) de água e efluentes secundários. Apesar do fato de que a remoção de E1 foi alta para todos os POAs ($\approx 99 \%$), os intermediários gerados foram mais difíceis de degradar, resultando na remoção de carbono orgânico total mais lenta. Considerando as despesas de capital e operacionais, os cálculos de energia e a análise de custos revelaram que, embora os procedimentos UV tenham baixo custo de energia, a ozonização é a alternativa mais barata (R\$ 0,00136 por litro) (Sarkar et al., 2014).

Três anti-inflamatórios não esteróides (cetoprofeno, naproxeno e piroxicam), presentes em águas, foram expostos a vários regimes de tratamento com processo oxidativo avançado usando ozônio ou H_2O_2/O_3 . A remoção máxima dos anti-inflamatórios foi 96, 98 e 98 % para cetoprofeno, naproxeno e piroxicam, respectivamente. No entanto, a análise das vias de degradação das três moléculas dos anti-inflamatórios, na presença de ozônio e H_2O_2 resultou na formação de um número significativo de intermediários (potencialmente mais perigosos do que as moléculas

originais). Para isso, os autores propuseram processo de ozonização seguido de polimento com carvão ativado. Assim, a filtração por carvão ativado pode mitigar os efeitos tóxicos de micropoluentes individuais e os seus subprodutos da oxidação em efluentes após POAs (Feng et al., 2015).

A doxiciclina é uma tetraciclina de amplo espectro encontrada em efluentes domésticos, industriais e agrícolas, tendo como principal desvantagem a formação de bactérias resistentes. Esse antibiótico pode ser destruído pelo processo Fenton Oxidativo (H_2O_2/Fe^{2+}). Desta maneira, Borghi et al. (2015), estudaram a degradação da doxiciclina pelo processo Fenton Oxidativo. Como resultado, as melhores condições operacionais foram as concentrações de H_2O_2 e Fe^{2+} de 611 e 25 mg L⁻¹, respectivamente, e temperatura de 35,0°C, mas a análise de variância revelou que apenas a primeira variável apresentou efeito estatisticamente significativo sobre a remoção da doxiciclina (Borghi et al., 2015).

Diferentes tecnologias avançadas, fotocatalise heterogênea solar com TiO_2 , foto-Fenton solar e ozonização, foram investigadas como tratamentos terciários para a remoção de contaminantes emergentes presentes em efluentes de estações de tratamento de águas residuais municipais. Após caracterização, 15 contaminantes emergentes foram identificados, tais como: bisfenol-A, ibuprofeno, hidroclorotiazida, diuron, atenolol, 4-AAA, diclofenaco, ofloxacina, trimetoprim, gemfibrozil, 4-MAA, naproxeno, 4-FAA, cafeína, e paraxantina. Nas circunstâncias experimentais estudadas, a ordem de eficiência de remoção dos contaminantes emergentes foi foto-Fenton solar > ozonização > fotocatalise heterogênea solar com TiO_2 . Ainda, os testes de toxicidade com *Vibrio fischeri* e ensaios respirométricos não revelaram diferenças significativas na toxicidade do efluente após a aplicação dos três tratamentos terciários (Prieto-Rodríguez et al., 2013).

4.1.3 Tratamento biológico

As estações convencionais de tratamento de efluentes são a tecnologia típica para remover uma ampla gama de contaminantes das águas residuais, incluindo partículas coloidais e suspensas, orgânicos dissolvidos, nutrientes e patógenos; no entanto, elas não se destinam especificamente à remoção eficaz de contaminantes

emergentes (Tran et al., 2018). A eficiência de remoção de contaminantes emergentes varia substancialmente dependendo da persistência dos compostos, propriedades físico-químicas, métodos de tratamento usados e condições operacionais/ambientais.

As estações de tratamento de efluentes normalmente usam uma fase de tratamento primário, secundário e, ocasionalmente, terciário (Rout et al., 2016). O tratamento primário, é projetado para remover partículas suspensas e coloidais, os contaminantes emergentes podem ser removidos até determinada condição, principalmente por sorção do lodo primário (Luo et al., 2014). A fase de tratamento secundário é projetada para remover orgânicos ou nutrientes por decomposição biológica. Neste sentido, contaminantes emergentes são suscetíveis a uma variedade de processos, incluindo biodegradação, sorção, dispersão, diluição, fotodegradação e volatilização, embora os mecanismos primários de remoção de contaminantes emergentes sejam biotransformação ou biodegradação e sorção (Luo et al., 2014). A fase de tratamento terciário objetiva a remoção de nutrientes, partículas suspensas e patógenos. Estudos demonstraram que nesta etapa pode haver uma considerável eficiência de remoção de contaminantes emergentes, particularmente para contaminantes emergentes resistentes (Ahmed et al., 2017; Tiwari et al., 2017).

Os contaminantes emergentes são adsorvidos no lodo primário, pois a dispersão de um componente em uma camada orgânica (lipofílica) é a via mais comum de sorção. Devido aos seus altos coeficientes de partição entre as fases sólida e líquida, as fragrâncias (galaxolide e tonalide) foram removidas em até 40%, após o tratamento primário (câmara de areia seguida de tanque de sedimentação) (Carballa et al., 2004). Tanque de sedimentação, parte constituinte do tratamento primário, conseguiu remover contaminantes emergentes com eficiências de remoção variando de 13% (monoetoxilato de nonilfenol) a 43% (Bisfenol A) (Stasinakis et al., 2013). A eficácia de remoção de contaminantes emergentes no tratamento primário variou até 28% (diclofenaco e estriol), sugerindo que a adsorção dos produtos químicos às partículas de lodo, foi substância-específica (Behera et al., 2011). Por exemplo, ibuprofeno, naproxeno, sulfametoxazol e estrona não apresentaram diminuição significativa (Carballa et al., 2004).

Durante o tratamento secundário, os contaminantes emergentes são biologicamente destruídos em graus variáveis, resultando em mineralização ou degradação parcial (produção de subprodutos). Por exemplo, a biodegradabilidade de produtos farmacêuticos, mesmo os de mesmo grupo terapêutico, pode apresentar grande variabilidade. Salgado et al. (2012), observaram que o diclofenaco apresentou baixa biodegradação (25%), quando comparada com o ibuprofeno e o cetoprofeno (> 75%). Stasinakis et al. (2010) mostraram aumento da biodegradação do triclosan em um tempo de retenção de lodo de 20 dias em comparação com 3 e 10 dias. Da mesma forma, com tempo de retenção hidráulica mais curtos, o antibiótico fluoxetina apresentou menor eficiência de biodegradação (Fernandez-Fontaina et al., 2012).

Biodegradação significativa (> 75%) foi reportada para hormônios esteróides (estrone e estradiol) (Suarez et al., 2010). O bisfenol A e o triclosan também demonstraram ser biodegradáveis, com valores de até 85 e 81%, respectivamente, embora o nonilfenol foi biodegradado em menor eficiência (até 56%) utilizando lodos ativados (Samaras et al., 2013). Adicionalmente, Stasinakis et al. (2009) observaram que aproximadamente de 60% do diuron foi biodegradado durante o processo de lodos ativados (Stasinakis et al., 2009).

Quando os sistemas primário e secundário não são suficientes para remoção completa dos contaminantes, são implantados processos de tratamento terciários, tais como: *wetlands* construídos e ficoremediação (Plöhn et al., 2021; Vymazal et al., 2021). Os *wetlands* construídos são ecossistemas artificiais que dependem da atividade das plantas para remoção dos contaminantes (Kaur et al., 2020) e podem ser categorizados de acordo com diferentes parâmetros operacionais. Esses sistemas usam uma variedade de processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na interface entre o sistema radicular e o efluente em tratamento, como adsorção no solo/sedimento, volatilização, absorção e degradação (Gorito et al., 2017).

A remoção de contaminantes em *wetlands* construídos deve-se ao impacto sinérgico das raízes das plantas e da sua microbiota associada. O sistema radicular da planta é um nicho que proporciona ambientes ideais para micro-organismos, os quais são especialmente atraídos pela liberação de exsudatos radiculares e podem auxiliar as plantas a lidar com situações desfavoráveis, como a poluição (Rolli et al., 2021).

No entanto, a taxa de remoção pode variar conforme a espécie da planta e as características do composto emergente a ser removido. Por exemplo, *Iris pseudacorus* alcançou eficiência de remoção de 77,6, 68,7 e 58,2% para enrofloxacin, sulfametoxazol e genes totais de resistência a antibióticos, respectivamente, enquanto *Phragmites australis* removeu os mesmos compostos e genes com eficiências de 81,1, 64,9 e 56,2% (Huang et al., 2019). Conkle et al. (2008) empregaram um sistema de tratamento de *wetlands* construídos para remover contaminantes emergentes de efluentes. A maioria das substâncias farmacologicamente ativas apresentou eficiência de remoção superior a 90%, com exceção do sotalol e da carbamazepina, que apresentaram eficiência de remoção de 82 e 51%, respectivamente. Remoção de estrona, 17 β -estradiol e 17 α -etinilestradiol a partir de efluente municipal tratado em *wetlands* construídos foi de 68, 84 e 75%, respectivamente (Song et al., 2009).

As microalgas demonstraram ser úteis no tratamento de efluentes por meio de processos de biorremediação e bioabsorção. O uso de algas para a remoção de contaminantes emergentes tem vários benefícios, incluindo a utilização de materiais de baixo custo, investimento mínimo de capital, fácil operação, manutenção reduzida e ausência ou mínima formação de subprodutos de degradação (Silva et al., 2019). Assim, como no *wetlands* construídos, a taxa de remoção é em função das condições operacionais, espécie da microalga e característica do contaminante. Ao inocular várias microalgas, Tolboom et al. (2019) mostraram percentuais de remoção > 90% para metoprolol, triclosan e ácido salicílico, 50-90% para carbamazepina e tramadol e 10% para trimetoprima e ciprofloxacina.

Escapa et al. (2017a, 2017b) avaliaram a capacidade de *Chlorella vulgaris*, *Tetradismus obliquus* e *Chlorella sorokiniana* na remoção de paracetamol e ácido salicílico presente em efluentes e descobriram que *Tetradismus obliquus* eliminou ambos os poluentes melhor do que *Chlorella vulgaris*. Sendo que a *Tetradismus obliquus* removeu mais de 93% do ácido salicílico e *Chlorella vulgaris* removeu apenas 25%. Trimetoprima (de Wilt et al., 2016) e carbamazepina (Matamoros et al., 2015) foram removidos em taxas de 60% e 62%, respectivamente.

Scenedesmus obliquus foi eficaz na remoção de diclofenaco. Quando *Scenedesmus obliquus* foi aplicada, a concentração inicial (25 mg L⁻¹) foi reduzida \approx

99% (Carla Escapa et al., 2018). Esta cepa também foi capaz de reduzir a toxicidade, uma vez que nenhum efeito prejudicial na mortalidade do *Zebrafish* foi observado (Carla Escapa et al., 2018). Outro estudo empregou microalgas para remover acetaminofeno e validou a importante capacidade da *Chlorella sorokiniana* na redução da concentração e toxicidade deste composto (Carla Escapa et al., 2019).

A biodegradação, fotodegradação e biossorção, incluindo absorção celular e/ou bioacumulação em microalgas, estão entre os mecanismos de eliminação mais conhecidos na literatura. No entanto, folatilização, biotransformação, bioprecipitação (biomineralização) e processos de oxidação/redução estão entre os outros mecanismos e interações mencionados. De Godos et al. (2012), por exemplo, mostraram que a fotodegradação e a biossorção foram as principais interações para explicar as biodegradações no mecanismo de remoção de tetraciclina por *Chlorella vulgaris*.

5. PERSPECTIVAS

Embora cientistas de todo o mundo estejam engajados na busca por respostas relacionadas à nossa exposição a contaminantes emergentes, o campo do desconhecido sobre este tema ainda é enorme. O que ocorre com a microbiota do corpo humano ao ser exposta a contaminantes emergentes? Existe sinergia na exposição a diferentes compostos? E os novos compostos que chegam todos os dias ao ambiente?

Uma das formas de mitigar os danos é diminuir ou impedir a chegada destes compostos ao ambiente. O detalhe neste ponto da ciência é encontrar uma metodologia que seja eficiente e economicamente viável. Inúmeras formas de remover estes compostos já foram testadas e mostraram-se eficientes, mas infelizmente são extremamente caras para serem instaladas em escala real, tratamento o volume crescente de efluentes gerados.

Neste sentido, cabe a nós, cientistas das mais diferentes áreas, continuarmos na busca por respostas. Estudos interdisciplinares podem ser a chave para acelerar o processo e encontrar respostas promissoras.

CONFLITOS DE INTERESSE: Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS

- Abdulhameed, A.-S. A. R., Lim, V., Bahari, H., Khoo, B. Y., Abdullah, M. N. H., Tan, J. J., & Yong, Y. K. (2022). Adverse Effects of Bisphenol A on the Liver and Its Underlying Mechanisms: Evidence from In Vivo and In Vitro Studies. *BioMed Research International*, 2022, 1–11. doi: 10.1155/2022/8227314
- Acero, J. L., Benitez, F. J., Real, F. J., & Rodriguez, E. (2015). Elimination of Selected Emerging Contaminants by the Combination of Membrane Filtration and Chemical Oxidation Processes. *Water, Air, & Soil Pollution*, 226(5), 139. doi: 10.1007/s11270-015-2404-8
- Acero, J. L., Benítez, F. J., Real, F. J., & Rodríguez, E. (2018). Degradation of selected emerging contaminants by UV-activated persulfate: Kinetics and influence of matrix constituents. *Separation and Purification Technology*, 201, 41–50. doi: 10.1016/j.seppur.2018.02.055
- Acero, J. L., Javier Benitez, F., Real, F. J., & Teva, F. (2012). Coupling of adsorption, coagulation, and ultrafiltration processes for the removal of emerging contaminants in a secondary effluent. *Chemical Engineering Journal*, 210, 1–8. doi: 10.1016/j.cej.2012.08.043
- Ahmed, M. B., Zhou, J. L., Ngo, H. H., Guo, W., Thomaidis, N. S., & Xu, J. (2017). Progress in the biological and chemical treatment technologies for emerging contaminant removal from wastewater: A critical review. *Journal of Hazardous Materials*, 323, 274–298. doi: 10.1016/j.jhazmat.2016.04.045
- Baccar, R., Sarrà, M., Bouzid, J., Feki, M., & Blánquez, P. (2012). Removal of pharmaceutical compounds by activated carbon prepared from agricultural by-product. *Chemical Engineering Journal*, 211–212, 310–317. doi: 10.1016/j.cej.2012.09.099
- Baillie-Hamilton, P. F. (2002). Chemical Toxins: A Hypothesis to Explain the Global Obesity Epidemic. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 8(2), 185–192. doi: 10.1089/107555302317371479
- Baluka, S. A., & Rumbelha, W. K. (2016). Bisphenol A and food safety: Lessons from developed to developing countries. *Food and Chemical Toxicology*, 92, 58–63. doi: 10.1016/j.fct.2016.03.025
- Bayen, S., Zhang, H., Desai, M. M., Ooi, S. K., & Kelly, B. C. (2013). Occurrence and

distribution of pharmaceutically active and endocrine disrupting compounds in Singapore's marine environment: Influence of hydrodynamics and physical–chemical properties. *Environmental Pollution*, 182, 1–8. doi: 10.1016/j.envpol.2013.06.028

Behera, S. K., Kim, H. W., Oh, J.-E., & Park, H.-S. (2011). Occurrence and removal of antibiotics, hormones and several other pharmaceuticals in wastewater treatment plants of the largest industrial city of Korea. *Science of The Total Environment*, 409(20), 4351–4360. doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.07.015

Borghgi, A. A., Silva, M. F., Al Arni, S., Converti, A., & Palma, M. S. A. (2015). Doxycycline Degradation by the Oxidative Fenton Process. *Journal of Chemistry*, 2015, 1–9. doi: 10.1155/2015/492030

Braun, J. M., Kalkbrenner, A. E., Calafat, A. M., Yolton, K., Ye, X., Dietrich, K. N., & Lanphear, B. P. (2011). Impact of Early-Life Bisphenol A Exposure on Behavior and Executive Function in Children. *Pediatrics*, 128(5), 873–882. doi: 10.1542/peds.2011-1335

Buchberger, W. W. (2011). Current approaches to trace analysis of pharmaceuticals and personal care products in the environment. *Journal of Chromatography A*, 1218(4), 603–618. doi: 10.1016/j.chroma.2010.10.040

Cabeza, Y., Candela, L., Ronen, D., & Teijon, G. (2012). Monitoring the occurrence of emerging contaminants in treated wastewater and groundwater between 2008 and 2010. The Baix Llobregat (Barcelona, Spain). *Journal of Hazardous Materials*, 239–240, 32–39. doi: 10.1016/j.jhazmat.2012.07.032

Cabrita, I., Ruiz, B., Mestre, A. S., Fonseca, I. M., Carvalho, A. P., & Ania, C. O. (2010). Removal of an analgesic using activated carbons prepared from urban and industrial residues. *Chemical Engineering Journal*, 163(3), 249–255. doi: 10.1016/j.cej.2010.07.058

Calafat, A. M., Kuklennyik, Z., Reidy, J. A., Caudill, S. P., Ekong, J., & Needham, L. L. (2005). Urinary Concentrations of Bisphenol A and 4-Nonylphenol in a Human Reference Population. *Environmental Health Perspectives*, 113(4), 391–395. doi: 10.1289/ehp.7534

Caldas, S., Arias, J., Rombaldi, C., Mello, L., Cerqueira, M., Martins, A., & Primel, E. (2018). Occurrence of Pesticides and PPCPs in Surface and Drinking Water in Southern Brazil: Data on 4-Year Monitoring. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. doi: 10.21577/0103-5053.20180154

Carballa, M., Omil, F., Lema, J. M., Llompart, M., García-Jares, C., Rodríguez, I., Gómez, M., & Ternes, T. (2004). Behavior of pharmaceuticals, cosmetics and hormones in a sewage treatment plant. *Water Research*, 38(12), 2918–2926. doi: 10.1016/j.watres.2004.03.029

Casals-Casas, C., & Desvergne, B. (2011). Endocrine Disruptors: From Endocrine to Metabolic Disruption. *Annual Review of Physiology*, 73(1), 135–162. doi: 10.1146/annurev-physiol-012110-142200

Chen, Y., Yu, K., Hassan, M., Xu, C., Zhang, B., Gin, K. Y.-H., & He, Y. (2018).

- Occurrence, distribution and risk assessment of pesticides in a river-reservoir system. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 166, 320–327. doi: 10.1016/j.ecoenv.2018.09.107
- Colborn, T., vom Saal, F. S., & Soto, A. M. (1993). Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans. *Environmental Health Perspectives*, 101(5), 378–384. doi: 10.1289/ehp.93101378
- Conkle, J. L., White, J. R., & Metcalfe, C. D. (2008). Reduction of pharmaceutically active compounds by a lagoon wetland wastewater treatment system in Southeast Louisiana. *Chemosphere*, 73(11), 1741–1748. doi: 10.1016/j.chemosphere.2008.09.020
- Darbre, P. D. (2022). What Are Endocrine Disrupters and Where Are They Found? In *Endocrine Disruption and Human Health* (pp. 3–29). Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-12-821985-0.00001-3
- Daughton, C. G., & Ternes, T. A. (1999). Pharmaceuticals and personal care products in the environment: agents of subtle change? *Environmental Health Perspectives*, 107(suppl 6), 907–938. doi: 10.1289/ehp.99107s6907
- de Godos, I., Muñoz, R., & Guieysse, B. (2012). Tetracycline removal during wastewater treatment in high-rate algal ponds. *Journal of Hazardous Materials*, 229–230, 446–449. doi: 10.1016/j.jhazmat.2012.05.106
- de Melo da Silva, L., Pereira Cavalcante, R., Fabbro Cunha, R., Gozzi, F., Falcao Dantas, R., de Oliveira, S. C., & Machulek, A. (2016). Tolfenamic acid degradation by direct photolysis and the UV-ABC/H₂O₂ process: factorial design, kinetics, identification of intermediates, and toxicity evaluation. *Science of The Total Environment*, 573, 518–531. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.08.139
- de Oliveira, M., Frihling, B. E. F., Velasques, J., Filho, F. J. C. M., Cavalheri, P. S., & Migliolo, L. (2020). Pharmaceuticals residues and xenobiotics contaminants: Occurrence, analytical techniques and sustainable alternatives for wastewater treatment. *Science of The Total Environment*, 705, 135568. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.135568
- de Wilt, A., Butkovskiy, A., Tuantet, K., Leal, L. H., Fernandes, T. V., Langenhoff, A., & Zeeman, G. (2016). Micropollutant removal in an algal treatment system fed with source separated wastewater streams. *Journal of Hazardous Materials*, 304, 84–92. doi: 10.1016/j.jhazmat.2015.10.033
- Escapa, C., Coimbra, R. N., Paniagua, S., García, A. I., & Otero, M. (2017a). Comparison of the culture and harvesting of *Chlorella vulgaris* and *Tetrademus obliquus* for the removal of pharmaceuticals from water. *Journal of Applied Phycology*, 29(3), 1179–1193. doi: 10.1007/s10811-016-1010-5
- Escapa, C., Coimbra, R. N., Paniagua, S., García, A. I., & Otero, M. (2017b). Paracetamol and salicylic acid removal from contaminated water by microalgae. *Journal of Environmental Management*, 203, 799–806. doi: 10.1016/j.jenvman.2016.06.051

- Escapa, Carla, Coimbra, R. N., Neuparth, T., Torres, T., Santos, M. M., & Otero, M. (2019). Acetaminophen Removal from Water by Microalgae and Effluent Toxicity Assessment by the Zebrafish Embryo Bioassay. *Water*, *11*(9), 1929. doi: 10.3390/w11091929
- Escapa, Carla, Torres, T., Neuparth, T., Coimbra, R. N., García, A. I., Santos, M. M., & Otero, M. (2018). Zebrafish embryo bioassays for a comprehensive evaluation of microalgae efficiency in the removal of diclofenac from water. *Science of The Total Environment*, *640–641*, 1024–1033. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.05.353
- Escher, B. I., & Fenner, K. (2011). Recent Advances in Environmental Risk Assessment of Transformation Products. *Environmental Science & Technology*, *45*(9), 3835–3847. doi: 10.1021/es1030799
- Feng, L., Watts, M. J., Yeh, D., Esposito, G., & van Hullebusch, E. D. (2015). The Efficacy of Ozone/BAC Treatment on Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drug Removal from Drinking Water and Surface Water. *Ozone: Science & Engineering*, *37*(4), 343–356. doi: 10.1080/01919512.2014.999910
- Fernandez-Fontaina, E., Omil, F., Lema, J. M., & Carballa, M. (2012). Influence of nitrifying conditions on the biodegradation and sorption of emerging micropollutants. *Water Research*, *46*(16), 5434–5444. doi: 10.1016/j.watres.2012.07.037
- Garcia-Becerra, F. Y., & Ortiz, I. (2018). Biodegradation of Emerging Organic Micropollutants in Nonconventional Biological Wastewater Treatment: A Critical Review. *Environmental Engineering Science*, *35*(10), 1012–1036. doi: 10.1089/ees.2017.0287
- García-Enguádanos, A., Calle, M. ., Valero, J., Luna, S., & Domínguez-Rojas, V. (2002). Risk factors in miscarriage: a review. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, *102*(2), 111–119. doi: 10.1016/S0301-2115(01)00613-3
- Gorito, A. M., Ribeiro, A. R., Almeida, C. M. R., & Silva, A. M. T. (2017). A review on the application of constructed wetlands for the removal of priority substances and contaminants of emerging concern listed in recently launched EU legislation. *Environmental Pollution*, *227*, 428–443. doi: 10.1016/j.envpol.2017.04.060
- Grover, D. P., Zhou, J. L., Frickers, P. E., & Readman, J. W. (2011). Improved removal of estrogenic and pharmaceutical compounds in sewage effluent by full scale granular activated carbon: Impact on receiving river water. *Journal of Hazardous Materials*, *185*(2–3), 1005–1011. doi: 10.1016/j.jhazmat.2010.10.005
- Hamilton, P. B., Lange, A., Nicol, E., Bickley, L. K., De-Bastos, E. S. R., Jobling, S., & Tyler, C. R. (2015). Effects of Exposure to WwTW Effluents over Two Generations on Sexual Development and Breeding in Roach *Rutilus rutilus*. *Environmental Science & Technology*, *49*(21), 12994–13002. doi: 10.1021/acs.est.5b03777
- Huang, L., Wang, M., Shi, C., Huang, J., & Zhang, B. (2014). Adsorption of tetracycline and ciprofloxacin on activated carbon prepared from lignin with H₃PO₄ activation. *Desalination and Water Treatment*, *52*(13–15), 2678–2687. doi:

10.1080/19443994.2013.833873

Huang, X., Ye, G., Yi, N., Lu, L., Zhang, L., Yang, L., Xiao, L., & Liu, J. (2019). Effect of plant physiological characteristics on the removal of conventional and emerging pollutants from aquaculture wastewater by constructed wetlands. *Ecological Engineering*, *135*, 45–53. doi: 10.1016/j.ecoleng.2019.05.017

Jin, H., Xie, J., Mao, L., Zhao, M., Bai, X., Wen, J., Shen, T., & Wu, P. (2020). Bisphenol analogue concentrations in human breast milk and their associations with postnatal infant growth. *Environmental Pollution*, *259*, 113779. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113779

Kabir, E. R., Rahman, M. S., & Rahman, I. (2015). A review on endocrine disruptors and their possible impacts on human health. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, *40*(1), 241–258. doi: 10.1016/j.etap.2015.06.009

Kaur, R., Talan, A., Tiwari, B., Pilli, S., Sellamuthu, B., & Tyagi, R. D. (2020). Constructed wetlands for the removal of organic micro-pollutants. In *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering* (pp. 87–140). Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-12-819594-9.00005-X

Khan, S., Naushad, M., Govarthanan, M., Iqbal, J., & Alfadul, S. M. (2022). Emerging contaminants of high concern for the environment: Current trends and future research. *Environmental Research*, *207*, 112609. doi: 10.1016/j.envres.2021.112609

Kim, H.-K., Ko, D.-H., Lee, W., Kim, K.-R., Chun, S., Song, J., & Min, W.-K. (2021). Body fluid concentrations of bisphenol A and their association with in vitro fertilization outcomes. *Human Fertility*, *24*(3), 199–207. doi: 10.1080/14647273.2019.1612104

Kong, L., Kadokami, K., Wang, S., Duong, H. T., & Chau, H. T. C. (2015). Monitoring of 1300 organic micro-pollutants in surface waters from Tianjin, North China. *Chemosphere*, *122*, 125–130. doi: 10.1016/j.chemosphere.2014.11.025

Krakowiak, R., Musiał, J., Bakun, P., Spychała, M., Czarzynska-Goslinska, B., Mlynarczyk, D. T., Koczorowski, T., Sobotta, L., Stanisław, B., & Gosłinski, T. (2021). Titanium Dioxide-Based Photocatalysts for Degradation of Emerging Contaminants including Pharmaceutical Pollutants. *Applied Sciences*, *11*(18), 8674. doi: 10.3390/app11188674

Liu, Y., Zhao, Y., & Wang, J. (2021). Fenton/Fenton-like processes with in-situ production of hydrogen peroxide/hydroxyl radical for degradation of emerging contaminants: Advances and prospects. *Journal of Hazardous Materials*, *404*, 124191. doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.124191

Luo, Y., Guo, W., Ngo, H. H., Nghiem, L. D., Hai, F. I., Zhang, J., Liang, S., & Wang, X. C. (2014). A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. *Science of The Total Environment*, *473–474*, 619–641. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.12.065

Matamoros, V., Gutiérrez, R., Ferrer, I., García, J., & Bayona, J. M. (2015). Capability of microalgae-based wastewater treatment systems to remove emerging organic contaminants: A pilot-scale study. *Journal of Hazardous Materials*, *288*, 34–42. doi:

10.1016/j.jhazmat.2015.02.002

McAllister, E. J., Dhurandhar, N. V., Keith, S. W., Aronne, L. J., Barger, J., Baskin, M., Benca, R. M., Biggio, J., Boggiano, M. M., Eisenmann, J. C., Elobeid, M., Fontaine, K. R., Gluckman, P., Hanlon, E. C., Katzmarzyk, P., Pietrobelli, A., Redden, D. T., Ruden, D. M., Wang, C., ... Allison, D. B. (2009). Ten Putative Contributors to the Obesity Epidemic. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49(10), 868–913. doi: 10.1080/10408390903372599

Melo-Guimarães, A., Torner-Morales, F. J., Durán-Álvarez, J. C., & Jiménez-Cisneros, B. E. (2013). Removal and fate of emerging contaminants combining biological, flocculation and membrane treatments. *Water Science and Technology*, 67(4), 877–885. doi: 10.2166/wst.2012.640

Montagner, C. C., Vidal, C., & Acayaba, R. (2017). Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. *Química Nova*. doi: 10.21577/0100-4042.20170091

Nie, M., Yan, C., Dong, W., Liu, M., Zhou, J., & Yang, Y. (2015). Occurrence, distribution and risk assessment of estrogens in surface water, suspended particulate matter, and sediments of the Yangtze Estuary. *Chemosphere*, 127, 109–116. doi: 10.1016/j.chemosphere.2015.01.021

Noguera-Oviedo, K., & Aga, D. S. (2016). Lessons learned from more than two decades of research on emerging contaminants in the environment. *Journal of Hazardous Materials*, 316, 242–251. doi: 10.1016/j.jhazmat.2016.04.058

Padhye, L. P., Yao, H., Kung'u, F. T., & Huang, C.-H. (2014). Year-long evaluation on the occurrence and fate of pharmaceuticals, personal care products, and endocrine disrupting chemicals in an urban drinking water treatment plant. *Water Research*, 51, 266–276. doi: 10.1016/j.watres.2013.10.070

Perondi, Michelon, W., Basso, A., Bohrer, J. K., Viancelli, A., Fonseca, T. G., Treichel, H., Moreira, R. F. P. M., Peralta, R. A., Düsman, E., & Pokrywiecki, T. S. (2020). Degradation of estriol (E3) and transformation pathways after applying photochemical removal processes in natural surface water. *Water Science and Technology*, 82(7), 1445–1453. doi: 10.2166/wst.2020.411

Plöhn, M., Spain, O., Sirin, S., Silva, M., Escudero-Oñate, C., Ferrando-Climent, L., Allahverdiyeva, Y., & Funk, C. (2021). Wastewater treatment by microalgae. *Physiologia Plantarum*, 173(2), 568–578. doi: 10.1111/ppl.13427

Prieto-Rodríguez, L., Oller, I., Klamerth, N., Agüera, A., Rodríguez, E. M., & Malato, S. (2013). Application of solar AOPs and ozonation for elimination of micropollutants in municipal wastewater treatment plant effluents. *Water Research*, 47(4), 1521–1528. doi: 10.1016/j.watres.2012.11.002

Reichert, G., Hilgert, S., Fuchs, S., & Azevedo, J. C. R. (2019). Emerging contaminants and antibiotic resistance in the different environmental matrices of Latin America. *Environmental Pollution*, 255, 113140. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113140

Richardson, S. D., & Ternes, T. A. (2018). *Water Analysis: Emerging Contaminants*

- and Current Issues. *Analytical Chemistry*, *90*(1), 398–428. doi: 10.1021/acs.analchem.7b04577
- Rivera-Utrilla, J., Sánchez-Polo, M., Ferro-García, M. Á., Prados-Joya, G., & Ocampo-Pérez, R. (2013). Pharmaceuticals as emerging contaminants and their removal from water. A review. *Chemosphere*, *93*(7), 1268–1287. doi: 10.1016/j.chemosphere.2013.07.059
- Rochester, J. R. (2013). Bisphenol A and human health: A review of the literature. *Reproductive Toxicology*, *42*, 132–155. doi: 10.1016/j.reprotox.2013.08.008
- Rolli, E., Vergani, L., Ghitti, E., Patania, G., Mapelli, F., & Borin, S. (2021). ‘Cry-for-help’ in contaminated soil: a dialogue among plants and soil microbiome to survive in hostile conditions. *Environmental Microbiology*, *23*(10), 5690–5703. doi: 10.1111/1462-2920.15647
- Rout, P. R., Dash, R. R., & Bhunia, P. (2016). Development of an integrated system for the treatment of rural domestic wastewater: emphasis on nutrient removal. *RSC Advances*, *6*(54), 49236–49249. doi: 10.1039/C6RA08519A
- Ruiz, B., Cabrita, I., Mestre, A. S., Parra, J. B., Pires, J., Carvalho, A. P., & Ania, C. O. (2010). Surface heterogeneity effects of activated carbons on the kinetics of paracetamol removal from aqueous solution. *Applied Surface Science*, *256*(17), 5171–5175. doi: 10.1016/j.apsusc.2009.12.086
- Salgado, R., Marques, R., Noronha, J. P., Carvalho, G., Oehmen, A., & Reis, M. A. M. (2012). Assessing the removal of pharmaceuticals and personal care products in a full-scale activated sludge plant. *Environmental Science and Pollution Research*, *19*(5), 1818–1827. doi: 10.1007/s11356-011-0693-z
- Samaras, V. G., Stasinakis, A. S., Mamais, D., Thomaidis, N. S., & Lekkas, T. D. (2013). Fate of selected pharmaceuticals and synthetic endocrine disrupting compounds during wastewater treatment and sludge anaerobic digestion. *Journal of Hazardous Materials*, *244–245*, 259–267. doi: 10.1016/j.jhazmat.2012.11.039
- Sarkar, S., Ali, S., Rehmann, L., Nakhla, G., & Ray, M. B. (2014). Degradation of estrone in water and wastewater by various advanced oxidation processes. *Journal of Hazardous Materials*, *278*, 16–24. doi: 10.1016/j.jhazmat.2014.05.078
- Schönfelder, G., Wittfoht, W., Hopp, H., Talsness, C. E., Paul, M., & Chahoud, I. (2002). Parent bisphenol A accumulation in the human maternal-fetal-placental unit. *Environmental Health Perspectives*, *110*(11). doi: 10.1289/ehp.110-1241091
- Shahid, M. K., Kashif, A., Fuwad, A., & Choi, Y. (2021). Current advances in treatment technologies for removal of emerging contaminants from water – A critical review. *Coordination Chemistry Reviews*, *442*, 213993. doi: 10.1016/j.ccr.2021.213993
- Silva, A., Delerue-Matos, C., Figueiredo, S., & Freitas, O. (2019). The Use of Algae and Fungi for Removal of Pharmaceuticals by Bioremediation and Biosorption Processes: A Review. *Water*, *11*(8), 1555. doi: 10.3390/w11081555

Somm, E., Schwitzgebel, V. M., Toulotte, A., Cederroth, C. R., Combescure, C., Nef, S., Aubert, M. L., & Hüppi, P. S. (2009). Perinatal Exposure to Bisphenol A Alters Early Adipogenesis in the Rat. *Environmental Health Perspectives*, *117*(10), 1549–1555. doi: 10.1289/ehp.11342

Song, H.-L., Nakano, K., Taniguchi, T., Nomura, M., & Nishimura, O. (2009). Estrogen removal from treated municipal effluent in small-scale constructed wetland with different depth. *Bioresource Technology*, *100*(12), 2945–2951. doi: 10.1016/j.biortech.2009.01.045

Sotelo, J. L., Rodríguez, A. R., Mateos, M. M., Hernández, S. D., Torrellas, S. A., & Rodríguez, J. G. (2012). Adsorption of pharmaceutical compounds and an endocrine disruptor from aqueous solutions by carbon materials. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, *47*(7), 640–652. doi: 10.1080/03601234.2012.668462

Stasinakis, A. S., Kordoutis, C. I., Tsiouma, V. C., Gatidou, G., & Thomaidis, N. S. (2010). Removal of selected endocrine disruptors in activated sludge systems: Effect of sludge retention time on their sorption and biodegradation. *Bioresource Technology*, *101*(7), 2090–2095. doi: 10.1016/j.biortech.2009.10.086

Stasinakis, A. S., Kotsifa, S., Gatidou, G., & Mamais, D. (2009). Diuron biodegradation in activated sludge batch reactors under aerobic and anoxic conditions. *Water Research*, *43*(5), 1471–1479. doi: 10.1016/j.watres.2008.12.040

Stasinakis, A. S., Thomaidis, N. S., Arvaniti, O. S., Asimakopoulos, A. G., Samaras, V. G., Ajibola, A., Mamais, D., & Lekkas, T. D. (2013). Contribution of primary and secondary treatment on the removal of benzothiazoles, benzotriazoles, endocrine disruptors, pharmaceuticals and perfluorinated compounds in a sewage treatment plant. *Science of The Total Environment*, *463–464*, 1067–1075. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.06.087

Suarez, S., Lema, J. M., & Omil, F. (2010). Removal of Pharmaceutical and Personal Care Products (PPCPs) under nitrifying and denitrifying conditions. *Water Research*, *44*(10), 3214–3224. doi: 10.1016/j.watres.2010.02.040

Sutzkover-Gutman, I., Hasson, D., & Semiat, R. (2010). Humic substances fouling in ultrafiltration processes. *Desalination*, *261*(3), 218–231. doi: 10.1016/j.desal.2010.05.008

Tabb, M. M., & Blumberg, B. (2006). New Modes of Action for Endocrine-Disrupting Chemicals. *Molecular Endocrinology*, *20*(3), 475–482. doi: 10.1210/me.2004-0513

Tiwari, B., Sellamuthu, B., Ouarda, Y., Drogui, P., Tyagi, R. D., & Buelna, G. (2017). Review on fate and mechanism of removal of pharmaceutical pollutants from wastewater using biological approach. *Bioresource Technology*, *224*, 1–12. doi: 10.1016/j.biortech.2016.11.042

Tolboom, S. N., Carrillo-Nieves, D., de Jesús Rostro-Alanis, M., de la Cruz Quiroz, R., Barceló, D., Iqbal, H. M. N., & Parra-Saldivar, R. (2019). Algal-based removal strategies for hazardous contaminants from the environment – A review. *Science of The Total Environment*, *665*, 358–366. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.129

- Torres-Pérez, J., Gérente, C., & Andrès, Y. (2012). Sustainable Activated Carbons from Agricultural Residues Dedicated to Antibiotic Removal by Adsorption. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 20(3), 524–529. doi: 10.1016/S1004-9541(11)60214-0
- Tran, N. H., Reinhard, M., & Gin, K. Y.-H. (2018). Occurrence and fate of emerging contaminants in municipal wastewater treatment plants from different geographical regions-a review. *Water Research*, 133, 182–207. doi: 10.1016/j.watres.2017.12.029
- Vallejo-Rodríguez, R., Murillo-Tovar, M., Navarro-Laboulais, J., León-Becerril, E., & López-López, A. (2014). Assessment of the kinetics of oxidation of some steroids and pharmaceutical compounds in water using ozone. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2(1), 316–323. doi: 10.1016/j.jece.2013.12.024
- Viancelli, A., Avalos, D. M., Reis, P., Málaga, P. R. S., Shah, M. P., Dwivedi, N., & Michelon, W. (2023). The Impact of 17 β -estradiol (E2) on the Growth Profile of Environmental Enterobacteriaceae. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234(1), 20. doi: 10.1007/s11270-022-06036-3
- Viancelli, A., Michelon, W., Rogovski, P., Cadamuro, R. D., de Souza, E. B., Fongaro, G., Camargo, A. F., Stefanski, F. S., Venturin, B., Scapini, T., Bonatto, C., Preczeski, K. P., Klanovicz, N., de Oliveira, D., & Treichel, H. (2020). A review on alternative bioprocesses for removal of emerging contaminants. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 43(12), 2117–2129. doi: 10.1007/s00449-020-02410-9
- Villegas-Guzman, P., Silva-Agredo, J., Giraldo-Aguirre, A. L., Flórez-Acosta, O., Petrier, C., & Torres-Palma, R. A. (2015). Enhancement and inhibition effects of water matrices during the sonochemical degradation of the antibiotic dicloxacillin. *Ultrasonics Sonochemistry*, 22, 211–219. doi: 10.1016/j.ultsonch.2014.07.006
- Vymazal, J., Zhao, Y., & Mander, Ü. (2021). Recent research challenges in constructed wetlands for wastewater treatment: A review. *Ecological Engineering*, 169, 106318. doi: 10.1016/j.ecoleng.2021.106318
- Wetherill, Y. B., Akingbemi, B. T., Kanno, J., McLachlan, J. A., Nadal, A., Sonnenschein, C., Watson, C. S., Zoeller, R. T., & Belcher, S. M. (2007). In vitro molecular mechanisms of bisphenol A action. *Reproductive Toxicology*, 24(2), 178–198. doi: 10.1016/j.reprotox.2007.05.010
- Xiang, L., Xie, Z., Guo, H., Song, J., Li, D., Wang, Y., Pan, S., Lin, S., Li, Z., Han, J., & Qiao, W. (2021). Efficient removal of emerging contaminant sulfamethoxazole in water by ozone coupled with calcium peroxide: Mechanism and toxicity assessment. *Chemosphere*, 283, 131156. doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.131156
- Xu, M., Huang, H., Li, N., Li, F., Wang, D., & Luo, Q. (2019). Occurrence and ecological risk of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) and pesticides in typical surface watersheds, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 175, 289–298. doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.01.131
- Yang, J., Zhao, Y., Li, M., Du, M., Li, X., & Li, Y. (2019). A Review of a Class of Emerging Contaminants: The Classification, Distribution, Intensity of Consumption,

Synthesis Routes, Environmental Effects and Expectation of Pollution Abatement to Organophosphate Flame Retardants (OPFRs). *International Journal of Molecular Sciences*, 20(12), 2874. doi: 10.3390/ijms20122874

Zhang, L., Song, X., Liu, X., Yang, L., Pan, F., & Lv, J. (2011). Studies on the removal of tetracycline by multi-walled carbon nanotubes. *Chemical Engineering Journal*, 178, 26–33. doi: 10.1016/j.cej.2011.09.127

**VIGIAI - VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA AMBIENTAL INTEGRATIVA
- LABORATÓRIO DE VIROLOGIA APLICADA DA UFSC – BRASIL:
BASES DA FERRAMENTA EPIDEMIOLÓGICA PARA O
MONITORAMENTO VIRAL A PARTIR DO ESGOTO SANITÁRIO**

DOI: 10.56041/9786599841835-4

WACHTER, Julia K.

Laboratório de Virologia Aplicada, Departamento de Microbiologia, Imunologia e
Parasitologia, CCB/UFSC

Laboratório de Biologia Molecular, Microbiologia e Sorologia, Departamento
de Análises Clínicas, CCS/UFSC.

<https://orcid.org/0000-0003-1681-7712>

CADAMURO, Rafael. D.

Laboratório de Virologia Aplicada, Departamento de Microbiologia, Imunologia e
Parasitologia, CCB/UFSC

<https://orcid.org/0000-0002-4096-9022>

SAVI, Beatriz P.

Laboratório de Virologia Aplicada, Departamento de Microbiologia,
Imunologia e Parasitologia, CCB/UFSC

<https://orcid.org/0000-0002-7948-6212>

ELOIS, Mariana A.

Laboratório de Virologia Aplicada, Departamento de Microbiologia, Imunologia e
Parasitologia, CCB/UFSC

<https://orcid.org/0000-0003-2986-6900>

PILATI, Giulia V. T.

Laboratório de Virologia Aplicada, Departamento de Microbiologia, Imunologia e
Parasitologia, CCB/UFSC

<https://orcid.org/0000-0001-9689-0279>

SOUZA, Estêvão B.

Laboratório de Virologia Aplicada, Departamento de Microbiologia, Imunologia e
Parasitologia, CCB/UFSC

<https://orcid.org/0000-0002-9278-4003>

PADILHA, Dayane A.

Laboratório de Virologia Aplicada, Departamento de Microbiologia, Imunologia e
Parasitologia, CCB/UFSC

<https://orcid.org/0000-0002-2082-2883>

RODRIGUES, Vinícius D.

<https://orcid.org/0000-0002-8948-7489>

ROSSI, Eliandra M.

Laboratório de Microbiologia, Departamento de Ciências da Vida e Saúde,
Universidade do Oeste de Santa Catarina- Unoesc, Campus de São Miguel do Oeste-
SC,

<https://orcid.org/0000-0001-6270-9953>

MALUTTA, Simone

Universidade Federal de Santa Catarina, Campus, Joinville-SC.

<https://orcid.org/0000-0002-3369-6601>

SOUZA, Doris S. M.

Laboratório de Virologia Aplicada, Departamento de Microbiologia, Imunologia e
Parasitologia, CCB/UFSC

<https://orcid.org/0000-0001-7854-7661>

BARAZZETTI, Fernando H.

Laboratório de Bioinformática, Departamento de Microbiologia, Imunologia e
Parasitologia, CCB/UFSC

Laboratório de Biologia Molecular, Microbiologia e Sorologia, Departamento
de Análises Clínicas, CCS/UFSC.

<https://orcid.org/0000-0001-6409-3021>

GRISARD, Henrique B. S.

Laboratório de Biologia Molecular, Microbiologia e Sorologia, Departamento
de Análises Clínicas, CCS/UFSC.

<https://orcid.org/0000-0002-7902-9548>

SCHÖRNER, Marcos A.

Laboratório de Biologia Molecular, Microbiologia e Sorologia, Departamento
de Análises Clínicas, CCS/UFSC.

<https://orcid.org/0000-0002-7303-6050>

BAZZO, Maria L.

Laboratório de Biologia Molecular, Microbiologia e Sorologia, Departamento
de Análises Clínicas, CCS/UFSC.

<https://orcid.org/0000-0003-1292-0974>

WAGNER, Glauber

Laboratório de Bioinformática, Departamento de Microbiologia, Imunologia e
Parasitologia, CCB/UFSC

<https://orcid.org/0000-0001-5003-6595>

FONGARO, Gislaine*

Laboratório de Virologia Aplicada, Departamento de Microbiologia, Imunologia e
Parasitologia, CCB/UFSC

<https://orcid.org/0000-0001-5596-3320>

*Autor correspondente: gislainefongaro@gmail.com / gislaine.fongaro@ufsc.br

RESUMO

O surgimento de patógenos ao longo da história evolutiva que utilizam vias ambientais de infecção/contaminação denotou a necessidade das ferramentas de monitoramento. Em meio a pandemia de COVID-19, causada pelo vírus SARS-CoV-2, a detecção do RNA viral no esgoto bruto tornou-se possível e útil como uma ferramenta epidemiológica, já que o vírus é excretado pelas fezes humanas. Métodos focados na detecção do RNA viral (técnicas baseadas em biologia molecular) e de partículas virais infecciosas (por cultura celular) foram utilizados para a detecção do SARS-CoV-2 em amostras de secreção de pacientes infectados. O monitoramento se mostra eficaz para compreender a circulação de vírus que utilizam rota fecal-oral, podendo antecipar futuros surtos em regiões específicas. Além disso, possibilita a observação das mutações e variantes em circulação num dado momento, através do sequenciamento. Este capítulo é um reporte das bases da ferramenta epidemiológica para o monitoramento viral em esgoto sanitário implementada pelo Laboratório de Virologia Aplicada da Universidade Federal de Santa Catarina, denominado “VigEAI” - Vigilância Epidemiológica Ambiental Integrativa.

Palavras-chave: Detecção viral. Monitoramento. Esgotos. Ambiente.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história evolutiva, diversos seres e partículas desenvolveram-se no nosso planeta, alguns de forma independente, e outros coevoluíram por meio de interações benéficas ou maléficas ao hospedeiro, como patógenos, dependentes de outro organismo para reprodução (Bonneaud & Longdon, 2020).

Os organismos celulares possuem diferentes tipos de organelas, capazes de realizar reações metabólicas envolvidas nos processos de sobrevivência e crescimento (ou multiplicação). Os vírus, por sua vez, organismos acelulares, possuem somente material genético de fita simples ou dupla (RNA/DNA), envolto por uma (ou mais) camada(s) proteica(s) denominada capsídeo e, em alguns casos, um invólucro mais externo chamado envelope, constituído de lipídios (Wagner & Krug, 2020). Quando

possuem envelope, os vírus são chamados de envelopados e têm os receptores celulares ancorados nele. Já quando são desprovidos de envelope são denominados não envelopados, tendo os seus receptores celulares ancorados no capsídeo viral (Figura 1).

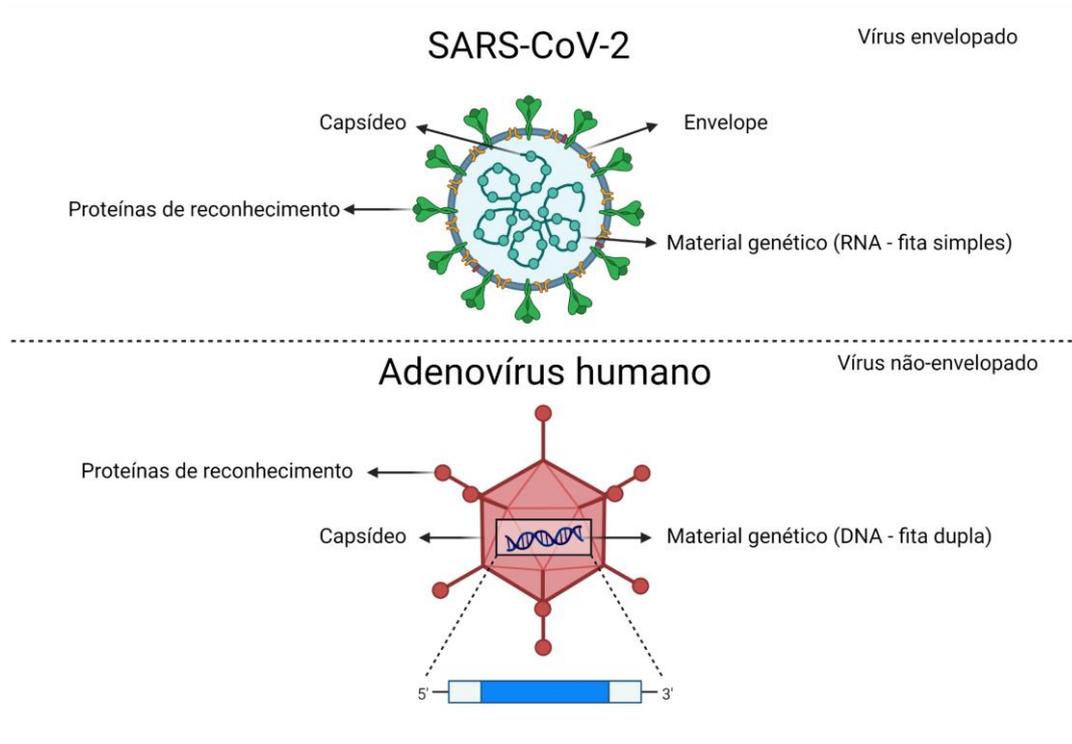


Figura 1 – Estruturas de vírus envelopados e não envelopados (imagem gerada no programa Bio Render®).

Os receptores presentes no envelope ou no capsídeo viral são estruturas constituídas de açúcares. Eles permitem com que os vírus reconheçam e penetrem nas células. Somente quando uma partícula viral adsorve, penetra e infecta uma célula, é que ocorre a propagação viral (multiplicação de partículas virais). Além disso, os vírus não são capazes de se multiplicarem de maneira extracelular, pois dependem de maquinaria celular para isso.

Os vírus não envelopados, anteriormente citados, possuem maior resistência quando expostos às variações de pH, pressão e temperatura, justamente pela maior estabilidade das proteínas, quando comparadas aos lipídios diante dessas variações (Kotwal & Cannon, 2014). Grande parte dos patógenos virais de animais e humanos

veiculados por água e alimentos contaminados (rota ou via fecal-oral), é constituída por vírus não envelopados. Eles são excretados nas fezes ou urina dos infectados e podem permanecer infecciosos no meio ambiente por várias semanas, ou meses, sendo por isso responsáveis por diversos episódios de doenças associadas ao consumo de água ou alimentos contaminados.

Tais vírus de rota fecal-oral podem ser carregados até os mananciais de água e, por consequência, contaminam animais, frutas, verduras e vegetais irrigados com a água contaminada ou cultivadas em ambientes contaminados (Gall et al., 2015; Cadamuro et al., 2021). Alguns destes patógenos são zoonóticos, caracterizados por ultrapassarem a barreira de infecção/replicação entre animais, atingindo humanos por meio de mutações e recombinações. Desta maneira, diversos vírus se perpetuam em nossa sociedade, como o Vírus da Imunodeficiência Humana (HIV), Influenza Vírus, SARS-CoV-1 (*Severe Acute Respiratory Syndrome*), MERS (*Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus*) e SARS-CoV-2 (*Severe Acute Respiratory Syndrome - 2*). Esta dinâmica denota a importância do tema de saúde única (Kelly et al., 2020; Sikkema & Koopmans, 2021).

Neste sentido, o conceito de Saúde Única foi desenvolvido unindo a relação entre sociedade, animais e ambiente, relacionando propriedades físico-químicas do ambiente, patógenos zoonóticos, resistências bacterianas, assim como vetores de patógenos e hospitalizações/infecções de humanos (Rüegg et al., 2018; Harrison et al., 2019). O conceito visa integrar as rotas que acarretam contaminações ambientais, as quais atingem diretamente outros animais e humanos, perpetuando assim, um ciclo de transmissão de patógenos e contaminação do ambiente.

Os vírus entéricos estão ligados a via fecal-oral e são capazes de se replicar em células presentes no intestino, especificamente nos enterócitos. Tais células são responsáveis pela absorção de água entre outros nutrientes, logo, a replicação viral nessas células acarreta liberação de partículas virais nas fezes em altas quantidades (Todd et al., 2008; Nyenje & Ndip, 2013; Orenstein, 2020). Estima-se que pacientes infectados por protozoários, por exemplo, apresentam em torno de 10^6 - 10^7 (*Giardia* e *Cryptosporidium*) cistos/oocistos por grama de fezes, por outro lado, vírus como Rotavírus e Vírus da Hepatite A são excretados em torno de 10^8 - 10^{12} partículas virais

por grama de fezes (Gerba, 2000) pelos infectados, podendo contaminar o ambiente onde estes dejetos são direcionados. Além dos vírus entéricos, outros patógenos virais podem ser excretados pelas fezes de pacientes e animais contaminados, como observado por pacientes infectados por SARS-CoV-2.

Nessa abordagem, o monitoramento ambiental de vírus em esgotos, sistemas hídricos, em geral e bem como em fezes de humanas e de animais se torna uma importante ferramenta epidemiológica.

2. CORONAVÍRUS

A família *Coronaviridae* é composta por vírus envelopados, com genoma de RNA. O primeiro representante do grupo foi isolado em 1930, identificado como agente etiológico do surto de bronquite em aves. Posteriormente, em 1975, a família *Coronaviridae* foi composta, relacionando a sua morfologia com proteínas de reconhecimento, que apresentavam semelhança a uma coroa ao redor da partícula viral (Tyrrell et al., 1975; Jaiswal & Saxena, 2020).

Os integrantes da família *Coronaviridae* apresentam membrana associada ao envelope, proteínas (capsídeo) que envolvem o genoma de RNA dos vírus e glicoproteínas chamadas *Spike* (“espinho”), responsáveis por realizar o reconhecimento celular (Jaiswal & Saxena, 2020).

Outrossim, nos últimos 19 anos o mundo sofreu três pandemias causadas por representantes dos Coronavírus, sendo a primeira em 2003, ocorrida pelo SARS-CoV-1, a segunda ocorrida em 2012 pelo MERS-CoV e atualmente estamos enfrentando a pandemia causada pelo SARS-CoV-2 (Rossi et al., 2021).

Grande parte dos coronavírus se espalham utilizando a via de infecção respiratória, replicando-se em células epiteliais do pulmão, como, por exemplo, *Human Coronavirus OC43* e “*Porcine respiratory coronavirus*” (“*Coronavírus suíno*”). Ambos se replicam principalmente em células epiteliais do pulmão, causando sintomas respiratórios. Outros representantes, como “*Feline coronavirus*” (“*Coronavírus Felino*”) e SARS-CoV-2 infectam e replicam-se tanto em células epiteliais do pulmão, quanto em células epiteliais do trato gastrointestinal, causando episódios de diarreia,

náuseas e vômito, excretado nas fezes por indivíduos infectados (Forni et al., 2017; Wang et al., 2020b).

O receptor utilizado por alguns coronavírus com replicação em enterócitos são aminopeptidase N, ECA-2 (Enzima Conversora de Angiotensina 2), e DDP4 (Inibidores da Dipeptidil Peptidase 4), sendo todas expressas em enterócitos maduros (Ding & Liang, 2020). O primeiro episódio de surto de SARS-CoV resultou em 76% de pacientes apresentando diarreia dentre as primeiras semanas de infecção (Kwan et al., 2005). No surto de 2012 causado por MERS-CoV também se observou a presença de replicação destes vírus em enterócitos (Zhou et al., 2017). Baseado nisto, com intuito de investigar a possibilidade de SARS-CoV-2 possuir via fecal-oral, uma meta análise foi realizada com um conjunto maior que 4000 pacientes, entre os quais 20% apresentaram sintomas de replicação em enterócitos, encontrado RNA viral em 50% das amostras de fezes (Cheung et al., 2020).

Algumas questões acerca de SARS-CoV-2 ainda necessitam de respostas, como a certeza sobre a recuperação de partículas viáveis nas fezes, sobre a capacidade replicativa dessas quando em esgoto, a respeito da relação da persistência da viabilidade da partícula no esgoto após submetido ao tratamento rotineiro aplicado nas estações de esgoto, da possibilidade de infecção de outros animais e capacidade de os tornarem reservatórios virais (Ding & Liang, 2020).

De toda forma, a identificação e monitoramento da circulação de vírus zoonóticos é uma ferramenta essencial para qualquer administração regional/nacional, buscando diminuição de contaminações/infecções, medidas protetivas e eficazes para a garantia de saúde. O monitoramento tem como função avaliar e mensurar patógenos por períodos determinados, identificando padrões e fornecendo dados para medidas.

O monitoramento de SARS-CoV-2 em esgoto é viável pela sua excreção gastroentérica, e é essencial por contribuir fornecendo dados do aumento de partículas virais em circulação, em regiões específicas antes mesmo de surtos declarados em boletins oficiais, excreção de partículas virais por pacientes assintomáticos não diagnosticados e maleabilidade para execução de estratégias eficazes de *“lockdown”* (“fechamento total”) ou medidas restritivas, como gerar uma menor interferência municipal generalizada nas atividades econômicas.

Ainda, o monitoramento ambiental é uma ferramenta que visa facilitar e corroborar dados epidemiológicos de diagnóstico, uma ferramenta complementar ao diagnóstico realizado em pacientes e não substitutiva (Wurtzer et al., 2020; Randazzo et al., 2020).

Tal monitoramento foi realizado em Barcelona, Itália, França, Holanda, Bélgica, Austrália, Turquia e Chile, além do Brasil, ressaltando a utilização desta ferramenta por outras nações (Wurtzer et al., 2020; Randazzo et al., 2020; Rimoldi et al., 2020; La Rosa et al., 2021; Izquierdo-Lara et al., 2021; Ahmed et al., 2020a; Kocamemi et al., 2020; Ampuero et al., 2020; Fongaro et al., 2021).

3. DIAGNÓSTICO LABORATORIAL

Com o início da rápida disseminação da infecção causada pelo SARS-CoV-2, foram emitidas recomendações por parte de instituições de pesquisa e órgãos de saúde governamentais, como a Organização Mundial da Saúde (OMS), o Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) e o Ministério da Saúde (MS), visando promover ações acerca do diagnóstico da infecção e conseqüentemente de estratégias para conter e diminuir a transmissão.

Testes diagnósticos rápidos e com uma boa acurácia são de suma importância para o controle de pacientes infectados pelo SARS-CoV-2 e para uma vigilância epidemiológica, afetando diretamente políticas de saúde pública. Com isso, a metodologia adotada para a detecção de SARS-CoV-2 foi a mesma utilizada, em outras ocasiões, para outros vírus respiratórios da família *Coronaviridae*, como MERS-CoV e SARS-CoV (Freitas et al., 2020; OMS, 2020; CDC, 2021). Dentre os exames diagnósticos, estão inclusos os imunológicos (direto e indireto) e o diagnóstico molecular. Dentre as técnicas moleculares disponíveis, a RT-qPCR é considerada o padrão-ouro para a detecção do SARS-CoV-2 (La Marca et al., 2020; Premraj et al., 2020) e será explicada a seguir.

Após a coleta de uma amostra clínica ou ambiental, são realizadas algumas etapas de processamento até a interpretação do resultado (Figura 2. 1a, 1b, 2a, 2b). Previamente à realização da RT-qPCR, é realizada a extração, e purificação, do RNA viral (Figura 2. c). Esta é uma etapa essencial, principalmente em amostras ambientais

(por exemplo, o esgoto) pois se trata de uma mistura complexa com materiais que podem interferir na detecção do material genético do vírus (CDC, 2021). Em resumo, na extração o RNA viral é isolado do vírus e separado de restos celulares humanos e de outras estruturas presentes, de modo a obter um material genético de forma pura para utilizá-lo no decorrer da técnica.

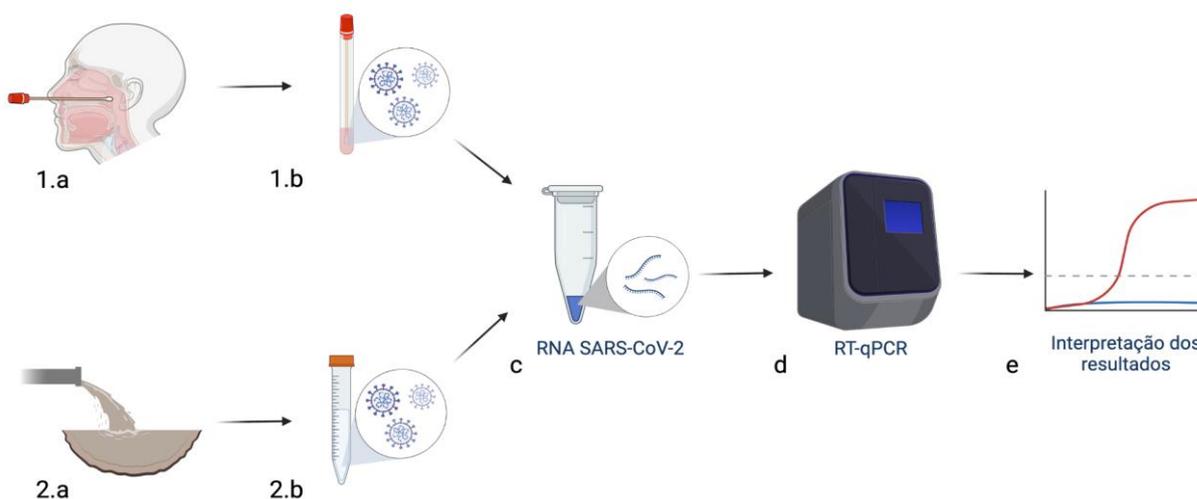


Figura 2 – (1.a) Coleta de amostra de nasofaringe, (1.b) Amostra clínica contendo SARS-CoV-2, (2.a) Esgoto bruto, (2.b) Amostra de esgoto concentrada contendo SARS-CoV-2, (c) Extração do material genético (RNA) do SARS-CoV-2, (d) Reação em cadeia da polimerase quantitativa em tempo real por transcriptase reversa (RT-qPCR), (e) Interpretação dos resultados. Imagem gerada no programa Bio Render®.

A primeira etapa da RT-qPCR consiste em formar uma molécula de DNA complementar (cDNA) ao RNA viral utilizando a transcriptase reversa, uma enzima capaz de construir uma fita de DNA a partir de um RNA molde. O cDNA formado será utilizado para amplificação (formação de novas fitas de DNA) de sequências específicas de SARS-CoV-2. A delimitação da região a ser amplificada é demarcada por sequências pequenas de DNA, também conhecidas por *primers* ou iniciadores.

Os iniciadores são complementares e específicos para determinados genes virais. Cinco regiões do genoma de SARS-CoV-2 têm sido mais frequentemente utilizadas

como alvo para detecção por RT-qPCR: gene RdRP (RNA polimerase dependente de RNA), gene S (proteína *spike*), genes que codificam proteínas estruturais E (proteína do envelope) e N (proteína do nucleocapsídeo) e o gene ORF1ab (Corman et al., 2020). De modo a melhorar a sensibilidade e especificidade diagnóstica, os kits comerciais utilizam a detecção de mais de um alvo viral na mesma reação de RT-qPCR. A utilização de múltiplos alvos permite amplificar diferentes regiões do RNA viral em uma mesma amostra, resultando em uma melhor eficiência diagnóstica. Além dos *primers*, estão presentes sondas de hidrólise, as quais são marcadas por um fluoróforo que irá indicar quando a sequência alvo for amplificada, e a enzima DNA polimerase que formará novas fitas de DNA.

O processo de amplificação consiste em ciclos de variação de temperaturas, geradas pelo termociclador (Figura 2. d). A cada ciclo de variação de temperatura, se ali presente a sequência alvo, essa irá se duplicar, e a cada duplicação, a sonda irá emitir fluorescência. Dessa forma, a intensidade do sinal luminoso acusa a presença, e a quantidade, do material genético viral ali presente (Afzal, 2020; Premraj et al., 2020; Weissleder et al., 2020; Mardian et al., 2021).

O sinal luminoso emitido pelos fluoróforos é captado pelo termociclador, o qual plota isso em um gráfico de amplificação, permitindo assim a leitura e interpretação dos resultados (Figura 2. e). O resultado é considerado somente detectado quando a fluorescência captada ultrapassa o C_q (do inglês *Quantification Cycle*, previamente denominada como C_t , *Threshold Cycle*) sendo o limiar de detecção estabelecido. Ou seja, o valor do C_q representa o ciclo onde a fluorescência ultrapassou o limiar de detecção (Premraj et al., 2020). Este valor de C_q tem uma relação com a quantidade de vírus presente no material analisado, sendo que, quanto menor o valor do C_q , mais cedo a fluorescência foi captada, demonstrando que a amostra possui uma alta quantidade de partículas virais. Enquanto um valor alto de C_q indica uma baixa quantidade de partículas virais. Desta forma, a RT-qPCR também pode ser utilizada para quantificar o RNA de SARS-CoV-2 presente em uma determinada amostra (CDC, 2021).

Para validar a reação, é importante, que sejam incluídos alguns controles, sendo eles: (i) controle negativo (sem a presença do material genético viral), para avaliar se

não houve contaminação da reação; (ii) controle positivo (com o material genético viral presente), e (iii) controle interno, ambos verificando se não houve inibição da reação.

O uso da RT-qPCR no diagnóstico da infecção pelo SARS-CoV-2 tem sido fundamental no combate à pandemia, porém, o seu uso não se restringe à clínica. Em trabalhos que buscam SARS-CoV-2 em amostras ambientais, a RT-qPCR tem sido a técnica utilizada para a identificação, quantificação e monitoramento do vírus em esgoto (Larsen & Wigginton, 2020; Chavarria-Miró et al., 2021; Fongaro et al., 2021; Prado et al., 2021; CDC, 2021). Durante o projeto se realizou a extração e amplificação do RNA viral nas amostras de esgoto, acusando a presença do vírus em amostras contaminadas.

Os dados genômicos obtidos a partir de amostras ambientais permitiram o estudo e comparação de possíveis mutações via sequenciamento genético, comparando-se o genoma de possíveis variantes com o genoma do SARS-CoV-2 primeiramente encontrado em Wuhan em dezembro de 2019.

4. SEQUENCIAMENTO GENÉTICO DE SARS-COV-2 NA CLÍNICA E EM ÁGUAS RESIDUAIS

Após os primeiros relatos oficiais, SARS-CoV-2 foi sequenciado ainda em janeiro de 2020, quando os pesquisadores identificaram a semelhança entre o SARS-CoV-2 com os Betacoronavírus SARS-CoV (isolado em 2003) e o SARS BatCov RaTG13 (isolado de morcego) (Wang et al., 2020a). O seu genoma tem um tamanho de 29,9 Kb e estudos filogenéticos, com base no genoma do SARS-CoV-2, mostram que o vírus compartilha cerca de 79,5% do genoma com SARS-CoV e 50% com o MERS-CoV (Wilde et al., 2018; Lu et al., 2020).

SARS-CoV-2 é caracterizado por quatro proteínas estruturais: Spike (S), responsável pela ligação do vírus à célula do hospedeiro permitindo a fusão da membrana viral; Nucleocapsídeo (N), está envolvida principalmente na proteção do material genético; Membrana (M), capaz de inibir a resposta inflamatória das células hospedeiras e o Envelope (E), envolvido principalmente na patogenicidade viral,

permanência e reprodução viral do vírus (representado na Figura 4) (Wang et al., 2020a; Satarker & Nampoothiri, 2020).

O sequenciamento do SARS-CoV-2 permitiu elaborar hipóteses acerca da origem deste vírus tomando como base a verossimilhança com outros vírus da mesma família. Contudo, ao entendermos a proporção e importância da pandemia que estávamos vivendo no início de 2020, começou a utilizar-se o sequenciamento viral como ferramenta de vigilância genômica capaz de avaliar e acompanhar as modificações genéticas do vírus ao longo do tempo. O genoma viral (Figura 3) é composto por aproximadamente 30.000 nucleotídeos responsáveis pela síntese proteica. A região das ORFs (“*Open Reading Frame*” – “Região Codificante”), não mencionadas anteriormente, são genes acessórios presentes em maior proporção no genoma, quando comparados aos genes estruturais, responsáveis também pelo ciclo viral e pelo mecanismo de entrada do vírus à célula hospedeira (Zehra et al., 2020; Wu et al., 2020b).

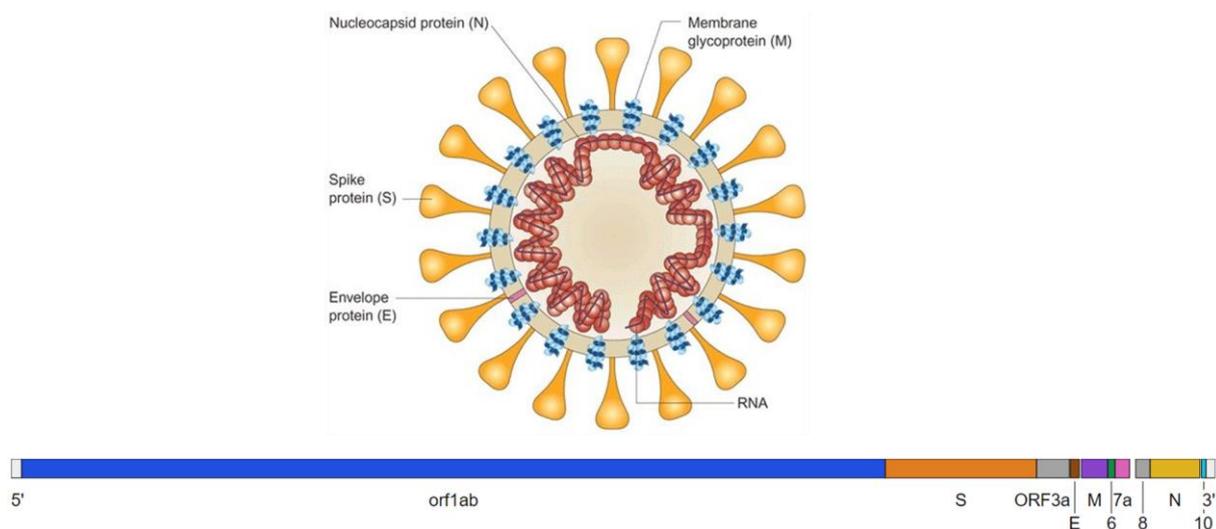


Figura 3 – Representação esquemática da estrutura genômica do SARS-CoV-2 contendo tanto a região genômica responsável pela síntese de proteínas estruturais: S (“*Spike*”), E (Envelope), M (Membrana), N (Nucleocapsídeo), como a região do gene responsável pela síntese de proteínas acessórias, conhecidas como ORFs. Imagem gerada no programa Bio Render®.

Neste contexto, é importante mencionar que os vírus de RNA, tais como o SARS-CoV-2, tem a mutação genética como característica intrínseca de adaptabilidade

ao ambiente (10^4 - 10^6) quando comparados com vírus de DNA (10^6 - 10^8), em função de sua enzima que sintetiza RNA apresentar maior taxa de erros do que a enzima que sintetiza DNA. O sequenciamento é a ferramenta ideal na descoberta de mutações e deleções genômicas, o que nos permite a identificação e classificação das conhecidas variantes virais (Peck & Luring, 2018; Luring & Hodcroft, 2021).

A vigilância genômica do SARS-CoV-2 permitiu à OMS classificar ao longo do tempo as variantes de preocupação, também conhecidas como VOC (do inglês “*Variant Of Concern*”) e as variantes de interesse, conhecidas como VOI (do inglês “*Variant Of Interest*”). O sequenciamento genômico tem sido usado desde o início da pandemia como ferramenta para aprofundar os conhecimentos sobre o SARS-CoV-2, dentre eles identificar as VOI e VOC presentes no ambiente. Ainda no final de janeiro de 2020, o sequenciamento permitiu o conhecimento de 42 genomas, tornando possível uma análise filogenética. Essa análise revelou que as amostras estavam relacionadas com cerca de sete mutações com um ancestral comum, mostrando que a primeira infecção ocorrida em seres humanos com a cepa relatada de Wuhan-China (Yi et al., 2020; Chen et al., 2020). Os sequenciamentos não pararam desde então, e em março de 2020, pesquisadores tornaram disponíveis publicamente 410 genomas de SARS-CoV-2.

A utilização do sequenciamento do genoma completo em surtos virais é indispensável para caracterizar o agente infeccioso como também para determinar a sua taxa evolutiva. Ao sequenciar o genoma é possível realizar a identificação de assinaturas de adaptação do hospedeiro, identificar e monitorar alvos de diagnósticos e caracterização de possíveis respostas a vacinas e tratamentos. Os dados gerados pelo sequenciamento, podem ser utilizados para nortear as medidas de controle, mas para isso, devem ser gerados em tempo hábil suficiente para a tomada de decisões (Quick et al., 2016). Além disso, os genomas sequenciados são armazenados em banco de dados, assim pesquisadores do mundo todo podem ter acesso a essas sequências e utilizá-las para estudo.

Uma das tecnologias utilizadas para o sequenciamento do SARS-CoV-2 foram os sequenciamentos abrangidos no “*Next Generation Sequencing*” (NGS – Sequenciamento de Próxima Geração). As plataformas NGSs são caracterizadas por

sua eficiência, precisão e acessibilidade, permitindo o sequenciamento de genes completos de forma rápida e em alta escala, não somente para o sequenciamento de SARS-CoV-2 (objeto principal do atual capítulo), mas também para o sequenciamento necessário no estudo de outras patologias tais como câncer (Bravo-Egana et al., 2021). Apesar da qualidade tecnológica envolvida no uso de NGS, Bravo-Egana et al. (2021) também abordam a necessidade de profissional técnico capacitado para executar os protocolos trabalhosos e exigentes envolvidos no uso destas tecnologias, além da necessidade de investimento inicial de alto custo.

Assim como em diferentes estudos, o RNA do SARS-CoV-2 pode ser extraído de diversas fontes, por exemplo, podemos citar o meio de transporte no qual o “*swab*” de nasofaringe usado no diagnóstico é acondicionado, como também amostras de esgoto utilizadas como um indicador epidemiológico. Cada caso desses possui particularidades que demandam protocolos diferentes para a extração do RNA viral. O objetivo é obter um RNA de alta qualidade, livre de contaminantes químicos e biológicos, sendo esta etapa fundamental para o sucesso do sequenciamento (Metzker, 2010; Ambardar et al., 2016).

Realizar a RT-qPCR de águas residuais torna-se viável para estimar a abundância do vírus em diversas regiões municipais em todo o mundo (PECCIA et al., 2020). Além da RT-qPCR, muitos trabalhos mostraram que o sequenciamento por “*shotgun*” (“sequência alvo”) de efluentes fornece informações sobre muitos vírus de forma simultânea (Bibby & Peccia, 2013) possibilitando a resolução do genoma e também realização de análises filogenéticas (Ng et al., 2012; Nemudryi et al., 2020).

Com o vírus SARS-CoV-2, essa abordagem não difere, Nemudryi et al. (2020) tiveram êxito na montagem de genoma de SARS-CoV-2 obtido do esgoto, conseguindo realizar a análise filogenética da linhagem predominante. Outro estudo, Crists-Christoph et al. (2021), mostrou que o RNA extraído e sequenciado de águas residuais mostrou genótipos diferentes de SARS-CoV-2 em diversas abundâncias conhecidas presentes nas comunidades, e também variantes genotípicas ainda não observadas nos sequenciamentos clínicos locais. Fongaro et al. (2021) também utilizaram o sequenciamento e identificaram a presença do SARS-CoV-2 no esgoto

coletado em Florianópolis – SC, em meados de novembro de 2019, antes mesmo da primeira confirmação clínica diagnosticada na região.

Análise das leituras geradas é uma das últimas etapas do sequenciamento. Para tal, ferramentas de bioinformática são utilizadas, as quais são escolhidas conforme a necessidade e pergunta biológica a ser respondida. Srinivasan et al. (2020) utilizaram a bioinformática para avaliar a identificação genômica e a possível interação proteica entre os vírus SARS-COV-2 ou do vírus com os seus hospedeiros, visando identificar a evolução e modelagem estrutural viral. Diante dos resultados, os autores observaram semelhanças estruturais e genômicas entre SARS-CoV e SARS-CoV-2, sendo possível também diferenciar interações responsáveis pela transmissão e pela replicação viral, conhecimento este que poderá auxiliar na descoberta de potenciais alvos terapêuticos.

Ademais, o uso da ferramenta de sequenciamento em amostras clínicas e águas residuais, não só nos permite avaliar a presença de VOC e VOI de maneira precoce, como também nos possibilita uma representatividade populacional maior. Contudo, quando comparada a testes diagnósticos individuais, ela torna a vigilância genômica mais fácil, de menor custo e acessível.

Por fim, com foco na facilitação da visualização dos dados oriundos do sequenciamento, temos os mapas como antagonistas viáveis, além de exporem os pontos focais da doença, o que tornam os dados mais palatáveis até mesmo a leigos no assunto (Padilha et al., 2022).

5. GEOPROCESSAMENTO EPIDEMIOLÓGICO E BANCO DE DADOS

Mapas são bons aliados para vislumbro do panorama epidemiológico da região em que é realizada vigilância epidemiológica, como já proposto por John Snow em 1855 (Marques, 2020). Esse recurso tecnológico atua por meio de uma base de dados gráficos, auxiliando na distribuição espacial do problema (Ibiapina & Bernardes, 2019). Eles tornam possível o planejamento de enfrentamento ao avanço de doenças infectocontagiosas. Estes dados georreferenciados são conhecidos como Sistema de Informação Geográfica (Lopes et al., 2018).

Ademais, os dados de campo a serem inseridos no gráfico podem ser suplementados pelos existentes em bancos de dados nacionais ou mundiais de confiança, pois vinculados aos sistemas dos governos são atualizados constantemente. Os quais frequentemente são públicos, como, por exemplo, IBGE (IGBE, 2022), SNIS (SNIS, 2021), ANA (ANA, 2022) e LACEN (LACEN, 2022).

6. A VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA AMBIENTAL INTEGRATIVA (VIGIAI) EM SANTA CATARINA COM BASE EM ESGOTO SANITÁRIO

Nesse capítulo, não será abordado resultado dessas vigilâncias e sim, reporta a implementação do projeto que adentra municípios de Santa Catarina, tendo em vista uma ampla rede de atuação pública com: Serviço Intermunicipal de Água e Esgoto (SIMAE), Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), Consórcio Intermunicipal de Saneamento Ambiental - CISAM Meio-Oeste, Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento (ARIS), Diretoria de Vigilância Epidemiológica (DVE – Itajaí), Serviço Municipal de Água, Saneamento (SEMASA –Itajaí), Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC), Universidade do Contestado (UnC), Vigilância Sanitária Municipal – Município de Capinzal (VISA), Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Joinville e Curitiba. Para as análises e organização geral do projeto amplo, a equipe coordenada pela Dra. Gislaine Fongaro, envolveu graduandos, mestrandos, doutorandos e demais pesquisadores colaboradores, incluindo os envolvidos na escrita desse documento/autores, sendo: Dayane Azevedo Padilha (Mestre e Doutoranda), Henrique Borges da Silva Grisard (Graduação em Ciências Biológicas), Fernando Hartmann Barazzetti (Biólogo e mestrando), Julia Kinetz Wachter (Graduação em Farmácia), Dr., Marcus Vinícius Duarte Rodrigues (Biólogo), Rafael Dorighello Cadamuro (Biólogo e mestrando); bem como os pesquisadores colaboradores: Dra. Doris Sobral Marques Souza, Dr. Marcos André Schörner, Dra. Aline Viancelli, Dra. Eliandra Mirlei Rossi, Dr. Glauber Wagner, Dra. Maria Luiza Bazzo, Dra. Simone Malutta e Dr. William Michelin, Carlos Langner, Francine Caldart, Marta Cristina Penno e Willian Goetten, Gabriel Ramos Silva, Gisele Rocha Braga e todos que de alguma forma contribuíram.

Os resultados gerados podem ser acessados na página do Laboratório de Virologia Aplicada, do Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia do Centro de Ciências Biológicas da UFSC: <https://lvapli.paginas.ufsc.br/vigeai/>

7. PERSPECTIVAS

Como perspectivas deste projeto espera-se atender demandas de municípios e estados brasileiros na vigilância de SARS-CoV-2 e outros vírus excretados em fezes humanas, visando viabilidade epidemiológica dos dados para fins de monitoramento e alerta de circulação viral. Especificamente em Santa Catarina, recomenda-se o monitoramento de cidades estratégicas, que possuem rota de transporte marítimos, aeroportos, indústrias e turismo.

DECLARAÇÕES

Financiamento: Ação de Extensão Sigpex: 201917940, UFSC, coordenação: Dra. Gislaïne Fongaro (MIP/CCB/UFSC).

Conflito de interesse: Os autores declaram-se sem conflito de interesse.

Agradecimentos

Agradecemos as colaborações municipais, públicas, comunitárias e de concessionárias, bem como de voluntários por meio da coleta, transporte de esgoto sanitário para a implementação do projeto.

Serviço Intermunicipal de Água e Esgoto (SIMAE), Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), Consórcio Intermunicipal de Saneamento Ambiental - CISAM Meio Oeste, Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento (ARIS), Diretoria de Vigilância Epidemiológica (DVE – Itajaí), Serviço Municipal de Água, Saneamento (SEMASA –Itajai), Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC), Universidade do Contestado (UnC), Vigilância Sanitária Municipal – Município de Capinzal (VISA), Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Joinville e Curitiba. Para as análises e organização geral do projeto amplo, a equipe coordenada pela Dra. Gislaïne Fongaro, envolveu graduandos, mestrandos,

doutorandos e demais pesquisadores colaboradores, incluindo os envolvidos na escrita desse documento/autores, sendo: Dayane Azevedo Padilha (Mestre e Doutoranda), Henrique Borges da Silva Grisard (Graduação em Ciências Biológicas), Fernando Hartmann Barazzetti (Biólogo e mestrando), Julia Kinetz Wachter (Graduação em Farmácia), Dr., Marcus Vinícius Duarte Rodrigues (Biólogo), Rafael Dorighello Cadamuro (Biólogo e mestrando); bem como os pesquisadores colaboradores: Dra. Doris Sobral Marques Souza, Dr. Marcos André Schörner, Dra. Aline Viancelli, Dra. Eliandra Mirlei Rossi, Dr. Glauber Wagner, Dra. Maria Luiza Bazzo, Dra. Simone Malutta e Dr. William Michelin, Carlos Langner, Francine Caldart, Marta Cristina Penno e Willian Goetten, Gabriel Ramos Silva, Gisele Rocha Braga e todos que de alguma forma contribuíram.

REFERÊNCIAS

Afzal, A (2020). Molecular diagnostic technologies for COVID-19: Limitations and challenges. *Journal of Advanced Research*, 26, 149–159. doi:10.1016/j.jare.2020.08.002

Ahmed, W., Angel, N., Edson, J., Bibby, K., Bivins, A., O'Brien, J. W., ... & Mueller, J. F. (2020a). First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: A proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community. *Science of the Total Environment*, 728, 138764. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138764

Ahmed, W., Bertsch, P. M., Bivins, A., Bibby, K., Gathercole, A., Haramoto, E., ... & Kitajima, M. (2020b). Comparison of virus concentration methods for the RT-qPCR-based recovery of murine hepatitis virus, a surrogate for SARS-CoV-2 from untreated wastewater. *Science of the Total Environment*, 739, 139960. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139960

Ambardar, S., Gupta, R., Trakroo, D., Lal, R., & Vakhlu, J. (2016). High Throughput Sequencing: An Overview of Sequencing Chemistry. *Indian Journal of Microbiology*, 56 (4), 394–404.

Ampuero, M., Valenzuela, S., Valiente-Echeverría, F., Soto-Rifo, R., Barriga, G. P., Chnaiderman, J., ... & Gaggero, A. (2020). SARS-CoV-2 Detection in Sewage in Santiago, Chile - Preliminary results. *medRxiv*, 2020.

ANA. Atlas Esgotos - Despoluição das Bacias Hidrográficas. Disponível em: <<http://atlasesgotos.ana.gov.br/>>. Acesso em: 17 jan. 2022.

Bibby, K. & Peccia, J. (2013) Identification of viral pathogen diversity in sewage sludge by metagenome analysis. *Environmental Science and Technology*, 47 (4), 1945–1951.

Bonneaud, C. & Longdon, B. (2020). Emerging pathogen evolution. *EMBO reports*, 21(9), 1–5.

Bravo-Egana, V., Sanders, H., & Chitnis, N. (2021). New challenges, new opportunities: Next generation sequencing and its place in the advancement of HLA typing. *Human Immunology*, 82 (7), 478–487. doi: 10.1016/j.humimm.2021.01.010

Cadamuro, R. D., Viancelli, A., Michelon, W., Fonseca, T. G., Mass, A. P., Krohn, D. M. A., ... & Fongaro, G. (2021). Enteric viruses in lentic and lotic freshwater habitats from Brazil's Midwest and South regions in the Guarani Aquifer area. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(24), 31653–31658.

CDC, Centers for Disease Control and Prevention. Wastewater Surveillance Testing Methods Centers for Disease Control and Prevention (2021). Disponível online em: <https://www.cdc.gov/healthywater/surveillance/wastewater-surveillance/testing-methods.html> (Acesso em 23/01/2022).

Chavarria-Miró, G., Anfruns-Estrada, E., Martínez-Velázquez, A., Vázquez-Portero, M., Guix, S., Paraira, M., ... & Bosch, A. (2021). Time Evolution of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) in Wastewater during the First Pandemic Wave of COVID-19 in the Metropolitan Area of Barcelona, Spain. *Applied and Environmental Microbiology*, 87 (7), 1–9.

Chen, Y., Liu, Q., Guo, D. (2020). Emerging coronaviruses: Genome structure, replication, and pathogenesis. *Journal of Medical Virology*, 92(4) 418–423, 2020.

Cheung, K. S., Hung, I. F., Chan, P. P., Lung, K. C., Tso, E., Liu, R., ... & Leung, W. K. (2020). Gastrointestinal Manifestations of SARS-CoV-2 Infection and Virus Load in Fecal Samples From a Hong Kong Cohort: Systematic Review and Meta-analysis. *Gastroenterology*, 159(1), 81–95, 2020.

CONAMA. Resolução nº 357 de 17 DE MARÇO. 2005, p. 58–63.

CONAMA. Resolução no 375, de 29 de agosto de 2006. 2006, p. 1–32.

CONAMA. Resolução no 430, de 13 de maio de 2011. 2011, p. 89.

Corman, V. M., Landt, O., Kaiser, M., Molenkamp, R., Meijer, A., Chu, D. K., ... & Drosten, C. (2020). Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR. *Eurosurveillance*, 25(3). doi: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.3.2000045

Crits-Christoph, A., Kantor, R. S., Olm, M. R., Whitney, O. N., Al-Shayeb, B., Lou, Y. C., ... & Nelson, K. L. (2021). Genome sequencing of sewage detects regionally prevalent SARS-CoV-2 variants. *mBio*, 12(1), 1–9.

Ding, S. & Liang, T. J. (2020). Is SARS-CoV-2 Also an Enteric Pathogen With Potential Fecal–Oral Transmission? A COVID-19 Virological and Clinical Review. *Gastroenterology*, 159(1), 53–61. doi:10.1053/j.gastro.2020.04.052

Fongaro, G., Stoco, P. H., Souza, D. S. M., Grisard, E. C., Magri, M. E., Rogovski, P., ... & Rodríguez-Lázaro, D. (2021). The presence of SARS-CoV-2 RNA in human sewage in Santa Catarina, Brazil, November 2019. *Science of the Total Environment*, 778, 1–4.

Forni, D., Cagliani, R., Clerici, M., & Sironi, M. (2017). Molecular Evolution of Human Coronavirus Genomes. *Trends in Microbiology*, 25(1), 35–48. doi: 10.1016/j.tim.2016.09.001

Freitas, A. R. R., Napimoga, M., & Donalisio, M. R. (2020). Análise da gravidade da pandemia de Covid-19. *Epidemiologia e serviços de saúde : revista do Sistema Unico de Saúde do Brasil*, 29 (2) e2020119.

Gall, A. M., Mariñas, B. J., Lu, Y., & Shisler, J. L. (2015). Waterborne Viruses: A Barrier to Safe Drinking Water. *PLoS Pathogens*, 11(6), 1–7. doi: 10.1371/journal.ppat.1004867

Gerba, C. P. (2000). Assessment of enteric pathogen shedding by bathers during recreational activity and its impact on water quality. *Quantitative Microbiology*, 2(1), 55–68. doi: 10.1023/A:1010000230103

Harrison, S., Kivuti-Bitok, L., Macmillan, A., & Priest, P. (2019). EcoHealth and One Health: A theory-focused review in response to calls for convergence. *Environment International*, 132(2), 105058. doi: 10.1016/j.envint.2019.105058

IBGE – Instituto brasileiro de geografia e estatística. Portal do IBGE. <<https://www.ibge.gov.br/>>

Ibiapina, É. & Bernardes, A. (2019). O mapa da saúde e o regime de visibilidade contemporâneo. *Saúde e Sociedade*, 28 (1), 322–336. doi: 10.1590/S0104-12902019170982

Izquierdo-Lara, R., Elsinga, G., Heijnen, L., Munnink, B. B. O., Schapendonk, C. M., Nieuwenhuijse, D., ... & De Graaf, M. (2021). Monitoring SARS-CoV-2 circulation and diversity through community wastewater sequencing, the netherlands and belgium. *Emerging Infectious Diseases*, 27(5), 1405–1415. doi: 10.3201/eid2705.204410

Jaiswal, N. K., & Saxena, S. K. (2020). Classical coronaviruses. In *Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)*(pp. 141-150). Springer, Singapore. doi: 10.1007/978-981-15-4814-7_12

Katayama, H., Shimasaki, A., Ohgaki, S. (2002). Development of a virus concentration method and its application to detection of enterovirus and Norwalk virus from coastal

seawater. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(3), 1033–1039. doi: 10.1128/AEM.68.3.1033-1039.2002

Kelly, T. R., Machalaba, C., Karesh, W. B., Crook, P. Z., Gilardi, K., Nziza, J., ... & Mazet, J. A. (2020). Implementing One Health approaches to confront emerging and re-emerging zoonotic disease threats: lessons from PREDICT. *One Health Outlook*, 2(1), 1–7. doi: 10.1186/s42522-019-0007-9

Kocamemi, B. A., Kurt, H., Sait, A., Sarac, F., Saatci, A. M., & Pakdemirli, B. (2020). SARS-CoV-2 detection in Istanbul wastewater treatment plant sludges. medRxiv, n. 7, 2020. doi: 10.1101/2020.05.12.20099358

Kotwal, G., & Cannon, J. L. (2014). Environmental persistence and transfer of enteric viruses. *Current opinion in virology*, 4, 37-43. doi: 10.1016/j.coviro.2013.12.003

Kwan, A. C. P., Chau, T. N., Tong, W. L., Tsang, O. T. Y., Tso, E. Y. K., Chiu, M. C., ... & Lai, T. S. T. (2005). Severe acute respiratory syndrome-related diarrhea. *Journal of gastroenterology and hepatology*, 20(4), 606-610. doi: 10.1111/j.1440-1746.2005.03775.x

LACEN - Laboratório Central de Saúde Pública. <<http://lacen.saude.sc.gov.br/>>

La Marca, A., Capuzzo, M., Paglia, T., Roli, L., Trenti, T., & Nelson, S. M. (2020). Testing for SARS-CoV-2 (COVID-19): a systematic review and clinical guide to molecular and serological in-vitro diagnostic assays. *Reproductive BioMedicine Online*, 41(3) 483–499. doi: 10.1016/j.rbmo.2020.06.001

La Rosa, G., Mancini, P., Ferraro, G. B., Veneri, C., Iaconelli, M., Bonadonna, L., ... & Suffredini, E. (2021). SARS-CoV-2 has been circulating in northern Italy since December 2019: Evidence from environmental monitoring. *Science of the Total Environment*, 750, 141711. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141711

Larsen, D. A. & Wigginton, K. R. (2020). Tracking COVID-19 with wastewater. *Nature Biotechnology*, 38(10), 1151–1153. doi: 10.1038/s41587-020-0690-1

Lauring, A. S. & Hodcroft, E. B. (2021). Genetic Variants of SARS-CoV-2 - What Do They Mean? *JAMA - Journal of the American Medical Association*, 325(6), 529–531. doi:10.1001/jama.2020.27124

Lewis, D. & Metcalf, T. (1998). Polyethylene Glycol Precipitation for Recovery of Pathogenic Viruses, Including Hepatitis A Virus and Human Rotavirus, from Oyster, Water, and Sediment Samples. *Applied and Environmental Microbiology*, 54(8), 1983–1988. doi: 10.1128/aem.54.8.1983-1988.1988.

Lopes, I. D. C. P., Campos, J. A., de Souza Fraga, M., Aires, U. R. V., & da Silva, D. D. (2018). Caracterização morfológicas da bacia hidrográfica do rio caratinga, sub bacia do rio doce, mg. Juíz de Fora: III simpósio de Recursos Hídricos do Rio Paraíba do Sul, 2018.

Lu, R., Zhao, X., Li, J., Niu, P., Yang, B., Wu, H., ... & Tan, W. (2020). Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *The Lancet*, 395(10224), 565–574. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30251-8

Lu, Y., Wang, R., Zhang, Y., Su, H., Wang, P., Jenkins, A., ... & Squire, G. (2015). Ecosystem health towards sustainability. *Ecosystem Health and Sustainability*, 1(1), 1–15. doi: 10.1890/EHS14-0013.1

Mardian, Y., Kosasih, H., Karyana, M., Neal, A., & Lau, C. Y. (2021). Review of Current COVID-19 Diagnostics and Opportunities for Further Development. *Frontiers in Medicine*, 8. doi: 10.3389/fmed.2021.615099

Marques, C. (2020). Colocando o coronavírus no mapa: a cartografia a serviço das ciências da saúde. *Café História*. <https://www.cafehistoria.com.br/cartografica-do-covid19/>

Metzker, M. L. (2010). Sequencing technologies the next generation. *Nature Reviews Genetics*, 11(1), 31–46. doi: 10.1038/nrg2626

Nemudryi, A., Nemudraia, A., Wiegand, T., Surya, K., Buyukyoruk, M., Cicha, C., ... & Wiedenheft, B. (2020). Temporal Detection and Phylogenetic Assessment of SARS-CoV-2 in Municipal Wastewater. *Cell Reports Medicine*, 1(6), 100098. doi: 10.1016/j.xcrm.2020.100098

Ng, T. F. F., Marine, R., Wang, C., Simmonds, P., Kapusinszky, B., Bodhidatta, L., ... & Delwart, E. (2012). High Variety of Known and New RNA and DNA Viruses of Diverse Origins in Untreated Sewage. *Journal of Virology*, 86(22), 12161–12175. doi: 10.1128/JVI.00869-12

Nyenje, E. N. & Ndip, R. N. (2013). The challenges of foodborne pathogens and antimicrobial chemotherapy: A global perspective. *African Journal of Microbiology Research*, 7(14), 1158–1172. doi:10.5897/AJMRx12.014

OMS - Organização Mundial da Saúde. Diagnostic testing for SARS-CoV-2, 2020. <https://www.who.int/publications/i/item/diagnostic-testing-for-sars-cov-2>.

Orenstein, R. (2020). Gastroenteritis, Viral. *Encyclopedia of Gastroenterology*, 652. doi: 10.1016/B978-0-12-801238-3.65973-1

Peccia, J., Zulli, A., Brackney, D. E., Grubaugh, N. D., Kaplan, E. H., Casanovas-Massana, A., ... & Omer, S. B. (2020). Measurement of SARS-CoV-2 RNA in wastewater tracks community infection dynamics. *Nature Biotechnology*, 38(10), 1164-1167. doi: 10.1038/s41587-020-0684-z.

Peck, K. M. & Luring, A. S. Complexities of Viral Mutation Rates. *Journal of Virology*, 92(14), e01031-17. doi: <https://doi.org/10.1128/JVI.01031-17>

Padilha, D. A., Benetti Filho, V., Moreira, R. S., Soratto, T. A. T., Maia, G. A., Christoff, A. P., ... & Wagner, G. (2022). Emergence of Two Distinct SARS-CoV-2 Gamma Variants and the Rapid Spread of P.1-like-II SARS-CoV-2 during the Second Wave of COVID-19 in Santa Catarina, Southern Brazil. *Viruses*, 14(4), 695. doi: 10.3390/v14040695

Prado, T., Fumian, T. M., Mannarino, C. F., Resende, P. C., Motta, F. C., Eppinghaus, A. L. F., ... & Miagostovich, M. P. (2021). Wastewater-based epidemiology as a useful tool to track SARS-CoV-2 and support public health policies at municipal level in Brazil. *Water Research*, 191, 116810. doi: 10.1016/j.watres.2021.116810

Premraj, A., Aleyas, A. G., Nautiyal, B., & Rasool, T. J. (2020). Nucleic acid and immunological diagnostics for SARS-CoV-2: Processes, platforms and pitfalls. *Diagnostics*, 10(11), 866. doi: 10.3390/diagnostics10110866

Quick, J., Loman, N. J., Duraffour, S., Simpson, J. T., Severi, E., Cowley, L., ... & Carroll, M. W. (2016). Real-time, portable genome sequencing for Ebola surveillance. *Nature*, 530(7589), 228–232. doi: 10.1038/nature16996

Randazzo, W., Truchado, P., Cuevas-Ferrando, E., Simón, P., Allende, A., & Sánchez, G. (2020). SARS-CoV-2 RNA in wastewater anticipated COVID-19 occurrence in a low prevalence area. *Water research*, 181, 115942. doi: 10.1016/j.watres.2020.115942

Rimoldi, S. G., Stefani, F., Gigantiello, A., Polesello, S., Comandatore, F., Mileto, D., ... & Salerno, F. (2020). Presence and infectivity of SARS-CoV-2 virus in wastewaters and rivers. *Science of the Total Environment*, 744, 140911. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140911

Rossi, G., Galosi, L., Gavazza, A., Cerquetella, M., & Mangiaterra, S. (2021). Therapeutic approaches to coronavirus infection according to “One Health” concept. *Research in Veterinary Science*, 136, 81–88. doi: 10.1016/j.rvsc.2021.02.009

Rüegg, S. R., Nielsen, L. R., Buttigieg, S. C., Santa, M., Aragrande, M., Canali, M., ... & Häslér, B. (2018). A systems approach to evaluate One Health initiatives. *Frontiers in Veterinary Science*, 5, 1–18. doi: 10.3389/fvets.2018.00023

Satarker, S. & Nampoothiri, M. (2020). Structural Proteins in Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus-2. *Archives of Medical Research*, 51(6), 482–491. doi: 10.1016/j.arcmed.2020.05.012

Sikkema, R. S. & Koopmans, M. P. G. (2021). Preparing for Emerging Zoonotic Viruses. *Encyclopedia of Virology*, 256–266. doi: 10.1016/B978-0-12-814515-9.00150-8

SNIS - Sistema nacional de informações sobre saneamento. Série Histórica. <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>>.

- Srinivasan, S., Cui, H., Gao, Z., Liu, M., Lu, S., Mkandawire, W., ... & Korkin, D. (2020). Structural genomics of SARS-CoV-2 indicates evolutionary conserved functional regions of viral proteins. *Viruses*, *12*(4), 360. doi: 10.3390/v12040360
- Todd, E. C., Greig, J. D., Bartleson, C. A., & Michaels, B. S. (2008). Outbreaks where food workers have been implicated in the spread of foodborne disease. Part 4. Infective doses and pathogen carriage. *Journal of Food Protection*, *71*(11) 2339–2373. doi: 10.4315/0362-028X-71.11.2339
- Tyrrell, D. A., Almeida, J. D., Cunningham, C. H., Dowdle, W. R., Hofstad, M. S., McIntosh, K., ... & Bingham, R. W. (1975). Coronaviridae. *Intervirology*, *5*(1-2), 76. doi: 10.1159/000149883
- Wang, M. Y., Zhao, R., Gao, L. J., Gao, X. F., Wang, D. P., & Cao, J. M. (2020a). Structure, Biology, and Structure-Based Therapeutics Development. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, *10*, 1–17. doi: 10.3389/fcimb.2020.587269
- Wang, Y., Li, X., Liu, W., Gan, M., Zhang, L., Wang, J., ... & Zhao, J. (2020b). Discovery of a subgenotype of human coronavirus NL63 associated with severe lower respiratory tract infection in China, 2018. *Emerging Microbes and Infections*, *9*(1), 246–255. 10.1080/22221751.2020.1717999
- Weissleder, R., Lee, H., Ko, J., & Pittet, M. J. (2020). COVID-19 diagnostics in context. *Science Translational Medicine*, *12*(546) 1–6. doi: 10.1126/scitranslmed.abc19
- Wilde, A. H. D., Snijder, E. J., Kikkert, M., & Hemert, M. J. V. (2017). Host factors in coronavirus replication. *Roles of host gene and non-coding RNA expression in virus infection*, 1-42. doi: 10.1007/82_2017_25
- Wu, F., Zhang, J., Xiao, A., Gu, X., Lee, W. L., Armas, F., ... & Alm, E. J. (2020a). SARS-CoV-2 titers in wastewater are higher than expected from clinically confirmed cases. *Msystems*, *5*(4), e00614-20. doi: 10.1128/mSystems.00614-20
- Wu, F., Zhao, S., Yu, B., Chen, Y. M., Wang, W., Song, Z. G., ... & Zhang, Y. Z. (2020b). Author Correction: A new coronavirus associated with human respiratory disease in China. *Nature*, *580*(7803), E7-E7. doi: 10.1038/s41586-020-2202-3
- Wurtzer, S., Marechal, V., Mouchel, J. M., Maday, Y., Teyssou, R., Richard, E., ... & Moulin, L. (2020). Evaluation of lockdown impact on SARS-CoV-2 dynamics through viral genome quantification in Paris wastewaters. *MedRxiv*. doi: 10.1101/2020.04.12.20062679
- Yi, Y., Lagniton, P. N., Ye, S., Li, E., & Xu, R. H. (2020). COVID-19: What has been learned and to be learned about the novel coronavirus disease. *International Journal of Biological Sciences*, *16*(10), 1753–1766. doi: 10.7150/ijbs.45134
- Zehra, Z., Luthra, M., Siddiqui, S. M., Shamsi, A., Gaur, N. A., & Islam, A. (2020). Corona virus versus existence of human on the earth: A computational and biophysical

approach. *International Journal of Biological Macromolecules*, 161, 271-281. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.06.007

Zhou, J., Li, C., Zhao, G., Chu, H., Wang, D., Yan, H. H. N., ... & Yuen, K. Y. (2017). Human intestinal tract serves as an alternative infection route for Middle East respiratory syndrome coronavirus. *Science Advances*, 3(11), eaao4966. doi: 10.1126/sciadv.aao4966

PADRÃO DE ATIVIDADE DA CORUJA BURQUEIRA (*Athene
cunicularia*) NA CIDADE DE CONCÓRDIA-SC

DOI: 10.56041/9786599841835-5

BACKES, Suyanne M.*

Universidade do Contestado, Concórdia, Santa Catarina, Brasil

<https://orcid.org/0000-0002-8160-680X>

LEITE, Marcela A. S.

Universidade do Contestado, Concórdia, Santa Catarina, Brasil

<https://orcid.org/0000-0003-1625-8949>

* Autor correspondente: suy14_mara@hotmail.com

RESUMO

A Coruja Buraqueira (*Athene cunicularia*) possui ampla distribuição no Brasil, hábitos diurnos e preferência por tocas em cavidades no solo. Esse estudo objetivou determinar o padrão de atividade desta coruja em uma área urbana da cidade de Concórdia-SC. As observações ocorreram semanalmente (tempo mínimo de 2 horas) entre os meses de dezembro de 2021 a abril de 2022. O principal método etológico utilizado foi o Animal Focal, observando-se a frequência dos comportamentos exercidos pelos indivíduos (registros instantâneos a cada 5 minutos). Os comportamentos/pautas observados (n = 19) foram divididos em 7 categorias, sendo elas: Alerta/ Alarme (48,76%), Locomoção (25,76%), Manutenção (22,31%), Interação Social (1,38%), Sonora (1,24%), Alimentação (0,41%) e Reprodução (0,14%). A avaliação da distribuição das atividades por hora do dia apresentou variâncias desiguais ($p \leq 0,05$). Analisando as frequências relativas também distribuídas por hora do dia, obteve-se o maior coeficiente de variação no horário das 11h e 12h e o menor ocorreu no horário entre as 19h e 20h, demonstrando uma uniformidade dos comportamentos no fim do dia. Conclui-se então que há um padrão de atividade concentrado nas categorias Alerta/ Alarme, Locomoção e Manutenção, no entanto, quanto a distribuição dos comportamentos por hora do dia apresenta-se uma variação significativa demonstrando aleatoriedade.

Palavras-Chave: Comportamento animal. Métodos Etológicos. Animal Focal. Observações. Frequência. Aves.

1. INTRODUÇÃO

As aves são animais que pertencem à classe dos vertebrados e caracterizam-se por serem homeotermos, amniotas, tetrápodes e bípedes. A sua origem está vinculada a uma linhagem de dinossauros carnívoros, tendo como parentes mais próximos os répteis crocodylianos (Benedito, 2015).

São encontrados em quase todos habitats do planeta Terra, podendo se adaptar conforme as condições que lhe forem impostas, no entanto, o seu habitat preferido são as florestas tropicais. As aves também tem uma característica em comum entre todas elas, que é o fato de se reproduzirem por meio de ovos, ou seja, elas são ovíparas (Bencke et al., 2003).

No grupo das aves tem-se uma classificação chamada aves de rapina. Esse termo deriva do latim “*rapere*” que significa o ato de rouba com violência ou pegar a força, que se refere como esses animais se alimentam, ou seja, por meio da caça, onde usam as suas fortes garras e os seus afiados bicos para rasgar a carne das suas presas (Viana, 2010). São divididas em ordens com a das Águias e Gaviões (*Accipitriformes*), Falcões (*Falconiformes*), Abutres e Urubus (*Cathartiformes*) e Corujas (*Strigiformes*) (Benedito, 2015).

Segundo Cubas et al. 2014, quanto ao grupo dos *Strigiforme*, ele é representado por corujas, mochos e caburés, que possuem hábitos predominantemente noturnos e estão distribuídos em duas famílias: *Strigidae* e *Tytonidae*. “A família *Strigidae* (corujas, mochos e caburés) é a maior das duas famílias, com 223 espécies, distribuídas em 25 gêneros e três subfamílias: *Striginae*, *Surniinae* e *Asioninae*”.

Quanto a família *Strigidae*, há uma espécie que se destaca bastante, o seu nome é *Athene cunicularia*, sendo que no Brasil a mesma é normalmente encontrada em campos abertos, onde há pastagens, restingas e/ou savanas. Também pode ser encontrada em gramados de áreas urbanas, sendo muito comumente vista sobre fios de cercas em campos no meio das cidades (Santos, 2017).

A ave escolhida para este estudo, a Coruja Buraqueira (*Athene cunicularia*) pertencente a ordem *Strigiforme* e família *Strigidae* (MOLINA, 1782). A mesma possui hábitos diurnos, o seu corpo apresenta aproximadamente 23 cm e pesa em torno de 150g (Duval & Whitford, 2012).

Possui coloração marrom no seu dorso, sendo as fêmeas com o tom mais escuro, o ventre fica entre tons de marrom mais claro até creme e possui pequenas manchas brancas por todo o corpo. Os seus olhos são amarelos com manchas

esbranquiçadas em cima. Uma das suas características mais marcantes são suas pernas alongadas, o que lhe permite cavar profundos buracos (daí que vem o nome buraqueira) sendo que ela também tem hábito generalista (consome o que tem no ambiente conforme a sua disponibilidade) o que lhe proporciona maior variedade alimentar (Zilio, 2006).

A espécie possui ampla distribuição, do oeste da América do Norte ao sul da América do Sul. É uma espécie de hábitos diurnos e crepusculares, que vive em campos onde ocupa tocas abandonadas de mamíferos, alimentando-se de artrópodes, anfíbios, répteis, aves e pequenos mamíferos (Martins & Egler, 1990). Essa coruja também se destaca pela proximidade com o homem e adaptação ao meio urbano (Chipman, 2008).

Desta forma, o presente estudo visa contribuir para responder o seguinte questionamento: o período do dia tem influência no padrão comportamental das Corujas Buraqueiras?

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A pesquisa foi realizada em uma propriedade privada, em ambiente urbano, localizada a 2 km da área central da cidade de Concórdia-SC, em um local conhecido como “Morro do Merlo” (Latitude 27°14'30.61"S e Longitude 52°0'55.23"O). O espaço compreende vegetação rasteira destinada ao pastoreio de ovelhas, tendo aproximadamente 046 hectares (Figura 1).

Concórdia, localiza-se a uma altitude média de 578 metros, com temperatura variando de 11 °C a 28 °C e raramente é inferior a 5 °C ou superior a 31 °C. com precipitações bem distribuídas durante o ano inteiro (Weather Spark, 2021).

Está totalmente inserida no Bioma de Mata Atlântica, com duas fitofisionomias florestais mais conhecidas como Floresta de Araucária (Floresta

Ombrófila Mista) e Floresta do Rio Uruguai (Floresta Estacional Decidual) (De Paula, 2018).



Figura 1 - Área de estudo e observações.

2.2 Procedimentos

Para estabelecer o padrão de atividade da Coruja Buraqueira foi utilizado o método etológico amostral Animal Focal (Martin & Baterson, 1993), onde foi feita a análise da frequência dos comportamentos exercidos pelos indivíduos. Os registros foram realizados instantaneamente a cada 5 minutos, sempre que o animal focal estivesse visível no ponto amostral (Figura 2) considerando as seguintes categorias comportamentais: Alimentação, Manutenção, Alerta/Alarme, Sonora, Locomoção, Interação Social, Reprodução e Cuidado Parental.

Para o reconhecimento dos comportamentos (pautas e categorias) das Corujas Buraqueiras foi analisado um Etograma (Turcatto, 2015). Para a descrição de eventos inusitados que poderiam ocorrer entre as observações pelo método Animal Focal, foi utilizado também o método de *Ad Libitum* que permite fazer visualizações informais dos animais de forma aleatória.

As sessões ocorreram semanalmente, estabelecendo-se um período mínimo de observação de duas horas (02 h), nos períodos da manhã, tarde e início da noite, dependendo das variações climáticas, entre os meses de dezembro de 2021 até o mês de abril de 2022, totalizando 40 horas de observação.

No local de observação, o pesquisador delimitou uma distância que permitiu a visibilidade do “ponto amostral”, que normalmente é a toca (cavidade onde se localiza os ninhos), e, ao mesmo tempo não interfira no comportamento normal do animal focal. As observações foram feitas tendo ou não a utilização de um binóculo.

Os dados foram registrados em fichas de campo e posteriormente, compiladas em planilhas eletrônicas para facilitar a análise de dados e realização de testes estatísticos.

Para descrever as características físicas das tocas foi feito uma contagem simples das escavações presentes na área de estudo, catalogando-as (T1, T2, T3 e T4). Foi executado medições das tocas (diâmetro da entrada e profundidade) utilizando uma trena e planilhas de campo.



Figura 2 - Indivíduo no ponto amostral.

2.3 Avaliação

A avaliação do presente trabalho foi realizada por meio de estatística descritiva, métodos não paramétricos de correlação de Spearman e teste de variância, sendo que para análise dos dados foi utilizado o programa BioEstat 5.0 (Ayres, 2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a pesquisa (esforço amostral de 40 horas) foram observados dois indivíduos, tratando-se de um casal, pois ocupavam sempre a mesma toca, assim como descrito por Marks et al. (1999).

3.1 Reconhecimento de categorias e pautas comportamentais: padrão de atividade

Os comportamentos observados foram organizados em 7 categorias: Alerta/Alarme, Locomoção, Manutenção, Interação Social, Sonora, Alimentação e Reprodução. Dentro de cada categoria foi possível reconhecer a ocorrência de pautas comportamentais (n=19) as quais estão citadas no quadro 1.

Para a categoria Alerta/Alarme obteve-se a maior frequência (n=354) das observações. A pauta considerada foi “vigiar”, sendo esse o comportamento com maior frequência em todas as sessões. Plumpton & Lutz (1993) relatam que um dos motivos do aumento da vigia nos indivíduos de *A. cunicularia* deve-se ao aumento do tráfego de veículos e de pessoas nos arredores da toca, o que faz com que as mesmas voltem a sua atenção para esses movimentos.

Quanto a categoria Locomoção (n=187), as pautas que ocorreram foram: Voar; Andar; Saltar; Entrar na toca e Sair da toca. Essa categoria aparece em muitos casos com as categorias Alerta/ Alarme e Manutenção, ou seja, foram vistas pautas duplas, mostrando uma relação entre as mesmas.

Na categoria Manutenção (n=162) as pautas observadas foram: Limpar as penas; Descanso; Dormir; Esticar as penas; Se coçar; Coçar o outro e Permanecer na toca. Segundo estudos de Soares et al. (1992), após 42 dias de pesquisa, os mesmos verificaram que as corujas gastavam cerca de 72% do seu tempo próximos

a suas tocas realizando atividades como vigilância, repouso, limpeza das penas e manutenção das suas tocas. Eles também conseguiram notar que quando as corujas se reúnem perto das tocas, um sempre se mantém mais elevado (macho) que o outro que fica na entrada da toca (fêmea).

Assim como visto no estudo de Rocha (2020), a Coruja Buraqueira possui hábitos diurnos, com diferentes repertórios comportamentais ao longo do dia, no entanto, o período diurno é mais voltado a vigia, cuidados corporais e descanso, o que também pode-se notar no presente estudo. Essa afirmação também coincide com o que diz Coulombe (1971), Martin (1973) e Arruda et al. 2007, quando os mesmos afirmam que as corujas, mesmo possuindo maior atividade no período noturno, se mantêm em vigia e próximos a sua toca durante todo o dia (manutenção).

Segundo Soares et al. (1992), os mesmos relatam que estando ou não no período reprodutivo, o comportamento das corujas não difere muito, ou seja, as fêmeas continuam passando mais tempo na toca (manutenção) enquanto os machos passando grande parte do tempo em vigia.

Para a categoria Interação social (n=10), foram identificadas interação intraespecífica não-agonística (interação entre os indivíduos na toca) e interespecífica agonística (interação entre os indivíduos da toca com os de fora, como, por exemplo, ovelhas, quero-quero). O fato de terem sido observadas poucas interações pode ser visto também no estudo de Turcatto, 2015, onde o mesmo considerou os comportamentos sociais observados (limpar o outro, agressão, levantar e abaixar o corpo e vocalizar) como comportamentos raros.

Para a categoria Sonora (n=9), a única pauta observada foram os gritos, no entanto, era possível perceber alterações no objetivo da utilização deste comportamento, pois em algumas situações a intenção era afastar possíveis predadores e em outros momentos o som possuía características de chamado como descrito na literatura.

De acordo com Jacobucci (2007), nas tocas em que ouve algum tipo de vocalização de alarme, ambos os indivíduos (macho e fêmea) estavam fora da toca de guarda. Esse comportamento também foi observado no presente estudo, pois

quando havia alguma interferência as aves analisadas saiam da toca e iam para o gramado ou poleiro para defender a mesma.

Na categoria de Alimentação (n=3) as frequências observadas foram nas pautas de Caça no chão e Comer. O comportamento de caça no chão também foi descrito no estudo de Martins & Egler (1990), sendo que esse comportamento se dá quando a coruja (estando no chão) irá apanhar com o seu bico uma presa que esteja próximo a ela ou que ela tenha que se deslocar a uma pequena distância (0,5 - 1,5 m) à procura das presas.

Na categoria Reprodução (n=1), a pauta observada foi a cópula. No entanto, é preciso ressaltar que as observações não ocorreram no período reprodutivo, fato esse que também foi descrito por Turcatto (2015).

Quadro 1 - Repertório comportamental apresentado pela coruja buraqueira durante a pesquisa.

CATEGORIAS	PAUTAS	FA (pautas)	FA (categorias)	%
Alerta/ alarme	Vigiar	354	354	48,76
LOCOMOÇÃO	Voo	11	187	25,76
	Andar	84		
	Correr	5		
	Saltar	3		
	Entrar na toca	44		
	Sair da toca	40		
MANUTENÇÃO	Descanso	5	162	22,31
	Deitado	6		
	Esticar as penas	4		
	Se coçar	12		
	Coçar o outro	5		
	Permanecer na toca	130		
Comportamento social (interação)	Intraespecífica (não-agonística)	2	10	1,38
	Interespecífica (agonística)	8		

Sonora	Vocalização	9	9	1,24
Alimentação	Caça no chão	1	3	0,41
	Alimentação	2		
Reprodução	Cópula	1	1	0,14
TOTAL		726	726	100

Na figura 3 é possível observar a distribuição das frequências por categorias, com destaque para alerta/ Alarme (48,76%), Locomoção (25,76%) e Manutenção (22,31%) que foram as categorias que obtiverem as maiores frequências.

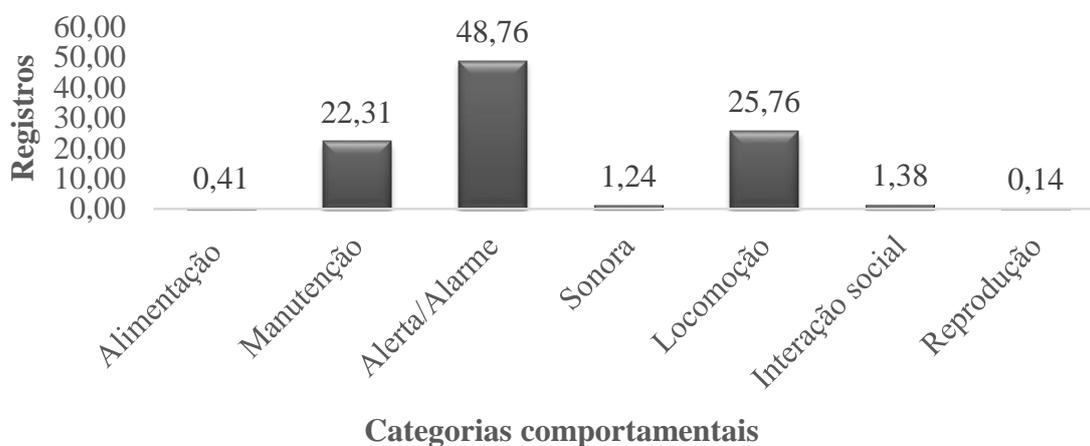


Figura 3 - Padrão de atividade apresentado pela coruja Buraqueira.

Para analisar o quanto as categorias comportamentais estão relacionadas foi utilizado o teste de não paramétrico de correlação de Spearman, obtendo-se correlações significativas entre as categorias Alimentação/Locomoção ($p=0,0117$); Alimentação/ Reprodução ($p=0,0127$); Manutenção e Alerta/ Alarme ($p\leq 0,0001$); Manutenção e Locomoção ($p=0,0299$); e Alerta/Alarme e Locomoção ($p=0,0091$).

Em muitas situações durante as observações ocorreram pautas duplas, ou seja, ao mesmo tempo, em que a coruja estava em vigília (Alerta/ Alarme) ela poderia se coçar ou coçar o outro indivíduo da toca (Manutenção), ou mesmo locomover-se em alerta, ou caçar em alerta (alerta/manutenção, alerta/locomoção, alerta/ alimentação).

3.2 Distribuição de frequências por período do dia

Para avaliar a distribuição das atividades por hora do dia foi utilizado o teste estatístico ANOVA, o qual mostrou variâncias desiguais ($p \leq 0,05$). O teste de Tukey, aplicado a *posteriori*, apontou diferença na comparação da maioria das horas, com algumas exceções (7h e 10h; 7h e 12h; 7h e 13h; 8h e 11h; 8:h e 12h; 8h e 13h; e 12h e 13h).

Utilizando-se a frequência relativa dos comportamentos distribuídos de acordo com as horas do dia, é possível analisar alguns picos de maior e menor atividade da Coruja buraqueira.

Quando analisada a categoria Alerta/Alarme, pode-se notar que a mesma manteve-se constante durante todo o dia, tendo uma redução no período da 13h e das 19h.

A categoria Locomoção também se repete durante todo o dia, mas com frequências diferentes, no entanto, a mesma não ocorreu no período das 12h e 20h.

Para a categoria Manutenção, foi possível observar que a mesma se manteve constante durante a maioria do dia, tendo uma baixa somente ao meio-dia, porém logo nas próximas horas já voltou a linearidade.

Quanto a categoria Interação Social, a mesma foi observada em períodos distintos do dia, não mantendo uma linearidade e com vários horários em que não foi amostrado.

Quanto a categoria Sonora, a mesma foi observada no período das 10h e no período entre as 15 e 19h.

Para a categoria Alimentação, teve-se dois picos de maior frequência, no horário das 15h e 19h, sendo os únicos períodos onde se pode ver os indivíduos se alimentando.

Para a categoria Reprodução, só foi obtida uma observação no período das 19h. Por meio da análise das frequências relativas distribuídas por hora do dia é possível notar que as categorias Manutenção, Alerta/alarme e Locomoção ocorrem durante todo o dia, com alguns picos e reduções. Já as categorias de Alimentação, Sonora e Interação Social ocorreram de forma aleatória e a categoria Reprodução foi considerada rara.

Perillo et al. (2011), relata no seu estudo que no período da manhã e tarde os comportamentos da Coruja Buraqueira mais observados foram os relacionados a manutenção e vigia (respectivamente), o que também ocorreu no presente estudo. No entanto, no período da manhã os comportamentos mais vistos foram relacionados a vigia, seguido pela manutenção e locomoção.

3.3 Caracterização do habitat

No ambiente onde estão localizadas as tocas encontraram-se espécies de gramíneas rasteiras da família *Poaceae*. Também um exemplar arbóreo de Paineira (*Ceiba speciosa*) que é frequentemente utilizado como poleiro pelas corujas.

De acordo com Berardelli et al. (2010) essas corujas possuem características determinantes que definem em qual local serão utilizadas as tocas. Alguns desses critérios é a oferta abundante de alimento e também podem permanecer naquele local por conta do mesmo apresentar áreas abertas, campos com gramados e opções de poleiros.

Quanto a presença humana, não se pode notar grandes variações no comportamento das corujas, com exceção da atividade realizada para medir as tocas, onde a aproximação foi inevitável. Nessas situações as corujas voaram para os galhos da Paineira que servia de poleiro ou para outras árvores próximas, mas permaneciam em estado de Alerta/Alarme.

Esse comportamento também foi relatado por Jacobucci (2007), que descreveu no seu estudo que quando se atingia uma determinada distância da entrada da toca, os indivíduos (adultos) emitiam um sinal de alarme, mantendo-se em poleiros seguros.

Para analisar o padrão de construção das tocas, foram feitas medição das 4 tocas (T1, T2, T3 e T4) avaliando: profundidade, altura da entrada e largura de cada toca. A compilação dos dados está demonstrada no quadro abaixo:

Quadro 2 - Medidas das tocas.

Medida das tocas	T1	T2	T3	T4	Média
Profundidade	1,09cm	0,68cm	0,46cm	0,39cm	0,65cm
Largura da entrada da toca	0,23cm	0,38cm	0,16cm	0,12cm	0,22cm
Altura da entrada da toca	0,15cm	0,17cm	0,17cm	0,13cm	0,15cm

Para verificar a variabilidade das medidas entre as quatro tocas avaliadas, foi aplicado o teste de Friedman, no entanto, o valor obtido não foi significativo, demonstrando uma padronização entre as medidas das tocas.

Ainda foi observado que as tocas possuíam entradas circulares, com leves achatamentos. As tocas T1 e T2 possuíam a entrada mais larga e com maior profundidade que as outras, assim como visto no estudo de Adelino (2014), onde o mesmo relata que as entradas das tocas analisadas possuíam um túnel profundo e curvo que dificultava a visualização para o interior da escavação e o mesmo existia para manter a segurança dos filhotes.

4 CONCLUSÃO

Por meio dos dados obtidos foi possível determinar que o padrão de atividade da Coruja Buraqueira em uma área urbana da cidade de Concórdia - SC concentrou-se nas pautas comportamentais referentes as categorias de Alerta/alarme, Locomoção e Manutenção.

Também foi possível notar que alguns comportamentos analisados possuíam correlação, as chamadas pautas duplas, com destaque para (Alerta/manutenção, Alerta/Locomoção, Alerta/ Alimentação).

A análise das frequências relativas distribuídas por hora do dia mostrou que as categorias Alerta/Alarme, Locomoção e Manutenção ocorrem durante todo o dia com maior ou menor expressividade (picos e reduções). Já as demais categorias (Interação Social, Sonora e Alimentação) ocorreram de forma aleatória e a categoria Reprodução ocorreu uma única vez, logo, pode ser considerada rara e inusitada por ser fora do período reprodutivo.

Quanto a descrição do ambiente, este caracterizou-se como aberto, com apenas vegetação rasteira e um indivíduo arbóreo mais próximo das tocas, o qual foi usado como poleiro seguindo o padrão de habitat da espécie citado em outros trabalhos. Também as medidas das tocas mostraram uniformidade.

Esta pesquisa mostrou aspectos importante do padrão comportamental e ecológico da Coruja Buraqueira.

CONFLITO DE INTERESSE: Os autores declaram que não tem conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

Pires, A. J. R. Distribuição espacial dos ninhos de *Athene cunicularia* (Coruja-Buraqueira) e dinâmica de sua utilização, Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2014. Disponível em:<<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/122960>> acesso em 19 de Jun. de 2022

Arruda. C.M, Oliani S.R., & Varoli, F.M.F. (2007) Estudo do comportamento de *Athene cunicularia* (*Strigiformes: Strigidae*) na região de Araçoiaba da Serra- São Paços, Brasil, Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil.

Ayres, M. BioEstat: Aplicações Estatísticas nas áreas das Ciências Biológicas, Belém -Para- Brasil, 2007

Bencke, G. A., Fontana, C. S., Dias, R. A., Maurício, G. N., & Mähler Jr, J. K. F. Aves. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Glayson-Bencke/publication/333902469_Aves_pp189-479/links/5d0b821ca6fdcc82e9c83528/Aves-pp189-479.pdf. Acesso em 27de Jul. de 2021

Benedito, E. (org.) Biologia e Ecologia de Vertebrados. 1. ed. - [Reimpr.] - Rio de Janeiro: Roca, 2015. E-book Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-277-2698-6/>> Acesso em: 08 de ago. de 2021

Berardelli, D., Desmond, M.J. & Murray, L. Reproductive Success of Burrowing Owls in Urban and Grassland Habitats in Southern New Mexico. The Wilson Journal of Ornithology. 122 (1):5159, 2010

Chipman ED, McIntyre NE, Strauss RE, Wallace MC, Ray JD, Boal CW. Effects of human land use on western Burrowing Owl foraging and activity budgets. *Journal of Raptor Research*. 2008;42(2):87-98. Disponível em: <<https://bioone.org/journals/journal-of-raptor-research/volume-42/issue-2/JRR-07-20.1/Effects-of-Human-Land-Use-on-Western-Burrowing-Owl-Foraging/10.3356/JRR-07-20.1.full>> Acesso em: 03 de out de 2021

Cubas, Z. S., Silva, J. C. R., Catão-Dias, J. L. Tratado de Animais Selvagens-Medicina Veterinária: medicina veterinária. 2. ed. Sao Paulo: Gen, 2014. pg. 474 Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-277-2649-8/>> Acesso em: 03 de out de 2021

Coulombe, H.N. (1971) Behavior and Population Ecology of the Burrowing Owl, *Speotyto cunicularia*, in the Imperial Valley of California, *The Condor* 73(2):162-176

De Paula, F. E.. Histórico de devastação da Floresta Estacional Decidual do rio Uruguai em Santa Catarina: um enfoque no município de Palmitos, 2018, Trabalho de Conclusão do Curso (requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018, Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/192620/TCC%20-%20Franco%20Emiliano%20de%20Paula.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em 25 de maio de 2021

Duval, B. D., & Whitford, W. G., Reintroduced prairie dog colonies change arthropod communities and enhance burrowing owl foraging resources, 2012, Disponível em:<<https://ojs.library.queensu.ca/index.php/ISE/article/view/4450>> Acesso em 08 de ago. de 2021

Jacobucci, G. B. (2007). Comportamento de alarme em corujas buraqueiras (*Athene cunicularia*) durante o período reprodutivo no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zoociências*, 9(2). Disponível em:<[file:///C:/Users/borracharia/Downloads/24095-Texto%20do%20artigo-94875-1-10-20090806%20\(5\).pdf](file:///C:/Users/borracharia/Downloads/24095-Texto%20do%20artigo-94875-1-10-20090806%20(5).pdf)> acesso em 27 de Jun. de 2022

Marks, J.S., R.J. Cannings, & H. Mikkola. (1999) Family *Strigidae*. p. 76-242. In: del Hoyo, J., A. Elliot & J. Sargatal (eds.) Handbook of the birds of the worldv.5 Barn Owls to hummingbird. Barcelona: Lynx Edition

Martin, P.; Baterson, P; Measuring Behaviour: An Introductory Guide 2. ed. Cambridge, Cambridge University Prees, 1993. P. 84-100

Martin, D.J. (1973) Selected aspects of Burrowing Owl ecology and behavior. *The condor* 75: 446-447, Disponível em: <<http://www.elkhornsloughctp.org/uploads/files/1408723931Martin.%201973.%20Selected%20aspects%20of%20Burrowing%20Owl%20ecology%20and%20behavi or..pdf>> acesso em 13 de Jul. de 2022

Martins, M., Egler, S. G. Comportamento de caça em um casal de Corujas Buraqueiras (*Athene cunicularia*) na região de Campinas, São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Biologia, v. 50, n. 32, p. 579-584, 1990. Disponível em:<https://www.researchgate.net/profile/Marcio-Martins-10/publication/236897117_Comportamento_de_caca_em_um_casal_de_corujas_buraqueiras_Athene_cunicularia_na_regiao_de_Campinas_Sao_Paulo_Brasil/links/00b7d52125f572e23c000000/Comportamento-de-caca-em-um-casal-de-corujas-buraqueiras-Athene-cunicularia-na-regiao-de-Campinas-Sao-Paulo-Brasil.pdf> Acesso em 13 de set. de 2021

Perillo, A., Queiroz, M. B., Mazzoni, L. G., & Pessoa, R. M. (2011). Padrões de atividade da coruja-buraqueira, *Athene cunicularia* (Strigiformes: Strigidae), no campus da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, e comentários sobre um peculiar comportamento de estocagem de alimento. *Atualidades Ornitológicas On-line*, 160, 55-58. Disponível em:<https://www.researchgate.net/profile/Luiz-Gabriel-Mazzoni/publication/221675771_Padros_de_atividade_da_coruja-buraqueira_Athene_cunicularia_Strigiformes_Strigidae_no_campus_da_Pontificia_Universidade_Catolica_de_Minhas_Gerais_Belo_Horizonte_e_comentarios_sobre_um_peculiar_comport/links/0922b4f5cbfdee6f70000000/Padros-de-atividade-da-coruja-buraqueira-Athene-cunicularia-Strigiformes-Strigidae-no-campus-da-Pontificia-Universidade-Catolica-de-Minas-Gerais-Belo-Horizonte-e-comentarios-sobre-um-peculiar-com.pdf> Acesso em 19 de jun. de 2022

Plumpton, D. L.; Lutz, R. S. Influence of vehicular traffic on time budgets of nesting burrowing owls. *Journal of Wildlife Management*, Bethesda, v. 57, n. 3, 612-616, 1993

Rocha, A. D. (2020). Ecologia de *Athene cunicularia* (Molina 1782)(Aves, *Strigidae*) no litoral centro-norte de Santa Catarina, Brasil. Disponível em:<<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/12884/ROCHA%2c%20Alana%20Drielle.pdf?sequence=3&isAllowed=y>> Acesso em 27 de jun. de 2022

Soares, M., Schiefler, A. F., & Ximenez, A. (1992). Aspectos do comportamento de *Athene Cunicularia* (Molina, 1782)(Alves: *Strigidae*), na restinga da Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. *Biotemas*, 5(2), 71-74.

Santos, Divaney Mamédio dos et al. Caracterização Alimentar Da *Athene Cunicularia* (*Strigiformes: Strigidae*)(Coruja Buraqueira). *Ciência Animal Brasileira*, v. 18, 2017. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/cab/a/Zvyyyt4cypfLLZkJdt5LPLj/?format=pdf>> Acesso em 11 de dez. de 2022

Soares, et al. Hábitos alimentares de *Athene cunicularia* (Molina, 1872) (Aves: Strigidae) na restinga da praia da Joaquina, ilha de Santa Catarina. *Biotemas*, Florianópolis, v. 5, n. 1, p. 85-89, 1992.

Turcatto, J. S. Efeito do horário do dia, sexo e grau de urbanização no comportamento de Coruja-Buraqueira (*athene cunicularia*) na ilha de Santa Catarina, Trabalho de Conclusão de Curso, Bacharelado (Ciências Biológicas), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015, disponível em:<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/174768/Jordana%20Santos%20Turcatto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em 02 de ago. de 2021

VIANA, M. S. S. B., Características hematológicas e ocorrência de hemoparasitas em aves de rapina, Dissertação de Mestrado Integrado (Medicina Veterinária), UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA, Faculdade de Medicina Veterinária, Lisboa, 2010, Disponível em:< <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/2910j>> Acesso em 02 de ago. de 2021

Weather Spark, Clima e condições meteorológicas médias em Concórdia no ano todo. Disponível em <<https://pt.weatherspark.com/y/29625/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Conc%C3%B3rdia-Brasil-durante-o-ano>> acesso em 27 de set. de 2021

ZILIO, Felipe, Dieta de Falco sparverius (Aves: Falconidae) e Athene cunicularia (Aves: Strigidae) em uma região de dunas no sul do Brasil, Revista Brasileira de Ornitologia. 2006;14(4):379392, Disponível em:< https://www.researchgate.net/profile/Felipe-Zilio/publication/228978835_Dieta_de_Falco_sparverius_Aves_Falconidae_e_Athene_cunicularia_Aves_Strigidae_em_uma_regiao_de_dunas_no_sul_do_Brasil/links/02e7e53a84a3f5ee40000000/Dieta-de-Falco-sparverius-Aves-Falconidae-e-Athene-cunicularia-Aves-Strigidae-em-uma-regiao-de-dunas-no-sul-do-Brasil.pdf> Acesso em 09 de ago. de 2021

ÍNDICE REMISSIVO

I

17- β estradiol · 39

A

Arterial hypotension · 27
Athene cunicularia · 85
Auricular acupuncture · 25
Aves · 86

B

Biodegradação · 38
Biofilme · 7
Biomolecular modulation · 31
Bisfenol A · 38

C

Citocinas · 7
Comportamento animal · 85
Contaminantes emergentes · 36
Coronavírus · 65
Coruja Buraqueira · 86

D

Desreguladores endócrinos · 37
Diabete · 8
Dietilestilbestrol · 39
Doença periodontal · 7
Doenças bucais · 8
Doenças inflamatórias · 7

E

Epifloripa · 7
Estresse oxidativo · 8

F

Fitoestrogênio · 36

G

Gengivite · 8

H

Hemodialysis · 26
Hormônios · 37

I

Inflammatory processes · 29
Interferon · 29

J

John Snow · 74

K

Kidney disease · 25

N

Neurokinin · 29

S

SARS-cov-2 · 62
Sistema purinérgico · 8

T

Theo Colborn · 37

V

Variantes · 71
Vigeai · 62
Vírus não envelopados · 63



GS4
EDITORIA