

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
**FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA**  
**CÂMPUS DE ARAÇATUBA**

**AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA E DA GERAÇÃO DE**  
**EFLUENTES EM UMA INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO**  
**DE TILÁPIAS**

**Karline Tikae Tani Murakami**

Farmacêutica Bioquímica

**ARAÇATUBA – SP**

**2018**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
**FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA**  
**CÂMPUS DE ARAÇATUBA**

**AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA E DA GERAÇÃO DE  
EFLUENTES EM UMA INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO  
DE TILÁPIAS**

**Karline Tikae Tani Murakami**

**Orientador: Prof. Adj. Dr. Marcos Franke Pinto**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária – Unesp, Campus de Araçatuba, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciência Animal (Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal).

**ARAÇATUBA – SP**

**2018**

Catálogo na Publicação(CIP)  
Serviço de Biblioteca e Documentação – FMVA/UNESP

Murakami, Karline Tikae Tani

M972a

Avaliação do consumo de água e da geração de efluentes em uma indústria de processamento de Tilápias / Karline Tikae Tani Murakami.

Araçatuba : [s.n], 2018.

118 f. il.

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária, 2018.

Orientadora: Pro<sup>fa</sup> Adj. Marcos Franke Pinto

1. Peixes. 2. Tecnologia Limpa. 3. Conservação dos Recursos Naturais. 4. Conservação dos Recursos Hídricos. I. T.

CDD 664.94



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araçatuba

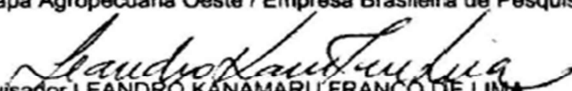
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO: AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA E DA GERAÇÃO DE EFLUENTES EM UMA INDÚSTRIA  
DE PROCESSAMENTO DE TILÁPIAS

**AUTORA: KARLINE TIKAE TANI MURAKAMI**  
**ORIENTADOR: MARCOS FRANKE PINTO**  
**COORIENTADORA: DANIELLE DE BEM LUIZ**  
**COORIENTADORA: ELISA HELENA GIGLIO PONSANO**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em CIÊNCIA ANIMAL, área: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Analista DANIELLE DE BEM LUIZ  
Embrapa Agropecuária Oeste / Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

  
Pesquisador LEANDRO KANAMARU FRANCO DE LIMA  
Centro Nacional de Pesquisa em Pesca, Aquicultura e Sistemas Agrícolas / Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Prof. Dr. MAURICIO AUGUSTO LEITE  
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia - Câmpus de Ilha Solteira/Unesp

Profa. Dra. ANDRÉA FONTES GARCIA  
Cursos de Farmácia e Nutrição / Centro Católico Auxilium - UNISALESIANO/Araçatuba

Prof. Dr. MAX JOSÉ DE ARAUJO FARIA JUNIOR  
Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/Unesp

Araçatuba, 31 de julho de 2018.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**KARLINE TIKAE TANI MURAKAMI** - nascida em 03 de julho de 1979 no município de Guarulhos/SP. Em 2000, iniciou o curso de Farmácia e Bioquímica na Faculdade de Medicina do ABC – SP e formou-se em 2004. Iniciou em 2007 o curso de pós-graduação em Ciência Animal na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – FMVA/UNESP, na área de Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal. Nesse período, era responsável técnica em Farmácia onde atuou até o ano de 2011. Em 2014, iniciou o curso de doutorado do programa de pós-graduação em Ciência Animal na Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

## DEDICATÓRIA

Dedico

À minha família, pelos exemplos de determinação e amor.

Ao marido, Reinaldo, pelo amor, paciência e companheirismo.

Às minhas filhas Lelê e Milly, pelos momentos de carinho e alegria.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu marido Reinaldo Murakami pelo apoio e incentivo em todas as escolhas que faço na minha vida, à minha filha Letícia pelo carinho e compreensão pelos momentos que estive ausente no decorrer dessa jornada.

Agradeço à minha família por estarem sempre ao meu lado nos momentos de alegria e principalmente nos momentos de dificuldade.

À Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas/TO, em especial ao Pesquisador Dr. Leandro Kanamaru Franco de Lima pela parceria no desenvolvimento desse trabalho e à analista Dra. Danielle de Bem Luiz pelos ensinamentos, atenção e carinho.

Ao Entrepasto de pescado Geneseas Aquaculture por acreditar no nosso trabalho para a realização das atividades de campo e coleta de material.

Aos amigos: Leandro Kanamaru Franco de Lima, Jussara Yoshida Nakamura e Alex Akira Nakamura meus sinceros agradecimentos pela amizade e momentos de risadas.

Às amigas: Helenice Aparecida Pires, Ligia Mara Sandeski e Juliana Maziero Vacacari pelo companheirismo e pelo apoio durante a coleta das amostras e a realização das análises no Laboratório de Análises de Alimentos.

À Profa. Dra. Elisa Helena Giglio Ponsano, pela oportunidade de aprendizado e crescimento e pelo exemplo de superação.

Ao Prof. Marcos Franke Pinto pela oportunidade e disponibilidade para que eu pudesse concluir essa etapa de minha formação.

## SUMÁRIO

Página

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| SUMÁRIO.....                                                                                             |    |
| LISTA DE FIGURA.....                                                                                     |    |
| LISTA DE TABELAS .....                                                                                   |    |
| RESUMO.....                                                                                              |    |
| SUMMARY .....                                                                                            |    |
| CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....                                                                   | 9  |
| 1 Introdução .....                                                                                       | 9  |
| 2 Revisão de literatura .....                                                                            | 10 |
| 2.1 Panorama da produção mundial de pescado .....                                                        | 10 |
| 2.2 Características das espécies de tilápia .....                                                        | 11 |
| 2.3 Disponibilidade (escassez) de água.....                                                              | 13 |
| 2.4 Política Nacional de Recursos Hídricos .....                                                         | 15 |
| 2.5 Água na indústria de alimentos .....                                                                 | 17 |
| 2.6 Processamento do pescado e geração de efluentes.....                                                 | 19 |
| 2.7 Sustentabilidade.....                                                                                | 20 |
| 2.8 Estratégias de minimização.....                                                                      | 22 |
| 2.9 Minimização dos efluentes líquidos e de sua carga poluidora.....                                     | 23 |
| REFERÊNCIAS.....                                                                                         | 25 |
| CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO DO USO HÍDRICO INDUSTRIAL PARA O<br>PROCESSAMENTO COMERCIAL DE TILÁPIAS..... | 35 |
| 1 Introdução .....                                                                                       | 37 |
| 2 Material e Métodos .....                                                                               | 39 |

|                                                                                                                                                         |                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1                                                                                                                                                     | Descrição da unidade de beneficiamento de tilápia .....                 | 39 |
| 2.2                                                                                                                                                     | Determinação do volume de água inicial.....                             | 40 |
| 2.3                                                                                                                                                     | Minimização do consumo da água .....                                    | 41 |
| 2.4                                                                                                                                                     | Análise estatística .....                                               | 41 |
| 3                                                                                                                                                       | Resultados e Discussão.....                                             | 42 |
| 3.1                                                                                                                                                     | Uso global de água .....                                                | 42 |
| 3.2                                                                                                                                                     | Uso de água nos turnos .....                                            | 45 |
| 3.3                                                                                                                                                     | Minimização do consumo de água no processamento.....                    | 47 |
| 4                                                                                                                                                       | Conclusão .....                                                         | 51 |
|                                                                                                                                                         | REFERÊNCIAS.....                                                        | 52 |
| CAPÍTULO 3 - INFORMAÇÕES PARA INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO DE TILÁPIA PARA DEFINIR ESTRATÉGIAS EFETIVAS E COM MENOR CUSTO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES..... |                                                                         |    |
|                                                                                                                                                         |                                                                         | 56 |
| 1                                                                                                                                                       | Introdução .....                                                        | 58 |
| 2                                                                                                                                                       | Material e método .....                                                 | 60 |
| 2.1                                                                                                                                                     | Descrição da unidade de estudo .....                                    | 60 |
| 2.2                                                                                                                                                     | Caracterização do efluente .....                                        | 61 |
| 2.3                                                                                                                                                     | Cargas de poluentes geradas na indústria.....                           | 64 |
| 3                                                                                                                                                       | Resultados e discussão .....                                            | 66 |
| 3.1                                                                                                                                                     | Caracterização do efluente .....                                        | 66 |
| 3.2                                                                                                                                                     | Cargas de poluentes geradas na indústria.....                           | 82 |
| 3.3                                                                                                                                                     | Potencial de minimização, reúso indireto e segregação de efluentes .... | 85 |
| 4                                                                                                                                                       | Conclusão .....                                                         | 89 |
|                                                                                                                                                         | REFERÊNCIAS.....                                                        | 89 |
|                                                                                                                                                         | ANEXO A – RESULTADOS DAS ANÁLISES .....                                 | 97 |

|                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ANEXO B – RESULTADOS DAS ANÁLISES .....                                                   | 98  |
| ANEXO C – RESULTADOS DAS ANÁLISES .....                                                   | 99  |
| APÊNDICE A – PADRÕES DE REÚSO DE ÁGUA .....                                               | 100 |
| APÊNDICE B – NORMAS PARA ENVIO DO ARTIGO À REVISTA JOURNAL OF<br>CLEANER PRODUCTION ..... | 102 |

## **LISTA DE FIGURAS**

Página

### **CAPÍTULO 2**

Figura 1 - Distribuição do consumo de água (%) das etapas do processamento de tilápia durante o período de avaliação. ....43

### **CAPÍTULO 3**

Figura 1. Pontos de geração de efluentes na planta industrial de processamento de tilápia que foram caracterizados nesse estudo.....62

## LISTA DE TABELAS

Página

### CAPÍTULO 2

|                                                                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Consumo global de água, consumo de água para a limpeza industrial e valores de produção na indústria de processamento de tilápia, separados por turnos de trabalho ..... | 45 |
| Tabela 2 - Consumo de água por quilograma de tilápia (matéria-prima e processada) em diferentes setores da indústria pelo turno.....                                                | 46 |
| Tabela 3 - Propostas de minimização para o beneficiamento de tilápias.....                                                                                                          | 48 |
| Tabela 4 - Minimização do consumo de água por quilograma de tilápia processada por diferentes setores da indústria.....                                                             | 49 |

### CAPÍTULO 3

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Pontos de coleta das amostras para qualificação de efluentes.....                                                  | 63 |
| Tabela 2 - Parâmetros analisados e métodos utilizados para caracterização físico-química e microbiológica dos efluentes ..... | 64 |
| Tabela 3 - Capacidade de mineralização dos efluentes das etapas de processamento de tilápia .....                             | 71 |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 4 -  | Biodegradabilidade de efluentes gerados nas etapas do processamento de tilápia .....                                                                                                                                                                                                                     | 77  |
| Tabela 5 -  | Cargas poluentes da indústria de processamento de tilápia .....                                                                                                                                                                                                                                          | 83  |
| Tabela 6 -  | Concentração e carga de poluente de DBO <sub>5</sub> de efluentes industriais..                                                                                                                                                                                                                          | 84  |
| Tabela 7 -  | Características físico-químicas e microbiológica dos efluentes das etapas do processamento de tilápia: alcalinidade total (m/L), dureza total (mg/L), sílica (mg/L), cor aparente (mg/L), cor real (mg/L), turbidez (NTU), pH .....                                                                      | 97  |
| Tabela 8 -  | Características físico-químicas e microbiológica dos efluentes das etapas do processamento de tilápia: sólidos totais (mg/L), sólidos totais fixos (mg/L), sólidos totais voláteis (mg/L), substâncias tensoativas (mg/L); alumínio total (mg/L); ferro (mg/L); DBO <sub>5</sub> (mg/L), DQO (mg/L)..... | 98  |
| Tabela 9 -  | Características físico-químicas e microbiológica dos efluentes das etapas do processamento de tilápia: nitrato (mg/L), nitrito (mg/L), nitrogênio amoniacal (mg/L), cloreto (mg/L), coliformes totais (mg/L), óleos e graxas (mg/L) .....                                                                | 99  |
| Tabela 10 - | Padrões para possíveis reúsos de água e para lançamento do efluente final em corpos hídricos.....                                                                                                                                                                                                        | 100 |

## **AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA E DA GERAÇÃO DE EFLUENTE EM UMA INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO DE TILÁPIAS**

**RESUMO** – O crescimento sustentável da indústria de processamento de tilápia está diretamente relacionado com o uso eficiente de água e com a gestão da qualidade da água devolvida ao meio ambiente. Foi avaliado o uso global de água em uma planta de produção de filé de tilápia, bem como o uso de água em diferentes etapas do processamento. Para isso, foram instalados hidrômetros em 13 pontos do estabelecimento. Em seguida, foram sugeridas ações de minimização visando diminuir o uso de água. O uso global de água foi de  $432 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$ , sendo a etapa de depuração responsável por 40,7% desse volume, seguida das atividades relacionadas com a limpeza (32,3%). As ações de minimização implantadas reduziram 29% do uso de água referente à área limpa do processamento da empresa. Em seguida, foi realizada a caracterização físico-química e microbiológica dos efluentes gerados na indústria para a determinação das suas cargas de poluentes. A indústria, como um todo, gerou um efluente com alta carga de matéria orgânica, sendo as etapas onde há maior contato da água com o pescado e seus resíduos (cabeça, carcaça, carne, pele, sangue e vísceras) as maiores fontes poluidoras. Os parâmetros de DBO, DQO e óleos e graxas apresentaram os valores acima dos limites estabelecidos pela legislação para lançamento em sistemas de esgotamento sanitário ou em corpos hídricos receptores. Isso evidenciou a necessidade de um tratamento prévio do efluente antes do seu descarte. Além disso, foi avaliado o potencial do efluente gerado na etapa de depuração para reuso em sistemas de resfriamento e para fins urbanos. Este trabalho apresentou alternativas para minimização do uso de água e geração de efluente e também forneceu dados para orientar as indústrias de beneficiamento de tilápia na definição de ações e estratégias para segregação, tratamento e reuso de efluentes dentro dos princípios de gestão ambiental e sustentabilidade, considerando as restrições impostas pela legislação brasileira e as práticas higiênicas da indústria de alimentos.

**Palavras-Chave:** Peixes, Tecnologia Limpa, Conservação dos recursos naturais, Conservação dos recursos hídricos.

## EVALUATION OF WATER CONSUMPTION AND EFFLUENT GENERATION IN A TILÁPIA PROCESSING INDUSTRY

**ABSTRACT** - The sustainable growing of the tilapia processing industry is directly related to the efficient use of water and to the management of the quality of water returned to the environment. The global use of water in a tilapia fillet processing plant and the use of water in different processing stages were evaluated. For this, hydrometers were installed at 13 points within the premisses. Additionally, minimization actions were suggested aiming at reducing the water use. It was used  $432 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  of water, being the depuration stage responsible for 40.7% of this volume, followed by the general cleaning process of the plant (32.3%). The applied minimization actions reduced in 29% the use of water in the clean area of the processing flow. After this, the physical-chemical and microbiological characterization of the effluents generated by the industry was performed in order to evaluate the pollutant load. The industry, as a whole, produced an effluent with high organic matter load, being the stages in which the water contacts the fish and the solid residues (head, carcass, meat trimmings, skin, blood and viscera) the main pollutant sources. The parameters BOD, COD, oils and greases presented values above the legal limits to dispose in the effluent treatment systems or in the hydric spring. This demonstrated the necessity of a previous treatment of the effluent before it is discarded. Besides that, the potential of the effluent from the depuration stage to be reused for urban purposes and in industrial cooling processes was evaluated. This study proposed alternatives to minimize water use and effluent generation and also provided data to orientate the tilapia processing industries in definition of effluent segregation, treatment and reuse actions and strategies, attending the principles of environmental management and sustainability, considering the restrictions settled by the Brazilian legislation and the food industries hygienic practices.

**Keywords:** Fisheries, Clean Technology, Natural Resource Conservation, Water Resource Conservation

## **CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **1 Introdução**

O crescimento do número de habitantes no mundo e do seu poder aquisitivo aliado à preocupação por uma alimentação mais saudável têm proporcionado um aumento significativo no consumo de peixe, revelando assim um potencial de oportunidade para o mercado da piscicultura no Brasil.

Em 2017, a piscicultura brasileira produziu 691.700 toneladas de peixes de cultivo que representa um aumento de 8% em relação ao ano anterior (MEDEIROS, 2018)

Contudo, o grande desafio é desenvolver uma aquicultura sustentável, já que a atividade demanda muito dos recursos naturais como água, energia e solo (KUBITZA, 2010). Por isso, é necessário que se faça a devida gestão e racionalização deles, ou seja, produzir de forma lucrativa, com conservação dos recursos naturais em toda a cadeia produtiva.

A indústria de processamento de pescado utiliza um volume alto de água potável que é utilizada em quase todas as etapas do processamento e para o processo de higienização da indústria. O volume de água utilizado está relacionado com: a espécie de pescado, o tipo de produto final obtido, o grau de processamento, a tecnologia adotada e principalmente com o grau de comprometimento da indústria com os conceitos de produção mais limpa, principalmente referente com as práticas de minimização do consumo de água (MURPHY, 2006)

A preocupação não é somente com a água que entra, mas também com aquela que sai do processo pois o volume de água utilizada pela indústria está diretamente ligado à quantidade de efluente produzido. O efluente gerado na indústria de processamento de pescado apresenta alta carga orgânica (CARAWAN, 1991), por isso o tratamento adequado é fundamental antes de ser lançado em corpos hídricos receptor.

Considerando a importância da água para as atividades aquícolas, programas de minimização do uso e iniciativas de reúso de água e de minimização de geração

de efluente e de suas cargas de poluentes, são ferramentas de grande importância que devem ser desenvolvidas pelas indústrias para amenizar os impactos ambientais e econômicos e atingir uma produção mais sustentável.

## **2 Revisão de literatura**

### **2.1 Panorama da produção mundial de pescado**

O aumento da renda, principalmente em economias emergentes, está modificando a dieta dos consumidores para alimentos mais ricos em proteínas e mais benéfico à saúde, estimulando o consumo de pescado e consequentemente o aumento das atividades aquícolas (FREIBAUER et al., 2011). Além da qualidade nutricional, os consumidores buscam também a praticidade de preparo do alimento. Nesse sentido, é cada vez maior a procura por produtos processados como filé congelado, produtos empanados, enlatados, entre outros (SARTORI; AMANCIO, 2012).

A mais recente publicação da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) sobre pesca e aquicultura divulgou um novo recorde mundial de consumo de pescado: 20 kg per capita, atingido em 2014 (FAO, 2016). O órgão atribui o índice ao vigoroso crescimento da aquicultura, e enfatiza que a vasta potencialidade dos oceanos e rios necessita ser cada vez mais explorada de modo a contribuir com a segurança alimentar para suprir a população global projetada para 9,7 bilhões em 2050 e a demanda por alimentos que aumentará 60% (FAO, 2015 a).

Em 2014, a produção mundial de peixes por aquicultura respondeu por 44,1% da produção total (captura + aquicultura). Com exceção da Oceania, em todos os demais continentes vem se verificando nos últimos anos uma tendência de aumento na quota de pescado produzido por aquicultura, que se mostra mais expressiva nos países em desenvolvimento do que nos países desenvolvidos. Na Ásia, a contribuição da aquicultura no suprimento de peixe para consumo humano já

ultrapassa a pesca por captura, um cenário que tem a China como principal ator, respondendo por mais de 60% da produção mundial por aquicultura (FAO, 2016).

O cultivo de tilápias representa uma atividade econômica em evidente expansão, sendo que a criação e a industrialização da espécie têm sido difundidas em quase todo o Brasil. Em 2017, a piscicultura brasileira produziu 691.700 toneladas de peixes de cultivo que representa um aumento de 8% em relação ao ano anterior. Segundo levantamento da Associação Brasileira de Piscicultura, a tilápia é a espécie de cultivo mais importante do Brasil, representando 51,7% da piscicultura nacional com mais de 357.000 toneladas em 2017. Esse resultado coloca o Brasil entre os quatro maiores produtores do mundo, atrás de China, Indonésia e Egito (MEDEIRO, 2018). O potencial do Brasil para a aquicultura deve-se pela existência de condições competitivas e favoráveis, como: condições climáticas e ambientais; a disponibilidade de mão-de-obra, insumos, produtos e serviços para o setor; as condições diversificadas para implantação de sistemas produtivos e a existência de uma rede de processamento e transformação da matéria-prima (OSTRENSKY et al., 2008). A esses fatores, acrescenta a significativa produção nacional de grãos para a fabricação de ração como mais uma condição favorável ao cultivo de pescado no Brasil (CARLSON, 2014). A tilápia, atualmente, é o pescado de maior importância econômica para o país, evidenciada pela existência de um grande número de unidades de beneficiamento especializadas na sua filetagem comercial. Também apresenta excelente interesse comercial, pois o maior rendimento do filé nessa espécie, que gira em torno 33% (RODRIGUES et al., 2013) e a ausência de espinhas no filé tornam-na bastante apropriada para a filetagem (BOSCOLO et al., 2002). Além disso, a popularização de seu consumo é favorecida, pelas características típicas dos peixes preferidos pelos consumidores, tais como carne branca de textura firme, sabor delicado e fácil filetagem (SILVA et al., 2009).

## **2.2 Características das espécies de tilápia**

Dentre mais de 70 espécies de tilápias, a maioria delas oriundas da África, quatro conquistaram destaque na aquicultura mundial: a Tilápia de Moçambique

(*Oreochromis mossambicus*), a Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*); a Tilápia azul ou Tilápia áurea (*Oreochromis aureus*) e a Tilápia de Zanzibar (*Oreochromis urolepis hornorum*) (ALFENAS, 2016). Essas espécies diferem entre si quanto a crescimento, tolerância à baixa temperatura e à salinidade, idade de maturação sexual e prolificidade. Além dessas, combinações entre essas espécies foram usadas para a obtenção de tilápias híbridas, em particular as tilápias vermelhas, com características intermediárias, dependendo do grau de contribuição das espécies que lhes deram origem (KUBITZA; KUBITZA, 2016).

Em todo o mundo, a Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), espécie em que incubação dos ovos se dá na boca da fêmea, é a mais cultivada na aquicultura continental (ALFENAS, 2016; LEM et al., 2014). No Brasil, ela foi introduzida na década de 1970, vindo da África e, em 2010, sua produção alcançou 155.450 t, o que representava, à época, 39,4% da atividade agrícola brasileira (BRASIL, 2012). A expansão da tilapicultura nacional tem sido impulsionada pela demanda de mercado e pela aprovação da carne da tilápia pela população, o que se deve ao valor nutritivo e aos preços baixos (CARLSON, 2014; SIMÕES, 2007).

As Tilápias-do-Nilo são representantes da ordem Perciforme, família *Cichlidae*, e se destacam dentre as demais espécies devido à rusticidade no manejo, ao grande poder de sobrevivência em condições ambientais diversificadas, à facilidade de reprodução, ao excelente crescimento em cultivo e à resistência a doenças (RODRIGUES et al., 2013). No Brasil, a abundância de recursos hídricos e as condições climáticas favorecem o cultivo dessa espécie, gerando lucratividade em curto prazo de tempo (CARLSON, 2014).

De acordo com Scorvo Filho et al. (2010), existem atualmente no Brasil linhagens de Tilápia-do-Nilo melhoradas geneticamente e adaptadas às condições tropicais, tais como a Tilápia Tailandesa, a linhagem GIFT (*Genetically Improved Farmed Tilapia*), e a linhagem GMT (*Genetically Male Tilapia*), última contando com duas variedades, a prateada e a vermelha.

Em 2010, 40,5% do pescado produzido mundialmente foi comercializado vivo, fresco ou resfriado, enquanto que 45,9% foi destinado ao congelamento (principalmente), enlatamento, cura ou a outras formas de processamento, e o

restante foi destinado para fins não alimentares (LEM et al., 2014). O beneficiamento do pescado permite ampliar as opções de mercado capazes de oferecer preços mais compatíveis com os custos de produção. Muitas indústrias de pescado também realizam a transformação das sobras da filetagem em produtos com alto valor agregado, tais como *nuggets* e hambúrgueres, obtendo preços mais competitivos no mercado (KUBITZA, 2003).

### **2.3 Disponibilidade (escassez) de água**

Todos no planeta devem ter acesso à água potável segura e acessível. Esse é o um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para 2030, segundo a agenda de desenvolvimento sustentável da ONU. (ONU, 2015).

Do total de água da Terra, aproximadamente 97% compõe os mares e oceanos salgados e dos 3,0% restantes, cerca de 70% estão na forma de gelo nos polos, nas geleiras e topos de montanhas, quase 30% são subterrâneas e apenas 0,3% são superficiais em rios e lagos. Mesmo assim, essa quantidade seria mais do que o suficiente para atender às necessidades de toda a população mundial. No entanto, a escassez de água afeta mais de 40% da população mundial, número que deverá subir ainda mais até 2050, no qual pelo menos uma em cada quatro pessoas viverá em um país onde a falta de água potável será crônica ou recorrente (FAO, 2018). Isso, é resultado da mudança climática, crescimento da população mundial que aumenta a demanda de água para as mais variadas atividades como o abastecimento público, uso industrial e agricultura e da gestão inadequada dos recursos naturais (FAO, 2015).

Os conflitos em torno do uso da água tendem a crescer ao longo dos anos devido as variações climáticas que projetam constantes mudanças na dinâmica do ciclo da água de modo que as discrepâncias entre a oferta e demanda hídrica estão aumentando (WWDR, 2015). Esse problema é agravado com a degradação dos recursos naturais como o desmatamento das florestas que são grandes produtoras de água e protetoras de todo o ciclo hidrológico, pois preservam a umidade do meio

ambiente e retêm a água do solo, permitindo que as nascentes voltem a produzir água.

Algumas regiões com alta densidade populacional apresentam problemas de escassez devido a distribuição da água não ocorrer de maneira homogênea no planeta. O Brasil, por exemplo, possui o maior reservatório de água doce superficial da Terra, aproximadamente 12%, sendo que 80% encontra-se na região Norte, onde vive cerca de 5% da população e os 20% restantes têm de abastecer 95% dos brasileiros. Já a região Sudeste que detém apenas 6% da água tem que atender 42,6% da população brasileira. Essa distribuição desigual ocorre devido as dimensões continentais do Brasil que proporciona condições climáticas variadas que influenciam diretamente as características hidrológicas e, portanto, a disponibilidade hídrica de cada região. Além dessa distribuição não homogênea, há o crescimento da população mundial, que aumenta a demanda de água para as mais variadas atividades como o abastecimento público e principalmente para uso industrial e para agricultura.

O mau uso da água prejudica sua disponibilidade que também está relacionada à sua qualidade, já que a poluição das fontes pode impedir seus diversos usos. Inúmeros fatores como a falta de planejamento urbano, a ausência em investimentos no fornecimento e o descarte sem tratamento adequado das águas residuais, contribuem para a poluição e contaminação que provocam a degradação de nascentes, rios e mananciais. Segundo os dados mais recentes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), divulgados em janeiro deste ano e referentes a 2015, apenas 42,7% dos esgotos gerados do país são tratados, levando a problemas tanto de doenças relacionados a contaminação de microorganismos quanto problemas desenvolvidos pelo despejo de variados tipos de substâncias tóxicas pelas indústrias (SNIS, 2018). Se nada for feito, a qualidade da água irá piorar nas próximas décadas, aumentando o risco para a saúde humana e os ecossistemas e contribuindo para escassez de água. Além disso, segundo estimativa do Instituto Trata Brasil, as perdas no país chegam a quase 40% da água captada e tratada para abastecimento, por causa de vazamentos, evaporação ou ineficiência do sistema de distribuição (OLIVEIRA, et al., 2018)

## 2.4 Política Nacional de Recursos Hídricos

O uso da água no Brasil é regido pela Lei nº 9.433, de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e determina que as empresas ou pessoa devem solicitar aos órgãos ambientais estaduais a outorga de direito de uso da água. Além disso, estabelece a cobrança pelo uso, ou seja, a água de fontes superficiais (rios e lagos) e subterrâneas, passa a ser em função do volume captado. Outro mecanismo que também faz parte dessa política é a cobrança pelo lançamento de efluentes nos corpos receptores, referindo-se ao princípio do poluidor-pagador, ou seja, o pagamento para quem estiver despejando efluentes nos cursos d'água (BRASIL, 1997a). Com isso, os custos operacionais das indústrias aumentaram, interferindo significativamente nas operações das indústrias. Dessa forma, as indústrias que aprimoram e modernizam suas operações que demandam água aumentam seu desempenho ambiental e podem utilizar como fator de diferenciação no mercado (MALTA; PRESTES, 1997).

O conhecimento prévio da qualidade da água também é importante para a gestão de água da empresa. As indústrias abastecidas com águas da rede pública, devem ter sua atenção voltada ao sistema de distribuição (tubulação e torneiras) e armazenamento (reservatório), uma vez que a água potável segue os parâmetros estabelecidos pela portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011a). As indústrias abastecidas através de poços artesianos com águas subterrâneas ou através de águas de superfície (águas de rios ou riachos) ou mesmo por ambas as fontes, precisam da outorga para captação de um determinado volume de água e dependendo da bacia hidrográfica que estiver inserida pode haver a cobrança pelo uso da água. No estado de São Paulo, a cobrança foi aprovada pela Lei nº 12.183 de 29 de dezembro de 2005 (SÃO PAULO, 2005), cuja regulamentação foi realizada através do Decreto nº 50.667 de 30 de março de 2006 (SÃO PAULO, 2006), no qual foram aprovados e fixados os valores a serem cobrados pela utilização dos recursos hídricos de domínio do Estado de São Paulo na Bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ). A qualidade das águas superficiais depende da sua classificação de acordo com a Resolução nº 357/2005 (BRASIL, 2005) e as águas subterrâneas

apesar de apresentarem qualidade superior às águas superficiais, não necessariamente são potáveis, sendo necessário na maioria das vezes, apenas a desinfecção.

Nesse sentido, é fundamental para as indústrias ter um controle da qualidade da sua água de abastecimento e realizar análises periódicas, bem como um sistema de tratamento adequado em função da qualidade requerida para os diferentes usos. Para o consumo humano e para as atividades envolvidas no processamento de alimentos, há a exigência de água potável. Outros processos, no entanto, como sistemas de resfriamento e caldeiras exigem padrões de qualidade específicas como por exemplo, concentrações de dureza e cloretos, que não prejudiquem o funcionamento de seus equipamentos.

Além disso, a preocupação não é somente com a água que entra, mas principalmente daquela que sai do processo como efluente. “Efluente líquido industrial é o “despejo líquido proveniente do estabelecimento industrial, compreendendo efluentes de processo industrial, águas de refrigeração poluídas, águas pluviais poluídas e esgoto doméstico” (ABNT, 1997). Portanto, o efluente de uma indústria é proveniente de diversas atividades, o que leva à qualidade desse resíduo variar de acordo com o setor, matéria-prima e processo utilizados em cada empresa.

As indústrias devem tratar seus efluente antes do seu descarte, seguindo as exigências legais (leis federais, estaduais) que estão cada vez mais rigorosas. A lei ambiental regula o descarte de efluentes sobre os corpos hídricos com intuito de limitar a carga poluidora lançados na natureza, considerando a classificação da água do corpo receptor onde esse efluente será lançado. Em geral, as indústrias seguem a legislação federal, ou seja, a Resolução nº 430, de maio de 2011 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) que classifica os corpos de água e estabelece condições para o lançamento de efluentes (BRASIL, 2011b). Essa resolução complementa a anterior, Resolução nº 537, de março de 2005 do CONAMA (BRASIL, 2005).

Contudo, cada estado tem seus próprios decretos. No estado de São Paulo, está em vigor o Decreto nº 8468/76 (SÃO PAULO, 1976), que classifica o padrão de

qualidade do corpo hídrico receptor e determina que as indústrias devem direcionar o efluente para o sistema de esgotamento sanitário do município, obedecendo as condições de lançamento e parâmetros presentes no artigo 19 A do referido decreto. No entanto, ocorrendo a impossibilidade técnica da utilização do sistema, o órgão ambiental fiscalizador poderá autorizar alternativa para disposição final do efluente como o lançamento direto no corpo hídrico após tratamento, com o objetivo de atingir as condições e os parâmetros do artigo 18, ou outra forma de coleta para disposição final ao sistema municipal. No caso de haver limites diferentes, entre legislações federal e estadual, de lançamento para um mesmo parâmetro, o órgão fiscalizador pode estabelecer o limite mais restritivo.

Outro critério avaliado para o lançamento, é o padrão de qualidade do corpo receptor, no qual a qualidade da água do rio não poderá ser modificada devido ao descarte dos poluentes. Portanto, leva-se em consideração também os parâmetros de classificação dos corpos d' água segundo as legislações estaduais do Decreto nº 8468/76 (SÃO PAULO, 1976) e federais que dispõe sobre a classificação dos corpos de água da Resolução nº 430/2011 (BRASIL, 2011b) e da Resolução nº 357/2005 (BRASIL, 2005).

## **2.5 Água na indústria de alimentos**

Segundo o Decreto nº 9.013 de 29 de março de 2017, do Ministério Agricultura, Pecuária e Abastecimento que dispõe sobre o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA (BRASIL, 2017), a água utilizada no processamento de produtos de origem animal deve ser potável. Porém, coloca a possibilidade do uso de água de qualidade inferior, desde que a indústria possua “rede diferenciada e identificada para água não potável, quando a água for utilizada para outras aplicações, de forma que não ofereça risco de contaminação aos produtos”. A Portaria nº 326/97 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde, restringe o uso de água potável durante a manipulação do alimento ou em superfícies onde estes possam vir a ter contato para que não haja prejuízo à qualidade higiênico-sanitária do produto final. Também,

coloca a possibilidade do uso de águas de qualidade inferior para processos em que não haja contato direto com alimentos ou superfícies onde estes possam vir a ter contato, desde que comprovadamente seguros à saúde e manipulação como sistemas de resfriamento, irrigação, descargas sanitárias, entre outros e com a anuência do órgão sanitário (BRASIL, 1997b).

Na indústria de alimentos a água é fundamental e dispõe de alto uso e consumo, devido a várias funções que desempenha nos processos e da necessidade da higienização dos estabelecimentos e equipamentos para a garantia da qualidade higiênico-sanitária do produto final (MASSOUD et al., 2010; SÁNCHEZ et al., 2011). Nesse sentido, essas indústrias, para não comprometerem seu funcionamento e crescimento, devem certificar e monitorar o fornecimento, a distribuição e estar atenta a dois requisitos com relação a água: a quantidade que deve ser suficiente para exercer todas as atividades e a qualidade para atender aos padrões físico-químicos e microbiológicos exigidos para realizar os inúmeros procedimentos.

Entre as indústrias alimentícias com maior uso de água potável encontra-se a indústria de processamento de pescado que a utiliza em quase todas as etapas do processamento (depuração, insensibilização, abate, limpeza de superfícies, evisceração, filetagem) e processo de limpeza das plantas, durante e após a atividade industrial. O uso de água pode estar diretamente relacionado às diferentes características físicas da espécie processada, à escala de produção, às tecnologias adotadas no processamento e ao grau de comprometimento da indústria com as práticas para uma produção sustentável.

O alto uso de água pelas indústrias processadoras de organismos aquáticos já foi bem registrado (CARAWAN, 1991; UTTAMANGKABOVORN et al., 2005; CHOWDHURY et al., 2010). Em geral, o maior consumo de água é devido os processos de limpeza e higienização dos equipamentos e do chão da fábrica que pode constituir cerca de 40% do consumo total de água (THRANE et al., 2009; UTTAMANGKABOVORN et al., 2005).

Apesar das normas e diretrizes nacionais e internacionais estabelecerem a qualidade sanitária do pescado, ainda não foram estabelecidos limites legais para a

utilização de água no beneficiamento de pescado, ou seja, a quantidade mínima de água a ser gasta por kg de pescado por cada etapa de processamento. Assim como existem poucas informações sobre o balanço hídrico industrial desenvolvido em uma empresa durante as suas atividades de rotina. Assim, há necessidade de haver pesquisas de viabilidade técnica, higiênico-sanitária e econômica do uso consciente da água em cada etapa do processamento.

## **2.6 Processamento do pescado e geração de efluentes**

Assim como as demais atividades de beneficiamento de produtos de origem animal, o processamento do pescado gera uma quantidade alta de efluente cujo volume é diretamente proporcional ao consumo de água na indústria (RAMJEAWON, 2000). O aumento na produção de pescado, entretanto, acarreta no aumento da industrialização e, conseqüentemente, na ampliação do volume de efluente gerado pelas indústrias de processamento.

A qualidade do efluente da indústria de pescado varia de acordo com: a espécie processada, o produto final a ser desenvolvido, os tipos de produção, a vazão e a carga de poluentes do efluente, o nível de práticas de uso racional de insumos (produção mais limpa), os aditivos utilizados (sal, molhos, óleos, entre outros) (CARAWAN, 1991; MURPHY, 2006; CHOUWDHURY et al., 2010). Nesse sentido, cada planta de processamento de pescado é única, assim não é fácil generalizar o uso de água ou a geração de efluentes (CARAWAN, 1991).

No processamento de pescado, estão incluídas diversas operações em comum como sangria, descamação, descabeçamento, evisceração, filetagem, entre outros, que geram efluentes com alta concentração de lipídios e proteínas provenientes do processo de abate, resultando em alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), assim como compostos nitrogenados e fósforo COSMANN et al. (2009) e KRUMMER et al. (2011), (CARAWAN, 1991; MURPHY, 2006; CHOUWDHURY et al., 2010). Outros processos podem gerar efluentes específicos. Na produção de pescado enlatado, o cozimento da carne antes do enlatamento, pode ser feita com vapor ou contato

direto com água quente. Nesse último caso, é gerado um efluente contendo altas concentrações de gordura e proteína. Ainda, as operações de limpeza e sanitização que adicionam substâncias derivadas dos detergentes e sanitizantes aos efluentes. Os efluentes dessas indústrias devem receber um tratamento adequado antes de retornarem ao meio ambiente para remoção de suas cargas poluentes, visando diminuição de impactos ao meio ambiente. Dessa forma, o conhecimento da composição físico-química e microbiológica do efluente possibilita a determinação das concentrações e cargas dos poluentes, o que é fundamental para definir o tipo de tratamento, monitorar o processamento, avaliar o enquadramento na legislação ambiental e avaliar a viabilidade de implantar ações de produção mais limpa às quais incluem a racionalização e o uso sustentável da água fresca (diretamente captada de rios ou proveniente de estação de tratamento de água). O tratamento pode variar de acordo com o volume gerado e da carga de poluente desse efluente.

Um tratamento convencional de efluente segue as seguintes etapas (METCALF; EDDY, 2015):

- Tratamento preliminar: remoção de constituintes sólidos removíveis por operações como gradeamento, além de remoção de areia e demais constituintes que possam prejudicar os tratamentos subsequentes;
- Tratamento primário (tratamento físico-químico): remoção de sólidos suspensos e matéria orgânica;
- Tratamento secundário (tratamento biológico): remoção de matéria orgânica biodegradável, nutrientes (nitrogênio e/ou fósforo) e sólidos suspensos, seguida ou não por desinfecção;
- Tratamento terciário: remoção de constituintes residuais de sólidos suspensos e nutrientes seguida ou não por desinfecção;
- Tratamento avançado: remoção de constituintes (suspensos ou dissolvidos) que permanecem mesmo após tratamento biológico, por exemplo compostos orgânicos persistentes ou recalcitrantes que geralmente são compostos xenobióticos.

## **2.7 Sustentabilidade**

Os desafios para garantia da segurança alimentar estão diretamente ligados com os problemas de mudanças climáticas, crescimento populacional e da necessidade de gerenciar de maneira sustentável a demanda mundial crescente por energia e água. Nesse sentido, as indústrias de alimentos, para garantir o fornecimento de alimentos, terão que aumentar sua produtividade com sustentabilidade, ou seja, tornar o sistema de produção mais eficiente, garantindo a conservação dos recursos naturais.

O aumento da demanda dos recursos hídricos e a preocupação com a escassez de água, bem como as restrições impostas pelas normas referentes ao controle ambiental, tanto com relação às cobranças pela captação de água, quanto para a liberação de efluentes tratados para o meio ambiente (aumentando os custos de produção) e também as expectativas da sociedade por padrões ambientais mais rigorosos, vem obrigando todos os setores industriais a reavaliar os seus sistemas de captação e utilização dos recursos hídricos e dos seus sistemas de tratamento e liberação de efluentes. Além disso, a gestão inadequada do uso hídrico na cadeia produtiva do pescado tem influência direta sobre a sustentabilidade do setor, uma vez que esse insumo é fundamental em quase todos os processos produtivos.

Nesse sentido, as indústrias de alimentos estão direcionando seus esforços para o desenvolvimento sustentável com soluções que tornem o gerenciamento de resíduos mais efetivo, incluindo técnicas de minimização, reciclagem e reúso (JUSKAITĖ-NORBUTIENĖ et al., 2007; SOUZA; SILVA, 2009). Essas ações fazem parte do conceito de Produção Mais Limpa (P+L), que consiste em integrar aos processos, produtos e serviços uma estratégia técnica, econômica e ambiental a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, pela não geração, minimização ou reciclagem de resíduos e emissões, com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômica. O foco das ações de P+L deve direcionar preferencialmente aos aspectos ambientais mais significativos que no caso da indústria de beneficiamento de pescado é o alto uso de água e o volume e a carga de poluentes dos seus efluentes (PRODUÇÃO, 2009; VISVANATHAN & ASANO, 2009).

## 2.8 Estratégias de minimização

A implantação de um programa de conservação e de reúso de água (PCRA) consiste em avaliar de uma forma sistêmica o uso de água e otimizar o seu consumo, obtendo benefícios econômicos como aumento da eficiência produtiva, redução do consumo de água com consequente diminuição da geração de efluente, menor consumo de energia e produtos químicos (FIESP/CIESP, 2004). Dependendo da situação, é possível alcançar uma economia de até 25,6% do consumo de água com a utilização dos princípios de minimização e de reúso (LUIZ, 2007).

Segundo o manual da FIESP/CIESP (2004), “a conservação de água pode ser compreendida como as práticas, técnicas e tecnologias que aperfeiçoam a eficiência do uso da água”, podendo ainda ser definida como qualquer ação que:

- Reduz a quantidade de água extraída das fontes de suprimento;
- Reduz o consumo de água;
- Reduz o desperdício de água;
- Reduz as perdas de água;
- Aumenta a eficiência do uso da água;
- Aumenta a reciclagem e o reúso da água;
- Evita a poluição da água.

Resumidamente, um PCRA abrange as seguintes etapas (LUIZ,2007):

- a) Coleta e análise de documentos e levantamento de campo da indústria para avaliação do uso da água em todas os pontos, elaborando fluxograma do processo e identificando os pontos de consumo de água;
- b) Medição de consumo de água e geração de efluentes (balanço hídrico): instalação de hidrômetros para quantificação do volume de água;
- c) Identificação dos pontos de maior consumo de água;
- d) Implementação de ações de minimização, priorizando os pontos de maior consumo de água, como:
  - modificações quanto ao uso da água em equipamentos e processos, com a incorporação de novas tecnologias e/ou procedimentos como

por exemplo: circuito fechado, transporte de resíduos sólidos (aparas, vísceras, cabeça) sem o uso de água como esteiras, sistema de rosca sem fim e sistema à vácuo;

- otimização do processo de higienização: utilizar produtos de higiene e sanitização mais eficientes, recolhimento de resíduos sólidos antes da higienização com água. Em seguida, na lavagem com água, utilizar mangueira com sistemas de alta pressão e baixos volumes de água e com gatilhos para acionamento do fluxo pelos operadores;
- instalação de torneiras com fechamento automático ou sensores de presença;
- eliminação de vazamentos e desperdícios;
- treinamento de funcionários.

e) Avaliação do potencial de reúso ou reciclo de água sem ou com condicionamento;

As indústrias de alimentos têm restrições para o reúso potável de água, pois há a preocupação com a qualidade do produto. Por isso, somente é possível o reúso em operações onde a água reutilizada não entre em contato com o produto, como em descargas sanitárias e sistemas de resfriamento (HIEN et al., 1999).

f) Implementação de um sistema de gestão permanente para garantia da manutenção dos índices de consumo obtidos e da qualidade da água fornecida.

## **2.9 Minimização dos efluentes líquidos e de sua carga poluidora**

Para uma melhor gestão do efluente líquido é fundamental uma rotina de medição de efluentes brutos totais, de alguns efluentes críticos específicos (de volume e/ou carga poluente altos) e dos efluentes líquidos tratados. Além disso, monitorar e avaliar as cargas de poluentes (produtos das vazões de efluentes pelas suas respectivas concentrações) geradas e emitidas pela empresa. Para isso, é

importante analisar as concentrações dos parâmetros que caracterizam estes efluentes como: óleos e graxas, nitrogênio total, DBO<sub>5</sub> e DQO.

A diminuição do volume de efluente é substancialmente obtida com as ações de minimização de água, seja por redução direta do uso de água tratada ou por redução indireta deste uso, via reúso ou reciclagem de águas usadas.

Segundo o guia técnico ambiental da Cetesb, a premissa para diminuir a carga de poluentes do efluente é “evitar, o quanto for possível, o contato matéria orgânica com a água, ou seja, evitar que a carga orgânica dos efluentes aumente pelo aporte de material orgânico (sangue, aparas de carne e de gordura, restos de misturas ou de emulsões, por exemplo). Isto implica em capturar, o quanto possível, os materiais ou resíduos antes que entrem nos drenos e canaletas de águas residuais” (PACHECO, 2006).

Estratégias de minimização e de redução da carga poluidora de efluentes devem ser identificadas e adaptadas de acordo com as características da indústria desde que não prejudique os processos, a qualidade do produto final e nem a saúde dos manipuladores/trabalhadores da indústria e consumidores. A seguir algumas estratégias gerais para a minimização do volume e diminuição da carga poluidora dos efluentes, tais como (PACHECO, 2006):

- Instalar dispositivos (como esteiras transportadoras e/ou recipientes de coleta) para coleta direta de resíduos sólidos (aparas de carne, de gorduras, vísceras, cabeça, carcaça, entre outros) e treinar os operadores para que utilizem efetivamente estes dispositivos, minimizando queda destes materiais nos pisos;
- Minimizar o descarte das soluções de salmouras, molhos, entre outros, por meio de reúso, do planejamento adequado da produção para o aproveitamento máximo, também, para que não haja derramamentos acidentais destas soluções;
- Dar preferência, o quanto for possível, ao uso da fumaça líquida para a defumação de produtos, pois ao contrário dos métodos tradicionais, não ocorre a geração e depósito de alcatrão nas instalações de defumação, o que reduz consideravelmente a quantidade de água e de

detergentes/sanitizantes necessários para a limpeza e, conseqüentemente, o volume e a carga dos efluentes líquidos;

- Utilizar métodos de cozimento eliminem ou minimizem o uso direto de água: somente vapor, ar quente e vapor, microondas, por exemplo;
- Grades ou telas perfuradas nos drenos, ralos e canaletas de águas residuais das áreas produtivas que retêm o material sólido e evitam que este se junte aos efluentes; operadores devem ser orientados para que não retirem as grades e telas dos drenos durante as operações de produção e de limpeza. Revisar periodicamente todas elas, garantindo que estejam operando efetivamente (sem obstrução ou buracos maiores ou rompimentos, bem assentadas, etc.);
- Fazer o gerenciamento das quantidades de água e de produtos de limpeza e sanitização, visando sua otimização – usar somente as quantidades estritamente necessárias para obter os graus de limpeza e higiene requeridos. Sistemas dosadores adequadamente regulados e/ou recipientes calibrados com as quantidades corretas de produtos são importantes para este controle;
- Questionar a eficiência dos produtos (produtos mais eficientes e que atendam as finalidades de higienização ou que sejam menos agressivos para o meio ambiente) e os procedimentos de limpeza e sanitização existentes e testar eventuais alternativas que possam levar à sua otimização (minimização dos usos de água e de produtos de limpeza e sanitização), sem prejuízo da segurança dos produtos da unidade.

## REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. **NBR 13969**. Rio de Janeiro, 1997.

ALFENAS, C. (Coord.). **Tilápias**. Manual prático de criação. Centro de produções técnicas. Disponível em: <  
<http://cptstatic.s3.amazonaws.com/pdf/cpt/piscicultura/tilapias-cursos-cpt.pdf>>.  
 Acesso em 07 Nov 2016.

BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Farinha de varredura de mandioca (*Manihot esculenta*) na alimentação de alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 546 – 551, 2002.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, 1997a. Disponível em: <  
<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=370>>. Acesso em 06 de maio de 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 326 de trinta de julho de 1997. Regulamento técnico sobre condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos, 1997b. Disponível em: <  
[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1997/prt0326\\_30\\_07\\_1997.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1997/prt0326_30_07_1997.html)>.  
 Acessado em: 12 de fevereiro de 2017.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**: Brasil 2010. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2012. Disponível em:<  
[http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes\\_e\\_Estatisticas/Boletim%20Estat%C3%ADstico%20MPA%202010.pdf](http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20Estat%C3%ADstico%20MPA%202010.pdf)>. Acesso em: 29 janeiro 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria MS nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, 2011a. Disponível em:<

[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>.

Acesso em: 19 de mar. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário oficial da União**, Brasília. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 20 de dez de 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do CONAMA, (2011 b). Disponível em: <[www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646](http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646)>. Acesso em: 13 de agosto de 2017.

BRASIL. Ministério Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 9.013 de 29 de março de 2017. Dispõe sobre o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA, 2017. Disponível em: <[file:///C:/Users/Karline/Downloads/Decreto%20n%209013-2017\\_Alt%20Decreto%209069-2017\\_PT.pdf](file:///C:/Users/Karline/Downloads/Decreto%20n%209013-2017_Alt%20Decreto%209069-2017_PT.pdf)>. Acesso em: 12 de outubro de 2017.

CARAWAN, R.E. **Processing Plant Waste Management Guidelines - Aquatic Fishery Products**. Department of Food Science North Carolina State University, Seafood and the Environmental. Raleigh, N.C., 1991.

CARLSON, V. (Coord.). **1º Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura**. ACEB, 2014. 132 p.

CASANI, Sandra; ROUHANY, Mahbod; KNØCHEL, Susanne. A discussion paper on challenges and limitations to water reuse and hygiene in the food industry. **Water Research**, v. 39, p. 1134-1146, 2005.

CHOWDHURY, P.; VIRARAGHAVAN, T.; SRINIVASAN, A. Biological treatment processes for fish processing wastewater – A review. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 439-449, 2010

COSMANN, N. J.; GOMES, S. D.; ANDRADE, L.; KUMMER, A. C. B. Caracterização do efluente de processamento de pescado e desempenho da lagoa anaeróbia. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE ANIMAIS, 1. Florianópolis, 2009. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. Disponível em: <  
[http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_publicacoes/publicacao\\_t2s72o5l.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_t2s72o5l.pdf) >.  
 Acesso em 09 Nov 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Roma: FAO, 2016. 200 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Se o atual ritmo de consume continuar, em 2050 mundo precisará de 60% mais alimentos e 40% mais água**. Roma: FAO, 2015 a. Disponível em: <  
<https://nacoesunidas.org/fao-se-o-atual-ritmo-de-consumo-continuar-em-2050-mundo-precisara-de-60-mais-alimentos-e-40-mais-agua/>>. Acesso em 21 de out 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2050: A escassez de água em várias partes do mundo ameaça a segurança alimentar e os meios de subsistência, 2018. Disponível em:

<<http://www.fao.org/news/story/pt/item/283456/icode/>>. Acesso em: 13 de out de 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Towards a water and food secure future. Critical perspectives for policy-makers.** Roma: FAO, 2015. 76 p.

FREIBAUER, A., MATHIJS, E., BRUNORI, G., DAMIANOVA, Z., FAROULT, E., GOMIS, J.G., TREYER, S., 2011. Sustainable Food Consumption and Production in a Resource-constrained World, **Retrieved from**. Disponível em: <[http://ec.europa.eu/research/agriculture/scar/pdf/scar\\_feg3\\_final\\_report\\_01\\_02\\_2011.pdf](http://ec.europa.eu/research/agriculture/scar/pdf/scar_feg3_final_report_01_02_2011.pdf)> Acesso em: 24 de outubro de 2017.

HIEN, P.G.; OANH, L.T.K.; VIET, N.T.; LETTINGA, G.. Closed wastewater system in the tapioca industry in Vietnam. **Water Sci. Technol.**, v. 39, i. 5, p. 89-96, 1999.

JUSKAITÈ-NORBUTIENÈ, R.; MILIUTÈ, J.; CESNAITIS, R. Bio-degradable waste and by-products from food industry management systems in Lithuania: analysis, problems and improvement possibilities. **Environmental Research, Engineering and Management**, v. 4, n. 42, p. 60-69, 2007.

KUBITZA, F. **A Evolução da Tilapicultura no Brasil:** produção e mercado. Panorama da Aquicultura, v. 13, n. 76, p. 25 – 35, 2003. Disponível em: <<http://www.panoramadaaquicultura.com.br/paginas/revistas/76/tilapicultura.asp>> Acesso em 27 out 2016.

KUBITZA, F.; KUBITZA, L. M. M. **Tilápias:** qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade. Parte1, 2016. Disponível em: <<http://www.panoramadaaquicultura.com.br/paginas/revistas/59/Tilapias59.asp>>. Acesso em 11 out 2016.

KUBITZA, F. **Os caminhos para uma piscicultura sustentável**. Panorama da Aquicultura, v. 20, n. 119, p. 1 – 9, 2010. Disponível em: <[http://www.acquaimagem.com.br/docs/Pan119\\_Kubitza.pdf](http://www.acquaimagem.com.br/docs/Pan119_Kubitza.pdf)> Acesso em 21 out 2017.

KRUMMER, A. C. B.; ANDRADE, L.; GOMES, S. D.; FAZOLO, A.; HASAN, S. D. M.; MACHADO, F. Tratamento de efluente de abatedouro de tilápia com adição de manipueira na fase anóxica. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 1, p. 150 – 157, 2011.

LEM, A.; BJORNDAL, T.; LAPPO, A. Economic analysis of supply and demand for food up to 2030 – special focus on fish and fishery products. **Fisheries and Aquaculture Circular** number 1089. Rome: Food and Agriculture Organization, 2014.

LUIZ, D. B. Gerenciamento Hídrico em Frigoríficos. 2007. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

MALTA, C.; PRESTES, C. A commodity do século 21. **Amanhã**, São Paulo, p. 42-53, jan. 1997.

MASSOUD, M. A.; FAYARD, R.; EL-FADEL, M.; DRIVERS, R. K. Barriers and incentives to implementing environmental management systems in the food industry: A case of Lebanon. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 3, p. 200-209, 2010.

MEDEIROS, F (Coord.). Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixe Br, 71p., 2018.

METCALF, L.; EDDY, H. P. Tratamento de efluentes e recuperação de recursos. McGraw Hill Brasil, 2015.

MURPHY, N. Meat Processing Environmental Impacts: Environmental Impacts from Meat and Fish Processing. *Waste Reduction Resource Center*, 2006. Disponível em: <http://e4r4.tetradyn.com/chem-bio-med-health-docmts/IDLH-toxic-chemicals/industry-emission-exposure/air-emissions-meta-fish-processing-industry.htm>. Acesso: 06 Jul 2011.

ONU (Organizações das Nações Unidas). Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - Transformando nosso mundo: A agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. p. 49, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf> Acesso em: 19 de jun de 2017.

OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R.; SOTO, D. Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer. Brasília, 2008. 276 p.

PACHECO, J.W.; Guia técnico ambiental de frigoríficos industrialização de carnes (bovina e suína) – Série P+L. 85p. São Paulo: CETESB, 2006. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acessado em: 02 de jan. 2017.

PRODUÇÃO e tecnologias limpas. Disponível em: <http://www.fiec.org.br/iel/bolsaderesiduos/Artigos/Produ%C3%A7%C3%A3o%20e%20Tecnologias%20Limpas.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2009.

RAMJEAWON, T. Cleaner production in Mauritian cane-sugar factories. **Journal of Cleaner Production**, v. 8, n. 6, p. 503–510, 2000.

RODRIGUES, A. P. O.; LIMA, A. F.; ALVES, A. L.; ROSA, D. K.; TORATI, L. S.; SANTOS, V. R. V. (Eds.). **Piscicultura de água doce**: multiplicando conhecimentos. Brasília: Embrapa, 2013. 440 p.

SÁNCHEZ, I.M.R.; Ruiz, J.M.M.; López, J.L.C.; Pérez, J.A.S. Effect of environmental regulation on the profitability of sustainable water use in the agro-food industry. **Desalination**, v. 279, n. 1-3, p. 252-257, 2011.

SÃO PAULO. Decreto nº 50.667 de 30 de março de 2006. Regulamento dispositivos da lei nº 12.183 de 29 de dez de 2005. Disponível em<  
[http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/Agencias/Leis/DOU-31-mar\\_decreto-50667-06\\_SP.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/Agencias/Leis/DOU-31-mar_decreto-50667-06_SP.pdf)> Acesso em: 23 de jan 2018.

SÃO PAULO. Lei nº 12.183 de 29 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do estado de São Paulo, os procedimentos para fixação dos seus limites, condicionantes e valores. Disponível em<  
<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2005/lei-12183-29.12.2005.html>> Acesso em: 01 set de 2017

SÃO PAULO. Decreto nº 8.468 de 8 de setembro de 1976. Dispõe sobre a prevenção e controle da poluição do meio ambiente. Disponível em<  
[http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/Servicos/licenciamento/postos/legislacao/Decreto\\_Estadual\\_8468\\_76.pdf](http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/Servicos/licenciamento/postos/legislacao/Decreto_Estadual_8468_76.pdf)> Acesso em: 11 abril de 2017

SARTORI, A.G.O.; AMANCIO, R.D., Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. **Revista Segurança Alimentar e Nutricional**, v.2, p.83-93, 2012.

SAUTCHÜK, Carla Araújo; LANDI, Fernando Del Nero; MIERZWA, José Carlos; VIVACQUA, Maria Carolina Rivoir; SILVA, Maurício Costa Cabral da; LANDI, Paula Del Nero; SCHMIDT, William. **Conservação e Reúso de água: Manual de orientações para o setor industrial**. Federação e Centro das Indústrias do Estado de São Paulo – Fiesp/Ciesp, v. 1, 2005.

SCORVO FILHO, J. D.; FRASCÁ-SCORVO, C. M. D.; ALVES, J. M. C.; SOUZA, F. R. A. A tilapicultura e seus insumos, relações econômicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 112 -118, 2010.

SILVA, F.V.; ALMEIDA, N.L.S; VIEIRA, J.S.; TESSITORE, A.J.A.; OLIVEIRA, L.L.S.; SARAIVA, E.P. 2009. Características morfométricas, rendimentos de carcaça, filé, vísceras e resíduos em tilápias do nilo em diferentes faixas de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 8, p. 1407-1412, 2009.

SIMÕES, M. R.; RIBEIRO, C. F. A.; RIBEIRO, S. C. A.; PARK, K. J.; MURR, F. E. X. Composição físico-química, microbiológica e rendimento do filé de tilápia tailandesa (*Oreochromis niloticus*). **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.3, p.608-613, 2007.

SOUZA, M. R.; SILVA, R. J. **A geração de resíduos industriais e sua destinação final**. Disponível em: <[www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997\\_T6501.PDF](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T6501.PDF)>. Acesso em: 04 Maio 2009.

THRANE, M., et al. Cleaner production in Danish fish processing – experiences, status and possible future strategies. *Journal of Cleaner Production*, v. 17, p. 380-390, 2009.

WWDR, Água para um mundo sustentável - Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, 2015.

UTTAMANGKABOVORN, M.; POONSUK, P.; ARAN, H. K. Water conservation in canned tuna (pet food) plant in Thailand. **Journal of Cleaner Production**, v.13, p. 547-555, 2005.

VISVANATHAN, C. & ASANO, T. The potential for industrial wastewater reuse. In: VIGNESWARAN, S. **Wastewater recycle, reuse and reclamation**. v. 1. Oxford: Eolss, 2009.

## **CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO DO USO HÍDRICO INDUSTRIAL PARA O PROCESSAMENTO COMERCIAL DE TILÁPIAS**

**RESUMO** - A industrialização de peixes é uma atividade caracterizada por um elevado consumo de água, que é utilizada em quase todas as etapas. Neste trabalho foi avaliada a utilização de água em uma planta de processamento de tilápia, visando identificar possibilidades de reduzir o consumo e evitar desperdícios. Para isso, foram instalados hidrômetros em 13 pontos do estabelecimento. O consumo médio total de água na indústria foi de  $432 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$ . A etapa de depuração apresentou o maior uso de água (40,71%), seguida pelo processo de limpeza geral (32,32%) e pelo processo de descamação em cilindro (11,24%). O uso médio de água do processamento foi de  $57,12 \pm 5,79 \text{ L.kg}^{-1}$  de produto acabado. Observou-se que a utilização de água diferiu entre os turnos de trabalho, sendo o uso de água no turno noturno 65% maior que no turno matutino. Ações de minimização foram aplicadas em três etapas do processamento: a) eliminação do fluxo contínuo de água na etapa de sangria; b) instalação de torneira de menor diâmetro e de um sistema de rosca sem fim para o transporte de resíduos gerados nas etapas de evisceração e filetagem; e c) instalação de bicos dosadores de pressão nas mangueiras utilizadas para limpeza do entreposto. Com essas ações, o uso de água nessas etapas foi reduzido em 60%, 90% e 30%, respectivamente. A indústria apresentou um elevado uso de água associado ao processo de depuração e higienização da planta. Isso refletiu no consumo geral de água, e o consumo médio para o processamento de produto acabado não apresentou uma diminuição significativa após as ações de minimização. No entanto, quando considerado o uso de água somente na área limpa da empresa, ou seja, sem a interferência do uso de água da etapa de depuração, houve uma redução de 29% do uso de água. Foram identificadas e recomendadas outras ações de minimização que não puderam ser implantadas pela indústria, sugerindo a possibilidade de uma redução ainda maior do uso de água. Com isso, ficou demonstrada a importância do estudo, planejamento e acompanhamento do uso da água pela indústria.

**Palavras Chave:** conservação, consumo de água, minimização de água, processamento de peixe, sustentabilidade

## **CHAPTER 2 - CHARACTERIZATION OF INDUSTRIAL WATER USE FOR TILÁPIA COMMERCIAL PROCESSING**

**ABSTRACT** – Fish processing is an industrial activity characterized by an abundant water consumption, which is used in almost every stage. In this work the use of water in a tilapia processing plant was evaluated, aiming at identifying possibilities of reducing consumption and avoiding waste. For this purpose, hydrometers were installed at 13 points within the premises. The average total water consumption by the industry was  $432 \text{ m}^3.\text{day}^{-1}$ . The depuration stage had the highest water consumption (40.71%), followed by the general cleaning processes of the plant (32.32%) and the scaling cylinder process (11.24%). The average water consumption for processing was  $57.12 \pm 5.79 \text{ L.kg}^{-1}$  of finished product. It was observed that the use of water differed between the shifts of work, being 65% greater in the evening than in the morning shift. Minimization actions were applied in three stages of processing: a) elimination of the continuous flow of water in the bleeding stage; b) installation of smaller diameter faucet and an endless screw system for the transportation of residues from the evisceration and filleting stages; and c) installation of pressure nozzles in the hoses used to clean the warehouse. With these actions, water consumption in these stages was reduced by 60%, 90% and 30%, respectively. The industry presented a high consumption of water associated to the depuration process and to the hygienization of the processing plant. This reflected in overall water consumption and average consumption for processed product which did not significantly decreased after the minimization actions. However, when the water consumption in the clean area of processing plant is analyzed separately, that is, without the interference of the use of water from the depuration stage, a 29% reduction in water use was observed. Other minimization actions were identified and recommended that could not be implemented by the industry, suggesting the possibility of an even greater reduction in water use. Thus, the importance of

studying, planning and monitoring the use of water by the industry was demonstrated.

**Keywords:** conservation, water consumption, water minimization, fish processing, sustainability

## 1 Introdução

O cultivo de tilápias representa uma atividade econômica em evidente expansão. A criação e a industrialização da espécie têm sido difundidas em quase todo o Brasil pela existência de condições competitivas e favoráveis, como as condições climáticas e ambientais; a disponibilidade de mão-de-obra, insumos, produtos e serviços para o setor; as condições diversificadas para implantação de sistemas produtivos e a existência de uma rede de processamento e transformação da matéria-prima (OSTRENSKY et al., 2008). A tilápia, atualmente, é o pescado de maior importância econômica para o país, evidenciada pela existência de um grande número de unidades de beneficiamento especializadas na sua filetagem comercial. Além disso, a popularização de seu consumo é favorecida, principalmente, pela inexistência de espinhas intramusculares e pelas características sensoriais desejáveis de cor, textura e sabor da carne (BOSCOLO; FEIDEN, 2007).

O alto uso de água e geração de efluentes associados à industrialização de alimentos é um problema reconhecido mundialmente (SEKOULOV, 2002; KIRBY et al., 2003; CASANI et al., 2005; SOUZA et al., 2008; SARAIVA et al., 2009; LEE; OKOS, 2011; ROMÁN-SANCHEZ et al., 2011). Consequentemente, a gestão hídrica é uma preocupação constante desse setor (BEDDINGTON, 2010). Em vários países essa discussão tem tomado caminhos verdadeiramente impactantes na sociedade, pois existe uma preocupação emergente quanto à disponibilidade de água para o consumo humano. Menos de três por cento da água existente no planeta é considerada doce (LAMBOOY, 2011). Desse total, 83% encontram-se indisponíveis para o uso humano e a distribuição dos aquíferos não favorece a sua imediata utilização. Além disso, estima-se que dois terços da utilização de água doce no

mundo está diretamente ligada à produção de alimentos (BEDDINGTON, 2010), revelando a necessidade de serem implementadas práticas sustentáveis relacionadas com a questão hídrica.

O modelo de gerenciamento hídrico industrial é baseado em seis fundamentos: coleta e análise de documentos da indústria; medição de uso de água e geração de efluentes (balanço hídrico); verificação dos pontos de maior consumo de água; minimização do consumo de água com ênfase nos pontos de maior uso hídrico; avaliação do potencial de reúso e reciclo de água sem ou com recondicionamento; manutenção do modelo de gerenciamento hídrico. Dependendo da situação, é possível alcançar uma economia de até 25,6% do consumo de água com a utilização dos princípios de minimização e de reúso (LUIZ, 2007).

O beneficiamento do pescado exige um alto consumo de água pelas indústrias processadoras (CARAWAN, 1991; UTTAMANGKABOVORN et al., 2005; CHOWDHURY et al., 2010). Segundo Murphy (2006), esse valor pode variar de 8,4 a 33,4 L.kg<sup>-1</sup> de produto a ser processado pela indústria. Além disso, o desperdício pode estar diretamente relacionado às diferentes características físicas da espécie processada, à escala de produção, às tecnologias adotadas no processamento e ao grau de comprometimento da indústria com as práticas para uma produção sustentável, principalmente no que se refere às práticas de minimização do consumo de água. Ainda não foram estabelecidos limites legais para a utilização de água no beneficiamento de tilápias e não existem informações sobre o balanço hídrico industrial desenvolvido em uma empresa durante as suas atividades de rotina.

O consumo consciente é um tema que inevitavelmente ganhará destaque com a crescente conscientização dos consumidores, cada vez mais atentos, não somente com a qualidade do alimento que estão adquirindo (MACIEL et al., 2013), mas, também, com a responsabilidade ambiental associada ao produto, mesmo que isso possa representar custos adicionais ao seu valor comercial (WEYANDT et al., 2011). Portanto, é preciso que toda a cadeia produtiva de pescado acompanhe essas transformações, aplicando modelos de gestão ambiental para garantir a sustentabilidade como incremento à competitividade de seus produtos.

O objetivo deste estudo foi determinar o uso de água industrial em uma empresa processadora de tilápias, para caracterizar o uso da água durante as atividades de rotina por diferentes setores e turnos de trabalhos. Adicionalmente, foram sugeridas ações de minimização para o uso racional da água durante o processamento da espécie.

## **2 Material e Métodos**

### **2.1 Descrição da unidade de beneficiamento de tilápia**

O trabalho foi conduzido em uma unidade de beneficiamento de tilápias localizada no interior do Estado de São Paulo entre os meses de junho e novembro de 2015. A capacidade de processamento da indústria foi estimada em 25,7 toneladas por dia. Um total de 150 funcionários trabalhavam para a empresa em dois turnos distintos, diurno (6:00 h às 16:00 h) e noturno (17:00 h às 3:00 h). Ao final dos trabalhos no período noturno, havia um turno específico para as atividades de limpeza industrial.

O produto comercializado pela empresa é o filé congelado de tilápia. Os peixes eram provenientes de pisciculturas da região e cultivados em sistema de tanques-redes. Após a despesca, todo o pescado era transportado vivo até a plataforma de recebimento de matéria-prima na indústria. No local, permaneciam por até 12 horas em tanques de circulação forçada de água para processos de depuração.

A insensibilização era realizada por termonarcore com posterior sangria e lavagem da superfície dos peixes com água clorada a 5 ppm para higienização e em seguida para a descamação. No salão de processamento, o pescado era descabeçado e eviscerado para a realização da filetagem manual. As peles eram removidas em máquinas específicas, denominadas de *skinners*, e os filés eram submetidos ao acabamento industrial para a retirada de aparas e espinhas remanescentes (toalete). Ao final desse processamento, era realizada uma classificação dos filés, de acordo com o peso final, para posterior congelamento e embalagem.

## 2.2 Determinação do volume de água inicial

O monitoramento do uso da água na indústria para determinação do uso hídrico foi realizado por meio de coletas de dados nos hidrômetros ultrassônicos (HYDRUS®, DN 50, vazão nominal de  $25 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  e DN 25, vazão nominal de  $10 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ) instalados em 13 pontos da indústria: I – Geral, II – Tanques de depuração, III – Tanques de sangria e esteira de lavagem, IV – Cilindros de descamação, V – Evisceração e filetagem, VI – Toalete para acabamento dos filés, VII – Tanques de congelamento dos filés, VIII – Limpeza da sala de processamento, IX – Limpeza da sala de sangria e evisceração, X – Máquinas de gelo, XI – Máquina *skinners*, XII – Refeitório e administração, XIII – Banheiros e vestiários.

Em pontos onde não foi possível a instalação de hidrômetros, em geral relacionados com a limpeza (externas e internos), o uso de água foi obtido pela subtração do uso de água de todos os pontos do processo industrial (hidrômetros II ao XIII) do uso global de água (hidrômetro I). Foi denominado “outros processos” e compreende, portanto, o uso de todos os pontos de saída de água de limpeza (externo e interno) não monitorados, individualmente pelos hidrômetros, como por exemplo, a lavagem de monoblocos, a limpeza de áreas externas e de veículos.

O uso global de água na indústria foi obtido por meio das leituras realizadas no hidrômetro I no início e ao final do estudo de acompanhamento. Os valores de produção diária foram obtidos das planilhas de controle fornecidas pela empresa, que incluíam os percentuais de rendimento de filé, obtidos da diferença de valores de matéria-prima antes e após a filetagem industrial.

O uso de água para o processamento ( $\text{L.kg}^{-1}$  de produto acabado) foi obtido por meio das leituras realizadas semanalmente nos hidrômetros II a XIII, nos três primeiros meses do projeto, antes e após o início de cada turno, para estimar o uso industrial da água no período. Os valores totais de matéria-prima e produto acabado foram obtidos dos registros da empresa correspondentes aos dias de leitura dos hidrômetros. O cálculo da quantidade de água utilizada por unidade de massa de produto processado foi obtido por meio da equação:

$$V_{(x)} = \frac{H_{final(x)} - H_{inicial(x)}}{Y}$$

onde:  $(x)$  = ponto de instalação do hidrômetro;  $V(x)$  = uso de água no ponto  $(x)$  por unidade de massa de produto processado ( $L.kg^{-1}$ );  $H_{inicial(x)}$  = leitura do hidrômetro do ponto  $(x)$  antes do processamento ( $L$ );  $H_{final(x)}$  = leitura do hidrômetro do ponto  $(x)$  após o processamento ( $L$ );  $Y$  = quantidade de produto processado ( $kg$ ).

### 2.3 Minimização do consumo da água

A determinação dos valores de quantidade mínima de água para o processamento de tilápias foi realizada com base no diagnóstico do uso de água obtidos do balanço hídrico inicial. Foram identificados os pontos de maior utilização do recurso hídrico industrial e foram feitas propostas de intervenções físicas e gerenciais de procedimentos capazes de reduzir o uso de água. Para essa ação, foram desenvolvidas visitas de acompanhamento na indústria, nos primeiros meses do estudo, que resultaram em uma tabela de sugestões para a empresa. Posteriormente, foram realizados acompanhamentos dos dados nos hidrômetros e do total de peixes processados para novo levantamento de dados para o balanço hídrico industrial, com o objetivo de avaliar os efeitos das modificações de minimização no consumo hídrico para o processamento de tilápias ( $L.kg^{-1}$  de produto acabado).

### 2.4 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do Programa R (R Core Team, 2015). Os valores de rendimento da filetagem industrial nos turnos de trabalhos foram analisados pelo teste  $t$  para comparação das médias obtidas ao nível de 5% de significância. Os dados de uso hídrico industrial por setor e por efeito da minimização foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk das variáveis e de homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett. Quando

comprovadas a normalidade e a homogeneidade, foi realizada a análise de variância dos resultados com aplicação do teste F para detecção de significância ao nível de 5%, seguida do teste de Scott-Knott para comparação das médias dos tratamentos.

### **3 Resultados e Discussão**

#### **3.1 Uso global de água**

O uso global de água no entreposto de tilápia é elevado pois esse recurso natural é utilizado em todas as etapas do processamento (CHOWDHURY et al., 2010). O uso global de água na empresa, no período de 18 de junho a 14 de novembro de 2015, foi de 80.048 m<sup>3</sup>. A quantidade de água utilizada para o funcionamento da indústria diferiu bastante entre os setores avaliados. A distribuição do uso de água das etapas do processamento da tilápia pode ser observada na Figura 1.

Os tanques de depuração apresentaram o maior consumo (40,71%), seguido pelos pontos de limpeza (32,32%) que considerou o somatório de todas as medidas obtidas com a limpeza na indústria. Com relação aos setores relacionados diretamente com o beneficiamento da matéria-prima, as máquinas de descamação geraram maior uso (11,24%). Já, o setor de refeitórios e administração mostrou o menor uso da água durante as atividades de rotina (0,02%).

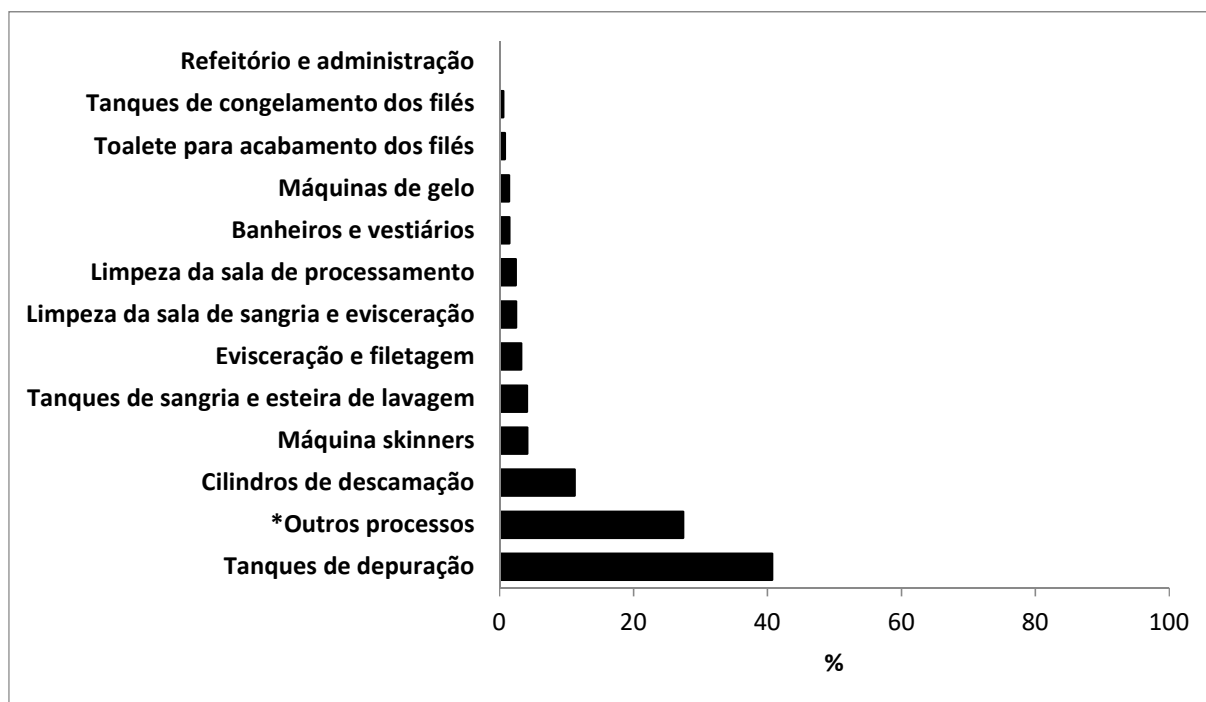


Figura 1 - Distribuição do uso de água (%) das etapas do processamento de tilápia durante o período de avaliação

(\*) Agrupamento de todos os pontos de saída de água utilizada na limpeza (externo e interno) e que não foram monitorados individualmente por hidrômetros, como por exemplo, uso de água para lavagem de monoblocos, limpeza de áreas externas e de veículos.

A depuração é uma prática industrial utilizada para melhorar a qualidade do produto final. Consiste na manutenção de peixes confinados e em jejum dentro de tanques com circulação intensa de água limpa e aeração forçada (BURR et al., 2012). A carne de tilápias cultivadas em sistemas de produção semi-intensivos ou tanques-redes podem adquirir substâncias indicadoras de off flavor. Essa condição limita a sua aceitação no mercado, obrigando as empresas a submeter os peixes a um período de depuração antes do abate, para remover ou reduzir essas substâncias. (GRIMM et al., 2004; MACIEL et al., 2012). Na indústria, o tempo de depuração das tilápias era em média 12 horas antes de serem encaminhadas para o abate. Para a análise do consumo de água, a circulação contínua refletiu nos dados de uso global, demonstrando que o maior uso deste recurso natural não estava relacionado apenas com os procedimentos realizados no interior da indústria como a descamação, a evisceração ou a filetagem dos peixes.

Diferentes estudos demonstraram que o maior uso de água nas indústrias processadoras de pescado está associado às atividades de limpeza industrial (THRANE et al., 2009; UTTAMANGKABOVORN et al., 2005). Murphy (2006) relatou que uma indústria produzindo em baixa escala produtiva irá utilizar um volume maior de água por kg de matéria-prima em comparação com uma indústria de maior capacidade de produção. A explicação está na razão água consumida por kg de produto a ser processado decrescer com o aumento de escala de produção, uma vez que a maior quantidade de água usada é destinada para a limpeza e higienização da indústria e dos equipamentos.

Durante o estudo, a indústria beneficiou um total de 417,42 toneladas de pescado com peso vivo entre 0,8 e 1,1 kg, considerando apenas os dias de acompanhamento do processo. Nesse período, foi gerado um total de 141,83 toneladas de produto de tilápia com um rendimento final de 34%, aproximadamente.

Na Tabela 1, estão apresentados os valores médios do uso global da água e valores de produção média de tilápia em matéria-prima total (MP) e produto acabado (PA) e o rendimento final, separados por turnos. Pelos resultados, foi possível identificar um quantitativo maior de uso global da água e produção de pescado no primeiro turno de trabalho ( $222 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$  para 15,5 t de MP e 5,4 t de PA) em comparação com o segundo período ( $210 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$  para 10,3 t de matéria prima e 3,4 t de PA). Entretanto, não foi encontrada diferença significativa entre os rendimentos obtidos nos dois turnos de atividade industrial para a filetagem da matéria-prima ( $p>0,05$ ). No geral, a indústria apresentou um uso médio de  $432 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$  de água para beneficiar um quantitativo de 26 toneladas de tilápias, culminando na produção de 7,6 toneladas de filés congelados.

O terceiro turno de trabalho, por ser utilizado apenas para a limpeza industrial, não registrou dados de produção, porém gerou um uso médio de  $186 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$ , o que equivale a 43% do total utilizado nos turnos de processamento do pescado. Além disso, foi encontrada grande variação de valores mínimo e máximo obtidos nos registros diários dos hidrômetros durante este turno ( $114 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$  e  $302 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$ , respectivamente).

**Tabela 1** - Uso global de água, uso de água para a limpeza industrial e valores de produção na indústria de processamento de tilápia, separados por turnos de trabalho

| Dados industriais do processamento de tilápias | Uso global médio diário de água (m <sup>3</sup> .dia) | Produção média diária de tilápia (t de MP) | Produção média diária de tilápia (t de PA) | Rendimento médio diário <sup>(1)</sup> (%) |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Geral <sup>(2)</sup>                           | 431,94 ± 19,99                                        | 25,73 ± 2,02                               | 7,61 ± 0,64                                | 34,81 ± 10,73                              |
| 1º turno                                       | 222,40 ± 16,94                                        | 15,50 ± 1,80                               | 5,41 ± 0,82                                | 35,49 ± 7,08 <sup>a</sup>                  |
| 2º turno                                       | 210,21 ± 23,75                                        | 10,27 ± 2,09                               | 3,37 ± 0,98                                | 33,70 ± 12,51 <sup>a</sup>                 |
| Limpeza <sup>(3)</sup>                         | 185,67 ± 85,86                                        | -                                          | -                                          | -                                          |

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras iguais na coluna de rendimento revelam não existir diferença significativa entre os turnos de processamento do pescado pelo teste estatístico, considerando um nível de significância de 5%.

<sup>(2)</sup> Representa apenas as atividades de processamento de tilápias presentes no 1º e 2º turnos.

<sup>(3)</sup> Não foi calculado o uso total médio por quilograma de matéria-prima (MP) e produto acabado (PA) por não existir processamento no turno da limpeza.

### 3.2 Uso de água nos turnos

A Tabela 2 apresenta o uso de água relativo à produção de filé congelado, separados por turnos de trabalho. Os resultados evidenciaram maior uso de água no segundo turno em comparação com o primeiro período. No geral, foram necessários, em média, 42,02 litros e 69,48 litros de água para beneficiar um quilograma do produto filé congelado de tilápia no primeiro turno e segundo turno, respectivamente.

Quando analisado por setores, foi observada diferença ( $p < 0,05$ ) do uso hídrico, entre os turnos de trabalho, nas seguintes etapas: tanques de depuração, cilindros de descamação, mesas de toalete de filés, máquinas de gelo e equipamento *skinners* e o ponto denominado “outros processos”. Neste caso, o segundo turno apresentou um consumo de água 65 % maior que o primeiro turno. De acordo com a EPA (1988), determinadas operações devem ser monitoradas em diferentes ocasiões durante o turno e, se necessário, durante todos os turnos, especialmente quando a operação é altamente dependente do envolvimento humano (por exemplo, as operações de limpeza manual).

**Tabela 2 -** Uso de água por quilograma de tilápia (matéria-prima e processada) em diferentes setores da indústria pelo turno.

| Hidrômetros | Descrição dos pontos de coleta de dados no entreposto de processamento | Uso de água na indústria<br>(L.kg <sup>-1</sup> PA) <sup>1</sup> |                            |
|-------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|             |                                                                        | TURNO<br>DIURNO                                                  | TURNO<br>NOTURNO           |
| I           | Geral                                                                  | 42,02 ± 7,40 <sup>b</sup>                                        | 69,84 ± 31,1 <sup>a</sup>  |
| II          | Tanques de depuração                                                   | 14,75 ± 3,18 <sup>b</sup>                                        | 28,13 ± 14,45 <sup>a</sup> |
| III         | Tanques de sangria e esteira de lavagem                                | 2,00 ± 0,96                                                      | 2,96 ± 2,44                |
| IV          | Cilindros de descamação                                                | 7,32 ± 2,09 <sup>b</sup>                                         | 10,74 ± 3,72 <sup>a</sup>  |
| V           | Evisceração e filetagem                                                | 3,41 ± 2,72                                                      | 3,92 ± 5,33                |
| VI          | Máquina <i>skinners</i>                                                | 2,45 ± 0,70 <sup>b</sup>                                         | 4,09 ± 2,13 <sup>a</sup>   |
| VII         | Toaleta para acabamento dos filés                                      | 0,48 ± 0,29 <sup>b</sup>                                         | 0,85 ± 0,28 <sup>a</sup>   |
| VIII        | Tanques de congelamento dos filés                                      | 0,32 ± 0,22                                                      | 0,23 ± 0,18                |
| IX          | Limpeza da sala de processamento                                       | 1,41 ± 0,94                                                      | 2,21 ± 1,44                |
| X           | Limpeza da sala de sangria e evisceração                               | 1,42 ± 1,34                                                      | 2,06 ± 2,31                |
| XI          | Máquinas de gelo                                                       | 0,58 ± 0,16 <sup>b</sup>                                         | 1,13 ± 0,59 <sup>a</sup>   |
| XII         | Refeitório e administração                                             | 0,017 ± 0,01                                                     | 0,015 ± 0,01               |
| XIII        | Banheiros e vestiários                                                 | 1,03 ± 0,38                                                      | 1,23 ± 0,55                |
| -           | Outros processos*                                                      | 7,620 ± 4,17 <sup>b</sup>                                        | 12,86 ± 8,45 <sup>a</sup>  |
| -           | Área de apoio**                                                        | 10,68 ± 3,63 <sup>b</sup>                                        | 17,29 ± 9,91 <sup>a</sup>  |
| -           | Área Limpa***                                                          | 13,52 ± 4,55                                                     | 19,17 ± 8,78               |

(<sup>1</sup>) Letras diferentes em uma mesma linha para as colunas de uso total médio (L.kg<sup>-1</sup> PA) no turno matutino e noturno diferem estatisticamente entre (p<0,05) pelo teste F para detecção de significância, seguida do teste de Scott-Knott para comparação das médias dos tratamentos.

(\*) Agrupamento de todos os pontos de saída de água utilizada na limpeza (externo e interno) e que não foram monitorados individualmente por hidrômetros, como por exemplo, uso de água para lavagem de monoblocos, limpeza de áreas externas e de veículos.

(\*\*) Agrupamento dos pontos diretamente ligados à área de apoio, externas à indústria: máquina de gelo, refeitório e administração, banheiros e vestiários e pontos de limpeza da área externa.

(\*\*\*) Agrupamento dos pontos diretamente ligados ao processamento na área limpa: cilindros de descamação, mesas de evisceração, filetagem, toaleta, máquinas para retirada da pele, tanques para congelamento e limpeza interna.

### 3.3 Minimização do consumo de água no processamento

O consumo de água em uma indústria de processamento de pescado pode ser reduzido com práticas de *produção mais limpa* (UTTAMANGKABOVORN et al., 2005) principalmente com adoção de ações de minimização como: otimização de processos, tecnologias de ponta, boas práticas de manipulação e fabricação de alimentos (BPM e BPF); reúso e reciclo de água; treinamento, instrução e conscientização dos colaboradores (mão-de-obra) da indústria sobre a necessidade e importância de reduzir o consumo de água (THRANE et al., 2009; UTTAMANGKABOVORN et al., 2005).

Após a identificação dos pontos com alto uso de água foram analisadas as possibilidades de aplicação de ações de minimização. No fluxograma da empresa, foram identificados pontos de utilização hídrica diretamente relacionados com o processamento da carne da tilápia. Por esse motivo, a ausência de um controle rígido sobre esse uso industrial pode revelar considerável desperdício que culminará, posteriormente, na excessiva carga de efluentes para serem tratados pela empresa.

Na tabela 3, estão apresentadas as estratégias de melhorias dos processos para o beneficiamento industrial da tilápia com base no levantamento das informações de utilização da água na empresa. Foram apontados cinco setores da indústria que representaram locais de maior uso da água, seus respectivos pontos críticos e as propostas para minimização. Como resultados das ações, foram realizados controles internos de registros e trocas de material da linha de processamento para aumentar a eficiência dos processos envolvidos. Entretanto, algumas propostas de ações de minimização não puderam ser finalizadas dentro do período de avaliação na empresa.

**Tabela 3 -** Propostas de minimização de uso de água para o beneficiamento de tilápias

| Setor                         | Pontos críticos para melhorias                                                                               | Proposta de minimização                                                                                                                                                   | Responsável pela ação | Resultado da ação |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------|
| <b>Tanques de depuração</b>   | Registros abertos continuamente em todos os tanques de depuração                                             | (1) fechamento dos registros dos tanques na ausência de animais<br><br>(2) instalação de registros na entrada de cada tanque                                              | Equipe da indústria   | Não concluído     |
|                               | Efluente descartado junto com as correntes de resíduo líquido industrial para posterior tratamento químico   | (1) caracterização do efluente para avaliar possibilidades de reutilização industrial                                                                                     | Equipe deste estudo   | Concluído         |
| <b>Setor de sangria</b>       | Registros abertos continuamente nos tanques de sangria                                                       | (1) fechamento dos registros após enchimento dos tanques de sangria                                                                                                       | Equipe da indústria   | Concluído         |
| <b>Descamação</b>             | Água liberada continuamente e com pouca pressão dentro da máquina de descamação                              | (1) instalação de bomba para aumentar a pressão interna da água<br><br>(2) instalação de um temporizador para fechamento do registro enquanto a máquina estiver sem peixe | Equipe da indústria   | Não realizado     |
| <b>Salão de processamento</b> | Mangueiras para limpeza interna sem pressão adequada para higienização                                       | (1) instalação de bicos dosadores com pressão                                                                                                                             | Equipe da indústria   | Concluído         |
|                               | Utilização de água para escoamento do resíduo sólido na canaleta inferior da mesa de evisceração e filetagem | (1) instalação de rosca-sem-fim para escoamento do resíduo sólido                                                                                                         | Equipe da indústria   | Concluído         |
|                               | Torneiras mantidas abertas com fluxo contínuo da saída de água nas mesas de toalete                          | (1) instalação de temporizadores nas mesas de toalete dos filés para acionamento controlado da saída de água<br><br>(2) troca das torneiras por outras de diâmetro menor  | Equipe da indústria   | Não realizado     |
| <b>Área externa</b>           | Mangueiras para limpeza de áreas externas com pouca pressão na saída                                         | (1) instalação de bicos dosadores com pressão                                                                                                                             | Equipe da indústria   | Concluído         |

A Tabela 4 apresenta o uso total médio da água para a produção de um quilograma de filé congelado de tilápia antes e após as ações de minimização descritas na Tabela 3.

**Tabela 4 -** Minimização do uso de água por quilograma de tilápia processada por diferentes setores da indústria

| Hidrômetros | Descrição dos pontos de coleta de dados no entreposto de processamento | Uso total médio<br>(L.kg <sup>-1</sup> PA) <sup>1</sup> |                           |
|-------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------|
|             |                                                                        | Antes da minimização                                    | Depois da minimização     |
| I           | Geral                                                                  | 58,28 ± 34,24                                           | 56,39 ± 21,54             |
| II          | Tanques de depuração                                                   | 19,42 ± 14,59                                           | 23,98 ± 11,11             |
| III         | Tanques de sangria e esteira de lavagem                                | 3,845 ± 2,29 <sup>a</sup>                               | 1,553 ± 0,77 <sup>b</sup> |
| IV          | Cilindros de descamação                                                | 8,547 ± 3,84                                            | 9,650 ± 3,26              |
| V           | Evisceração e filetagem                                                | 6,717 ± 4,15 <sup>a</sup>                               | 0,642 ± 0,67 <sup>b</sup> |
| VI          | Máquina <i>skinners</i>                                                | 3,823 ± 1,69                                            | 2,990 ± 1,87              |
| VII         | Toalete para acabamento dos filés                                      | 0,626 ± 0,31                                            | 0,727 ± 0,35              |
| VIII        | Tanques de congelamento dos filés                                      | 0,234 ± 0,16                                            | 0,293 ± 0,23              |
| IX          | Limpeza da sala de processamento                                       | 2,215 ± 1,46                                            | 1,576 ± 1,10              |
| X           | Limpeza da sala de sangria e evisceração                               | 1,570 ± 2,71                                            | 1,913 ± 1,14              |
| XI          | Máquinas de gelo                                                       | 1,020 ± 0,72                                            | 0,784 ± 0,31              |
| XII         | Refeitório e administração                                             | 0,012 ± 0,01                                            | 0,019 ± 0,01              |
| XIII        | Banheiros e vestiários                                                 | 1,020 ± 0,72                                            | 0,784 ± 0,31              |
| -           | Outros processos*                                                      | 9,266 ± 5,19                                            | 11,30 ± 8,50              |
| -           | Área de apoio**                                                        | 12,85 ± 8,07                                            | 15,34 ± 8,56              |
| -           | Área limpa***                                                          | 19,95 ± 9,51 <sup>a</sup>                               | 14,13 ± 4,82 <sup>b</sup> |

(<sup>1</sup>) Letras diferentes em uma mesma linha para as colunas de consumo total médio (L.kg<sup>-1</sup> PA) antes e depois da minimização diferem estatisticamente entre (p<0,05) pelo teste F para detecção de significância, seguida do teste de Scott-Knott para comparação das médias dos tratamentos.

(\*) Agrupamento de todos os pontos de saída de água utilizada na limpeza (externo e interno) e que não foram monitorados individualmente por hidrômetros, como por exemplo, uso de água para lavagem de monoblocos, limpeza de áreas externas e de veículos.

(\*\*) Agrupamento dos pontos diretamente ligados às áreas externas da indústria: máquina de gelo, refeitório e administração, banheiros e vestiários e pontos de limpeza da área externa.

(\*\*\*) Agrupamento dos pontos diretamente ligados ao processamento na área limpa: cilindros de descamação, mesas de evisceração, filetagem, toalete, máquinas para retirada da pele, tanques para congelamento e limpeza interna.

As análises dos dados gerais da indústria não demonstraram diferenças estatisticamente significativas ( $p > 0,05$ ) para os períodos avaliados, embora os valores obtidos após a etapa de minimização tenham sido quantitativamente inferiores. A análise por setor, após a minimização, demonstrou reduções significativas para o uso da água apenas nos tanques de sangria, na esteira de lavagem e nas mesas de evisceração e filetagem.

O processo de depuração usa a maior parte da água na indústria pois a troca de água dos tanques é constante a fim de se obter a melhor qualidade do produto final do pescado. No entanto, observou-se que os registros dos tanques não eram individuais, por isso em alguns deles os registros permaneciam abertos mesmo na ausência de peixes. Foi recomendado a instalação de registros na entrada de cada tanque, mas até o fim do estudo ainda não haviam sido instalados. Além disso, em função de sua elevada demanda de água e consequente geração de efluente que era descartado junto com as correntes de resíduo líquido industrial para ETE, observou-se que seria interessante buscar alternativas como o reúso de água para reduzir o consumo de água.

Dentre as etapas do processamento, a descamação apresentou o maior uso de água. A descamação dos peixes é realizada por uma máquina de escamação que funciona com adição constante de água durante seu funcionamento. A instalação de um sensor para cessar entrada de água quando a máquina estivesse sem peixe e de uma bomba para aumento da pressão do jato de água para facilitar a remoção das escamas, diminuiriam a vazão de água e, consequentemente, o seu uso nesta etapa do processamento. No entanto, essas ações não foram executadas pela indústria até o término do estudo.

Na etapa de sangria, percebeu-se que a troca de água constante dos tanques de sangria era desnecessária. Com isso, os registros passaram a ser fechados quando os tanques estivessem cheios, proporcionando uma redução significativa de 60% no uso de água.

Durante o descabeçamento, evisceração e filetagem as torneiras permanecem abertas com o fluxo de água constante para a higienização dos peixes,

mesas e tábuas, garantindo assim, a qualidade higiênico-sanitária do produto. Para diminuir a vazão de água, as torneiras das mesas de filetagem foram substituídas por outras de menor diâmetro. Assim como, percebeu-se que o sistema que utilizava a água para arrastar pela calha os resíduos gerados (cabeça, vísceras e carcaças) até a sala de resíduos poderia ser substituído pela instalação de uma rosca sem fim. Com essas ações, o volume total de água consumido nessas etapas do processamento que era em média  $6,7 \text{ L.kg}^{-1}$  de PA diminuiu significativamente para  $0,6 \text{ L.kg}^{-1}$  de PA, ou seja, uma redução de 90%.

Na etapa de toalete, o uso de água é intermitente e aparentemente não necessário, uma vez que os filés são enviados para essa etapa para o acabamento final (retiradas de pequenas impurezas remanescentes) e a água é necessária apenas para higienização da tábua utilizada durante o processo de toalete. Por isso, foi proposto a instalação de temporizadores (ou pedal para acionamento de saída de água) para que a saída de água fosse acionada somente quando necessária, mas essa ação não foi adotada até o término deste estudo.

As atividades de limpeza da indústria usam muita água (Chowdhury et al., 2010; Uttamangkabovorn et al., 2005) uma vez que a garantia da qualidade dos produtos na indústria de alimentos está relacionada diretamente com a higienização dos equipamentos e instalações, que deve ser realizada de modo eficiente. Portanto, o uso de água nas operações de limpeza não pode ser eliminado mas pode ser minimizado com ações para economizar água sem prejudicar a eficácia do processo de higienização. É prática nessa indústria, o recolhimento dos resíduos sólidos antes do processo da limpeza interna que evita o desperdício de água (THRANE et al., 2008). No entanto, observou-se que a mangueira apresentava moderada pressão na saída de água, com isso a simples instalação de bicos dosadores com pressão para aumentar a eficiência da limpeza e controlar a vazão de água, diminuiu o uso de  $2,2 \text{ L.kg}^{-1}$  de matéria-prima para  $1,5 \text{ L.kg}^{-1}$  de matéria-prima, ou seja, uma redução de 30%.

#### **4 Conclusão**

A indústria de processamento de tilápia apresentou um elevado uso de água que está associado ao processo de depuração e higienização da planta. Isso refletiu no uso geral e no uso para o processamento de produto acabado que não tiveram uma diminuição significativa após as ações de minimização. No entanto, quando analisado o uso de água somente na área limpa da empresa, ou seja, sem a interferência do uso de água da etapa de depuração, houve uma redução de 29% do uso de água.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, A. K. B; NARDY, I. R.; Del NERY, V. Water conservation and effluent minimization: Case study of a poultry slaughterhouse. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 51, p. 93–100, 2007.

BEDDINGTON, J. Food security: contributions from Science to a new and greener revolution. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 365, p. 61-71, 2010.

BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A. **Industrialização de tilápias**. Toledo: GFM Gráfica & Editora, 2007. 272 p.

BURR, G.S.; WOLTERS, W.R.; SCHRADER, K.K.; SUMMERFELT, S.T. Impact of depuration of earthy-musty off-flavors on fillet quality of Atlantic salmon, *Salmo salar*, cultured in a recirculating aquaculture system. **Aquacultural Engineering**, v. 50, p. 28-36, 2012.

CARAWAN, R.E. **Processing Plant Waste Management Guidelines - Aquatic Fishery Products**. Department of Food Science North Carolina State University, Seafood and the Environmental. Raleigh, N.C., 1991.

CASANI, S.; ROUHANY, M.; KNOCH, S. A discussion paper on challenges and limitations to water reuse and hygiene in the food industry. **Water research**, v. 39, p. 1134-1146, 2005.

CHOWDHURY, P.; VIRARAGHAVAN, T.; SRINIVASAN, A. Biological treatment processes for fish processing wastewater – A review. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 439-449, 2010.

EPA, **Waste minimization opportunity assessment manual**. Cincinnati, Ohio: Environmental Protection Agency, 1988, 96 p.

GRIMM, C.C.; LLOYD, S.W.; ZIMBA, P.V. Instrumental versus sensory detection of off-flavors in farm-raised channel catfish. **Aquaculture**, v.236, p. 309-319, 2004.

KIRBY, R. M.; BARTRAM, J.; CARR, R. Water in food production and processing: quantity and quality concerns. **Food Control**, v. 14, p. 283-299, 2003.

LAMBOOY, T. Corporate social responsibility: sustainable water use. **Journal of Cleaner Production**, V. 19, p. 852-866, 2011.

LEE, W. H.; OKOS, M. R. Sustainable food processing systems. Path to a zero discharge: reduction of water, waste and energy. **Procedia Food Science**, v. 1, p.1768-1777, 2011.

LUIZ, D. B. Gerenciamento Hídrico em Frigoríficos. 2007. 114f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MACIEL, E. S.; SAVAY-DA-SILVA, L. K.; VASCONCELOS, J. S.; SONATI, J. G.G; GALVÃO, J. A.; LIMA, L. K. F.; OETTERER, M. Relationship between the price of

fish and its quality attributes: a study within a community at the University of São Paulo, Brazil. **Food Science and Technology**, v. 33, n. 3, p. 451-456, 2013.

MACIEL, E.S.; GALVAO, J.A.; ARRUDA, L.A.; SAVAY-DA-SILVA, L.K.; ANGELINI, M.F.C.; OETTERER, M. Recomendações técnicas para processamento da tilápia. Documentos 213, Teresina: **Embrapa Meio Norte**. 2012. 65p.

MURPHY, N. Meat processing environmental impacts: environmental impacts from meat and fish processing. Waste Reduction Resource Center. 2006. <<http://e4r4.tetradyn.com/chem-bio-med-health-docmts/IDLH-toxic-chemicals/industry-emission-exposure/air-emissions-meta-fish-processing-industry.htm>>. Acesso em: 03 jul. 2018.

OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R.; SOTO, D. Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer. Brasília, 2008. 276 p.

ROMÁN SÁNCHEZ, L. M.; MOLINA RUIZ, J. M.; CASAS LÓPEZ, J. L.; SÁNCHEZ PÉREZ. Effect of environmental regulation on the profitability of sustainable water use in the agro-food industry. **Desalination**, v. 279, p. 252-257, 2011.

SARAIVA, C. B.; MENDONÇA, R. C. S.; SANTOS, A. L.; PEREIRA, D. A. Consumo de água e geração de efluentes em uma Indústria de laticínios. **Rev. Inst. Latic. “Cândido Tostes”**, v. 64, n. 367-368, p.10-18, 2009.

SEKOULOV, I. Sustainable development of wastewater treatment strategies for the food industries. **Water Science Technology**, v. 45, p. 315-320, 2002. *Procedia Food Science* 1 (2011)

SOUZA, M.A.; VIDOTTI, R.M.; OLIVEIRA NETO, L.A. Redução no consumo de efluente gerado em abatedouro de tilápia do nilo através da implantação de

conceitos de produção mais limpa (P+L). **Boletim Do Instituto De Pesca**, v. 34, n. 2, p. 289-296, 2008.

THRANE, M., et al. Cleaner production in Danish fish processing – experiences, status and possible future strategies. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, p. 380-390, 2009.

UTTAMANGKABOVORN, M.; POONSUK, P.; ARAN, H. K. Water conservation in canned tuna (pet food) plant in Thailand. **Journal of Cleaner Production**, v.13, p. 547-555, 2005.

WEYANDT, A. J.; COSTA, S. R. R.; NUNES, M. L.; GASPAR, A. Environmental and food safety management systems, according to ISSO 14001 and ISSO 22000 in fish processing plants: experiences, critical factors and possible future strategies. **Procedia Food Science**, v. 1, p. 1901-1906, 2011.

### **CAPÍTULO 3 - INFORMAÇÕES PARA INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO DE TILÁPIA PARA DEFINIR ESTRATÉGIAS EFETIVAS E COM MENOR CUSTO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES**

**RESUMO** - A diversidade de espécies de pescado implica em distintos processos de beneficiamento e industrialização, resultando em efluentes que variam em qualidade e quantidade. A caracterização do efluente é fundamental para o conhecimento de sua concentração e carga poluente e consequentemente para a escolha do tratamento mais eficiente para atender os parâmetros exigidos pela legislação. O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização físico-química e microbiológica dos efluentes gerados em cada etapa do processamento de filé de tilápia, visando auxiliar a indústria na definição de estratégias viáveis e efetivas de minimização, segregação, tratamento e reuso. A indústria de processamento de tilápia possui um grande potencial poluidor, demonstrado pela geração de efluentes com alta carga de poluentes por tonelada de produto acabado. Os resultados demonstraram que o efluente bruto final possui alta concentração de matéria orgânica (DBO, DQO e óleos e graxas), apresentando para DBO<sub>5</sub> o valor de 88,4 kg.t<sup>-1</sup>; razão entre sólidos voláteis e sólidos totais baixa (SV/ST= 0,8), indicando alta concentração de matéria orgânica e biodegradabilidade mediana (DBO<sub>5</sub>/DQO=0,3), indicando a possibilidade de um tratamento biológico. Essas características não atendem aos padrões de lançamento exigidos pela legislação vigente. As etapas do processamento que mais contribuíram para a elevação da carga poluente são aquelas em que há maior contato da água com o pescado e com os resíduos sólidos gerados no processamento. O efluente gerado na etapa de depuração apresentou potencial para reuso para fins urbanos e resfriamento. As informações disponibilizadas por este estudo podem orientar as indústrias que queiram investir no processamento sustentável, agregando ganhos ambientais e econômicos ao processo produtivo e valor ao produto.

**Palavras-chave:** impacto ambiental, pescado, processamento de peixe, produção mais limpa, reúso, sustentabilidade

### CHAPTER 3 - INFORMATION FOR THE PROCESSING INDUSTRY OF TILÁPIA TO DEFINE EFFECTIVE STRATEGIES AND WITH LESS COST OF EFFLUENT TREATMENT

**ABSTRACT** – The diversity of fish species implies different types of processing and industrialization, resulting in effluents that vary in quality and quantity. The characterization of the effluent is fundamental for the knowledge of its concentration and pollutant load and, consequently, for the choice of the most efficient treatment for the disposal within the parameters required by the legislation. The objective of this work was to perform the physical-chemical and microbiological characterization of the effluents generated at each stage of the tilapia fillet processing, helping the industry to define viable and effective strategies for minimization, segregation, treatment and reuse of effluents. The tilapia processing industry has a great polluting potential demonstrated by the generation of high pollutant loads per ton of finished product. The results showed that the final gross effluent had high organic matter concentration ( $BOD_5$ , COD and oils and greases), presenting for  $BOD_5$  the value of  $88.4 \text{ kg.t}^{-1}$ ; low volatile solids and total solids ratio ( $VS/TS=0.8$ ), indicating a high organic matter concentration; and a medium biodegradability ( $BOD_5/COD = 0.3$ ), showing the possibility of a biological treatment. These characteristics do not meet the release standards required by current legislation. The processing steps that most contributed to contamination are those in which water contact is greatest with the fish and the solid residues generated. The effluent from the depuration stage presented potential for reuse for urban purposes and in industrial cooling processes. The information resulted from this study may direct the industries interested in investing in sustainable processing, adding environmental and economic gains to the process and value to the product.

**Keywords:** environmental impact, fish, fish processing, cleaner production, reuse, sustainability

## 1 Introdução

Há uma grande diversidade de espécies de pescado que diferem em tamanho, revestimento (pele/couro, escamas), presença de espinhas, entre outros. Essa diversidade implica em distintos tipos e graus de beneficiamento/industrialização resultando em diferentes resíduos e efluentes que variam também em quantidade. Carawan (1991) indica que cada planta é única, assim generalizar o uso de água ou a geração de efluentes não é adequado. Em geral, o efluente de uma indústria processadora de pescado possui alta concentração de lipídios e proteínas provenientes do processo de abate e higienização da planta, resultando em alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO), óleos e graxas, compostos nitrogenados e fósforo (CARAWAN, 1991; MURPHY, 2006; CHOUWDHURY et al., 2010).

De acordo com a legislação estadual de São Paulo no Decreto nº 8468/76 (SÃO PAULO, 1976), as indústrias devem direcionar o efluente para o sistema de esgotamento sanitário do município, obedecendo as condições de lançamento e parâmetros presentes no artigo 19 A do referido decreto. Ocorrendo a impossibilidade técnica da utilização do sistema, o órgão ambiental fiscalizador poderá autorizar alternativa para disposição final do efluente como o lançamento direto no corpo hídrico após tratamento, com o objetivo de atingir as condições e os parâmetros do artigo 18, ou outra forma de coleta para disposição final ao sistema municipal. Além disso, para lançamento direto no corpo receptor também são adotados os parâmetros das legislações federais do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da Resolução nº 430/2011 (BRASIL, 2011b) e da Resolução nº 357/2005 (BRASIL, 2005) que dispõe sobre a classificação dos corpos de água.

Devido aos altos custos inerentes aos processos de tratamento de efluente e de disposição dos resíduos industriais, atualmente, as indústrias têm direcionado seus esforços para o desenvolvimento de soluções que tornem o gerenciamento de resíduos mais efetivo, incluindo técnicas de minimização, reciclagem e reúso

(JUSKAITÈ-NORBUTIEŅĒ et al., 2007; SOUZA; SILVA, 2009). Essas ações fazem parte dos princípios da “produção mais limpa” (*cleaner production*), que visam prevenir a poluição ambiental a partir da reorientação de processos e produtos e que, quando adotados por uma empresa denotam responsabilidade ambiental, evitam despesas e permitem ganhos financeiros e de imagem, o que representa vantagens competitivas no mundo contemporâneo (PRODUÇÃO, 2009; VISVANATHAN; ASANO, 2009).

Se essas estratégias forem adotadas dentro do conceito de “produção mais limpa”, poderão promover importantes benefícios para a indústria, tais como (ENE et al., 2013):

- Redução do consumo de água e de energia;
- Redução da emissão de poluentes nos efluentes;
- Redução dos custos de tratamento de efluentes;
- Aumento da competitividade da empresa (redução de custos) e de suas ações ecologicamente conscientes que poderão ser divulgadas como “marketing ambiental”, proporcionando uma imagem positiva perante a comunidade ao seu redor e aos consumidores.

Em processos industriais, há muitas aplicações para a água de qualidade inferior, tais como nas operações de aquecimento e resfriamento, o que oferece possibilidades de reúso ou reciclagem para os efluentes (GROBICKI, 2008). Além disso, as águas residuárias de processos industriais podem ser utilizadas em descargas sanitárias, lavagem geral, irrigação e proteção contra incêndio (PAIN; SPUHLER, 2016).

Dessa forma, o conhecimento da composição físico-química e microbiológica do efluente possibilita a determinação das concentrações e cargas dos poluentes, o que é fundamental para definir o tipo de tratamento, monitorar o processamento, avaliar o enquadramento na legislação ambiental e avaliar a viabilidade de implantar ações de produção mais limpa às quais incluem a racionalização e o uso sustentável da água fresca (diretamente captada de rios ou proveniente de estação de tratamento de água). Contudo, como explanado, cada planta de beneficiamento de pescado é única devido às particularidades de cada espécie e ao produto final do

processamento. Assim, há necessidade de haver pesquisas para cada espécie ou por grupo de pescado.

Dentre as espécies de pescado mais processadas no Brasil, a tilápia, apesar de exótica, é a espécie mais cultivada na piscicultura nacional, sendo responsável por 42% da produção nacional e 35% da receita gerada produzida no país em 2014, de acordo com dados da pesquisa de produção pecuária municipal, do IBGE (2015) e ainda tem perspectiva de crescimento. O aumento na produção de pescado, entretanto, acarreta no aumento da industrialização e, conseqüentemente, na ampliação do volume de efluente gerado pelas indústrias de processamento.

Por conseguinte, este trabalho teve como objetivo a caracterização físico-química e microbiológica dos efluentes gerados em cada etapa do processamento de filé de tilápia auxiliando a indústria a definir estratégias viáveis e efetivas de minimização, segregação, tratamento e reúso de efluentes.

## **2 Material e método**

### **2.1 Descrição da unidade de estudo**

O trabalho foi conduzido em um entreposto localizado na região sudeste do Brasil que processa aproximadamente 26 toneladas de pescado por dia com rendimento médio de 35%, ou seja, produção de aproximadamente 8 toneladas de filé congelado de tilápia que é o principal produto de comercialização.

Os peixes provenientes de pisciculturas da região e cultivados em sistema de tanques-redes. Após a despesca, o pescado era transportado vivo até a plataforma de recebimento de matéria-prima na indústria e descarregado, na área externa, nos 8 tanques de depuração com renovação constante de água e permanecendo por até 12 horas.

As etapas do processamento foram divididas em quatro áreas: 1) Área externa: local onde ficam os tanques de depuração. 2) Área suja: local destinado para realização do sangramento no qual o peixe sofre um corte na guelra e após são colocados em tanques de sangria de inox com água e gelo para auxiliar a

sangria. Em seguida, o peixe passa pela esteira de lavagem superficial, para higienização com água clorada a 5 ppm, e segue para área limpa. 3) Área limpa: o pescado segue para a descamação realizada por uma máquina de escamação que funciona com adição de água durante seu funcionamento. Ainda no salão de processamento, o pescado é descabeçado, eviscerado e filetado. As peles são removidas em máquinas específicas, denominadas de *skinners*, e os filés submetidos ao acabamento industrial para a retirada de aparas e espinhas remanescentes (toalete). Durante essas etapas (descabeçamento e evisceração, filetagem e toalete) as torneiras permaneciam abertas com fluxo constante de água para facilitar a limpeza dos resíduos sólidos da mesa. Assim como, água limpa era utilizada nas canaletas como meio de transporte dos resíduos para percorrer o caminho debaixo das mesas de trabalho ao descarte externo à fábrica para posterior tratamento (sólidos para fábrica de farinha e líquido para tratamento de efluente). Ao final desse processamento, os filés são classificados de acordo com o peso final e encaminhados para tanques de resfriamento de inox para imersão em água e gelo para resfriamento dos filés. Em seguida segue para o congelamento, e finalmente para embalagem. 4) Área de apoio: onde é realizado a lavagem dos monoblocos.

## 2.2 Caracterização do efluente

Quantidade significativa de água é utilizada para o processamento e para o processo de higienização, resultando em efluente com alta carga orgânica. Considerou-se a média de efluente gerado equivalente ao uso médio geral de água que foi de 432 m<sup>3</sup>/dia, como relatado pela indústria.

Os efluentes gerados em cada ponto do processamento (Tabela 1) tiveram 16 amostragens analisadas físico-química e microbiologicamente. Cada bateria foi coletada em diferentes dias e em horários de alta produção.

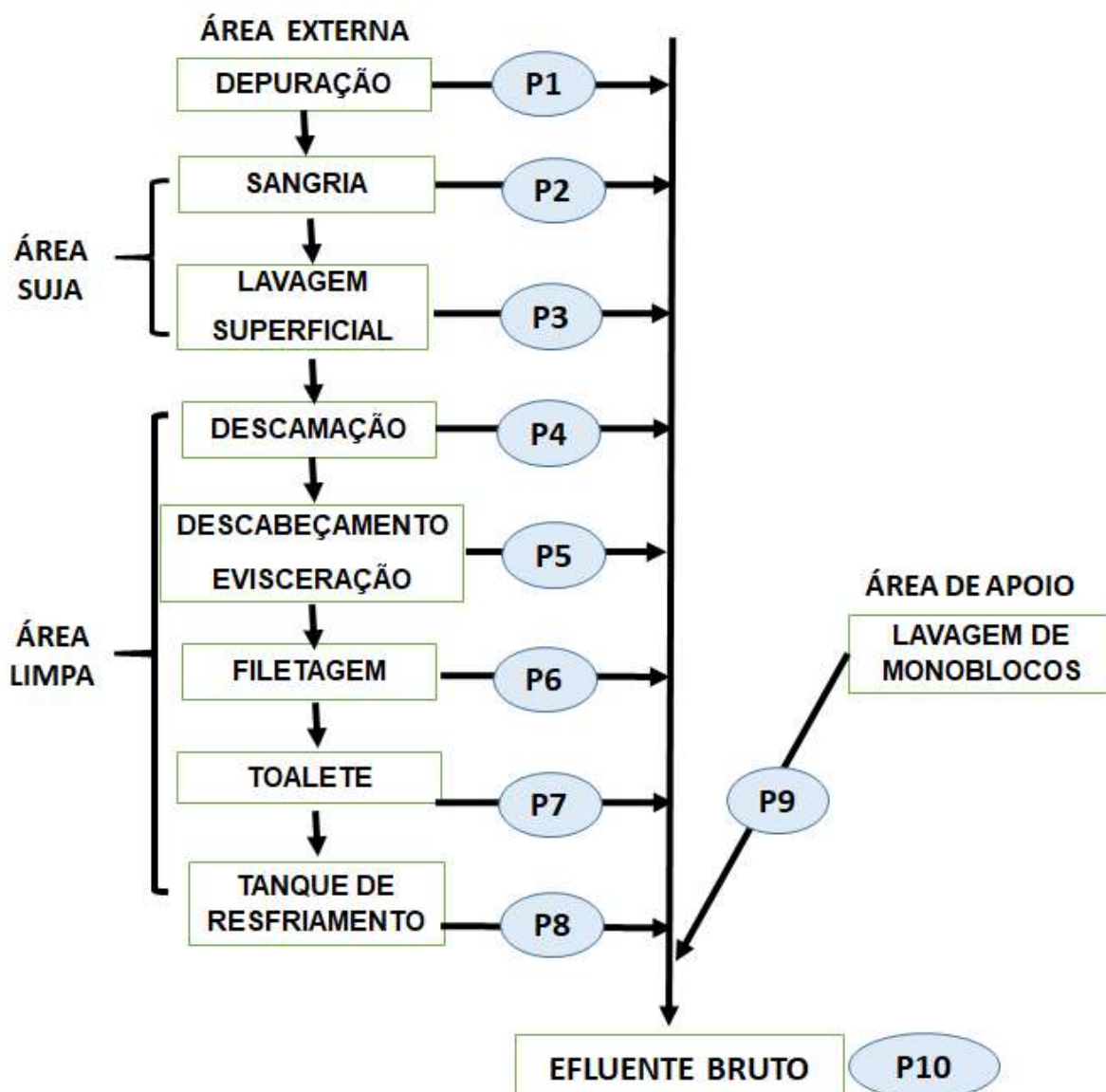


Figura 1. Pontos de geração de efluentes na planta industrial de processamento de tilápia que foram caracterizados nesse estudo

As amostras foram coletadas em frascos de polietileno que eram enxaguados com água destilada, em seguida, novo enxágue com solução 1:1 de ácido hidrocloreídrico ou de ácido nítrico e, finalmente, enxágue com água desmineralizada (HACH COMPANY, 1994). Antes de coletar a amostra, era feito enxágue dos frascos três vezes com a própria água a ser analisada. Na coleta, os frascos eram completamente preenchidos, evitando espaços vazios, diminuindo a possibilidade de haver oxidação de substâncias que fossem posteriormente analisadas.

**Tabela 1** - Pontos de coleta das amostras para qualificação de efluentes

| Ponto | Área – Tipo de efluente                   |
|-------|-------------------------------------------|
| P1    | Área externa – Depuração                  |
| P2    | Área Suja – Sangria                       |
| P3    | Área Suja - Lavagem superficial           |
| P4    | Área Limpa – Descamação                   |
| P5    | Área Limpa - Descabeçamento e evisceração |
| P6    | Área Limpa – Filetagem                    |
| P7    | Área Limpa – Toalete                      |
| P8    | Área Limpa – Tanque de resfriamento       |
| P9    | Área de apoio - Lavagem de monoblocos     |
| P10   | Área Externa - Efluente total bruto       |

As amostras eram coletadas próximas do centro do recipiente (tanque) ou duto que continha a água/efluente a ser analisado e abaixo da sua superfície, ou nos casos em que tinha entrada de alimentação, a coleta era feita próximo à fonte de abastecimento minimizando os efeitos de distribuição no sistema. Os frascos com as amostras foram armazenados no isopor com gelo até o laboratório, sendo as análises de caracterização iniciadas no intervalo máximo de 24h. As análises que não avaliariam metais foram realizadas com até 48h após a coleta e a amostra mantida sob refrigeração durante este período. Foram realizadas análises bacteriológicas e físico-químicas de acordo com as metodologias descritas em “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 2012) (Tabela 2).

Os resultados das análises do efluente geral bruto foram comparados com os limites estabelecidos pela legislação estadual segundo o Decreto nº 8648/76 (SÃO PAULO, 1976) e legislações federais de acordo com as Resolução nº 430/2011 do CONAMA (BRASIL, 2011b) e Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005) que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluente em sistemas de esgoto e em corpos hídricos receptores. Os padrões para lançamento do efluente final em sistemas de tratamento de efluente e corpos hídricos estão disponíveis no item APÊNDICE A (“Padrões para possíveis reúsos de água e para lançamento do efluente final em corpos hídricos”).

**Tabela 2** - Parâmetros analisados e métodos utilizados para caracterização físico-química e microbiológica dos efluentes

| PARÂMETROS                                                       | MÉTODOS                       |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Alcalinidade total (mg/L)                                        | Titulometria                  |
| Alumínio Total (mg/L)                                            | Espectrofotometria            |
| Cloreto (mg/L)                                                   | Espectrofotometria            |
| Coliformes Totais (NMP/100mL)                                    | Método dos tubos múltiplos    |
| Cor Verdadeira e Aparente (mg Pt.L <sup>-1</sup> )               | Espectrofotometria            |
| DBO* - 5 dias (mg de O <sub>2</sub> /L)                          | Método de DBO – 5 dias        |
| DQO** (mg/L)                                                     | Método Colorimétrico          |
| Dureza total (mg/L)                                              | Espectrofotometria            |
| Ferro Total (mg/L)                                               | Espectrofotometria            |
| Nitrato (mg N/L)                                                 | Espectrofotometria            |
| Nitrito (mg N/L)                                                 | Espectrofotometria            |
| Nitrogênio Amoniacal (mg N/L)                                    | Espectrofotometria            |
| Óleos e Graxas Totais (mg/L)                                     | Método da extração de Soxhlet |
| pH                                                               | Leitura direta                |
| Sílica (mg/L)                                                    | Espectrofotometria            |
| Sólidos Totais (mg/L)                                            | Gravimetria                   |
| Sólidos Totais Fixos (mg/L)                                      | Gravimetria                   |
| Sólidos Totais Voláteis (mg/L)                                   | Gravimetria                   |
| Substâncias Tensoativas que reagem com o Azul de Metileno (mg/L) | Espectrofotometria            |
| Turbidez (NTU)                                                   | Leitura Direta                |

Métodos utilizados conforme as metodologias descritas em “Standard Methods for the examination of Water and Wastewater” (APHA, 2012).

\*DBO = demanda biológica de oxigênio; DQO\*\*= demanda química de oxigênio.

### 2.3 Cargas de poluentes geradas na indústria

Em efluentes industriais é interessante estabelecer contribuições unitárias dos parâmetros que mais alteram as características do efluente em função de unidades de massa ou volume de produto acabado (VON SPERLING, 2005). Calculou-se então, as cargas de poluentes do efluente bruto com a finalidade de desenvolver índice de carga poluidora em indústria processadora de tilápia. O conhecimento

desses dados facilita a projeção do tratamento de efluentes (tipo de tratamento, áreas e volumes de tanques, potência de aeradores, etc) de uma indústria de processamento de pescado, pois seria possível estimar o quanto de determinado parâmetro será gerado para processar uma quantidade conhecida de tilápia (por exemplo, estimar o valor de DBO gerado por tonelada de filé de tilápia processada). Além disso, esse parâmetro permite determinar a eficiência mínima que a estação de tratamento de efluente (ETE) deverá ter para que atinja os parâmetros legais de descarga de efluente previstos na legislação, seja no sistema de tratamento de esgoto do município quanto diretamente no corpo hídrico.

Para quantificar o potencial poluidor da indústria em estudo foram calculadas as cargas de poluente (sólidos totais, sólidos totais fixos e voláteis, DBO<sub>5</sub>, DQO, óleos e graxas, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato) por tonelada de produto acabado (PA) geradas no processamento. A Equação 1 foi utilizada para o cálculo das cargas de poluentes de cada parâmetro (VON SPERLING, 2005).

$$C_X = \frac{[X].V_{ef,dia}}{PA_{dia}} \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:

$C_x$  = carga do poluente X (kg.t<sup>-1</sup>);

$V_{ef, dia}$  = volume médio de efluente geral por dia = 432.000 L.dia<sup>-1</sup>;

$PA_{dia}$  = produção média de produto acabado por dia = 8,0 t.dia<sup>-1</sup>

$[X]$  = concentração do poluente X (Tabela c), em quilograma por litro (kg X.L<sup>-1</sup>)

Potencial de minimização, reúso indireto e segregação de efluentes

Os valores médios obtidos das análises do efluente de cada ponto do processamento estão no ANEXO A, B, C (Tabelas 7, 8 e 9: “Características físico-químicas e microbiológica dos efluentes das etapas do processamento de tilápia”) foram comparados com os limites estabelecidos e analisados quanto à possibilidade de reúso e reciclo indireto do efluente, tomando como referência os padrões de

reúso de água para sistemas de resfriamento e para fins urbanos (uso em descargas sanitárias) estabelecidos e citados por Mancuso e Santos (2003), Fiesp/Ciesp (2004), Fiesp (2005), Luiz (2007) e EPA (2012). Esta comparação foi realizada em função de que as águas utilizadas nos sistemas de resfriamento e de descarga sanitária não entram em contato com os produtos (peixe antes, durante e após beneficiamento). Os padrões para possíveis reúsos de água e para lançamento do efluente final em sistemas de tratamento de efluente e corpos hídricos estão disponíveis no item APÊNDICE A (“Padrões para possíveis reúsos de água e para lançamento do efluente final em corpos hídricos”)

### **3 Resultados e discussão**

#### **3.1 Caracterização do efluente**

As Tabelas dos ANEXO A, B e C (Tabelas 7, 8 e 9: “Características físico-químicas e microbiológicas dos efluentes das etapas do processamento de tilápia”) apresentam os resultados médios das análises físico-químicas e microbiológicas obtidas para as amostras coletadas nos pontos de efluentes gerados do processamento de tilápia em indústria de estudo modelo.

Na sequência são apresentadas as discussões dos resultados das análises dos parâmetros do efluente gerado na indústria.

##### **Coliformes totais**

As bactérias do grupo coliforme são indicadores primários da possibilidade de contaminação fecal (fezes de humanos, demais mamíferos e pássaros) da água por agentes patogênicos (CETESB, 2009; PEREIRA, 2004). Os resultados de coliformes totais demonstraram que os efluentes gerados nessa indústria de processamento de tilápia apresentam risco microbiológico, sendo que em todos os pontos apresentaram concentrações médias acima do padrão de 2,2 NMP/100 ml para reúso da água em sistemas de resfriamento (FIESP, 2005).

### Cor aparente e Cor real

A coloração de um meio líquido é devida a dissolução de compostos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico que apresentam cor. Sua medida é indiretamente proporcional grau de intensidade que a luz sofre ao atravessar a amostra líquida (CETESB, 2014).

Como as substâncias em suspensão também impedem a passagem de luz em amostras líquidas, deve-se preparar as amostras para remover a parcela de turbidez que confere cor: cor aparente é a medida sem remoção de turbidez, e cor real é a medida após remoção de turbidez (VON SPERLING, 2005). Nas etapas do processamento (descamação, descabeçamento e evisceração, filetagem, toailete, tanque de resfriamento e lavagem de monoblocos) onde ocorrem perdas de gordura e proteínas, os valores da cor aparente estão bem superiores aos da cor real, indicando a presença de sólidos em suspensão superior à de sólidos dissolvidos.

Com relação ao abastecimento público de água, a cor não está relacionada necessariamente com problemas de contaminação, mas é um indicativo para que medidas sejam realizadas para verificar a qualidade geral do meio (CETESB, 2009; PEREIRA, 2004). A cor aparente é padrão de potabilidade com o valor máximo de 15 mg Pt.L<sup>-1</sup>) pela Portaria nº 2914/2011, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011a) e parâmetro de classificação de corpos hídricos pela Resolução nº 357/2005 sendo o limite máximo para as classes 2 e 3 de 75 mg Pt.L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2005). Nas águas naturais, a cor dificulta a passagem de luz e pode estar associada à presença de compostos recalcitrantes (não biodegradáveis, isto é, de taxas de decomposição muito baixas) que em geral são tóxicos aos organismos aquáticos e à problemas de estética devido associação com lançamento de esgoto. (CETESB, 2014).

O efluente total bruto apresentou um valor elevado de cor aparente de 2.876 mg Pt.L<sup>-1</sup>. Apesar da cor não ser um parâmetro para lançamento de efluentes em corpos hídricos e em sistemas de tratamento de esgoto, deve-se levar em consideração a necessidade de atendimento aos padrões de cor do corpo receptor, ou seja, o efluente descartado não poderá conferir ao corpo receptor características

em desacordo com o enquadramento do mesmo (SÃO PAULO, 1976; BRASIL, 2005; BRASIL, 2011b).

Em todos os pontos analisados, as amostras dos efluentes apresentaram concentrações médias acima dos limites de 15 mg Pt.L<sup>-1</sup> para reúso da água em sistemas com fins urbanos (MANCUSO; SANTOS, 2003). A cor não é parâmetro para reúso em sistemas de resfriamento.

### Turbidez

A turbidez é uma medida do grau de dificuldade à passagem de luz através do líquido, devido a absorção e espalhamento da luz pelos materiais insolúveis em suspensão, tais como: materiais coloidais, partículas inorgânicas muito finas (areia, argila), algas, bactérias e detritos orgânicos. Altos valores de turbidez reduzem a intensidade dos raios solares que penetram no corpo de água, prejudicando o equilíbrio das comunidades aquáticas (BRASIL, 2006)

Nas estações de tratamento de água, a turbidez é um parâmetro importante para o controle dos processos de coagulação-floculação, sedimentação e filtração. Além disso, a turbidez em águas submetidas à desinfecção pelo cloro é preocupante, uma vez que, as partículas grandes presentes nesses efluentes podem proteger os microrganismos da ação deste agente desinfetante. A turbidez também é um fator de qualidade estética das águas, pois sua presença pode ser associada à contaminação (CETESB, 2014).

Os efluentes da etapa de depuração e esteira de lavagem superficial apresentaram valor médio abaixo do limite de 5 NTU para o reúso de água para fins urbanos (MANCUSO e SANTOS, 2003) e quatro pontos (sangria, esteira de lavagem superficial e tanque de resfriamento) ficaram abaixo do limite de 50 NTU estabelecido para reúso de água em sistemas de resfriamento (LUIZ, 2007). Os efluentes dos pontos onde há o contato de água com vísceras, cabeça e carcaça apresentaram os maiores valores de turbidez (61,7 UNT a 653,1 UNT), relacionado à gordura presente nesses resíduos.

O efluente total bruto apresentou uma turbidez elevada de 683,8 UNT. A turbidez não é um parâmetro para lançamento de efluentes em sistema público de esgoto (Decreto nº 8468/76; Artigo 19A) e em corpo receptor (Decreto nº 8468; Artigo 18) (SÃO PAULO, 1976). Na Resolução nº 430/2011 do CONAMA (BRASIL, 2011b), apesar da turbidez não ser um parâmetro para lançamento de efluentes em corpo receptor, é condição de qualidade para as diferentes classes de água, segundo a Resolução nº 357/2015 do CONAMA (BRASIL, 2005). Por isso, deve-se levar em consideração a necessidade de atendimento ao parâmetro do corpo receptor, ou seja, o descarte do efluente não poderá conferir ao corpo receptor características em desacordo com o enquadramento do mesmo.

#### Sólidos totais, fixos totais e voláteis totais

Os sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado” (CETESB, 2009). Para o controle de poluição das fontes de águas e para o tratamento de efluentes é interessante qualificar as séries de sólidos quanto a distribuição das partículas com relação ao tamanho (sólidos em suspensão e dissolvidos) e com relação à natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos) (CETESB, 2009).

A presença de sólidos de qualquer natureza no efluente, provoca alteração na cor, aumento da turbidez e diminuição da transparência com redução da quantidade de luz que entra na água (CHOWDHURY et al., 2010), podendo afetar o ecossistema aquático devido a diminuição da produção fotossintética e, conseqüentemente, do oxigênio dissolvido no corpo hídrico. A Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) tem como principal objetivo preservar a qualidade no corpo d'água para isso estabelece padrões de qualidade dos corpos receptores. A concentração limite de sólidos dissolvidos é de 500 mg.L<sup>-1</sup> para as classes 1, 2 e 3.

Em geral, o efluente líquido do processamento de pescado contém altos níveis de sólidos suspensos constituídos principalmente de proteínas e lipídios (PALENZUELA-ROLLON et al., 2002). Os pontos do processamento em que há

maior contato da água com o pescado e seus resíduos (cabeça, carcaça, pele e vísceras) apresentaram concentrações maiores de sólidos totais. O efluente da etapa do tanque de resfriamento foi o que apresentou maior valor ( $13.223 \text{ mg.L}^{-1}$ ), devido a água do tanque ficar em contato constante com o filé de tilápia, por isso, a recomendação seria a troca mais constante da água (ou seja, maior número de bateladas por dia). Nas etapas do processamento como descabeçamento e evisceração, filetagem e toalete onde os próprios resíduos geram uma quantidade de partículas consideráveis, apresentaram uma alta concentração de sólidos totais. Por isso, quanto maior for o contato da matéria orgânica com a água maior é a carga de poluente no efluente gerado.

Turbulências, bombeamentos, fricções e impactos mecânicos provocam a fragmentação, gerando mais substâncias em suspensão e em solução com alta carga orgânica, que não são mais retidas por gradeamentos e peneiramentos. Essa situação foi detectada na etapa de descamação na qual o contato e a pressão da água sobre o pescado e suas escamas refletiram na alta concentração de sólidos totais no efluente ( $3.451 \text{ mg.L}^{-1}$ ).

As amostras das etapas de descamação, descabeçamento e evisceração, filetagem, toalete, tanque de resfriamento e efluente total bruto também apresentaram altos valores de sólidos voláteis em relação aos sólidos fixos, indicando maior concentração de matéria orgânica nesses efluentes.

A capacidade de mineralização dos resíduos presentes no efluente pode ser observada pela razão Sólidos Voláteis e Sólidos Totais (SV/ST). A relação maior do que 0,5 indica que o efluente tem baixa capacidade de mineralização dos resíduos, pois quanto maior a razão maior a quantidade de fração orgânica que pode ser oxidada.

**Tabela 3** - Capacidade de mineralização dos efluentes das etapas de processamento de tilápia

| <b>Tipo de efluente</b>        | <b>SV/ST</b> | <b>Tipo de efluente</b> | <b>SV/ST</b> |
|--------------------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| Depuração                      | 0,2          | Filetagem               | 0,8          |
| Sangria                        | 0,5          | Toalete                 | 0,8          |
| Lavagem                        | 0,4          | Tanque de resfriamento  | 0,6          |
| Descamação                     | 0,8          | Lavagem de monoblocos   | 0,4          |
| Descabeçamento/<br>Evisceração | 0,8          | Efluente Bruto          | 0,8          |

Esse parâmetro é mais utilizado para caracterizar resíduos sólidos (COSTA, 2014). Contudo, para os objetivos desse trabalho também é um parâmetro indicador da fração de sólidos que deverá sofrer degradação (tratamento biológico) ou remoção (tratamento físico e/ou químico) durante o processo de tratamento. Portanto, como nos efluentes estudados, esse valor variou entre 0,2 e 0,8, com destaque para as maiores razões encontradas nos pontos referentes aos efluentes das etapas do processamento (descamação, descabeçamento e evisceração, filetagem, toalete e tanque de resfriamento) e ao efluente geral bruto, indicando maior concentração de matéria orgânica nesses efluentes.

## pH

O parâmetro pH (potencial hidrogeniônico) varia de 0 a 14 e indica a condição de acidez ( $\text{pH} < 7$ ), neutralidade ( $\text{pH} = 7$ ) ou alcalinidade ( $\text{pH} > 7$ ) de um meio.

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos ocorre diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies aquáticas e microrganismos decompositores e, indiretamente, pois influencia no equilíbrio químico como a solubilidade de metais, compostos tóxicos e nutrientes (ESTEVES, 2011). Desta forma, as restrições de faixas de pH são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais, tanto de acordo com a legislação federal (Resolução nº 357 do CONAMA, de março de 2005) (BRASIL, 2005), como pela

legislação do Estado de São Paulo (Decreto nº 8468/76) (SÃO PAULO, 1976), que permitem moderados afastamentos do valor de  $\text{pH} = 7,0$ , tomado como referência.

Constitui-se também em padrão de lançamento direto de efluentes no corpo hídrico receptor, tanto pelo Decreto nº 8468/76 (SÃO PAULO, 1976) quanto pela Resolução nº 430/2011 do CONAMA (BRASIL, 2011b) que estabelecem faixa de  $\text{pH}$  entre 5 e 9. Para lançamento na rede pública seguida de estação de tratamento de esgotos o Decreto nº 8468/76 no artigo 19-A (SÃO PAULO, 1976) estabelece  $\text{pH}$  entre 6 e 10. O  $\text{pH}$  é um parâmetro importante no controle dos processos físico-químicos e biológicos de tratamento de efluentes. Nos processos de tratamento biológico (aeróbio ou anaeróbio) de efluentes, o  $\text{pH}$  próximo ao neutro proporciona tratamento mais estável e contribui à formação de um ecossistema mais diversificado (CETESB, 2009; PEREIRA, 2004).

Nas estações de tratamento de água, o processo de coagulação e floculação no tratamento de água é dependente de um “ $\text{pH}$  ótimo” de floculação. Assim como, a desinfecção pelo cloro é mais eficiente em meio ácido, pois a dissociação do ácido hipocloroso formando íon hipoclorito é menor” (CETESB 2014).

Para a distribuição de água de abastecimento e para o reúso de água, o  $\text{pH}$  pode ser prejudicial, uma vez que as águas ácidas são corrosivas e as alcalinas são incrustantes. O  $\text{pH}$  do efluente de plantas processadoras de pescado geralmente encontra-se próximo do neutro (CHOUWDHURY et al., 2010) ou alcalino devido à decomposição da proteína e emissão de compostos de amônia. Os valores de  $\text{pH}$  nesta indústria foi de 7,26 a 9,90. O efluente do tanque de resfriamento apresentou  $\text{pH}$  de 9,90, portanto, para essa finalidade seria indicado maior frequência de troca da água utilizada nesta etapa, mesmo não havendo comprometimento da qualidade microbiológica do produto. O efluente gerado na lavagem de monoblocos também apresentou alcalino ( $\text{pH} = 9,25$ ), provavelmente devido ao detergente alcalino utilizado na higienização dos monoblocos.

Os efluentes do tanque de resfriamento, esteira de lavagem superficial e lavagem de monoblocos apresentaram  $\text{pH} = 9,0$ , acima dos limites para o reúso de água para fins urbanos (LUIZ, 2007) e o efluente do tanque de resfriamento,  $\text{pH} = 9,90$ , também acima do limite para reúso de água para resfriamento (FIESP, 2005).

### Alcalinidade Total (mg/L)

Por definição, alcalinidade de uma água é a sua capacidade quantitativa de neutralizar um ácido forte, até um determinado pH (CETESB, 2014).

A alcalinidade é um parâmetro importante no controle de processos unitários utilizados nas estações de tratamento de águas para abastecimento e residuárias e também para alguns usos pois valores muito elevados de alcalinidade podem ser indesejáveis em uma água a ser utilizada para fins industriais uma vez que podem ocasionar problemas de formação de depósitos e corrosão, de acordo com a utilização desta água (KURITA, 2014). Apenas o efluente do ponto de descamação ( $443 \text{ mg.L}^{-1}$ ) apresentou concentração média fora do limite de  $350 \text{ mg.L}^{-1}$  aceitável para reúso da água em sistemas de resfriamento (LUIZ, 2007).

A alcalinidade não representa risco à saúde pública e, portanto, não é padrão de potabilidade. A alcalinidade também não é padrão de classificação de águas naturais nem de emissão de esgotos.

### Dureza total

A dureza da água é a soma dos cátions bivalentes presentes na sua constituição e expressa em termos da quantidade equivalente de  $\text{CaCO}_3$  que em elevada quantidade pode promover incrustações em tubulações de água quente e caldeiras, pois com o aumento da temperatura ocorre a formação de carbonatos que precipitam e incrustam (PARROW et al., 2011).

Em todos pontos analisados, as amostras dos efluentes apresentaram concentrações médias abaixo do limite de  $700 \text{ mg.L}^{-1}$  para reúso da água em sistemas de resfriamento (LUIZ, 2007). Não foram encontrados limites de dureza total para um possível reúso do efluente com fins urbanos.

### Cloreto

Em águas subterrâneas, o cloreto é o ânion  $\text{Cl}^-$  obtido dos solos e rochas e estão presentes na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio. Nas águas superficiais, as principais fontes são as descargas de esgotos sanitários e industriais. Altas concentrações de cloreto conferem sabor salino à água e pode provocar efeito laxativo (CETESB, 2014). A Portaria nº2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011 a) e padrão de classificação das águas doces, de acordo com a Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005), estabelecendo o valor máximo de  $250 \text{ mg.L}^{-1}$ . As amostras dos efluentes dos pontos do processamento: sangria, tanque de resfriamento e lavagem de monoblocos, apresentaram resultados médios acima desse limite (BRASIL, 2006).

Altas concentrações de cloretos não são nocivas ao homem, mas impedem o uso da água para a agricultura e para atividades industriais pois aceleram os processos de corrosão em materiais metálicos (tubos, equipamentos) (PEREIRA, 2004). Verifica-se que todos os pontos apresentaram concentrações inferiores ao limite para reúso de água em sistemas de resfriamento (LUIZ, 2007) e para fins urbanos encontrados na literatura (MANCUSO e SANTOS, 2003).

#### Alumínio total

O alumínio não apresenta toxicidade aguda por via oral pela ingestão de alimentos e água. Contudo, sua dissolução no solo neutraliza os ácidos provenientes de chuvas ácidas formando compostos tóxicos à vegetação que podem ser escoados a corpos d'água (CETESB, 2009). A análise do alumínio na água tratada tem como objetivos o controle da eficiência do tratamento e o monitoramento dos níveis deste metal na água pois é utilizado no tratamento da água e como insumo em indústrias de alimentos (aditivo alimentar), farmacêuticas e de produtos metálicos (CETESB, 2014).

A presença de alumínio nos efluentes é característica da própria fonte de água subterrânea utilizada na indústria, uma vez que o processamento dos filés não requer aditivo alimentar e o único tratamento aplicado na água antes do seu uso é a cloração. A concentração de alumínio nas amostras variou de 0,11 a  $0,26 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Sendo que todos os efluentes apresentaram concentrações médias fora do padrão de  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$  aceitável para reúso da água em sistemas de resfriamento, mas próximas do padrão estabelecido pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde que estabelece o limite de  $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$  (BRASIL, 2011 a).

Não foram encontrados limites de alumínio total para um possível reúso do efluente para fins urbanos.

#### Ferro dissolvido

O ferro não é uma substância tóxica, mas sua presença na água pode alterar sua cor e sabor (CETESB, 2009). Por isso, é um padrão de potabilidade com limite máximo de  $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$  de acordo com a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011a). Além disso, concentrações de ferro acima de  $0,06 \text{ mg.L}^{-1}$  promovem a formação de biofilmes e de substâncias extracelulares poliméricas que aceleram o processo de corrosão de encanamentos em sistemas de distribuição (JIN; GUAN, 2014).

Em águas superficiais, concentrações elevadas indicam contaminação por efluentes industriais. De acordo com a Resolução nº 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005), é padrão de classificação das águas. Para água doce, salina e salobra classe 1 o limite é de  $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$  e para água doce classe 3 é  $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Todos os efluentes analisados apresentaram valores médios inferiores ao limite máximo de  $5 \text{ mg.L}^{-1}$  para o reúso de água em sistemas de resfriamento (LUIZ, 2007).

A legislação estadual no Decreto nº 8468/76 (SÃO PAULO, 1976) e federal na Resolução nº 430/2011 do CONAMA (BRASIL, 2011b) determinam uma concentração máxima de ferro de  $15 \text{ mg.L}^{-1}$  para o lançamento de efluentes em corpos hídricos e em sistemas de tratamento de esgotos sanitários. Nenhuma amostra de efluente da indústria de processamento de tilápia apresentou valor acima desse limite.

## Sílica

Altas concentrações de sílica impedem o reúso de água, pois pode formar incrustações que, em altas temperatura, podem vitrificar e fragilizar equipamentos, como caldeiras e sistemas de refrigeração (NÓBREGA, 2016). Em quase todos os pontos analisados, as amostras dos efluentes apresentaram concentrações médias acima do padrão aceitável para reúso da água em sistemas de resfriamento. Os pontos que ficaram dentro do limite de  $150 \text{ mg.L}^{-1}$  foram os efluentes da lavagem de monoblocos e da esteira de lavagem superficial.

## DBO e DQO

Os parâmetros DQO e  $\text{DBO}_5$  indicam a presença de matéria orgânica na água. DQO indica a quantidade de oxigênio necessária para oxidação química de matéria orgânica e inorgânica presente em meio aquoso e a  $\text{DBO}_5$  indica a demanda de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável por decomposição microbiana aeróbia por um determinado período. Por isso, são parâmetros determinantes no projeto de estações de tratamento biológico de efluentes (CETESB, 2009; PEREIRA, 2004). A descarga de compostos orgânicos biodegradáveis causa redução na concentração de oxigênio dissolvida nos corpos d'água, impactando nos níveis de atividade ou até mesmo a morte da vida aquática (VERHEIJEM et al., 1996). Por isso, a importância da  $\text{DBO}_5$  ser um parâmetro de classificação das águas naturais, segundo a legislação federal CONAMA nº357/2005 (BRASIL, 2005) e estadual Decreto nº 8468/76 (SÃO PAULO, 1976).

Uma revisão na literatura mostra que o efluente da indústria processadora de pescado apresenta altos valores de  $\text{DBO}_5$  e DQO, sendo que a  $\text{DBO}_5$  é proveniente principalmente dos compostos carbonados e nitrogenados (CARAWAN, 1991; MURPHY, 2006; CHOUWDHURY et al., 2010).

A determinação desses parâmetros também é importante para o campo do tratamento de esgotos, por informarem a biodegradabilidade da matéria presente no

efluente, que pode ser observada pela razão entre a DBO<sub>5</sub> e a DQO e, quando essa relação é inferior a 0,3, o efluente terá baixa biodegradabilidade (BADAWI; ALI, 2006). Como demonstrado na Tabela 4, a biodegradabilidade dos efluentes estudados variou entre 0,1 e 0,4, com destaque para a menor razão no efluente da etapa de lavagem de monoblocos que pode estar envolvido com a presença de agentes químicos de limpeza. O efluente bruto do processamento de tilápia deste estudo apresentou uma biodegradabilidade (DBO<sub>5</sub> /DQO= 0,3) propício para um tratamento biológico.

**Tabela 4 - Biodegradabilidade de efluentes gerados nas etapas do processamento de tilápia**

| Tipo de efluente               | DBO <sub>5</sub> /DQO | Tipo de efluente       | DBO <sub>5</sub> /DQO |
|--------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| Depuração                      | 0,3                   | Filetagem              | 0,3                   |
| Sangria                        | 0,4                   | Toaleta                | 0,3                   |
| Lavagem superficial            | 0,3                   | Tanque de resfriamento | 0,3                   |
| Descamação                     | 0,3                   | Lavagem de monoblocos  | 0,1                   |
| Descabeçamento/<br>Evisceração | 0,3                   | Efluente Total Bruto   | 0,3                   |

Com relação ao descarte do efluente, de acordo com o Decreto Estadual nº 8648/76, no artigo 19 A (BRASIL, 1976), não há limite de DBO<sub>5</sub> estabelecido para lançamento de efluente no sistema de tratamento de esgoto. No entanto, segundo a mesma legislação, no artigo 18, na impossibilidade de descarte em sistema de esgoto, o efluente industrial pode ser descartado diretamente no corpo hídrico, desde que respeite o limite máximo de 60 mg.L<sup>-1</sup> de DBO<sub>5</sub> ou uma remoção de DBO<sub>5</sub> mínima do processo de tratamento igual a 80%. Além disso, deve-se respeitar a classificação dos corpos receptores, pois, não poderão ser lançados efluentes, mesmo tratados, que prejudiquem sua qualidade pela alteração de parâmetros, como por exemplo: em corpos receptores caracterizados como águas de classe 2 deve-se respeitar o parâmetro de classificação de DBO<sub>5</sub> até 5,0 mg.L<sup>-1</sup>. Nesse sentido, o efluente bruto do processamento não poderia ser descartado diretamente

em um corpo hídrico pois apresenta a  $\text{DBO}_5$  bem acima do limite máximo exigido, mas poderia ser descartado no corpo receptor, caso atingisse, no seu tratamento de efluente, uma  $\text{DBO}_5$  de  $327,5 \text{ mg.L}^{-1}$ . Ainda assim, com esse valor ainda alto, seria necessária uma avaliação do impacto desse efluente no corpo receptor para que não fosse alterado o padrão de classificação do corpo d'água. A Resolução do CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011 (BRASIL, 2011 b) é menos restritiva do que a legislação paulista quanto ao padrão de lançamento de efluentes para  $\text{DBO}_5$ : “remoção mínima de 60% de  $\text{DBO}_5$  sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor”.

Apenas o efluente da etapa de depuração apresentou valor médio abaixo dos limites de  $\text{DBO}_5$  e DQO de 25 e  $75 \text{ mg.L}^{-1}$ , respectivamente, para reúso de água em sistemas de resfriamento (FIESP/CIESP, 2004) e valores abaixo dos limites de  $\text{DBO}_5$  de  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  (EPA, 2012) e DQO de  $60 \text{ mg.L}^{-1}$  (MANCUSO e SANTOS, 2003) para fins urbanos. (APÊNDICE A – “Padrões para possíveis reúsos de água e para lançamento do efluente final em corpos hídricos).

### Óleos e graxas

Óleos e graxas é um importante parâmetro de efluente do processamento de pescado (MUTHUKUMARAN; BASKARAN, 2013) e constituem um conjunto de substâncias orgânicas (solúveis em n-hexano) de origem mineral, vegetal ou animal e que compreendem hidrocarbonetos, gorduras ésteres, ácidos graxos, óleos vegetais, ceras, óleos minerais, corantes orgânicos, entre outros (CETESB, 2009). Essas substâncias são oxidadas durante processo de decomposição consumindo oxigênio dissolvido, portanto, sua quantidade é diretamente proporcional aos valores de  $\text{DBO}_5$  e a DQO (CETESB, 2014). Altas concentrações dessas substâncias podem prejudicar o tratamento biológico do efluente, pois afetam os processos biológicos aeróbicos e anaeróbicos e também podem obstruir encanamentos (CETESB, 2009; PEREIRA, 2004). De acordo com o Decreto Estadual nº 8468 no artigo 19 A (SÃO

PAULO, 1976), o limite de óleos e graxas estabelecido para lançamento de efluente no sistema de tratamento de esgoto é de 150 mg.L<sup>-1</sup>.

Altos valores de óleos e graxas em corpos hídricos provocam repulsa sob o ponto de vista estético pois indica contaminação por despejo inadequado de efluentes e resíduos. Além disso, prejudica o ecossistema aquático pois dificulta as trocas gasosas entre a água e a atmosfera (CETESB, 2014). Por esses motivos, o Decreto nº 8468/76 no artigo 18 (BRASIL, 1976) determina o limite de 100 mg.L<sup>-1</sup> para os níveis de óleos e graxas dos efluentes lançados diretamente em corpos hídricos receptores. A Resolução nº 430 do CONAMA (BRASIL, 2011b), determina os limites máximos de 50 mg.L<sup>-1</sup> para óleos de origem vegetal e gorduras animais e 20 mg.L<sup>-1</sup> para óleos minerais. Além disso, deve-se respeitar a classificação dos corpos receptores, pois, não poderão ser lançados efluentes, mesmo tratados, que prejudiquem sua qualidade pela alteração de parâmetros, como por exemplo: em corpos receptores caracterizados como águas de classe 2 e 3 deve-se respeitar o parâmetro de classificação de óleos e graxas virtualmente ausentes.

Chowdhury (2010) relata que aproximadamente 60% do conteúdo de óleos e graxas do efluente industrial é originário do processo de abate e evisceração e que o conteúdo restante de óleos e graxas é gerado durante as demais operações de processamento (descamação, retirada da pele (couro), filetagem) e enlatamento de pescado. O efluente bruto do processamento de tilápia apresentou uma concentração alta de 516,0 mg.L<sup>-1</sup>, portanto é fundamental o pré-tratamento físico-químico (separadores gravitacionais, coagulação, floculação e flotação) desses efluentes antes do descarte adequado no sistema de tratamento de esgoto ou diretamente no corpo hídrico receptor.

Segundo Mancuso e Santos (2003) o padrão para o reúso de água para fins urbanos é de ausência de qualquer concentração de óleos e graxas. Em todos os pontos analisados, houve alta concentração de óleos e graxas. A concentração nas etapas de transformação de produto apresentou um intervalo de valores médios entre: 388,0 mg L<sup>-1</sup> (descamação) a 560,0 mg L<sup>-1</sup> (toalete).

### Nitrato e Nitrito e Nitrogênio amoniacal

A decomposição da matéria orgânica nitrogenada leva à formação de nitrogênio amoniacal nas águas, nas formas de gás amônia ( $\text{NH}_3$ ) ou do íon amônia ( $\text{NH}_4$ ). Nas águas, ocorre a oxidação biológica de amônia formando o nitrato como produto final: primeiramente, o nitrogênio amoniacal é oxidado a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) pelas bactérias do gênero nitrossomonas e, posteriormente, a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) pelas bactérias do gênero nitrobacter, num processo conhecido por nitrificação (NUNES-ALVES, 2016). Esse processo implica no consumo de oxigênio dissolvido do meio pelas bactérias, o que pode afetar a vida aquática. Outro processo que também diminui a quantidade de oxigênio na água é a eutrofização causada pelo excesso de nutrientes dissolvidos na água (principalmente, nitrogênio e fósforo) que favorece o crescimento exacerbado de algas na superfície, prejudicando assim, a passagem de luz fundamental para o processo de fotossíntese de plantas nas profundezas da água e com isso tornando o meio deficiente em oxigênio e prejudicando a sobrevivência de seres heterótrofos aquáticos (LUIZ et al., 2014).

O nitrogênio amoniacal ou amônia se apresenta em duas formas dissolvidas no meio aquoso (o amoníaco ou amônia não-ionizada -  $\text{NH}_3$  - e o íon amônio, forma ionizada  $\text{NH}_4^+$ ), cujas proporções relativas dependem do pH, da temperatura e da salinidade do ambiente (TEIXEIRA, 2006). É formado por processo de decomposição de matéria orgânica e é o principal produto de excreção dos organismos aquático. É uma substância não cumulativa e não provoca danos fisiológicos a humanos ou animais (DAL PIAN e ALVES, 2013). Porém em grandes quantidades, a amônia não ionizada pode ser tóxica aos peixes, causando sufocamento de peixes (PEREIRA; MERCANTE, 2005).

O excesso de nitrato em águas superficiais e subterrâneas também afeta a vida humana pois quando ingerido, o nitrato é reduzido a nitrito. O nitrito se combina com a hemoglobina formando a metahemoglobina que causa a “síndrome do bebê azul” que pode ser fatal em recém-nascidos (MORI et al., 1999). A ingestão de excesso de nitrato também pode causar câncer, principalmente de estômago (RENGARAJ; LI, 2007; SÁ et al., 2009).

O Decreto nº 8468/76, tanto para o lançamento direto nos corpos receptores no artigo 18, quanto para lançamento na rede pública seguida de estação de tratamento de esgotos no artigo 19-A, não estabelecem parâmetros para nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal. No entanto, estabelece que o lançamento do efluente não prejudique a qualidade do corpo receptor pela alteração dos padrões dos parâmetros em que o corpo receptor estiver enquadrado (SÃO PAULO, 1976).

A Resolução nº 430/2011 do CONAMA (BRASIL, 2011b) estabelece somente o nitrogênio amoniacal total como padrão de lançamento direto no corpo receptor, sendo o valor máximo de  $20,0 \text{ mg.L}^{-1}$ , mas determina também que o efluente descartado não pode alterar os padrões de qualidade correspondente à classe em que o corpo receptor estiver enquadrado.

Na indústria de pescado, os altos níveis de nitrogênio nos efluentes estão relacionados ao grande conteúdo de proteína animal (resíduos de carne) e de sangue. Os efluentes da sangria, da descamação, do descabeçamento e evisceração, do tanque de resfriamento e do efluente bruto apresentaram valores médios de nitrato acima do limite máximo de  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  para fins urbanos. Para o nitrito apenas o efluente do ponto de descabeçamento e evisceração ultrapassou o limite máximo de  $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$  para fins urbanos (FIESP, 2005). Os efluentes de todos os pontos, apresentaram valores médios de nitrogênio amoniacal total, acima do limite de  $1 \text{ mg.L}^{-1}$  para o reúso da água em sistemas de resfriamento (FIESP/CIESP, 2004). Com relação ao limite de  $20 \text{ mg.L}^{-1}$  estabelecido pela Resolução do CONAMA nº 430/2011 (BRASIL, 2011b) para o lançamento final e pela Fiesp (2005) para o reúso da água para fins urbanos, apenas o efluente do tanque de tratamento (imersão do filé em água com baixa temperatura) prévio ao resfriamento apresentou concentração acima desses limites, relacionada à presença dos compostos nitrogenados na água de imersão dos filés.

#### Substâncias tensoativas que reagem ao azul de metileno (surfactantes)

Os surfactantes são agentes tensoativos, compostos que reagem com o azul de metileno sob certas condições especificadas e que apresentam estruturas

moleculares com uma parte hidrofóbica e uma parte hidrofílica. As operações de limpeza agregam altas concentrações de substâncias derivadas dos detergentes aos efluentes e o descarte em corpos hídricos receptores pode ocasionar formação de espuma no leito de rios e podem acelerar a eutrofização (devido a presença de fósforo na formulação) (CETESB, 2009). Além disso, nos processos físico-químicos de tratamento de efluentes reduz a habilidade de floculação das partículas, dificultando a separação dos sólidos nos sedimentadores (COLPANI, 2012). Portanto, é fundamental considerar a principal finalidade da higienização e os possíveis efeitos na estação de tratamento e ao meio ambiente, quando for escolher o detergente. Além disso, otimizar os procedimentos de limpeza sem prejudicar a segurança dos produtos processados, diminuindo o consumo de água e detergentes e consequentemente da carga poluente dos efluentes (PACHECO, 2006).

Para a legislação estadual no Decreto nº 8648/76 (SÃO PAULO, 1976) e para a legislação federal Resolução nº 430/2011 do CONAMA (BRASIL, 2011b), determinam como condição de lançamento de efluentes a “ausência de Materiais flutuantes”, mas não estabelecem padrão de lançamento para surfactantes tanto diretamente em corpos hídricos receptores e em sistemas de tratamento de esgoto. Ainda, deve-se respeitar a classificação dos corpos receptores de acordo com a Resolução nº 357/2005 do CONAMA, pois, não poderão ser lançados efluentes, mesmo tratados, que prejudiquem sua qualidade pela alteração de condições e parâmetros estabelecidos (BRASIL, 2005).

Todos os efluentes do processamento de tilápia apresentaram valores dentro do estabelecido para um possível reúso da água em sistemas de resfriamento e fins urbanos (APÊNDICE A - “Padrões para possíveis reúsos de água e para lançamento do efluente final em corpos hídricos”).

### **3.2 Cargas de poluentes geradas na indústria**

As cargas de poluentes por tonelada de produto acabado (filé de tilápia congelado) geradas na indústria de processamento de tilápia estão descritas na Tabela 5.

**Tabela 5 -** Cargas de poluentes por tonelada de produto acabado (PA) geradas na indústria de processamento de tilápia

| <b>Parâmetro</b>           | <b>Carga de poluente (kg.t<sup>-1</sup>)</b> |
|----------------------------|----------------------------------------------|
| Sólidos Totais             | 147,6                                        |
| Sólidos Totais Fixos       | 32,9                                         |
| Sólidos Totais Voláteis    | 114,7                                        |
| DBO <sub>5</sub>           | 88,4                                         |
| DQO                        | 282,2                                        |
| Óleos e graxas             | 2,78                                         |
| Nitrato                    | 1,0                                          |
| Nitrito                    | 0,02                                         |
| Nitrogênio Amoniacal Total | 0,17                                         |

O conhecimento desses dados facilita a projeção do tratamento de efluentes de uma indústria de processamento de pescado, pois é possível estimar o quanto de determinado parâmetro será gerado para processar uma quantidade conhecida de tilápia (por exemplo, estimar o valor de DBO gerado por tonelada de filé de tilápia processada). Dessa forma, facilitaria na projeção do tratamento de efluentes mais adequado como: tipo de tratamento, áreas e volumes de tanques, potência de aeradores, entre outros (VON SPERLING, 2005). Além disso, determinar a eficiência mínima que a estação de tratamento de esgoto (ETE) deverá ter para que atinja os parâmetros legais de descarga de efluente previstos na legislação, seja no sistema de tratamento de esgoto do município quanto diretamente no corpo hídrico.

No processamento de pescado, estão incluídas diversas etapas que podem gerar resíduos contendo sangue, tecidos, gorduras e outras substâncias. Assim como, as operações de higienização que também agregam no efluente, substâncias derivadas dos detergentes e sanitizantes. Nesse sentido, o conhecimento das cargas de poluentes geradas é fundamental para adoção de estratégias de gestão de resíduos e tratamentos de efluente eficientes.

Na Tabela 6 são apresentados valores de carga de poluente de DBO<sub>5</sub> por outras indústrias de pescado.

**Tabela 6** - Carga de poluente de DBO<sub>5</sub> por tonelada de matéria-prima gerada em indústrias de processamento de pescado

| <b>Tipo de efluente</b>                            | <b>Carga de poluente DBO<sub>5</sub> (kg.t<sup>-1</sup>)</b> |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Filé de tilápia congelado*                         | 27,2                                                         |
| Filé empanado <sup>2</sup> Yellowtail <sup>1</sup> | 18,4                                                         |
| Arenque defumado <sup>1</sup>                      | 8,42                                                         |
| Salmão fresco <sup>1</sup>                         | 2,59                                                         |

Fontes: <sup>1</sup> LALONDE, et al., 2007

\*Dado deste estudo

A qualidade do efluente de indústrias de processamento de pescado é influenciada por inúmeros fatores como: a espécie processada, o produto desenvolvido, os métodos de produção, a vazão, o uso de aditivos (salmoura, molhos, óleos comestíveis em enlatados, entre outros) e o grau de aplicação das práticas de *produção mais limpa* (CARAWAN, 1991; MURPHY, 2006, CHOUWDHURY, et al., 2010). Essa diversidade é expressada pelos diferentes valores de carga de poluente DBO<sub>5</sub>\* (Tabela 5) para o processamento de diferentes espécies de peixes e geração e distintos produtos finais. O processamento de tilápia deste estudo gerou uma carga de 27,2 kg DBO<sub>5</sub> para o processamento de 1 tonelada de matéria-prima (tilápia inteira) e 88,4 kg DBO<sub>5</sub> para o processamento de 1 tonelada de produto acabado (filé de tilápia congelado). Os sólidos totais, sólidos voláteis e óleos e graxas foram os parâmetros que mais contribuíram para a carga poluente do efluente, refletindo nos altos valores de DBO<sub>5</sub> e DQO e demonstrando, portanto, que a indústria de processamento de tilápia é uma importante fonte de poluição orgânica.

Segundo um relatório de vigilância da diretoria de operações de proteção ambiental do Canadá (LALONDE, et al, 2007), as plantas de processamento de pescado apresentam diferentes características e geram altas concentrações de matéria orgânica (óleos e graxas, sólidos, nitrogênio total, carbono orgânico total, fosforo total e DBO<sub>5</sub>) que variam de acordo com o nível de processamento adotado

pela indústria. No relatório, a classificação do processamento segue a abordagem de Beaudim (2001) e é dividido em três níveis:

- Processamento primário: relacionado com operações iniciais como embalagem da matéria-prima fresca;
- Processamento secundário: a matéria-prima é submetida a processamentos adicionais com finalidade de preservação e/ou apresentação;
- Processamento terciário: a matéria-prima sofre vários tipos de processos técnicos e tecnológicos mais elaborados como enlatamento, defumação, entre outros.

Esse estudo apontou que indústrias que possuem um “processamento terciário” geram efluentes com altos níveis de cargas poluentes, devido aos processos adicionais que resultam em maior manipulação do pescado, portanto, mais propensos a formação de partículas menores que não são capturadas pelas telas antes da estação de tratamento. A indústria de filé de salmão fresco foi classificada como “processamento primário” e apresentou cargas de  $\text{DBO}_5$  bem menor que as indústrias de arenque defumado e filé de yellowtail empanado que foram classificadas como “processamento terciário”, devido a maior quantidade e complexidade de processos envolvidos na fabricação desses produtos (LALONDE, et al, 2007). De acordo com o relatório, a indústria de tilápia deste estudo se classificaria como “processamento secundário”, no entanto, gerou um efluente com carga de  $\text{DBO}_5$  superior às demais indústrias. Isso pode estar relacionado com o uso de tecnológicas mais avançadas, aproveitamento de resíduos (geração de coprodutos) e uso racional e consciente da água e demais insumos, além de uma preocupação e/ou uma fiscalização mais rígida com relação as questões ambientais nas indústrias de países desenvolvidos como o Canadá.

### **3.3 Potencial de minimização, reúso indireto e segregação de efluentes**

Para reduzir o volume de efluente, primeiramente deve-se minimizar a dependência com a água para posteriormente avaliar as possibilidades de reúso.

Adicionalmente, é pertinente considerar uma possível segregação dos efluentes com características físico-químicas e microbiológicas semelhantes de modo a obter um tratamento ótimo para cada caso (MIYAKI et al., 2000). Esta segregação dos efluentes gerados na indústria, coletando os mais semelhantes tem importância em um possível estabelecimento de um tratamento ótimo para cada tipo de efluente, proporcionando economia de energia, maior eficiência e menores custos de descarte. Os tratamentos ótimos permitem gerar efluente tratado com características superiores, possibilitando eventuais reúsos ou ciclos destas águas e por consequência obter economia na captação, tratamento e uso de água fresca, preservando os recursos hídricos.

Como explanado no item “Descrição da unidade de estudo”, as torneiras permaneciam abertas com fluxo constante de água durante algumas etapas do processamento para facilitar a limpeza dos resíduos sólidos da mesa, assim como o transporte dos resíduos sólidos era feito com água potável fresca. O processo permanecendo dessa forma gera grande volume de efluente rico em matéria orgânica e que requer tratamento convencional que onera os custos da empresa. Algumas sugestões de redução do volume de efluente a ser tratado e que não prejudicam a qualidade higiênico sanitária do produto final e/ou de diminuição da carga orgânica do efluente são:

- Saída de água das torneiras para limpeza das mesas acionadas (por sensor ou pedal) após cada unidade ser processada e uso de grades e peneiras nos ralos e drenos;
- Evisceração à vácuo;
- Uso de rosca sem fim ou vácuo para transporte de resíduos até a saída para a coleta e posterior tratamento;
- Aproveitamento dos resíduos sólidos para geração de coprodutos como: carne mecanicamente separada (CMS), carne moída, filezinho do tipo *sassami* das aparas de carne (resíduo do filé na pele/couro), farinha, entre outros.

Além do mais, foram identificadas as possibilidades de reúso indireto de água. A etapa de depuração é a mais viável para o reúso de água para fins urbanos e

resfriamento, pois gera um volume considerável de efluente com características físico-químicas e microbiológica favoráveis. O uso de água nessa etapa representa cerca de 40% do volume total da empresa, gerando igualmente um volume médio considerável de efluente, ou seja, 172,8 m<sup>3</sup>/dia. Dessa forma, analisou-se a possibilidade de reúso para fins urbanos e foi observado que os parâmetros que ficaram acima dos limites estabelecidos e os tratamentos adequados para atingir seus padrões são:

- Cor aparente e óleos e graxas (MANCUSO e SANTOS, 2003): tratamento físico-químico.
- Coliformes totais (MANCUSO e SANTOS, 2003): tratamento biológico ou terciário.

Os parâmetros do efluente da etapa de depuração que ficaram acima dos limites estabelecidos para reúso de água para resfriamento e os tratamentos sugeridos para atingir seus padrões são:

- Nitrogênio amoniacal (FIESP/CIESP, 2004) e coliformes totais (FIESP, 2005): tratamento biológico ou terciário.

Um tratamento convencional de efluente segue as seguintes etapas (METCALF; EDDY, 2015):

- Tratamento preliminar: remoção de constituintes sólidos removíveis por operações como gradeamento, além de remoção de areia e demais constituintes que possam prejudicar os tratamentos subsequentes;
- Tratamento primário (tratamento físico-químico): remoção de sólidos suspensos e matéria orgânica;
- Tratamento secundário (tratamento biológico): remoção de matéria orgânica biodegradável, nutrientes (nitrogênio e/ou fósforo) e sólidos suspensos, seguida ou não por desinfecção;
- Tratamento terciário: remoção de constituintes residuais de sólidos suspensos e nutrientes seguida ou não por desinfecção;
- Tratamento avançado: remoção de constituintes (suspensos ou dissolvidos) que permanecem mesmo após tratamento biológico, por

exemplo compostos orgânicos persistentes ou recalcitrantes que geralmente são compostos xenobióticos.

As etapas de descamação, descabeçamento e evisceração, filetagem, toalete e lavagem de monoblocos juntos geram um volume considerável de efluentes e com características físico-químicas semelhantes entre si, ou seja, alta carga de  $\text{DBO}_5$ , DQO, sólidos voláteis e coliformes totais. No entanto, observou-se que o efluente total bruto também apresentava essas mesmas características. Portanto, o tratamento desses efluentes do processamento em conjunto é mais viável do que a sua segregação e tratamento separadamente. Dessa forma, analisou-se a possibilidade de reúso para fins urbanos e para resfriamento e foi observado que os parâmetros do efluente bruto que ficaram acima dos limites estabelecidos para reúso de água para fins urbanos e os tratamentos sugeridos para atingir seus padrões são:

- Cor aparente, óleos e graxas e turbidez (MANCUSO e SANTOS, 2003): tratamento físico-químico (decantação, coagulação e floculação).
- DBO (EPA, 2012), DQO, coliformes totais (MANCUSO e SANTOS, 2003) e nitrato (FIESP, 2005): tratamento biológico e desinfecção.

Os parâmetros do efluente bruto acima dos limites estabelecidos para reúso de água para resfriamento e os tratamentos sugeridos para atingir seus padrões são:

- Turbidez, sílica e alumínio (LUIZ, 2007): tratamento físico-químico (decantação, coagulação e floculação).
- DBO, DQO (FIESP/CIESP, 2004) e nitrogênio amoniacal (FIESP/CIESP, 2004): tratamento biológico ou terciário.

Em suma, a indústria de pescado gera efluente com altas cargas orgânicas e, portanto, precisa de tratamento antes de retornar ao meio ambiente, seja através de lançamento direto nos corpos hídricos receptores ou pelo lançamento indireto através do direcionamento no sistema de tratamento de esgoto. Outro destino que pode ser dado ao efluente industrial é o seu reúso, que quando aplicado, diminui o uso de água e a geração de efluentes. No entanto, para cada uso e /ou destino do efluente é aplicado diferentes legislações cujo os padrões precisam ser atendidos, caso contrário, os dirigentes poderão ser multados ou ter as atividades suspensas ou até mesmo o fechamento da empresa.

Nesse sentido, para um tratamento adequado e eficiente é fundamental determinar a qualidade do efluente para então estabelecer os níveis de tratamento que seja capaz de atingir aos padrões exigidos de lançamento e/ou reúso específico.

#### **4 Conclusão**

A indústria de processamento de tilápia gera um efluente com alta carga de matéria orgânica, sendo as etapas do processamento onde há maior contato da água com o pescado e seus resíduos (cabeça, carcaça, carne, pele, sangue e vísceras) as maiores fontes de matéria orgânica.

Os tratamentos físico-químico e biológico são propícios para o efluente bruto total do processamento de tilápia que apresenta alto teor de gordura e característica de ser bastante biodegradável.

Na indústria de processamento de tilápia, a etapa de depuração é a principal responsável pelo uso de grande volume de água e, conseqüentemente, gera um volume considerável de efluente, com baixa carga de poluentes, portanto, com características físico-químicas favoráveis para o reúso indireto para fins urbanos e para resfriamento.

Os dados do presente trabalho fornecem às indústrias informações para avaliarem as melhores estratégias para minimização, segregação, tratamento e reúso de efluentes dentro dos princípios de gestão ambiental e sustentabilidade contribuindo para sua competitividade, redução de insumos e custos e imagem positiva perante os consumidores (*marketing ambiental*).

#### **REFERÊNCIAS**

APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington D.C:American Public Health Association; 21st ed., 2012.

BADAWY, M. I.; ALI, M. E. M. Fenton's peroxidation and coagulation processes for the treatment of combined industrial and domestic wastewater. **Journal of Hazardous Materials**, Vol. B136, pp. 961–966, 2006.

BEAUDIN, M. Towards greater value: Enhancing eastern Canada's seafood industry. The Canadian institute for research on regional development, maritimes collection, monographs, 301 p., 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário oficial da União**, Brasília. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 20 de dez de 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do CONAMA, (2011 b). Disponível em: <[www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646](http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646)>. Acesso em: 13 de agosto de 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria MS nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2011a. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>. Acesso em: 19 de mar. 2018.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Manual prático de análise de água. 2ª ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 146 p., 2006.

CARAWAN, R.E. Processing Plant Waste Management Guidelines for Aquatic Fishery Products. In: Seafood and The Environment - 1991. Pollution Prevention Short Course, 36. 1991.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2002/CETESB. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. São Paulo: CETESB, p. 4, 2009.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). Relatório de qualidade das águas superficiais. São Paulo: CETESB, 2014. Disponível em: <  
<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Ap%C3%AAndice-D-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>>. Acesso em 10 maio 2018.

CHOWDHURY, P.; VIRARAGHAVAN, T.; SRINIVASAN, A. Biological treatment processes for fish processing wastewater – A review.” **Bioresource Technology**, v. 101, p. 439-449, 2010.

COLPANI, G. L. Preparação e caracterização de adsorventes para a remoção de surfactantes aniônicos em águas residuárias. **Dissertação Mestrado em Engenharia Química** – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 109p. 2012.

COSMANN, N. J.; GOMES, S. D.; ANDRADE, L.; KUMMER, A. C. B. Caracterização do efluente de processamento de pescado e desempenho da lagoa anaeróbia. In:

SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE ANIMAIS, 1. Florianópolis, 2009. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. Disponível em: <  
[http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_publicacoes/publicacao\\_t2s72o5l.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_t2s72o5l.pdf) >.  
 Acesso em 09 Nov 2016.

COSTA, A. M. T.; Codigestão anaeróbia de resíduos bovinos e suínos: caracterização química e produção de biofertilizante para uso em cultura de milho. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

DAL PIAN, L. F.; ALVES, D.D.P. Desafios da divulgação científica em cobertura jornalística de desastre ambiental. **Ciencia & Educação**, v. 19, n. 4, p. 929-946, 2013.

EPA. U. S. - Environmental Protection Agency. **Guidelines for water reuse**. EPA/600/R-12/618. Washington, USA. Disponível em:  
<http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/>. 2012.

ESTEVES, F.A. Fundamentos de Limnologia. 3ª ed. Rio de Janeiro. Editora Interciência Brasil, 790 p, 2011.

FIESP. **Conservação e reúso da água em edificações**. 2005.

FIESP/CIESP. **Conservação e reúso de água** - Manual de orientações para o setor industrial. Volume 1. 2004.

GROBICKI, A. **The future of water use in industry**. 2008 Disponível em: <  
[http://faculty.mu.edu.sa/public/uploads/1338123790.1697water\\_plenary\\_grobicka\\_16.pdf](http://faculty.mu.edu.sa/public/uploads/1338123790.1697water_plenary_grobicka_16.pdf)>. Acesso em 08 Nov 2016.

HACH COMPANY. **DR/2000 Spectrophotometer Instrument Manual**: for use with software Version 3. 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Coordenação de Agropecuária. **Produção Pecuária Municipal**. Brasília, 2015.

JIN, J.; GUAN, Y. The mutual co-regulation of extracellular polymeric substances and iron ions in biocorrosion of cast iron pipes. **Bioresource Technology**, Volume 169, Pag. 387-394, 2014.

JUSKAITÈ-NORBUTIENÈ, R.; MILIUTÈ, J.; CESNAITIS, R. Bio-degradable waste and by-products from food industry management systems in Lithuania: analysis, problems and improvement possibilities. **Environmental Research, Engineering and Management**, v. 4, n. 42, p. 60-69, 2007.

KURITA. Alcalinidade e dureza das Águas. Disponível em: [http://www.kurita.com.br/adm/download/Alcalinidade\\_e\\_Dureza.pdf](http://www.kurita.com.br/adm/download/Alcalinidade_e_Dureza.pdf). Acesso em agosto de 2014.

LALONDE, B.A.; GARRON, C.A.; ERNST, W. Characterization and toxicity testing of fish processing plant effluent in Canada. Environmental Protection Operations Directorate. Dartmouth – Nova Scotia: Environment Canadá, 2007.

LUIZ, D. B. Gerenciamento hídrico em frigoríficos. **Dissertação Mestrado em Engenharia Química** – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 115p. 2007.

LUIZ, D. B.; JOSÉ, H. J. e MOREIRA, R. F. P. M. Kinetics of photocatalytic reduction of nitrate in synthetic and real effluent using TiO<sub>2</sub> doped with Zn as photocatalyst. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**. DOI 10.1002/jctb.4375. 2014.

MANCUSO, P. C. S. e SANTOS, H. F. dos. Reúso de água. Barueri, SP: Manole, 2003.

MIYAKI, H.; ADACHI, S.; SUDA, K.; KOJIMA, Y. Water recycling by floating media filtration and nanofiltration at a soft drink factory. **Desalination**, 131, 47–53, 2000.

MORI, T.; SUZUKI, J.; FUJIMOTO, K.; WATANABE, M.; HASEGAWA, Y. Reductive decomposition of nitrate ion to nitrogen in water on a unique hollandite photocatalyst. **Applied Catalysis B: Environmental**, 23, 283–289, 1999.

MURPHY, N. Meat Processing Environmental Impacts: Environmental Impacts from Meat and Fish Processing. **Waste Reduction Resource Center**. Disponível em: <<http://e4r4.tetradyn.com/chem-bio-med-health-docmts/IDLH-toxic-chemicals/industry-emission-exposure/air-emissions-meta-fish-processing-industry.htm>>. 2006.

MUTHUKUMARAN, S e BASKARAN, K. Organic and nutrient reduction in a fish processing facility - A case study. **International Biodeterioration & Biodegradation**. 85. p. 563 – 570. 2013.

NUNES-ALVES, Cláudio. Microbial ecology: Do it yourself nitrification. **Nature Reviews Microbiology**, v. 14, n. 2, p. 61-61, 2016.

PAIN, A.; SPUHLER, P. **Wastewater reuse in industry**. Sustainable Sanitation and Water Management, 2016. Disponível em: <<http://www.sswm.info/category/implementation-tools/water-use/hardware/optimisation-water-use-industry/wastewater-reuse-in>>. [Acesso em 27 out 2016.](#)

PALENZUELA-ROLLON, A., ZEEMAN, G., LUBBERDING, H.J., LETTINGA, G., ALAERTS, G.J. Treatment of fish processing wastewater in a one- or two-step up flow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor. **Water Science Technology**. 45, 207 – 212, 2002.

PARROW, L.M; MUNIZ, H.F; PEREIRA, C.M. EMBRAPA. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. 1ª Ed. 2011.

PEREIRA, L.P.F; MERCANTE, C.T.J. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca** 31 (1), 2005.

PEREIRA, R.S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista eletrônica de recursos hídricos**. IPH- UFRGS. 1:20-36, 2004. Disponível em: < <http://www.vetorial.net/~regissp/pol.pdf>>. Acesso em 19 mar 2017.

PRODUÇÃO e tecnologias limpas. Disponível em: <<http://www.fiec.org.br/iel/bolsaderesiduos/Artigos/Produ%C3%A7%C3%A3o%20e%20Tecnologias%20Limpas.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2009.

RENGARAJ, S.; Li, X.Z. Enhanced photocatalytic reduction reaction over Bi<sup>3+</sup>–TiO<sub>2</sub> nanoparticles in presence of formic acid as a hole scavenger. **Chemosphere**, 66, 930–938, 2007.

SÁ, J.; AGÜERA, C. A.; Gross, S.; Anderson, J. A. Photocatalytic nitrate reduction over metal modified TiO<sub>2</sub>. **Applied Catalysis B: Environmental**, 85, 192–200, 2009.

SÃO PAULO. Decreto nº 8.468 de 8 de setembro de 1976. Dispõe sobre a prevenção e controle da poluição do meio ambiente. Disponível em< [http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/Servicos/licenciamento/postos/legislacao/Decreto\\_Estadual\\_8468\\_76.pdf](http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/Servicos/licenciamento/postos/legislacao/Decreto_Estadual_8468_76.pdf)> Acesso em: 11 abril de 2017.

TEIXEIRA, R. M. Remoção de nitrogênio de efluentes da indústria frigorífica através da aplicação dos processos de nitrificação e desnitrificação em biorreatores utilizados em um sistema de lagoas de tratamento. **Tese Doutorado em Engenharia Química** – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 154p. 2006.

VERHEIJEN, L.A.H.M.; WIERSEMA, D.; HULSHOLFF POL, L.W.; BRANDJES, P.; WESTRA, P.J.; BOS, J.F.F.P.; JANSEN, J.C.M. Management of Waste from Animal Product Processing. FAO, 1996. Disponível em: .Acesso em : 20 de Nov. 2008.

VISVANATHAN, C. & ASANO, T. The potential for industrial wastewater reuse. In: VIGNESWARAN, S. **Wastewater recycle, reuse and reclamation**. v. 1. Oxford: Eolss, 2009.

VON SPERLING. M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª Ed. 425 p. Ed. UFMG. 2005.

## ANEXO A – RESULTADOS DAS ANÁLISES

**Tabela 7** - Média e desvio-padrão das características físico-químicas e microbiológica dos efluentes das etapas do processamento de tilápia: alcalinidade total (m/L), dureza total (mg/L), sílica (mg/L), cor aparente (mg/L), cor real (mg Pt.L<sup>-1</sup>), turbidez (NTU), pH

| Efluentes das etapas do processamento de tilápia | Alcalinidade Total (mg/L) | Dureza Total (mg/L) | Sílica (mg/L)   | Cor Aparente (mg Pt.L <sup>-1</sup> ) | Cor Real (mg Pt.L <sup>-1</sup> ) | Turbidez (NTU) | pH         |
|--------------------------------------------------|---------------------------|---------------------|-----------------|---------------------------------------|-----------------------------------|----------------|------------|
| Área externa- Depuração                          | 162,83 ± 34,8             | 21,17 ± 7,6         | 45,53 ± 7,6     | 163,17 ± 41,8                         | 47,08 ± 20,5                      | 4,37 ± 0,9     | 7,57 ± 0,2 |
| Área suja – Sangria                              | 169,42 ± 42,5             | 32,42 ± 14,5        | 220,50 ± 101,6  | 1008,83 ± 343,9                       | 435,50 ± 151,7                    | 43,78 ± 9,5    | 7,26 ± 0,3 |
| Área suja - Lavagem superficial                  | 159,75 ± 27,9             | 25,83 ± 7,81        | 70,24 ± 35,1    | 217,17 ± 69,4                         | 42,42 ± 11,5                      | 1,45 ± 0,25    | 9,15 ± 0,2 |
| Área limpa – Descamação                          | 443,25 ± 354,5            | 80,83 ± 49,1        | 449,89 ± 176,8  | 3873,33 ± 1400,8                      | 1286,58 ± 715,12                  | 653,17 ± 258,5 | 8,41 ± 0,3 |
| Área limpa - Descabeçamento/Evisceração          | 202,83 ± 109,4            | 47,75 ± 12,1        | 367,69 ± 222,1  | 3569,08 ± 1593,7                      | 1123,00 ± 460,0                   | 642,83 ± 408,1 | 7,86 ± 0,5 |
| Área limpa – filetagem                           | 158,67 ± 52,6             | 36,92 ± 18,7        | 182,13 ± 63,5   | 1469,67 ± 376,2                       | 278,17 ± 92,5                     | 241,67 ± 77,2  | 8,39 ± 0,4 |
| Área limpa – toalete                             | 182,42 ± 49,7             | 38,58 ± 11,66       | 299,99 ± 84,8   | 981,75 ± 360,1                        | 139,00 ± 43,4                     | 61,77 ± 15,6   | 7,86 ± 0,3 |
| Área limpa - tanque de resfriamento              | 108,75 ± 32,9             | 271,08 ± 148,8      | 1141,08 ± 310,2 | 1546,54 ± 734,5                       | 364,25 ± 196,2                    | 48,78 ± 30,5   | 9,90 ± 1,0 |
| Área de apoio - lavagem de monoblocos            | 192,83 ± 95,8             | 41,67 ± 11,9        | 129,78 ± 66,0   | 555,50 ± 288,9                        | 42,25 ± 34,2                      | 89,35 ± 23,3   | 9,25 ± 0,4 |
| Efluente total bruto                             | 198,67 ± 69,0             | 37,50 ± 8,6         | 349,98 ± 143,2  | 2876,00 ± 613,9                       | 386,00 ± 194,1                    | 683,83 ± 253,6 | 7,82 ± 0,2 |

## ANEXO B – RESULTADOS DAS ANÁLISES

**Tabela 8** - Média e desvio-padrão das características físico-químicas e microbiológica dos efluentes das etapas do processamento de tilápia: sólidos totais (mg/L), sólidos totais fixos (mg/L), sólidos totais voláteis (mg/L), alumínio total (mg/L), ferro (mg/L), DBO<sub>5</sub> (mg/L), DQO (mg/L)

| Efluentes das etapas do processamento de tilápia | Sólidos Totais (mg/L) | Sólidos Totais Fixos (mg/L) | Sólidos Totais Voláteis (mg/L) | Alumínio Total (mg/L) | Ferro Dissolvido (Fe O <sub>2</sub> /L) | DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L) | DQO (mg O <sub>2</sub> /L) |
|--------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------|
| Área externa – Depuração                         | 508,42 ± 138,4        | 420,12 ± 126,7              | 87,80 ± 38,1                   | 0,09 ± 0,05           | 0,54 ± 0,3                              | 9,00 ± 1,6                              | 32,25 ± 17,8               |
| Área suja – Sangria                              | 1257,58 ± 322,6       | 624,50 ± 221,3              | 633,08 ± 237,5                 | 0,11 ± 0,09           | 0,45 ± 0,2                              | 351,86 ± 84,1                           | 903,25 ± 397,1             |
| Área suja - Lavagem superficial                  | 389,03 ± 116,8        | 213,92 ± 53,7               | 175,11 ± 84,3                  | 0,25 ± 0,24           | 0,66 ± 0,3                              | 30,91 ± 3,2                             | 100,25 ± 65,0              |
| Área limpa - Descamação                          | 3451,67 ± 1763,2      | 718,25 ± 394,9              | 2733,42 ± 1411,6               | 0,25 ± 0,19           | 0,55 ± 0,3                              | 935,00 ± 88,6                           | 3210,25 ± 2847,3           |
| Área limpa - Descabeçamento/ Evisceração         | 4810,08 ± 2181,2      | 771,50 ± 268,0              | 4038,58 ± 2005,0               | 0,23 ± 0,14           | 0,48 ± 0,2                              | 1677,93 ± 242,4                         | 5767,67 ± 3601,2           |
| Área limpa - filetagem                           | 1901,00 ± 754,3       | 380,42 ± 100,8              | 1520,58 ± 733,6                | 0,19 ± 0,13           | 0,33 ± 0,1                              | 738,64 ± 129,8                          | 2737,67 ± 1004,6           |
| Área limpa – toailete                            | 2224,79 ± 1047,3      | 471,92 ± 161,7              | 1752,88 ± 926,1                | 0,14 ± 0,12           | 0,38 ± 0,1                              | 677,57 ± 90,4                           | 2413,67 ± 959,6            |
| Área limpa - tanque de resfriamento              | 13223,08 ± 5658,0     | 5208,58 ± 3348,8            | 8014,50 ± 274,8                | 0,13 ± 0,08           | 0,90 ± 0,1                              | 2448,67 ± 204,5                         | 7277,50 ± 3358,9           |
| Área de apoio - lavagem de monoblocos            | 1560,14 ± 853,7       | 911,42 ± 511,3              | 648,72 ± 381,9                 | 0,26 ± 0,20           | 0,71 ± 0,3                              | 150,59 ± 24,6                           | 1438,42 ± 742,14           |
| Efluente total bruto                             | 2733,83 ± 724,9       | 609,75 ± 251,0              | 2124,08 ± 571,5                | 0,21 ± 0,20           | 0,48 ± 0,2                              | 1637,57 ± 91,7                          | 5225,92 ± 3004,9           |

## ANEXO C – RESULTADOS DAS ANÁLISES

**Tabela 9** - Média e desvio-padrão das características físico-químicas e microbiológica dos efluentes das etapas do processamento de tilápia: nitrato (mg/L), nitrito (mg/L), nitrogênio amoniacal (mg/L), cloreto (mg/L), coliformes totais (mg/L), substâncias Tensoativas que reagem ao azul de metileno (mgLAS/L), óleos e graxas (mg/L)

| Efluentes das etapas do processamento de tilápia | Nitrato (mg N-NO <sub>3</sub> /L) | Nitrito (mg N-NO <sub>2</sub> /L) | Nitrogênio Amoniacal) (mg/L) | Cloreto (mg/L) | Coliformes Totais (NMP/100 mL) | Subst. tensoativas que reagem ao AM (mg LAS/L) | Óleos e Graxas (mg/L) |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|----------------|--------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------|
| Área externa – Depuração                         | 1,02 ± 0,3                        | 0,04 ± 0,02                       | 5,07 ± 0,9                   | 114,48 ± 77,6  | 7,58E+0,4 ± 1,12E+0,4          | 0,01 ± 0,00                                    | 44,80 ± 22,3          |
| Área suja – Sangria                              | 21,80 ± 10,5                      | 0,16 ± 0,08                       | 5,23 ± 2,3                   | 253,91 ± 111,1 | 6,60E+04 ± 1,01E +0,5          | 0,01 ± 0,00                                    | 406,00 ± 234,5        |
| Área suja - Lavagem superficial                  | 3,29 ± 1,6                        | 0,03± 0,02                        | 1,60 ± 1,4                   | 12,45 ± 6,5    | 4,06E+03 ± 7,33E+0,3           | 0,03 ± 0,02                                    | 43,60 ± 23,3          |
| Área limpa – Descamação                          | 32,63 ± 12,8                      | 0,44 ± 0,2                        | 3,46 ± 1,7                   | 213,18 ± 159,9 | 3,74E+03 ± 4,14E+0,3           | 0,02 ± 0,01                                    | 388,00 ± 128,5        |
| Área limpa - Descabeçamento/Evisceração          | 22,58 ± 5,8                       | 1,01 ± 0,5                        | 2,70 ± 0,8                   | 52,75 ± 32,5   | 1,24E+05 ± 2,29E+05            | 0,04 ± 0,03                                    | 464,00 ± 254,5        |
| Área limpa – filetagem                           | 6,42 ± 2,3                        | 0,11 ± 0,05                       | 1,83 ± 0,9                   | 30,92 ± 19,2   | 2,25E+04 ± 1,39E+0,4           | 0,02 ± 0,01                                    | 414,00 ± 210,3        |
| Área limpa – toalete                             | 7,99 ± 2,5                        | 0,10 ± 0,06                       | 3,51 ± 1,7                   | 63,18 ± 37,8   | 3,57E+05 ± 3,83E+05            | 0,02 ± 0,01                                    | 560,00 ± 86,0         |
| Área limpa - tanque de resfriamento              | 28,98 ± 12,2                      | 0,90 ± 0,3                        | 30,58 ± 11,5                 | 466,38 ± 252,5 | 1,13E+06 ± 2,04E+06            | 0,01 ± 0,01                                    | 396,00 ± 335,9        |
| Área de apoio - lavagem de monoblocos            | 2,14 ± 1,1                        | 0,18 ± 0,15                       | 1,72 ± 1,6                   | 311,58 ± 208,7 | 2,08E+03 ± 2,49E+03            | 0,10 ± 0,07                                    | 420,00 ± 211,2        |
| Efluente total bruto                             | 18,87 ± 13,5                      | 0,32 ± 0,16                       | 3,27 ± 0,9                   | 135,28 ± 56,4  | 4,37E+04 ± 7,71E+04            | 0,12 ± 0,10                                    | 516,00 ± 64,2         |

## APÊNDICE A – PADRÕES DE REÚSO DE ÁGUA

**Tabela 10** - Padrões para possíveis reúsos de água e para lançamento do efluente final em corpos hídricos.

| Padrões                                                           |                 | Padrão de resfriamento | Padrão de reúso para fins urbanos | Padrão de lançamento de efluentes | Padrão de lançamento de efluentes | Padrão de lançamento de efluentes |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Alcalinidade                                                      | Limite inferior |                        |                                   |                                   |                                   |                                   |
|                                                                   | Limite superior | 450                    |                                   |                                   |                                   |                                   |
|                                                                   | Referência      | 3                      |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Dureza Total (mg/L)                                               | Limite inferior |                        |                                   |                                   |                                   |                                   |
|                                                                   | Limite superior | 700                    |                                   |                                   |                                   |                                   |
|                                                                   | Referência      | 3                      |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Sílica (mg/L)                                                     | Limite inferior |                        |                                   |                                   |                                   |                                   |
|                                                                   | Limite superior | 150                    |                                   |                                   |                                   |                                   |
|                                                                   | Referência      | 3                      |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Cor Aparente (mg Pt.L <sup>-1</sup> )                             | Limite inferior |                        |                                   |                                   |                                   |                                   |
|                                                                   | Limite superior |                        | 15                                |                                   |                                   |                                   |
|                                                                   | Referência      |                        | 4                                 |                                   |                                   |                                   |
| Turbidez (NTU)                                                    | Limite inferior |                        |                                   |                                   |                                   |                                   |
|                                                                   | Limite superior | 50                     | 5                                 |                                   |                                   |                                   |
|                                                                   | Referência      | 3                      | 4                                 |                                   |                                   |                                   |
| pH                                                                | Limite inferior | 6                      | 6                                 | 5                                 | 5                                 | 6                                 |
|                                                                   | Limite superior | 9,5                    | 9                                 | 9                                 | 9                                 | 10                                |
|                                                                   | Referência      | 3                      | 2                                 | 7                                 | 8                                 | 9                                 |
| Substâncias tensoativas que reagem ao azul de metileno (mg LAS/L) | Limite inferior |                        |                                   |                                   |                                   |                                   |
|                                                                   | Limite superior | 1                      | 0,2                               |                                   |                                   |                                   |
|                                                                   | Referência      | 3                      | 4                                 |                                   |                                   |                                   |
| Alumínio Total (mg/L)                                             | Limite inferior |                        |                                   |                                   |                                   |                                   |
|                                                                   | Limite superior | 0,1                    |                                   |                                   |                                   |                                   |
|                                                                   | Referência      | 3                      |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Ferro                                                             | Limite inferior |                        |                                   |                                   |                                   |                                   |

| Padrões                             |                 | Padrão de resfriamento | Padrão de reúso para fins urbanos | Padrão de lançamento de efluentes | Padrão de lançamento de efluentes | Padrão de lançamento de efluentes |
|-------------------------------------|-----------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Dissolvido (Fe O <sub>2</sub> /L)   | Limite superior | 5                      |                                   | 15                                | 15                                | 15                                |
|                                     | Referência      | 3                      |                                   | 7                                 | 8                                 | 9                                 |
| DBO 5 dias (mg O <sub>2</sub> /L)   | Limite inferior |                        |                                   |                                   | Remoção de 80%                    |                                   |
|                                     | Limite superior | 25                     | 10                                | Remoção de 60%                    | 60                                |                                   |
|                                     | Referência      | 1                      | 5                                 | 7                                 | 8                                 |                                   |
| DQO (mg O <sub>2</sub> /L)          | Limite inferior |                        |                                   |                                   |                                   |                                   |
|                                     | Limite superior | 75                     | 60                                |                                   |                                   |                                   |
|                                     | Referência      | 1                      | 4                                 |                                   |                                   |                                   |
| Nitrato (mg N-NO <sub>3</sub> /L)   | Limite inferior |                        |                                   |                                   |                                   |                                   |
|                                     | Limite superior |                        | 10                                |                                   |                                   |                                   |
|                                     | Referência      |                        | 2                                 |                                   |                                   |                                   |
| Nitrito (mg N-NO <sub>2</sub> /L)   | Limite inferior |                        |                                   |                                   |                                   |                                   |
|                                     | Limite superior |                        | 1                                 |                                   |                                   |                                   |
|                                     | Referência      |                        | 2                                 |                                   |                                   |                                   |
| Nitrogênio Amoniacal Total (mg N/L) | Limite inferior |                        |                                   |                                   |                                   |                                   |
|                                     | Limite superior | 1                      | 20                                | 20                                |                                   |                                   |
|                                     | Referência      | 1                      | 2                                 | 7                                 |                                   |                                   |
| Cloreto (mg/L)                      | Limite inferior |                        |                                   |                                   |                                   |                                   |
|                                     | Limite superior | 500                    | 600                               |                                   |                                   |                                   |
|                                     | Referência      | 3                      | 4                                 |                                   |                                   |                                   |
| Coliformes Totais (NMP/100 mL)      | Limite inferior |                        |                                   |                                   |                                   |                                   |
|                                     | Limite superior |                        | 2,2                               |                                   |                                   |                                   |
|                                     | Referência      |                        | 4                                 |                                   |                                   |                                   |
| Óleos e Graxas (mg/L)               | Limite inferior |                        |                                   |                                   |                                   |                                   |
|                                     | Limite superior |                        | Ausente                           | 50                                | 100                               | 150                               |
|                                     | Referência      |                        | 4                                 | 7                                 | 8                                 | 9                                 |

**Referências:**

**1 = Fiesp/Ciesp (2004), 2 = Fiesp (2005), 3 = Luiz (2007), 4 = Mancuso e Santos (2003), 5 = EPA (2012), 6 = BRASIL (2005), 7 = BRASIL (2011b), 8 = SÃO PAULO (1976): artigo 18, 9 = SÃO PAULO (1976): artigo 19A.**

## APÊNDICE B – NORMAS PARA ENVIO DO ARTIGO À REVISTA JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION

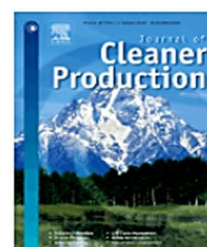


### JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION

#### AUTHOR INFORMATION PACK

#### TABLE OF CONTENTS

|   |                                 |            |
|---|---------------------------------|------------|
| • | <b>Description</b>              | <b>p.1</b> |
| • | <b>Audience</b>                 | <b>p.1</b> |
| • | <b>Impact Factor</b>            | <b>p.1</b> |
| • | <b>Abstracting and Indexing</b> | <b>p.2</b> |
| • | <b>Editorial Board</b>          | <b>p.2</b> |
| • | <b>Guide for Authors</b>        | <b>p.7</b> |



ISSN: 0959-6526

#### DESCRIPTION

The *Journal of Cleaner Production* is an international, transdisciplinary journal focusing on Cleaner Production, Environmental, and Sustainability research and practice. Through our published articles, we aim at helping societies become more sustainable.

'Cleaner Production' is a concept that aims at preventing the production of waste, while increasing efficiencies in the uses of energy, water, resources, and human capital.

The *Journal of Cleaner Production* serves as a platform for addressing and discussing theoretical and practical cleaner production, encompassing environmental, and sustainability issues in corporations, governments, education institutions, regions, and societies.

Subject areas include, but are not limited to: Cleaner production and technical processes Sustainable Development and Sustainability Sustainable Consumption Environmental and sustainability assessment Sustainable Products and Services Corporate sustainability and Corporate Social Responsibility Education for Sustainable Development Governance, legislation, and policy for sustainability

For a full list of topics, please have a look [here](#).

#### AUDIENCE

a. Managers, engineers, designers in all the process and service industries; b. Academic and research scientists specializing in cleaner production, regional sustainability, and education for sustainable development; c. Consultants, regulatory leaders, policy makers, planners and NGOs.

#### IMPACT FACTOR

2017: 5.651 © Clarivate Analytics Journal Citation Reports 2018

## ABSTRACTING AND INDEXING

---

Geographical Abstracts  
Engineering Village - GEOBASE  
Fluid Abstracts  
FLUIDEX  
Scopus  
Science Citation Index Expanded

## EDITORIAL BOARD

---

### *Co-Editors-in-Chief*

**Jiří Jaromír Klemeš**, Brno University of Technology (VUT Brno), Brno, Czech Republic

Cleaner Production and Technical Processes; Green/sustainable engineering; Green/sustainable supply chains; Biomass; Energy use and consumption; Waste minimisation; Pollution reduction; Renewable energy; Environmental assessment; Energy/exergy analyses; LCA of product and process - Footprints and other assessment types; Supply chains (modelling, mathematical, and engineering); Eco-industrial parks; Energy-water nexus

**Cecilia Maria Villas Bôas de Almeida**, Paulista University, São Paulo, Brazil

\*Cecilia is the first contact point for Review articles\*

**Yutao Wang**, Fudan University, Shanghai, China

Cleaner production; Circular economy; Climate change policy and adaptation; Bio-based industry; Extended producer responsibility; Industrial ecology; Life cycle assessment; Eco-efficiency; Sustainable products and services; Waste management; Ecological management and natural capital; Renewable resource; Environmental behavior; Urban metabolism; Environmental nexus; Energy policy; Sustainable consumption; Sustainable urbanization and Regional sustainability; Education for sustainability

### *Founder and Editor-in-Chief Emeritus*

**Don Huisingh**, University of Tennessee, Knoxville, Tennessee, USA

### *Associate Editors*

**Kathleen Aviso**, De La Salle University, Manila, Philippines

**Giovanni Baiocchi**, University of Maryland, College Park, Maryland, USA

Climate change mitigation; sustainable lifestyles; environmental accounting; environmental economics; sustainable agriculture; industrial ecology; input-output sustainability analyses; trade and environment; alternative consumption patterns; carbon footprints of cities

**Enrico Benetto**, Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), Esch-sur-Alzette, Luxembourg

Life cycle assessment, computational sustainability; uncertainty analysis; energy; network analysis; circular economy; smart city; green finance; eco-design; agent based modelling

**Nicole D. Berge**, University of South Carolina, Columbia, South Carolina, USA

Municipal solid waste; sustainable waste conversion; landfills; hydrothermal carbonization; nanomaterials; resource recovery; leachate; life cycle assessment; waste degradation; fate and transport

**Giorgio Besagni**, Ricerca sul Sistema Energetico - RSE S.p.A., Milan, Italy

Energy efficiency; Computational Fluid Dynamics, Energy Poverty; Multiphase flows; Energy system analysis; Ejector and refrigeration technology; Rational use of energy, Energy storage; Renewable energy; Energy use and consumption

**Jun Bi**, Nanjing University, Nanjing, China

environmental policy, environmental risk management, environmental health, environmental governance, environmental behavior, low carbon development, air pollution, watershed management, enterprise environmental management, EHS (environment, health & safety)

**Sandra Caeiro**, Universidade Aberta, Lisbon, Portugal

Coastal Zone Management; Marine protected areas; Coastal issues (i.e. beaches, dredging, natural disasters, hazards management, pollution, etc.)

**Bin Chen**, Beijing Normal University, Beijing, China

Environmental and ecological management; Environmental nexus; Energy economics; Thermoeconomics; Urban metabolism; Systems ecology

**Charbel Jose Chiappetta Jabbour**, Montpellier Business School, Montpellier, France

Change management for sustainability; environmental training and awareness; human aspects of cleaner production; green human resource management; sustainable human resource management; corporate social responsibility; corporate environmental management.

**Kannan Govindan**, University of Southern Denmark, Odense M, Denmark

Sustainable Supply Chain Management, Sustainable Operations Management, Green Supply Chain Management, Reverse Logistics, Closed Loop Supply Chain, Corporate Social Responsibility, Corporate Sustainability, Sustainable Consumption and Production, Extended Producer Responsibility, Optimizations Methods, Decision Analysis, Multi Attribute Decision Making methods (Multi Criteria Decision Making and Multi Objective Decision Making), Analytical Modelling, Fuzzy and Grey Set Theory

**Baoshan Huang**, University of Tennessee, Knoxville, Tennessee, USA

Sustainable Geo/Transportation Infrastructure – Multi-Scale Characterization and Modeling of Infrastructure Materials; Innovative Technologies Supporting Sustainable and Environmentally Friendly Subsurface Infrastructure Systems

**Mingzhou Jin**, University of Tennessee – Knoxville, Knoxville, Tennessee, USA

Advanced and Sustainable Manufacturing; Green Supply Chain; Sustainable Operations; Energy Efficiency; Optimization; Remanufacturing; Environmental Policy; Life Cycle Assessment

**Jin-Kuk Kim**, Hanyang University, Seoul, The Republic of Korea

Environmental process modeling and simulation; Process systems engineering; Energy system analysis; Techno-economic analysis; Process optimization; CO<sub>2</sub> capture and utilization; Water minimization; Natural gas processing; Industrial energy saving; Waste heat recovery

**Chew Tin Lee**, Universiti Teknologi Malaysia, Skudai, Johor, Malaysia

Organic waste management; Composting; LCA of products and processes; Waste treatment technology; Wastewater treatment; Environmental assessment; Waste to energy; Low-carbon emissions policy; Socio-economic impacts; Greenhouse gas mitigation

**Zhen Leng**, The Hong Kong Polytechnic University, Hung Hom, Kowloon, Hong Kong

Sustainable infrastructure; Environment-friendly construction materials; Clean infrastructure construction technologies; Green pavement material and technologies; Life cycle assessment; Eco-efficiency analysis; Value-added waste recycling; Nondestructive evaluation of transportation infrastructure

**Mattias Lindahl**, Linköping Universitet, Linköping, Sweden

Ecodesign (Environmentally Conscious Design, Design for Environment (DfE)); Sustainable Business Models; Circular Economy; Sustainable Consumption; Product Development; Engineering Design Methods; Product-Service Systems (PSS); Integrated Product and Service Engineering (IPSE); Service Engineering

**Zhifu Mi**, University College London (UCL), London, England, UK

Climate change economics; energy policy; air pollution; green economy; carbon footprint; low carbon; econometrics; optimization model; input output analysis; integrated assessment model

**Maria Theresa (Maite) Moreira Vilar**, Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Spain

Biochemical Engineering, Enzyme Reactors, Wastewater Treatment, Environmental Management, Life Cycle Assessment, Carbon Footprint, Eco-design, Eco-efficiency

**Tomás Ramos**, Universidade Nova de Lisboa (Lisbon), Caparica, Portugal

Sustainability Assessment and Indicators, Sustainability Reporting, Strategic Environmental Assessment and Planning, Environmental Impact Assessment, Stakeholder Engagement, Organisational Sustainability, Environmental Management, Green Jobs

**Tomohiko Sakao**, Linköping Universitet, Linköping, Sweden

Ecodesign (environmentally conscious design); Engineering design methods; Life Cycle Engineering; Life Cycle Management; Product-Service System (PSS); Circular Economy; Sustainable Consumption and Production; Computer support; Intelligent machines

**Panos Seferlis**, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece

Process design, Process optimization, Energy efficiency, Mathematical modeling, Automatic control, Sustainable process design, Energy conversion systems, Renewable energy systems, Emission reduction, Energy and water integration

**Lei Shi**, Tsinghua University, China

Industrial ecology, industrial complexity, complex network, complex systems, industrial ecosystem, industrial symbiosis, industrial metabolism, eco-innovation, circular economy, process systems engineering, cleaner production in developing countries

**Vladimir Strezov**, Macquarie University, New South Wales, Australia

sustainable energy, environmental engineering, chemical engineering, mineral processing, life cycle analysis, sustainability assessment, pollution control, waste management, environmental impact assessment, industrial ecology

**Xin Tong**, Peking University, Beijing, China

Extended Producer Responsibility; Sustainable consumption and production; Industrial ecology; Sustainable behaviour studies; Green supply chain; Spatial analysis; Global production network; Rural-urban transition; Technological transition; Urban and regional planning

**Zheming Tong**, Zhejiang University, Zhejiang, China

Air Pollution; Sustainable building; Built environment; Urban Physics; Urban vegetation; Traffic emission; Cabin environmental quality; Emission control; Computational Fluid Dynamics (CFD); Sustainable manufacturing

**Krzysztof Urbaniec**, Warsaw University of Technology, Plock, Poland

Innovation for sustainability; Energy efficiency; Hydrogen technology; Biotechnology

**Sharifah Rafidah Wan Alwi**, Universiti Teknologi Malaysia, Johor, Malaysia

process systems engineering, water, energy, Pinch Technology, Optimisation, Industrial applications

#### **International Editorial Board**

**José Francisco Armendáriz López**, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Mexico

Low energy in Buildings; Energy policies; Renewable energy systems; Photovoltaic systems; Solar thermal systems; Life cycle assessment; Natural ventilation; Climate change; Sustainability; Low carbon economy

**Nicholas Ashford**, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, USA

**Lucie Bartoňová**, VSB-Technical University of Ostrava, Ostrava, Czech Republic

Coal combustion; Unburned carbon; Yttrium; Arsenic; Desulphurization additives; Heavy metals; Emissions; Coal geochemistry; Sequential leaching; Adsorption

**Rupert Baumgartner**, Karl-Franzens-Universität Graz, Graz, Austria

**Vincent Blok**, Wageningen Universiteit, Wageningen, Netherlands

**Syed Awais Ali Shah Bokhari**, Universiti Teknologi PETRONAS, Perak, Malaysia

Biofuel production; Cleaner process development; Intensification technologies; Hydrodynamic cavitation; Ultrasonics; Biomass conversion; Energy; Sustainable Engineering; Non-edible oils; Biodiesel synthesis

**Cassandra Bong Phun Chien**, Universiti Teknologi Malaysia, Skudai, Johor, Malaysia

Organic waste management; Anaerobic digestion; Composting; Modelling & Kinetics; GHG; Biomass & Bioenergy; Low carbon; Environmental management; Wastewater; Solid waste

**Frank Boons**, University of Manchester, Manchester, England, UK

**Ivan Bozhikin**, University of National and World Economy (UNWE), Sofia, Bulgaria

Environmental Fiscal Policy; Sustainable Waste Management; CSR; Circular Economy; Social Entrepreneurship; Environmental Economics; Eco-efficiency; Tools for Corporate Sustainability; Governmental Policy; Economic and Environmental Policy; Sustainable Business Models

**Mark Brown**, University of Florida, Gainesville, Florida, USA

**Laura Bulgariu**, Technical University Gheorghe Asachi of Iași, Iași, Romania

Environmental pollution; Environmental bioremediation; Heavy metals pollutants; Biosorption/adsorption; Batch and continuous systems; Low-cost biosorbents/adsorbents; Wastewater treatment; Waste recycling; Valorization of exhausted biosorbents/adsorbents; Ecological fertilizers for soils

**Chin Kui Cheng**, Universiti Malaysia Pahang (UMP), Pahang, Malaysia

Renewable energy; Wastewater treatment; Sustainable development; Clean energy; Carbon footprint; Water footprint; Biofuel; Waste-to-wealth; Biofuel; Green chemistry

**Anthony Chiu**, De La Salle University, Manila, Philippines

**Kim Christiansen**, Dansk Standard, Charlottenlund, Denmark

**Xiangzheng Deng**, Chinese Academy of Sciences (CAS), Chaoyang District, China

Environmental and Natural Resource Economics; Land Change Science; Agricultural Policy and Sustainable Development; Water Management and Water Footprint; Ecosystem Services and Functions; Urbanization and Global Environment Change; Energy Economics and climate Policy; Sustainability-based Decision Making

**Stephen DeVito**, US Environmental Protection Agency, Washington, District of Columbia, USA

Pollution prevention; green chemistry; pollutant release and transfer registers; PRTRs; sustainable development

**Sandra Duni Ekşioğlu**, Clemson University, Clemson, South Carolina, USA

**Kai Fang**, Zhejiang University, Hangzhou, China

Environmental Footprint Analysis; Carbon Emission Accounting and Allocation; Environmental Sustainability Assessment; Industrial Ecology; Ecological Economics; Input-Output Analysis; Climate Change; Planetary Boundaries

**Goran Finnveden**, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden

**Johannes Fresner**, STENUM Environmental Consultancy and Research Company, Graz, Austria

Resource efficiency; Cleaner production; Cleaner technology; Energy efficiency; Environmental management; Energy management; Environmental sound technology; Chemical engineering; Process

- control; Sectors (metal processing, plastic processing, agroindustries, food, chemicals, wood processing, tourism); Product development; Eco innovation; Circular economy  
**Shabbir Gheewala**, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand  
 Life cycle assessment, sustainability assessment of energy systems, sustainability indicators, carbon footprint, water footprint, certification issues in biofuels and agro-industry  
**Biagio F. Giannetti**, Paulista University, São Paulo, Brazil  
**Stefan Gold**, Nottingham University Business School, Nottingham, England, UK  
**Ole Jorgen Hanssen**, Stiftelsen Ostfoldforskning, Frederikstad, Norway  
**James Haselip**, Danmarks Tekniske Universitet (DTU), Roskilde, Denmark  
**Reinout Heijungs**, Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam, Netherlands  
**Gavin Hilson**, University of Surrey, Guildford, Surrey, England, UK  
**Hesam Kamyab**, Universiti Teknologi Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia  
 Algal biotechnology; Wastewater treatment; Biomass; Agro waste water; Industrial wastewater treatment; Biofuels; Energy; Environmental Biotechnology; Compost; Self-Healing Concrete  
**David Kukulka**, The State University of New York at Buffalo, Buffalo, New York, USA  
**Feng Li**, Chinese Academy of Sciences (CAS), Beijing, China  
 urban ecology, ecosystem services, urban land-use change, ecological infrastructure, ecological planning and management  
**Jeng Shiun Lim**, Universiti Teknologi Malaysia, Johor Bahru, Malaysia  
 Process systems engineering for resource conservation; Renewable energy; Carbon planning  
**Gang Liu**, University of Southern Denmark, Odense, Denmark  
 Material, substance, and energy flow analysis; Life cycle sustainability assessment; Urban metabolism; Industrial Ecology; Circular economy; Sustainable resource and waste management; Built environment stocks; Prospective modelling; Climate change mitigation; Linkages of sustainability  
**Yang Liu**, University of Vaasa, Vaasa, Finland  
**Zhi-Yong Liu**, Hebei University of Technology, Tianjin, China  
 Wastewater minimization, debottlenecking of distillation columns, energy saving, applied thermodynamics, and simulation and optimization of chemical processes  
**Conrad Luttrupp**, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden  
**Thokozani Majozi**, University of the Witwatersrand, WITS, South Africa  
 Optimization; Batch processes; Water minimization; Energy optimization; Scheduling, Synthesis and Design of batch plants  
**Jing Meng**, University of Cambridge, Cambridge, England, UK  
 Air pollution modeling; Low carbon manufacturing; Energy policy; Climate policy; Carbon footprint; Input output analysis; Learning curve  
**Sandro Nizetić**, University of Split, Split, Croatia  
 Clean Energy & Sustainable Engineering; Energy Efficiency; Mechanical Engineering; Thermodynamics & Fluid Mechanics; Energy and Exergy Analysis; Renewable Energy; Heating and Cooling; Energy Economics; Energy Savings; Energy use and integration  
**Michael Overcash**  
**Yuanbo Qiao**, Shandong University, Qingdao, China  
 Sustainable development; Environmental economics; Eco-innovation; Environmental management; Environmental policy; Econometrics; Efficiency assessment; Land economics; Defense economics; Merger and acquisition  
**Jaco Quist**, Delft University of Technology, Delft, Netherlands  
 Sustainable Production and Consumption (SPC); Industrial Ecology; Circular Economy; Renewable Energy; Climate Adaptation; Urban Agriculture and Food  
**Darrel Reeve**, Cleaner Production Australia, Eltham, Victoria, Australia  
**Matteo V. Rocco**, Politecnico di Milano, Milano, Italy  
 Exergy analysis; Thermoeconomic analysis; Energy conversion systems; Life Cycle Assessment; Input-Output analysis; Energy Modeling; Energy resources; Industrial ecology; Computational sustainability; Environmental policy  
**Hans Schnitzer**, Technische Universität Graz, Graz, Austria  
 Cleaner Production process intensification, resource and energy efficient technologies process assessment energy concepts, use of renewable resources innovations for urban quality of life with the focus on sustainable urban technologies systematic innovation  
**Malin Song**, Anhui University of Finance and Economics, Anhui Bengbu, China  
 Environmental regulation; Environmental efficiency; Sustainable development; Big data analysis  
**Mingxing Sun**, Tsinghua University, Beijing, China  
 Life cycle assessment (LCA); Material flow analysis (MFA); Cleaner production; Circular economy; Environmental policy; Extended producer responsibility (EPR); Bio-industry; Pulp and paper; Eco-efficiency; Waste management.

**Renzhong Tang**, Zhejiang University, Hangzhou, China  
**Susan Thorneloe**, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Research Triangle Park, North Carolina, USA  
 LCS, WM planning  
**Andrea Trianni**, University of Technology Sydney, Ultimo, New South Wales, Australia  
**Arnold Tukker**, Leiden University, Leiden, Netherlands  
**Sergio Ulgiati**, Università degli Studi di Napoli Parthenope, Napoli, Italy  
**Venkata Krishna Kumar Upadhyayula**, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Cincinnati, Ohio, USA  
**Bart van Hoof**, Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia  
**Petar S. Varbanov**, Brno University of Technology (VUT Brno), Brno, Czech Republic  
**Philip Vergragt**, Tellus Institute, Boston, Massachusetts, USA  
**Harro von Blottnitz**, University of Cape Town, Cape Town, South Africa  
**Mathis Wackernagel**, Global Footprint Network, Oakland, California, USA  
**Timothy Walmsley**, Brno University of Technology (VUT Brno), Brno, Czech Republic  
 Process Integration including process modelling, optimisation and design; industrial energy efficiency, waste heat recovery, waste-to-energy; macro energy systems modelling, Footprint assessment and sustainability  
**Zhaohua Wang**, Beijing Institute of Technology, Beijing, China  
 Energy Economics and Policy; CO<sub>2</sub> Emission and Climate Change; Sustainable Production and Consumption; Big Data and Behavior  
**Yingfeng Zhang**, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, China  
**Yue-Jun Zhang**, Hunan University, Changsha, China  
 Carbon emission reduction; Low-carbon policy evaluation; Energy economics; Energy price; Energy finance; Energy efficiency; Carbon trading mechanisms; Econometrics; Data Envelopment Analysis (DEA); Input output method  
**Gyula Zilahy**, Corvinus University of Budapest, Budapest, Hungary  
**Jian Zuo**, University of Adelaide, Adelaide, South Australia, Australia  
 Resource efficiency; Corporate sustainability; Solid waste management; Sustainable higher education; Green building; Stakeholder engagement; Renewable energy in buildings; Behavioural change; Social sustainability; Indoor environmental quality

#### **Expanded Editorial Board**

**Javier Dufour Andía**, Rey Juan Carlos University, Spain  
 sustainability, life cycle assessment (LCA), life cycle sustainability assessment (LSCA), process optimization, energy modelling, bioenergy, biofuels, electricity, hydrogen, energy systems  
**Yee Van Fan**, Brno University of Technology (VUT Brno), Brno, Czech Republic  
 Solid waste treatment and management; Composting; Waste to energy; Emissions assessment and mitigation; Transportation Mode Choice; Life Cycle Assessment; Footprint and sustainability assessment; Biomass  
**Xavier Gabarrell Durany**, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Barcelona, Spain  
 industrial ecology, ecodesign, circular economy, LCA, MFA, waste management, water management, energy-water-food nexus, regions and urban sustainable transformation  
**Xuexiu Jia**, Brno University of Technology (VUT Brno), Brno, Czech Republic  
 Water footprint; Water-energy-food nexus; GHG/carbon emissions; Economics and environmental management  
**Feng Li**, Chinese Academy of Sciences (CAS), Beijing, China  
 urban ecology, ecosystem services, urban land-use change, ecological infrastructure, ecological planning and management  
**Guozhu Mao**, Tianjin University, Tianjin, China  
 Environmental planning, cleaner production audit, industry ecology, infrastructure ecology, life cycle assessment, green building, circular economy, low carbon economy, alternative energy, CO<sub>2</sub> emissions  
**Shen Qu**, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA  
 Trade and the environment; Urban food-water-energy nexus; Water risk; Sustainable production and consumption  
**Joan Rieradevall Pons**, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Bellaterra, Spain  
 Agourban, Sustainability cites, Life cycle assessment, Eco-design, Eco innovation services, Prevention and recycling of waste, Industrial Ecology, Rainwater, Biomass and Smart cities  
**Yi Yang**, University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota, USA

## GUIDE FOR AUTHORS

---

### *Types of paper*

The following types of contribution are published in *The Journal of Cleaner Production*:

**Original article:** Standard research papers of 6000–8000 words in length, with tables, illustrations and references, in which hypotheses are tested and results reported.

**Review article:** Review papers provide an extensive overview of recent developments in specific areas that fall within the scope of the journal. They are expected to have an extensive literature review followed by an in-depth analysis of the state of the art, and identify challenges for future research. Review articles are usually up to 12,000 words and must include a Methods section explaining how the literature for review was selected.

**Technical note:** Concise scientific summaries/reports of approximately 500 words of new products/technologies of relevance to the field of cleaner production. Illustrations may be included but not company logos.

**Conference Reports:** Reports on major international conferences of particular interest to The Journal of Cleaner Production, approximately 1000–2000 words.

**Book Reviews:** Reviews of approximately 500–1000 words on new books, software and videos relevant to the scope of The Journal of Cleaner Production.

**Letters to the Editor:** Letters designed to clarify or respond to the content of a paper previously published in the Journal or to raise questions about future directions of The Journal of Cleaner Production or other issues that a reader may wish to pose that are relevant to the mandate of the Journal.

**Special Issue Proposal:** Anyone who wishes to propose or coordinate a Special Issue of The Journal of Cleaner Production is invited to contact the Executive Editor, Dr. Yutao Wang (wang\_yutao@hotmail.com).

### *Contact details for submission*

**Questions or Suggestions to the Editor-in-Chief:** Anyone who wishes to pose questions, make suggestions or to propose to coordinate the development of a Special Issue of *The Journal of Cleaner Production* is invited to contact the Editor-in-Chief of the Journal, Prof. Donald Huisingh at the University of Tennessee: donalduisingh@comcast.net.

## BEFORE YOU BEGIN

### **Ethics in publishing**

Authors have a responsibility to present their work with the intellectual integrity that the scientific community expects. Before submitting a paper for consideration authors should familiarize themselves with the [Ethics Toolkit](#). Authors should ensure that they have written entirely original works, and if they have used the work and/or words of others, these should be appropriately cited or quoted. Authors should not concurrently submit a paper to more than one journal or primary publication, and should not submit a previously published paper for consideration.

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

### **Declaration of interest**

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential competing interests include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding. Authors must disclose any interests in two places: 1. A summary declaration of interest statement in the title page file (if double-blind) or the manuscript file (if single-blind). If there are no interests to declare then please state this: 'Declarations of interest: none'. This summary statement will be ultimately published if the article is accepted.

2. Detailed disclosures as part of a separate Declaration of Interest form, which forms part of the journal's official records. It is important for potential interests to be declared in both places and that the information matches. [More information.](#)

### **Submission declaration and verification**

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract, a published lecture or academic thesis, see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service [Crossref Similarity Check](#).

### **Preprints**

Please note that [preprints](#) can be shared anywhere at any time, in line with Elsevier's [sharing policy](#). Sharing your preprints e.g. on a preprint server will not count as prior publication (see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' for more information).

### **Changes to authorship**

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed.

Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

### **Article transfer service**

This journal is part of our Article Transfer Service. This means that if the Editor feels your article is more suitable in one of our other participating journals, then you may be asked to consider transferring the article to one of those. If you agree, your article will be transferred automatically on your behalf with no need to reformat. Please note that your article will be reviewed again by the new journal. [More information.](#)

### **Copyright**

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see [more information](#) on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. [Permission](#) of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has [preprinted forms](#) for use by authors in these cases.

For gold open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' ([more information](#)). Permitted third party reuse of gold open access articles is determined by the author's choice of [user license](#).

### **Author rights**

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. [More information.](#)

### **Elsevier supports responsible sharing**

Find out how you can [share your research](#) published in Elsevier journals.

### **Role of the funding source**

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

### **Funding body agreements and policies**

Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some funding bodies will reimburse the author for the gold open access publication fee. Details of [existing agreements](#) are available online.

### **Open access**

This journal offers authors a choice in publishing their research:

#### **Subscription**

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our [universal access programs](#).
- No open access publication fee payable by authors.
- The Author is entitled to post the [accepted manuscript](#) in their institution's repository and make this public after an embargo period (known as green Open Access). The [published journal article](#) cannot be shared publicly, for example on ResearchGate or Academia.edu, to ensure the sustainability of peer-reviewed research in journal publications. The embargo period for this journal can be found below.

#### **Gold open access**

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse.
- A gold open access publication fee is payable by authors or on their behalf, e.g. by their research funder or institution.

Regardless of how you choose to publish your article, the journal will apply the same peer review criteria and acceptance standards.

For gold open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following [Creative Commons user licenses](#):

#### **Creative Commons Attribution (CC BY)**

Lets others distribute and copy the article, create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), include in a collective work (such as an anthology), text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

#### **Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)**

For non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

The gold open access publication fee for this journal is **USD 4050**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <https://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

#### **Green open access**

Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our [green open access page](#) for further information. Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public. This is the embargo period and it begins from the date the article is formally published online in its final and fully citable form. [Find out more](#).

This journal has an embargo period of 24 months.

### *Elsevier Researcher Academy*

Researcher Academy is a free e-learning platform designed to support early and mid-career researchers throughout their research journey. The "Learn" environment at Researcher Academy offers several interactive modules, webinars, downloadable guides and resources to guide you through the process of writing for research and going through peer review. Feel free to use these free resources to improve your submission and navigate the publication process with ease.

### *Language (usage and editing services)*

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the [English Language Editing service](#) available from Elsevier's WebShop.

### **Submission**

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

### *Referees*

Please submit, with the manuscript a list of three qualified, independent, prospective reviewers who could perform quality peer reviews of your document. (Include their full names, affiliations and their current E-mail addresses.)

The Journal of Cleaner Production used 'Single-blind' reviewing, where the names of the reviewers are hidden from the Author, but the reviewer knows who the authors are.

## **PREPARATION**

### **Peer review**

This journal operates a single blind review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of one independent expert reviewer to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. [More information on types of peer review.](#)

### *Use of word processing software*

It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the [Guide to Publishing with Elsevier](#)). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

### **Article structure**

#### *Subdivision - numbered sections*

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

#### *Introduction*

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

### *Material and methods*

Provide sufficient details to allow the work to be reproduced by an independent researcher. Methods that are already published should be summarized, and indicated by a reference. If quoting directly from a previously published method, use quotation marks and also cite the source. Any modifications to existing methods should also be described.

### *Theory/calculation*

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

### *Results*

Results should be clear and concise.

### *Discussion*

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

### *Conclusions*

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

### *Appendices*

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

### **Essential title page information**

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

### **Abstract**

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

### *Graphical abstract*

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view [Example Graphical Abstracts](#) on our information site. Authors can make use of Elsevier's [Illustration Services](#) to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements.

### Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). You can view [example Highlights](#) on our information site.

### Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

### Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

### Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

### Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

**Funding:** This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

### Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

### Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

### Artwork

#### Electronic artwork

##### General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.

- Submit each illustration as a separate file.

A detailed [guide on electronic artwork](#) is available.

**You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.**

#### *Formats*

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

#### **Please do not:**

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

#### *Color artwork*

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. [Further information on the preparation of electronic artwork.](#)

#### *Figure captions*

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

#### **Tables**

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

#### **References**

##### *Citation in text*

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

##### *Reference links*

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is highly encouraged.

A DOI is guaranteed never to change, so you can use it as a permanent link to any electronic article. An example of a citation using DOI for an article not yet in an issue is: VanDecar J.C., Russo R.M., James D.E., Ambeh W.B., Franke M. (2003). Aseismic continuation of the Lesser Antilles slab beneath northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <https://doi.org/10.1029/2001JB000884>. Please note the format of such citations should be in the same style as all other references in the paper.

#### *Web references*

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

#### *Data references*

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

#### *References in a special issue*

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

#### *Reference management software*

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support *Citation Style Language* styles, such as Mendeley and Zotero, as well as EndNote. Using the word processor plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. [More information on how to remove field codes](#).

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/journal-of-cleaner-production>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice.

#### *Reference formatting*

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the article number or pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

#### *Reference style*

*Text:* All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references can be listed either first alphabetically, then chronologically, or vice versa.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999).... Or, as demonstrated (Jones, 1999; Allan, 2000)... Kramer et al. (2010) have recently shown ...'

*List:* References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

*Examples:*

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.Sc.2010.00372>.

Reference to a journal publication with an article number:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2018. The art of writing a scientific article. *Heliyon*. 19, e00205. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00205>.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Reference to a website:

Cancer Research UK, 1975. Cancer statistics reports for the UK. <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> (accessed 13 March 2003).

Reference to a dataset:

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T., 2015. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. *Mendeley Data*, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

#### *Journal abbreviations source*

Journal names should be abbreviated according to the [List of Title Word Abbreviations](#).

#### **Video**

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the file in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB per file, 1 GB in total. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including [ScienceDirect](#). Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our [video instruction pages](#). Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

#### **AudioSlides**

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. [More information and examples are available](#). Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

#### **Data visualization**

Include interactive data visualizations in your publication and let your readers interact and engage more closely with your research. Follow the instructions [here](#) to find out about available data visualization options and how to include them with your article.

#### **Supplementary material**

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

### Research data

This journal encourages and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project.

Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. If you are sharing data in one of these ways, you are encouraged to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the [research data](#) page.

#### Data linking

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described.

There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the [database linking](#) page.

For [supported data repositories](#) a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect.

In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

#### Mendeley Data

This journal supports Mendeley Data, enabling you to deposit any research data (including raw and processed data, video, code, software, algorithms, protocols, and methods) associated with your manuscript in a free-to-use, open access repository. Before submitting your article, you can deposit the relevant datasets to *Mendeley Data*. Please include the DOI of the deposited dataset(s) in your main manuscript file. The datasets will be listed and directly accessible to readers next to your published article online.

For more information, visit the [Mendeley Data for journals](#) page.

#### Data in Brief

You have the option of converting any or all parts of your supplementary or additional raw data into one or multiple data articles, a new kind of article that houses and describes your data. Data articles ensure that your data is actively reviewed, curated, formatted, indexed, given a DOI and publicly available to all upon publication. You are encouraged to submit your article for *Data in Brief* as an additional item directly alongside the revised version of your manuscript. If your research article is accepted, your data article will automatically be transferred over to *Data in Brief* where it will be editorially reviewed and published in the open access data journal, *Data in Brief*. Please note an open access fee of 500 USD is payable for publication in *Data in Brief*. Full details can be found on the [Data in Brief website](#). Please use [this template](#) to write your Data in Brief.

#### MethodsX

You have the option of converting relevant protocols and methods into one or multiple MethodsX articles, a new kind of article that describes the details of customized research methods. Many researchers spend a significant amount of time on developing methods to fit their specific needs or setting, but often without getting credit for this part of their work. MethodsX, an open access journal, now publishes this information in order to make it searchable, peer reviewed, citable and reproducible. Authors are encouraged to submit their MethodsX article as an additional item directly alongside the revised version of their manuscript. If your research article is accepted, your methods article will automatically be transferred over to MethodsX where it will be editorially reviewed. Please note an open access fee is payable for publication in MethodsX. Full details can be found on the [MethodsX website](#). Please use [this template](#) to prepare your MethodsX article.

*Data statement*

To foster transparency, we encourage you to state the availability of your data in your submission. This may be a requirement of your funding body or institution. If your data is unavailable to access or unsuitable to post, you will have the opportunity to indicate why during the submission process, for example by stating that the research data is confidential. The statement will appear with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the [Data Statement page](#).

*Submission checklist*

When registering names in EES, please always enter full first and full last names.

It is hoped that this list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal's Editor for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

**Ensure that the following items are present:**

One Author designated as corresponding Author:

- E-mail address
- Full postal address
- Telephone and fax numbers

All necessary files have been uploaded

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been "spellchecked" and "grammar-checked"
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black and white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at [service.elsevier.com](http://service.elsevier.com).

**AFTER ACCEPTANCE****Online proof correction**

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors.

If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

**Offprints**

The corresponding author will, at no cost, receive a customized [Share Link](#) providing 50 days free access to the final published version of the article on [ScienceDirect](#). The Share Link can be used for sharing the article via any communication channel, including email and social media. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's [Webshop](#). Corresponding authors who have published their article gold open access do not receive a Share Link as their final published version of the article is available open access on ScienceDirect and can be shared through the article DOI link.

**AUTHOR INQUIRIES**

Visit the [Elsevier Support Center](#) to find the answers you need. Here you will find everything from Frequently Asked Questions to ways to get in touch.

You can also [check the status of your submitted article](#) or [find out when your accepted article will be published](#).

© Copyright 2018 Elsevier | <https://www.elsevier.com>