



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente

ESTRATÉGIAS AUXILIARES AO GERENCIAMENTO HÍDRICO EM
INDÚSTRIAS PROCESSADORAS DE PESCADO: minimização do uso da água e
possibilidade de reciclo e/ou reuso de efluente

LUANA MORENA RODRIGUES VITOR DIAS FERRACIOLLI

PALMAS

2016

LUANA MORENA RODRIGUES VITOR DIAS FERRACIOLLI

**ESTRATÉGIAS AUXILIARES AO GERENCIAMENTO HÍDRICO EM
INDÚSTRIAS PROCESSADORAS DE PESCADO: minimização do uso da água e
possibilidade de reciclo e/ou reuso de efluente**

Dissertação apresentada (em forma de artigo) ao Curso de Pós-graduação em Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Tocantins, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências do Ambiente.

Orientadora: Liliana Pena Naval

Co-orientadora: Danielle de Bem Luiz

PALMAS

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

F368e Ferraciolli, Luana Morena Rodrigues Vitor Dias .
ESTRATÉGIAS AUXILIARES AO GERENCIAMENTO HÍDRICO EM
INDÚSTRIAS PROCESSADORAS DE PESCADO:: minimização do uso da
água e possibilidade de reciclo e/ou reuso de efluente . / Luana Morena
Rodrigues Vitor Dias Ferraciolli. – Palmas, TO, 2016.

86 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins
– Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em
Ciências do Ambiente, 2016.

Orientadora : Liliana Pena Naval

Coorientadora : Danielle de Bem Luiz

1. Minimização. 2. reuso de água. 3. Indústria de processamento de
pescado. 4. Pescado. I. Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer
forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte.
A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184
do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

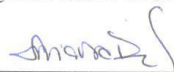
TERMO DE APROVAÇÃO

Luana Morena Rodrigues Vitor Dias Ferracioli

ESTRATÉGIAS AUXILIARES AO GERENCIAMENTO HÍDRICO EM INDÚSTRIAS PROCESSADORAS DE PESCADO: minimização do uso da água e possibilidade de reciclo e/ou reuso de efluente

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no curso de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente, da Universidade Federal do Tocantins, pela seguinte banca examinadora:

Orientadora:



Prof.ª Dra. Liliansa Pena Naval
Universidade Federal do Tocantins, UFT

Co-orientadora:

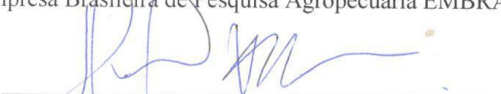


Dra. Danielle de Bem Luiz (Externo)
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA

Prof.ª Dra. Elineide Eugênio Marques (Suplente)
Universidade Federal do Tocantins, UFT



Dra. Flávia Tavares de Matos (Externo)
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA



Prof. Dr. Heber Rogério Gracio
Universidade Federal do Tocantins, UFT

Palmas, 18 de março de 2016.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus porque entregou seu filho por amor a mim, me reconciliou e transformou. Esse Deus me inspirou e ajudou em momentos difíceis. Sei que Ele usou algumas pessoas como instrumentos em minha vida para me ajudar a crescer. Por isso também agradeço a:

- Minha orientadora, Liliana Pena Naval, que me ajudou a superar minhas dificuldades, acreditou e não desistiu até o último momento, obrigada professora.

- Minha co-orientadora, Danielle de Bem Luiz, pela contribuição magnífica.

- Meu esposo, Vitor. Obrigada por seu amor. Só essa decisão de amar é que nos faz ser capazes de abrir mão pelo outro, cuidar, consolar, motivar, como você fez comigo durante todo esse tempo que estamos juntos. Você é um presente em minha vida.

- Safira, minha mãe, por todas as orações e carinho. Pela grande amiga que ela é e por sempre ter se esforçado para me dar a melhor formação.

- Dona Rita, minha sogra, pois em vários momentos foi minha conselheira e contribuiu para este trabalho. Ao Sr. João, meu sogro, por suas sábias palavras que me tranquilizavam.

- meus irmãos, cunhado e cunhadas, por compreenderem a ausência em alguns momentos.

- professor Joênes pela contribuição com a parte estatística deste trabalho.

- meu colega Fábio da Costa pela contribuição com a tradução do resumo deste trabalho para língua inglesa.

- estagiários do Laboratório de Saneamento: Luciana, José Heluandir, Thamyres, Danilo, Rayane e Thais. Muito obrigada pelo auxílio nas análises dos efluentes e pelo companheirismo.

- meu PG, GD e à SIBAPA, pois estiveram comigo durante todo este tempo.

- CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA pelo apoio financeiro.

- Universidade Federal do Tocantins e Ao Programa de Mestrado em Ciências do Ambiente.

RESUMO

FERRACIOLLI, L. M. R. V. D. (2016). **Estratégias auxiliares ao gerenciamento hídrico em indústrias processadoras de pescado: minimização do uso da água e possibilidade de reciclo e/ou reuso de efluente**. Dissertação (Mestrado) Ciências do Ambiente, Universidade Federal do Tocantins.

A escassez hídrica é uma realidade em muitas regiões, como também problemas relacionados à poluição das águas. A demanda pelo referido recurso é crescente para suprir a necessidade nas atividades industriais, agrárias e domésticas. Frente à limitação do recurso e o aumento da demanda, a prática do reciclo e/ou reuso direto e indireto de efluentes é uma alternativa para a conservação de água, desde que não haja riscos quanto à saúde dos manipuladores e consumidores, ao meio ambiente e à integridade do produto. O objetivo deste estudo foi propor estratégias de auxílio ao gerenciamento hídrico em uma indústria de processamento de pescado por meio da minimização do consumo da água e da geração de efluentes, adotando-se o reuso e/ou reciclo como possibilidade. Na primeira parte do trabalho o efluente industrial final caracterizado foi avaliado quanto ao tratamento adequado que atendessem aos requisitos preconizados pelos regulamentos de diferentes países para o reciclo e/ou reuso e avaliada a possibilidade de reuso. Na segunda parte do estudo, foi medido o consumo de água pontual e global na mesma indústria processadora de pescado para determinar as possíveis reduções do consumo. Os efluentes de cada ponto gerador foram caracterizados e foram avaliados quanto à possibilidade de tratamento para que atendessem aos requisitos preconizados pelos regulamentos de diferentes países para reciclo e/ou reuso. Verificou-se que o potencial para o reciclo e/ou reuso de efluentes gerados na indústria processadora em estudo aumenta quando os efluentes são separados em grupos (princípio da segregação de correntes de efluentes). Os resultados demonstraram que uma economia teórica do consumo de água de 1,5 m³/tonelada de pescado pode ser conseguida, o que representa 10,3% do consumo global e redução na geração de efluentes em 15,92%.

Palavra chave: minimização, reuso de água, indústria de processamento de pescado

ABSTRACT

FERRACIOLI, M. R. V. D.(2016). **Auxiliary strategies to water management in fish processing industry: minimization of water use and the ability to recycle and / or effluent reuse.** Thesis (MA) Environmental Sciences, Federal University of Tocantins

Water scarcity is a reality in many regions, as well as problems related to water pollution. Water demand is growing to meet the need in the industrial, agricultural and domestic activities. Regarding resource limitation and the increase in water demand, the practice of recycling and reuse (direct and indirect) is an alternative to water conservation guaranteeing that there are no risks handlers and consumers health, the environment and product integrity. The objective of this study was to propose strategies for water management in the fish processing industry by minimizing water consumption and effluent generation, by adopting the reuse and / or recycling as a possibility. During the first trial the final industrial effluent was evaluated considering the adaptation of adequate treatment to meet requirements of different countries for recycling and / or reuse, and the possibility of reuse was also assessed. In the second trial, specific and total water consumption were measured in the same fish processing industry to determine possible consumption reduction. The effluent of each point generator was characterized and evaluated for possible treatment that met the regulations requirements wastewater of different countries to recycle and / or reuse. It was found that the potential for recycling and / or reuse the processing industry studied increases when the effluents are separated into groups (principle of segregation of waste streams). The results showed that a water consumption saving of 1.5 m³ / ton of fish produced can be achieved, which represents 10.3% of the overall consumption and 15.92% of effluent generation.

Keywords: minimization, reuse of water, fish processing industry

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1. Flow chart showing the fish processing, cleaning procedure and ice production in the plant studied.....27
- Figure 2. Potential recycling and reuse of effluents in the fish processing industry35

CAPÍTULO II

- Figura 3. Fluxograma da caracterização da unidade industrial em estudo43
- Figura 4. Pontos de geração de efluentes na planta piloto industrial de processamento de pescado que foram caracterizados nesse estudo45
- Figura 5. Formação de grupos de efluente a partir das três variáveis canônicas (VC1, VC2 e VC3) que mais contribuíram para a dissimilaridade entre os pontos de geração de efluente na indústria processadora de pescado55

ANEXO II

- Figura 6. Fluxograma do processamento do pescado, do procedimento de limpeza e produção do gelo da indústria em estudo.73
- Figura 7. Possibilidades de reciclo e reuso do efluente na indústria de beneficiamento de pescado81

LISTA DE TABELAS

INTRODUÇÃO GERAL

Tabela 1. Reciclo e reuso industrial de efluentes tratados em processadoras de alimentos. 19

CAPÍTULO I

Table 2. Reuse and recycling quality requirements as established by standards and regulations for industrial reuse28

Table 3.Characterization of effluents from fish processing units.....31

Table 4. Potential industrial reuse of effluents produced by the fish processing plant and treatment proposed to meet regulations and standards33

CAPÍTULO II

Tabela 5. Parâmetros analisados e respectivas metodologias de análise.....44

Tabela 6. Valores de referência para a concentração de poluentes em efluentes para o reuso industrial.46

Tabela 7. Distribuição do consumo de água na planta de processamento de pescado.....47

Tabela 8. Potencial de redução de consumo de água nas torneiras para o atual processamento de pescado.....48

Tabela 9. Uso de água em cada etapa do processamento por espécie de pescado processado.49

Tabela 10. Características dos efluentes do processamento de pescado eviscerado fresco51

Tabela 11. Análise de variância dos parâmetros físico-químicos avaliados em efluentes proveniente de um entreposto de pescado52

Tabela 12. Contribuição relativa das características para dissimilaridade das correntes de efluente gerados no processamento de pescado53

ANEXO I

Tabela 13. Caracterização do efluente do ponto I da indústria de processamento de pescado 64

Tabela 14. Análise de caracterização do efluente do ponto II da indústria de processamento de pescado 64

Tabela 15. Análise de caracterização do efluente do ponto III da indústria de processamento de pescado..... 66

Tabela 16. Análise de caracterização do efluente do ponto IV da indústria de processamento de pescado.....66

Tabela 17. Análise de caracterização do efluente do ponto V da indústria de processamento de pescado	67
Tabela 18. Análise de caracterização do efluente do ponto VI da indústria de processamento de pescado.....	68

ANEXO II

Tabela 19. Requisitos de qualidade para reuso e/ou reciclo determinados por regulamentos e normativas empregadas para o reuso industrial.....	74
Tabela 20. Caracterização de efluentes de unidades de processamento de pescado	76
Tabela 21. Potencial de reuso industrial de efluente gerado na indústria processadora de pescado, e tratamento proposto para atendimentos aos regulamentos e normativas.....	79

GLOSSÁRIO

- (ABNT) Associação Brasileira de Normas Técnicas
- (ANA) Agência Nacional de Águas
- (APHA) *American Public Health Association*
- (APPCC) Análise de Perigos e Pontos Críticos
- (CNRH) Conselho Nacional de Recursos Hídrico
- (CONAMA) Conselho Nacional de Meio Ambiente
- (DE) Diretiva Européia
- (DQO) Demanda Química de Oxigênio
- (EPA) Agência de Proteção Ambiental
- (EU) União Europeia
- (FAO) *Food and Agriculture Organization*
- (FIESP) Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
- (IBGE) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- (INMETRO) Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
- (NBR) Norma Brasileira
- (NF) Nanofiltração
- (OCDE) Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico
- (OD) Oxigênio Dissolvido
- (OMS) Organização Mundial da Saúde
- (OR) Osmose Reversa
- (pH) Potencial Hidrogeniônico
- (PNRH) Política Nacional de Recursos Hídricos
- (SS) Sólidos Sedimentáveis
- (SST) Sólidos Suspensos Totais
- (ST) Sólidos Totais
- (STF) Sólidos Totais Fixos
- (STV) Sólidos Totais Voláteis
- (UF) Ultra Filtração
- (UV) Ultravioleta

SUMÁRIO

1.	APRESENTAÇÃO	14
2.	INTRODUÇÃO GERAL	16
CAPÍTULO I.....		25
3.	POTENTIAL FOR REUSING AND/OR RECYCLING FISH PROCESSING EFFLUENTS	25
ABSTRACT		25
3.1.	INTRODUCTION.....	26
3.2.	METHODOLOGY	26
3.2.1.	Description of the unit under study	27
3.2.2.	Effluent Characteristics	28
3.2.3.	Analysis of potential effluent reuse and recycling	28
3.3.	RESULTS AND DISCUSSION	29
3.4.	CONCLUSION	36
ACKNOWLEDGEMENTS		36
REFERENCES		37
CAPÍTULO II.....		40
4.	MINIMIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA E DA GERAÇÃO DE EFLUENTES LÍQUIDO EM UM ENTREPOSTO DE PESCADO	40
RESUMO		40
4.1.	INTRODUÇÃO.....	41
4.2.	METODOLOGIA	42
4.2.1.	Determinação do volume de água.....	43
4.2.2.	Caracterização de efluentes	44
4.2.3.	Avaliação do Potencial de reciclo e/ou reuso de efluentes.....	46
4.3.	RESULTADO E DISCUSSÃO	46
4.3.1.	Determinação do volume de água utilizada.....	46

4.3.2.	Redução da geração de efluentes	49
4.3.3.	Reciclo e/ou reuso direto	55
4.4.	CONCLUSÃO.....	58
	AGRADECIMENTOS	58
	REFERÊNCIAS.....	58
5.	CONCLUSÃO GERAL	62
	ANEXO I – ANÁLISE DE CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES.....	63
	ANEXO II – Tradução do artigo “POTENTIAL FOR REUSING AND/OR RECYCLING FISH PROCESSING EFFLUENTS”	70

1. APRESENTAÇÃO

O reuso de água é uma importante ferramenta no contexto da conservação dos recursos hídricos, como uma das alternativas para substituir o uso de água potável, destacando-se pela preservação de fontes de qualidade elevada, proteção ambiental e benefícios econômicos.

A indústria tem buscado, ainda de forma incipiente, melhorar os processos no que se refere à sustentabilidade, para atender requisitos dos mercados internacionais e nacionais, e para se adaptar ao novo cenário de escassez de água. Isso tem levado as indústrias a avaliarem a possibilidade de reuso de efluentes nela gerados.

Objetivando contribuir para a mitigação desta problemática, este estudo avaliou a possibilidade de minimização do consumo de água e consequente geração de efluentes, e do potencial que de reuso e/ou reciclo de efluentes gerados em um entreposto de pescado.

Este estudo foi realizado em um entreposto de pescado piloto, na região Norte do Brasil. Neste frigorífico são processados peixes continentais, cujas etapas de beneficiamento incluem: recepção, lavagem, evisceração, resfriamento e expedição do produto.

O resultado deste estudo está apresentado nesta dissertação, que foi dividida em capítulos, sendo cada capítulo a apresentação de um artigo (Capítulo I e II), compostos por: introdução, metodologia, resultado e discussão e conclusões. Além, desta apresentação, há a introdução geral ao tema, e as conclusões gerais.

Na introdução geral, procurou-se contextualizar: a prática do reuso, a apresentação do cenário dos regulamentos que dizem respeito à essa temática e o uso de efluentes tratados na indústria de alimentos, especificamente na indústria do processamento de pescado.

O Capítulo I analisou as características dos efluentes provenientes do processamento de pescado de diferentes indústrias e os regulamentos disponíveis sobre o reuso industrial, com o propósito de avaliar as possibilidades de reciclo e/ou reuso de efluentes para a indústria processadora de pescado.

No Capítulo II, propôs-se o uso racional da água no processo produtivo da indústria em estudo e a minimização da geração de efluentes no processo industrial. Foram avaliados os pontos de utilização de água e quantificados a partir da medição do volume de água utilizado, caracterizou-se os efluentes de cada etapa do processamento com intuito de propor a redução do consumo de água e da geração de efluentes, assim como o reuso e/ou reciclo.

Este estudo faz parte de um projeto coordenado pelo Centro Nacional de Pesca e Aquicultura (CNPASA) intitulado “Gerenciamento hídrico aplicado a entrepostos de pescados”, resultado de parceria entre o frigorífico em estudo, a Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade Federal Fluminense (UFF), Universidade Federal do Tocantins (UFT), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e Superintendência Federal de Aquicultura no Estado do Tocantins (SFA-TO).

2. INTRODUÇÃO GERAL

A escassez do recurso hídrico em algumas regiões (ARÉVALO *et al*, 2012), as pressões das alterações climáticas, o desenvolvimento urbano desordenado e o aumento da produção de resíduos domésticos e industriais (ALCALDE-SANZ e GAWLIK, 2014) têm contribuído para a discussão acerca do reuso. O reuso de efluentes é apontado como uma opção estratégica para apoiar o abastecimento de água por ser uma fonte alternativa.

Esta opção pode proporcionar benefícios sociais, econômicos e ambientais significativos, como: o aumento da disponibilidade de água, a utilização integrada dos recursos hídricos, a substituição da água potável em usos que essa qualidade não seja requerida, a redução na captação superficial e subterrânea de água potável, a redução da carga de nutrientes nos corpos receptores, o auxílio no processo de expansão agrícola e a redução de aplicação de fertilizantes.

A necessidade de minimizar os riscos à saúde e ambientais associados à aplicação de reuso de água/efluentes levou um número crescente de países ao desenvolvimento de diretrizes e regulamentos para o emprego seguro de efluentes tratados (BIXIO e WINTGENS, 2006).

Várias são as diretrizes internacionais que abordam as possibilidades de reuso. Destacam-se as diretrizes da OMS (Organização Mundial de Saúde) que têm uma característica importante por aplicarem o APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos), uma estrutura de gerenciamento de riscos na gestão dos regimes da água de reuso, não considerando apenas em testes de pós-tratamento. A abordagem faz a relação entre a saúde e a exposição aos microrganismos quando os efluentes são utilizados na (ALCALDE-SANZ e GAWLIK, 2014).

Alguns países assumem a vanguarda em termos de reuso industrial, como os Estados Unidos da América. Nesse país, em que pese não adotar uma regulamentação federal para a prática do reuso, a EPA (Agência de Proteção Ambiental) criou um manual que sugere diretrizes para o desenvolvimento de um programa de reuso baseada nas experiências de vários estados americanos (EPA, 2004). A tradição do reuso é longa nesse país, o estado da Califórnia, por exemplo, desde 1918 tem desenvolvido regulamentações referentes ao reuso (CROOK, 1993).

A Europa também se destaca, mesmo não havendo regulamentos em nível de UE (União Europeia); no entanto, vários Estados membros e as regiões autônomas têm produzido

os próprios quadros legislativos, regulamentos ou orientações para aplicações de reuso de água (ALCALDE-SANZ e GAWLIK, 2014).

Dos membros da UE, se destacam a Grécia e a Espanha por possuírem regulamentos que se aplicam a um elevado número de usos, incluindo uma descrição precisa dos requisitos de qualidade para cada aplicação. Os padrões gregos aplicam limites rigorosos para alguns usos industriais, irrigação irrestrita, recarga de aquífero e usos urbanos, baseados nas recomendações sobre qualidade de água para irrigação da Organização para Alimentação e Agricultura (FAO - *Food and Agriculture Organization*) com algumas modificações (AYERS e WESTCOT, 1989).

No Brasil, o reuso ainda não recebe destaque como prática a ser adotada, pois os recursos hídricos eram considerados como inesgotáveis e podiam ser utilizados de maneira farta e abundante, devido ao Código das Águas, instituído pelo Decreto Federal nº 24.643 de 1934 (BRASIL, 1934). No entanto, a partir da Constituição de 1988 é aprovada a Lei nº 9.433 de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), tendo como fundamento que a água é um bem de domínio público e dotado de valor econômico (BRASIL, 1997). Como a PNRH visa assegurar a sustentabilidade do recurso hídrico por meio do uso racional, o reuso das águas é uma forma de fazê-lo, sendo considerado como um dos instrumentos para alcançar este objetivo.

Para implementar a PNRH e coordenar o SNGRH, foi aprovada a Lei nº 9.984 em julho de 2000, que cria a Agência Nacional das Águas (ANA), uma autarquia especial, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2000). O primeiro regulamento brasileiro a surgir, apresentando os limites de concentração dos poluentes para a realização do reuso, foi a norma técnica NBR 13.969 em 1997 (ABNT, 1997). Quatro classes de água de reuso foram definidas com os respectivos padrões de qualidade.

Em 2005, estabeleceram-se no Brasil as modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, pela Resolução nº 54 promulgada pelo CNRH. As modalidades trazidas pela Resolução foram: reuso para fins urbanos, reuso para fins agrícolas e florestais, reuso para fins ambientais, reuso para fins industriais e reuso na aquicultura (BRASIL, 2005).

Apesar das limitações legais do reuso, muitos países já implantaram a prática. O Japão lidera com aproximadamente 1800 projetos de sistemas de reciclagem de água; seguido pela Austrália com mais de 450; depois a Europa, com cerca de 200; o Oriente Médio, com mais de 100; a América Latina, acima de 50, e a África Subsaariana, com pouco mais de 20

(ALCALDE-SANZ e GAWLIK, 2014). Nesses locais a água de reuso é aplicada, principalmente, para usos urbanos e na irrigação agrícola.

Em países como os Estados Unidos, Austrália e Cingapura, existem metas para o reuso, expressas em termos de percentagem de efluentes municipais. Na Arábia Saudita, em 2012, eram reutilizadas, aproximadamente, 16% dos efluentes para reuso, possuindo como meta a ampliação para 65%, até ao final de 2016 (EPA, 2012).

A Austrália, que em 2012 reutilizava cerca de 8% dos efluentes tratados, estabeleceu como meta aumentar esta quantidade para 30% até o ano de 2015 (EPA, 2012). Cingapura reutiliza 30% dos efluentes e possui um planejamento para reduzir sua dependência de fontes externas. Um país exemplo em reuso é Israel, reusando 70% dos efluentes domésticos gerados (CAPRA e SCICLONE, 2004).

Quanto às normas, procedimentos e legislação aplicáveis ao reuso, de uma forma geral, estão definidas, trazendo parâmetros e valores de referencia para usos na agricultura, urbano, recarga de aquíferos e industrial. Porém, para a indústria de alimentos, setor que restringe o reuso de água no processo, o Brasil cria o Comitê de Coordenação do *Codex Alimentarius*, por meio da Resolução nº 01/80, com o objetivo de garantir a segurança do alimento produzido na referidas indústrias (BRASIL, 1980).

Quanto à indústria de alimentos, mais especificamente os frigoríficos, é o Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA), vinculado à Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA) do Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento (MAPA), competente pela inspeção de produtos. Para os frigoríficos de pescado são aplicados os seguintes regulamentos no quesito qualidade de água:

- Decreto presidencial 30.691/1952 que aprova o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA (BRASIL, 1952);
- Portaria SVS/MS 326/1997 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde: aprova o Regulamento Técnico sobre Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos (BRASIL, 1997a).

O Decreto 30.691/1952 impede o retorno das águas servidas e permite a confluência da rede das águas servidas dos pré-resfriadores para a condução de outros resíduos não comestíveis sem que tais conexões promovam alguma inadequação tecnológico e higiênico-sanitário. Nesse decreto são descritos os padrões de qualidade da água a ser utilizada em indústrias de alimentos de origem animal (BRASIL, 1952). Já a Portaria SVS/MS nº326

(BRASIL, 1997a) prevê o uso de água não potável como descrito em Requisitos de Higiene na Produção.

O reuso de águas tratadas nos processos de preparação, manuseio e acondicionamento dos alimentos, encontra empecilhos, principalmente, pelo risco de contaminação; pela preocupação com a aceitação do público consumidor, e pela falta de regulamentação. Essas são a priori, as razões pelas quais esta prática não é recomendada no Brasil (MATSUMURA E MIERZWA, 2008).

Geralmente o reuso de efluente industrial proveniente do processamento de alimentos é realizado nos sistemas de resfriamento da própria indústria, na irrigação e na descarga sanitária, desde que não haja contato com o produto a ser consumido, devido aos padrões higiênicos sanitários (CASANI *et al.*, 2005).

Em alguns estados nos Estados Unidos da América o reuso industrial nas processadoras de alimentos é permitido por meio da análise de cada caso, a exemplo, o estado do Arizona. Nesse modelo, é necessário que haja autorização restrita e particular e são exigidas informações como quantidade e qualidade da água de reuso, e descrição da atividade em que será destinada (ARIZONA, 2005).

Indústrias processadoras de alimentos na América do Norte e na Europa adotam o reciclo, após tratamento, da água nas torres de resfriamento, em caldeiras, e limpeza geral. Essa prática produz uma economia de até 220 milhões de litros de água por ano, por sistema (EPA, 2012).

Embora o reuso de efluente seja uma prática difundida e amplamente aplicada, faz-se necessário lembrar que a realização de tratamento para adequação aos requisitos do próximo uso ou às normativas relacionadas é imprescindível. Muitos são os exemplos de tratamentos empregados para produção da água de reuso (Tabela 1).

Tabela 1. Reciclo e reuso industrial de efluentes tratados em processadoras de alimentos.

Produto ou etapa do processamento	Tipo de água	Método de tratamento	Uso posterior	Referência
Processamento de carne bovina				
Processamento de carne bovina	Água do chuveiro do chiller	Pré-tratamento (filtração + dois estágios filtro de cartucho + pré desinfecção por UV) + NF (dois estágios) + UV	Reuso como água morna para limpeza e como água de constituição de caldeira	Mavrov <i>et al.</i> (2001)

Continuação da Tabela 1

Produto ou etapa do processamento	Tipo de água	Método de tratamento	Uso posterior	Referência
Processamento de carne bovina				
Processamento de carne	Efluente final	Filtração (remover partículas maiores que 1mm) + Ozonização	Reuso em operação que não exija baixa concentração de sólidos suspensos totais (SST) e de turbidez	Wu e Doan (2005)
Processamento de Aves				
Processamento de aves	Água pré-chiller, Efluente da calha da máquina de moela; Água da câmara de refrigeração e descongelamento; Água de lavagem dos filtros	Tanque equalizador, UF, filtração e para outros reusos em que não há necessidade de tratamento.	Reciclo	Matsumura, Mierzwa, (2008)
Processamento de pescado				
Processamento de crustáceos	Água do resfriamento de crustáceos após cozimento	-	Reuso direto na etapa de limpeza do crustáceo antes do cozimento	River <i>et al.</i> (1998)
Processamento de peixe	Água de processos de bombeamento a vácuo ou centrífugo, evaporação (evaporador a filme ou convencional) e secagem (chama direta ou a vapor)	Coagulação química com FeCl ₃ + Centrifugação	Reciclo, separação de proteína e posterior incorporação ao processamento	Roeckel e Aspe (1996)

Em uma indústria estudada por Mavrov e Bélières (2000), o efluente gerado no processamento de carne, foi reciclado e, após pré-filtração, seguindo para a nanofiltração, osmose reversa e depois desinfecção por UV. Em Mavrov *et al.* (2001), o efluente reutilizado também foi o gerado no processamento. Este recebeu um pré-tratamento com filtração e pré-desinfecção por UV, seguido por nanofiltração em dois estágios e desinfecção por UV. Posteriormente, o efluente tratado foi reutilizado como água morna para a limpeza e como água de caldeiras.

No processamento de carne do estudo de Wu e Doan (2005) foi realizada ozonização, percebendo que foram inativas: 99% de bactérias aeróbias, coliformes totais e *Escherichia coli*, o valor da DQO caiu 10,7 % e de DBO caiu 23,6%. O efluente final do processamento depois de ozonizado pôde ser reutilizado, porém por não mostrar redução nos sólidos

suspensos totais e turbidez, o posterior uso recomendado foi para as operações que não exigiam baixas concentrações para esses parâmetros.

Ainda em indústria de aves, o estudo de Matsumura e Mierzwa (2008) mostra que a água do pré-chiller, o efluente da calha da máquina de moela, a água da câmara de refrigeração e de descongelamento e a água de lavagem dos filtros receberam tratamentos adequados de acordo com as características dos efluentes para que ocorresse o reciclo. Após o reuso, o estudo relata que houve a redução de quase 31% no consumo de água.

Em uma indústria de processamento de pescado, estudada por Roedel e Aspe (1996), houve reciclo da água após tratamento por coagulação química com cloreto férrico dos efluentes vindos do bombeamento a vácuo ou centrífugo, da evaporação e da secagem. Isso foi possível porque houve redução de 93% da demanda bioquímica de oxigênio (DQO), conseqüentemente, redução da concentração das proteínas e dos óleos e graxas em 91% e 93%, respectivamente.

Esses exemplos demonstram esforços do setor industrial na adoção de programas de reuso de água, como ferramentas importantes para a economia, para a sustentabilidade, e para a preservação dos recursos hídricos.

Ainda que a legislação brasileira permita somente o uso de água potável em procedimentos que tenham contato com o alimento nas indústrias (Brasil 2011), existem órgãos mundiais como a CODEX ALIMENTARIUS (1999, 2001) que, além de reconhecerem, incentivam o emprego de técnicas de reuso direto e indireto em indústrias de alimentos, desde que não ofereça riscos à saúde dos manipuladores e consumidores, ao meio ambiente e à integridade do produto. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi identificar a possibilidade de minimização do uso de água e avaliação do potencial de reuso do efluente da indústria de processamento de pescado.

REFERÊNCIAS

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

ALCALDE-SANZ, L.; GAWLIK, B. M. *Water reuse in europe relevant guidelines, needs for and barriers to innovation*. Publications Office of the European Union, Luxemburgo, 48 p., 2014.

AREVALO, J.; RUIZ, L. M.; PARADA-ALBARRACÍN, J. A.; GONZÁLEZ-PÉREZ, D. M.; PÉREZ, J.; MORENO, B.; GÓMEZ, M. A. Wastewater reuse after treatment by MBR. Microfiltration or ultrafiltration. *Desalination*, v. 299, p. 22-27, 2012.

ARIZONA. *Arizona Administrative Code*. Department of Environment Quality – Water Pollution Control. Title 18, chapter 9, p. 97, 2005. Disponível em: <http://apps.azsos.gov/public_services/Title_18/18-09.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2016.

AYERS, R.S., WESTCOT, D.W. *Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage paper 29*. FAO, Rome, IT. 1985.

BIXIO, D. e WINTGENS, T. *Water reuse system management manual – AQUAREC*, Project Report, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2006, ISBN.

BRASIL. Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952. Aprova o novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. *Diário Oficial da União* de julho de 1952. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-1969/D30691.htm>. Acessado em: 10 de fev. 2016.

BRASIL. Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro). Resolução nº 01/ 80, de 17 de março de 1980, do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro). Cria no âmbito do Inmetro o Comitê de Coordenação do *Codex Alimentarius* e institui os membros. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/resc/>>. Acessado em 12 fev. 2016.

BRASIL. Governo Provisório da República dos Estados Unidos do Brasil. Decreto Federal nº 24.643 de 1934. Rio de Janeiro, 10 de julho de 1934. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acesso em: 13 de fev. de 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº. 711, de 10 de novembro de 1995. Normas técnicas de instalações e equipamentos para abate e industrialização de suínos. *Diário Oficial da União*, Brasília, 1º nov. 1995. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

BRASIL. Lei nº9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 24 de fev. 2016.

BRASIL. Portaria SVS/MS nº 326 de julho de 1997. Aprova o Regulamento Técnico: “Condições Higiênicas-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para estabelecimentos Produtos/Industrializadores de Alimentos”. Secretaria de Vigilância Sanitária – Ministério da Saúde.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 210 de 10 de novembro de 1998. Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-sanitária de Carne de Aves. *Diário Oficial da União*, Brasília, 26 nov. 1998.

BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Publicado no *Diário Oficial da União* de 18 de julho de 2000.

BRASIL. *Ministério do Meio Ambiente* – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, que Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 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. *Diário Oficial da União*, Brasília, 26 de dezembro, 2011.

CASANI, S.; ROUHANY, M.; KNØCHEL, S. A discussion paper on challenges and limitations to water reuse and hygiene in the food industry. *Water Research*, v. 39, n. 6, p. 1134-1146, 2005.

CODEX ALIMENTARIUS. *Codex Alimentarius Commission: Codex Committee on Food Hygiene*. Discussion Paper on Proposed Draft Guidelines for the Hygienic Reuse of

Processing Water in Food Plants. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, 32nd Session, Washington, DC, USA, 1999.

CODEX ALIMENTARIUS. *Codex Alimentarius Commission: Codex Committee on Food Hygiene*. Proposed Draft Guidelines for the Hygienic Reuse of Processing Water in Food Plants. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, 34th Session, Bangkok, Thailand, 2001.

CROOK, J. Critérios de qualidade da água para reuso. *Revista DAE*, v. 53, n. 174, p. 10-18, 1993.

EPA. *Guidelines for Water Reuse*. Washington, DC: Environmental Protection Agency, 2004.

EPA. *Guidelines for Water Reuse*. Washington, D.C. Environmental Protection Agency, 2012.

MATSUMURA, E. M.; MIERZWA, J. C. Water conservation and reuse in poultry processing plant—A case study. *Resources, Conservation and Recycling*, Volume (52), p. 835–842, 2008.

MAVROV, V.; BÉLIÈRES, E.. Reduction of water consumption and wastewater quantities in the food industry by water recycling using membrane processes. *Desalination*, Volume (131), p. 75–86, 2000.

MAVROV, V.; CHMIEL, H.; BÉLIÈRES, E.. Spent process water desalination and organic removal by membranes for water reuse in the food industry. *Desalination*, Volume (138), p. 65–74, 2001.

RIVER, LUIS; ASPE, ESTRELLA; ROECKEL, MARLENE; MART, M. CRISTINA. Evaluation of Clean Technology Processes in the Marine Products Processing Industry. *Journal Chemical Technology Biotechnology*, v. 73, p. 217-226, 1998.

ROECKEL, M.; ASPÉ, E. Achieving clean technology in the fish-meal industry by addition of new process step. *Journal Chemical Biotechnology*, v. 67, p. 96-104, 1996.

WU, J.; DOAN, H.. Disinfection of recycled red-meat-processing wastewater by ozone. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 80:828–833 (2005).

CAPÍTULO I

3. POTENTIAL FOR REUSING AND/OR RECYCLING FISH PROCESSING EFFLUENTS

L. M. R. V. D., Ferracioli¹; L. P., Naval²; D. B. Luiz³.

^{1,2} Federal University of Tocantins, Palmas, Brazil

luanamorena@uft.edu.br; liliana@uft.edu.br

³ National Research Center of Fisheries, Aquaculture and Agricultural Systems (CNPASA), Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA), Palmas/TO, Brazil

danielle.l Luiz@embrapa.br

The submission entitled "POTENTIAL FOR REUSING AND/OR RECYCLING FISH PROCESSING EFFLUENTS" has been received and will now be peer reviewed for possible publication in the journal Water Science and Technology. The manuscript number is WST-EM16124.

ABSTRACT

The problems in the fish processing industry are related to the high water consumption and the generation of effluents with concentrated organic loads, so the reuse may represent an alternative for sustainable development. The aim of study is to assess the potential for recycling and/or reusing effluents produced in a fish processing plant. In order to do so, wastewater characterization was carried out on the final industrial effluent. In addition, treatments which produce effluents meeting the requirements prescribed by different countries' regulations for reuse and recycling were assessed. The results obtained show that effluents from health barriers and monoblock washing, can be treated and subsequently recycled. The effluents produced by the washing and gutting cylinders can be treated for attain a quality compatible with industrial reuse, it is recommended that large fragments of solid waste are removed beforehand. This study further highlights the possibility of treating effluents so as to meet drinking water standards. This would potentially allow them to be used within the actual fish processing procedure, in this case, a revision in standards and measures for controlling use should be considered so as to prevent microbiological damage to products and risks to handlers and final consumers.

Key words: fish, sustainability, effluent treatment, effluent reuse, effluent recycle

3.1. INTRODUCTION

3.2. METHODOLOGY

Brazil is among the ten largest economies in the world. Its GNP (Gross National Product) was over US\$ 2 trillion in 2013 according to an OECD [Organization for Economic Cooperation and Development] report (2015). The report also highlighted the aquaculture expansion is attributed to the emergence of fish production and consumption incentive policies. According to IBGE [Brazilian Institute of Geography and Statistics] data (2014), the total Brazilian fisheries production was 474,330 tonnes in 2014, an increase of 20.9% in comparison to the previous year. Studies show that countries undergoing rapid population growth, increases in income *per capita* and urbanization usually show an increase in fish consumption (Chowdhury *et al.*, 2010).

This growth in production and consumption also leads to an increase in the generation of effluents, above all from the food industry, characterized by high water consumption across the various processing stages (Anh *et al.*, 2011; Queiroz *et al.*, 2013).

Given that the total volume of effluent is directly related to water usage, an important element in transforming raw materials into consumer products, it is essential to consider its reuse and recycling as potential ways of minimizing the capture, use and consumption of water and effluent generation. However, most food manufacturers have not been using these alternatives because of a lack of available information concerning the production, treatment and use of effluents.

Furthermore, it is also necessary to draft more specific and up-to-date norms in order to regulate reuse. In food industries care is needed because of the risks which may affect the integrity of products, the environment and the health of food handlers and consumers. Therefore, Brazilian legislation only allows the use of potable water from natural sources (Brasil, 1998). However, world organizations such as Codex Alimentarius (2001) recognize and encourage the adoption of direct and indirect reuse techniques in the food industry, as long as the above mentioned risks are addressed.

Given the volume of effluent generated by fish processing plants and taking into account their characteristics, treatment possibilities and regulation regarding reuse, the main objective of this study is to assess the potential for reuse and recycling fish processing effluents and the possible scenarios for water reuse in the industries processes.

3.2.1. Description of the unit under study

This study was conducted in a fish processing plant located in the northern region of Brazil, a producer of fresh, gutted fish of various species. The plant has a processing capacity of 12 tonnes of fish per day, as shown in Figura 1, and is divided into three areas: the dirty area (where fish are killed and the carcasses initially washed), the clean area (where gutting, cleaning and packing take place) and the administrative area.

During the processing, fish is sent to the dirty area where the first cleaning stage takes place in the washing cylinder, generating effluent. The carcass is then sent to the clean area, where the abdominal incision occurs. On the table, the fish is gutted and cleaned. It is subsequently placed in monoblocks, so it can be weighed followed by the addition of flaked ice. Once the temperature of the final product is stabilized, it is dispatched.

In addition to the fish processing, other processes in the plant include cleaning of monoblocks, floors, equipment and the ice factory. Waste is generated during all these stages.

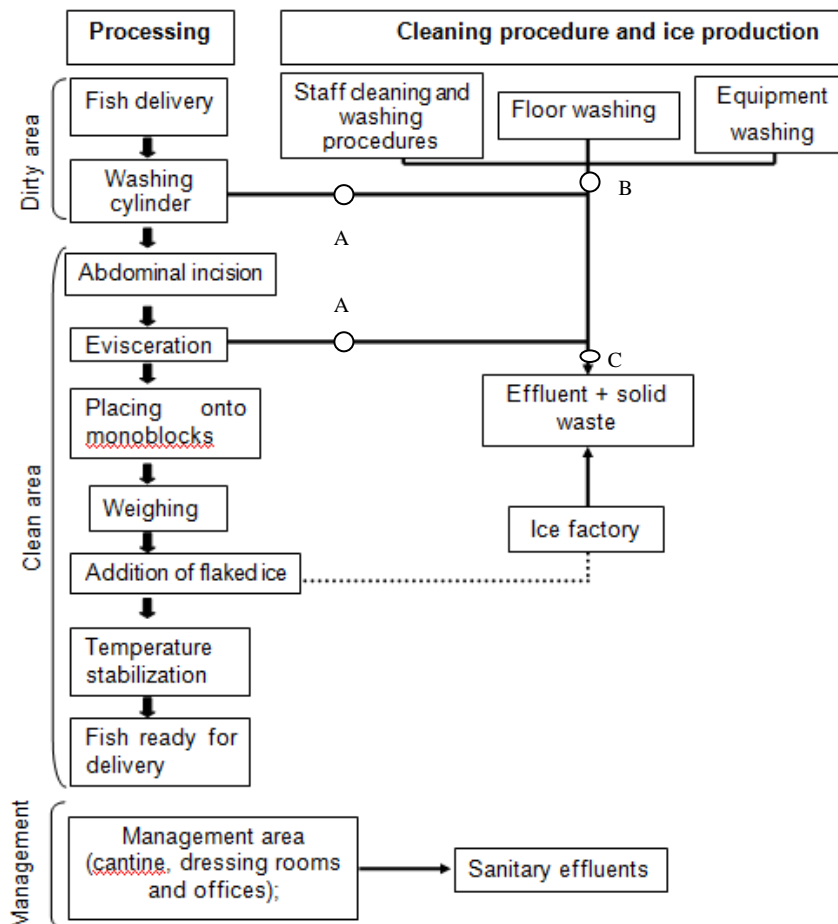


Figura 1. Flow chart showing the fish processing, cleaning procedure and ice production in the plant studied.

3.2.2. Effluent Characteristics

In order to characterize the final effluent emitted by this plant, eleven samples were collected and physical, chemical and microbiological parameters were analyzed, using the standard guidelines for analyzing water and water residues developed by APHA [American Public Health Association] (2005). The classified parameters were: thermotolerant coliforms, biochemical oxygen demand (BOD_{5,20}), pH, total suspended solids [TSS] and turbidity. The techniques adopted in each of these analyses were: colilert, incubation at 20°C for five days as well as electrometry, gravimetry and nephelometry, respectively.

3.2.3. Analysis of potential effluent reuse and recycling

Results obtained from the effluent characterization were compared with the quality parameters for reusing and/or recycling, as established in the standards and regulations. The following documents were used: The Brazilian NBR technical standards 13969:1997 (ABNT - Brazilian Association of Technical Standards, 1997), European Standards: Spain, as established by Royal Decree 1620, (España, 2007) and Greece, Ministerial Decree (JMD 145116/2011), as well as the American guidelines (EPA, 2012) (Table 2). These particular regulations, guidelines and standards were chosen because they specify the acceptable concentrations for industrial reuse.

Table 2. Reuse and recycling quality requirements as established by standards and regulations for industrial reuse

Concentration limits	Application	Country
Faecal coliform < 200 NPM/100mL; pH between 6 and 8; Turbidity < 5 NTU *Free residual chlorine between 0.5 and 1.5 mg/L	Class 1 water: used for car washing, direct contact of users with water, aerosol aspiration	Brazil
Faecal coliform < 500 NPM/100mL; Turbidity < 5 NTU *Free residual chlorine > 0.5 mg/L	Class 2 water: used for washing floors and pavements, watering gardens, maintaining lakes and canals for landscape purposes, except fountains	
Faecal coliform < 500 NPM/100mL;	Class 3 water: used for flushing toilets	
Faecal coliform < 500 NPM/100mL; Turbidity < 10 NTU *Dissolved Oxygen > 2 mg/L;	Class 4 water: reuse in orchards, cereal, fodder, cattle pastures and other crops through surface drainage or specific irrigation systems.	
TSS: 35 mg/L; Turbidity: 15 NTU * <i>Escherichia coli</i> : 10 ⁴ ufc/100 mL; * <i>Legionella spp</i> : 100 ufc/L;	Cleaning process, but not for the food industry	Spain
TSS: 35 mg/L; * <i>Escherichia coli</i> : 10 ³ ufc/100mL; *Nematode Eggs: 1 eggs/10 mL; * <i>Legionella spp</i> : 100 ufc/L	Processing and washing water in the food industry	

Continuation of the Table 2

Concentration limits	Application	Country
TSS: 5 mg/L; Turbidity: 1 NTU * <i>Escherichia coli</i> : 0 ufc/100mL; *Nematode Eggs: 1 eggs/10 mL;	Cooling towers and evaporative condensers	Spain
BOD ≤ 30mg/L; Thermotolerant coliforms ≤ 200 / 100 mL pH between 6 and 9; TSS ≤ 30 mg/L; *Minimum residual chlorine 1mg/L	Cooling without recirculation	USA
BOD ≤ 30mg/L; Thermotolerant coliforms ≤ 200 / 100 mL pH between 6 and 9; TSS ≤ 30 mg/L; *Minimum residual chlorine 1mg/L	Cooling towers (variables depend on the rate of recirculation)	
* <i>Escherichia coli</i> ≤ 200 ufc/100mL (average)	Cooling water	Greece Greece
pH between 6 and 8.5 BOD: ≤10 mg/L (in 80% of samples); TSS: ≤10 mg/L (in 80% of samples); Turbidity ≤ 2 NTU * <i>Escherichia coli</i> : ≤ 5 ufc/100 ml (80% of samples), ≤ 50 (in 95% of samples);	Use of single reticulated cooling water, cooling water for boilers, process water.	

*Parameters not determined in this study

3.3. RESULTS AND DISCUSSION

In general, effluents resulting from fish processing have different characteristics due to the variety of processes involved and the type of fish used (Chowdhury *et al.*, 2010; Cristovão *et al.*, 2012). In addition, they may also vary due to the size, seasonality and the productivity of industrial units (Anh *et al.*, 2011). Table 3 sets out data obtained from the characterization performed on the effluent produced in the plant studied to assess the potential for water reuse and recycling.

The results of the concentration of thermotolerant coliforms, BOD, TSS and turbidity differed from those obtained in other studies which considered both the production of fresh fish (Muthukumaran e Baskaran.2013) and processed fish (Cristóvão *et al.*, 2015; Lim *et al.*, 2001; Artiga *et al.*, 2008).

Thermotolerant coliforms were examined and the results for the final industrial effluent were 1000 NMP/100 mL (Table 3). In this study, BOD concentration varied from 487.5 up to 1,350.7 mg/L (Table 3). However, concentrations change according to the type of fish processed and the process itself, as can be observed from the final effluent of squid and scallop processing, where concentrations were around 3000 mg/L (Muthukumaran e Baskaran, 2013) and for canned fish, 2860 mg/L (Valent *et al.*, 2010).

The concentration of suspended solids varied between 60 to 945 mg/L, with an average of 210 mg/L in the effluent studied (Table 3). Results for TSS obtained by

Muthukumaran e Baskaran (2013) when observing fresh, gutted fish production were 635 mg/L. In this case, processing involved squid and scallops. In the canned sector, concentrations may be higher, for example, effluents from a canned sardine plant showed concentrations varying until 4,980 mg/L of TSS (Achour *et al.*, 2000). For canned tuna effluents, concentrations of up to 6,100 mg/L (Achour *et al.*, 2000) were found.

In this study, results for turbidity were between 34.7 and 231 NTUs, with an average turbidity of 64.9 NTUs. These results were in line with a study conducted by Ribeiro *et al.*, (2009) showing results between 40 and 50 NTUs, and in the meat and chicken processing industry, 40 ± 33 NTU (Luiz *et al.*, 2011). Turbidity is directly associated to solids in suspension and tends to show high concentrations for the fish processing industry (Artiga *et al.*, 2008; Cristóvão *et al.*, 2015; Chowdhury *et al.*, 2010) due to the high levels of proteins and lipids (Palenzuela-Rollon, et al., 2002).

The pH was between 5.5 and 8.5 (Table 3). Variation was similar to those found in effluents characterized by other authors such as Jemli *et al.*, 2015, where the pH for canned tuna processing was 5.8, whereas in the Alaskan canned pollock industry it was found to be 8.6 (Lim *et al.*, 2001).

As observed during this analysis, effluents from fish processing can vary significantly and will depend on a number of factors, such as the type and size of the plant; type of product; processing models and technologies; the volume of water used to process a tonne of raw material (the greater the volume, the lower the effluent concentration, and therefore, the lower the values of coliforms, BOD, TSS, and turbidity); the level of implementation of sustainable technology concepts in order to reduce the use of natural resources and raw materials and/or pollution; as well as more efficient production.

In addition, fish processing may involve different stages which indicate the degree of product handling. The most common stages are: classification, removal of surface impurities, de-scaling, washing, head removal, gutting, fins removal, cutting into chunks or fillets, separating bones, drying, salting, freezing or cooling, packaging, labelling and distribution.

In the canned industries, there are other steps such as brining, canning, cooking, adding oil or sauce, closing the cans, washing the cans, autoclaving and cooling washes. Water is needed not only to wash fish, but also for washing the floor and equipment. These also make up the final industrial effluent.

Table 3.Characterization of effluents from fish processing units

Final Product	Thermotolerant coliforms (NMP/100 mL)	BOD ₅ (mg/L)	pH	TSS (mg/L)	Turbidity	References
Gutted fresh fish	1-1000	487.5-1350.7	5.5-8.5	60-945	34.7- 231	*
Fresh gutted squid and scallops	-	3000	7.5-8.3	635	-	Muthukumaran <i>et al.</i> (2013)
Seafood	-	332-389	-	-	-	Shosalam <i>et al.</i> (2008)
Frozen tilapia fillets	-	-	9.4	-	-	Lima <i>et al.</i> (2011)
Canned fish	-	-	-	-	40-50	Ribeiro (2009)
Canned tuna	-	6600	-	1570	-	Achour <i>et al.</i> (2000)
Canned tuna	-	-	6.5	1000-2100	-	Artiga <i>et al.</i> (2008)
Canned fish	-	2860	6.7	-	-	Valent <i>et al.</i> (2010)
Canned Alaskan Pollock	-	-	8.4-8.6	384-390	-	Lim <i>et al.</i> (2001)
Canned fish	-	463-4569	6.13-14	324-3150	-	Cristóvão <i>et al.</i> (2015)
Canned tuna	-	-	5.8 – 6.2	51-91	-	Jemli <i>et al.</i> (2015)

Caption: pH = power of Hydrogen, BOD = Biochemical Oxygen Demand, TSS = Total Suspended Solids, OeF = oil and fats, NT= total nitrogen.

* Data obtained in this study.

In general, effluent characterization is necessary in order to assess quality, regardless whether it complies with regulations for disposal in water bodies or for reuse and/or recycling. Where there is no compliance of minimum requirements set out in regulations, decrees and other norms, effluents should be treated so that regulations are observed.

Therefore, in order to assess the reuse potential of effluents generated through fish processing, the characteristics of effluents in the plant studied were compared to existing regulations. When they did not meet required standards, treatments were proposed in order to achieve the quality required for reuse and/or recycling (Table 4)

Once effluents were characterized, results obtained for coliform revealed that they pose microbiological risk due to concentrations above those prescribed in the Brazilian standards, ABNT - Brazilian Association of Technical Standards (2007) (< 200 NPM/100 mL) and American regulations (< 200 NPM/100 mL) (EPA, 2012). Some authors argue that in order for reuse to go ahead, it is important to ensure that these bacteria are absent, given the risks they pose to health (Mavrov e Bélières, 2000). A study by Mavrov and Bélières (2000) revealed that when a food processing plant in Germany conducted pre-treatment using filtration with membranes and UV disinfection followed by nanofiltration and reverse

osmosis, effluents achieved drinking water quality, both due to their high reliability and low microbiological risk. It therefore was granted permission for water reuse.

In terms of BOD, the concentration found was between 487.5 and 1350.7 mg/L, characteristic of fish processing industry effluents (Cristóvão *et al.*, 2015). Queiroz *et al.* (2013) proposed a treatment using microalgae and coagulation/flocculation, followed by sedimentation and microfiltration, achieving 100% of organic matter removal. This removal means that the effluent is able to meet the requirements of Decree 1620 (Spain, 2007), EPA (2012), and Greece (JMD, 2011) as well as Brazil's requirements (ABNT, 1997), opening up the possibility of being reused in industrial processes.

In this study, the plant's effluent TSS concentration was between 60 and 945 mg/L. As can be seen from Table 4, this is higher than the concentration recommended by EPA for industrial applications such as cooling water (EPA, 2012); it is also higher than concentrations prescribed by the Spanish Decree (ESPAÑA, 2007), for water usage in industrial cleaning and higher than the concentrations set out in Greek regulations (JMD, 2007) for use in industrial processes. Thus, it becomes clear that TSS must be removed from effluents. Cristóvão *et al.*, (2014) shows that when the final effluent is treated through sedimentation, followed by chemical coagulation and flocculation, approximately 86% of TSS are removed. When effluent is further treated with activated sludge, followed by osmosis removal rates may reach 98.4% (CRISTÓVÃO *et al.*, 2015).

By removing 98.4% of TSS, effluents can meet EPA (2012) requirements which establish that concentrations should be ≤ 30 mg/L, also complying with Spanish regulations (España, 2007) where a concentration of 35 mg/L is permitted for cleaning purposes within the food industry. Greek regulations (JMD, 2011) are stricter in terms of quality requirements for TSS concentrations (≤ 10 mg/L) for water reused in disposable reticulated cooling, water cooling for boilers and water for non-food handling industrial processes. The treatment proposed by Cristóvão *et al.* (2015) provides a solution to recover effluents and subsequently reuse it as process water.

The average turbidity in this study was 65 NTU; similar to those found by Luiz *et al.* (2011) in the chicken industry - between 40 and 50 NTU. After pre-filtration followed by oxidation by adding H₂O₂, turbidity concentrations decreased to less than 5 NTUs (Luiz *et al.*, 2011), meeting ABNT reuse standards (2007). Turbidity is directly associated to levels of solids suspended in water. Therefore, when suspended solids are removed, turbidity is reduced.

Furthermore, this characterization study revealed that pH was between 5.5 and 8.5, close to EPA (2012) requirements and Greek standards (JMD, 2011), which established values between 6 and 9, as well as Spanish regulations which prescribes values between 6.5 and 8.4 (España, 2007), and Brazilian norms with values between 6 and 8 (BRASIL, 1997). The higher pH values found in this study are similar to results found by Lim *et al.* (2001) - between 8.4 and 8.6, and Lima *et al.* (2011) - 9.4, so pH needs to be assessed for post-treatment to remove or reduce the values already presented. The characterization in this study indicates that there may be a need to adjust pH levels (Table 4).

Table 4. Potential industrial reuse of effluents produced by the fish processing plant and treatment proposed to meet regulations and standards

Parameter	Final Effluent	Standard	Treatment	Meeting Standards
BOD:	858	≤ 30 mg/L EPA (2012) ≤ 10 mg/L (80% of samples) JMD (2011)	Biological (activated sludge) ² (use of microalgae) ⁴ Physical-Chemical (coagulation/ flocculation) Physical (sedimentation) ⁴ (reverse osmosis) ² (microfiltration) ⁴	Meets the requirements of Decree 1620 (ESPAÑA, 2007), EPA (2012), JMD (2011) and Brazil (ABNT, 1997).
TSS	770	≤ 10 mg/L (80% of samples) JMD (2011) ≤ 35 mg/L España (2007) ≤ 5 mg/L EPA (2012) ≤ 30 mg/L EPA (2012)	Physical (sedimentation) ³ (reverse osmosis) ³ Physical-Chemical (coagulation and flocculation) ³ , Biological (activated sludge) ³	Meets the requirements in Decree 1620 (ESPAÑA, 2007) and EPA (2012)
Turbidity	64.9	Turbidity < 5 (ABNT, 2007) Turbidity < 1 NTU Spain, (2007) Turbidity ≤ 2 NTU JMD (2011)	Physical (Filtration) ⁵ Physical Chemical (photo-oxidation with the addition of H ₂ O ₂) ⁵	Meets ANBT (2007) requirements
pH	5.5-8.5	6 – 9 EPA (2012) 6.5 – 8.4 Spain, (2007) 6.5 – 8.5 JMD (2011) 6 – 8 ABNT (2007)	pH correction	80% of samples meet requirements of EPA (2012) and JMD (2011), while 70% meet requirements of Spain (2007) and 60% meet Brazilian requirements (1997).

Continuation of the Table 3

Parameter	Final Effluent	Standard	Treatment	Meeting Standards
Thermotolerant coliform (T.C.)	1000	T.C. < 200 NPM /100mL (ABNT, 1997) T.C. < 200 / 100 mL EPA (2012)	Physical (Reverse osmosis and disinfection through ultraviolet) ³	Meeting ABNT (2007) and EPA (2012) requirements

1 Mavrov e Bélières (2000)

2 Cristóvão *et al.*, (2014)

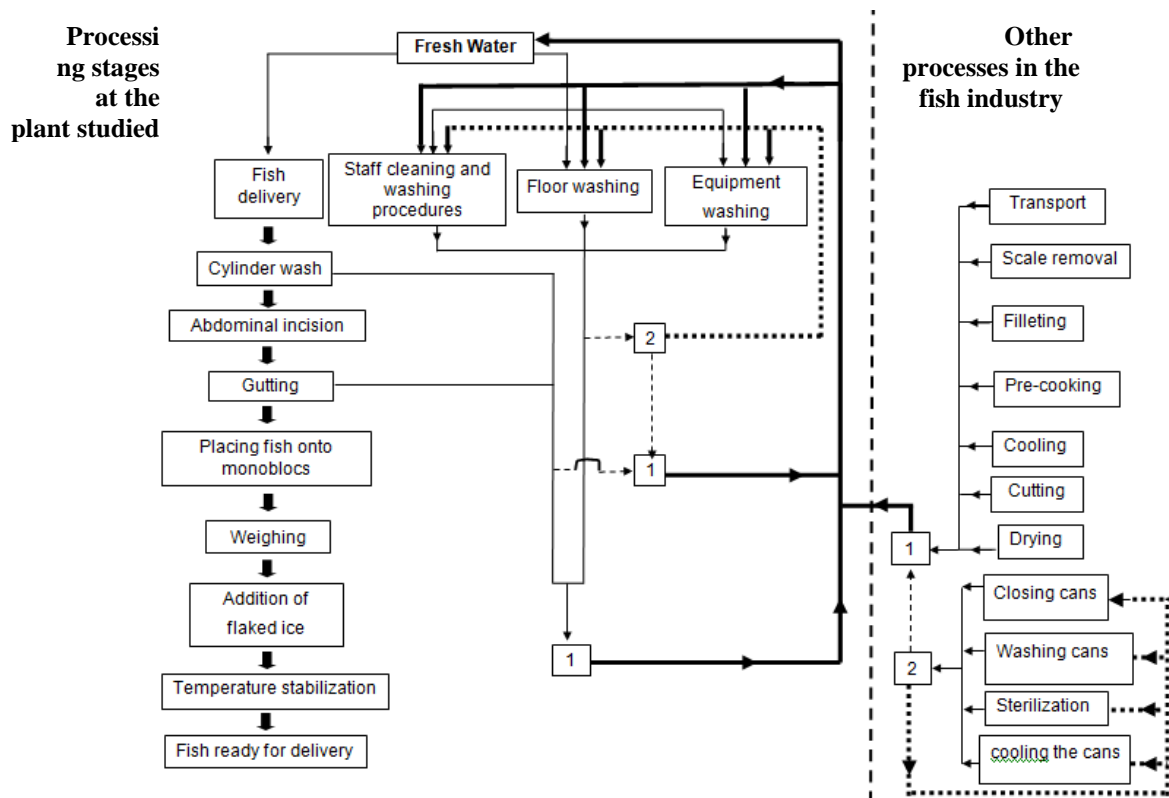
3 Cristóvão *et al.*, (2015)

4 Queiroz *et al.*, (2013)

5 Luiz *et al.*, (2011)

Effluents from the plant's cleaning processes, such as those from monoblock, equipment and floor washing, generating effluents at point B (Figura 1), generally have a greater concentration of solids and thermotolerant coliforms. Therefore, in order to recycle these effluents - in addition to pH correction - treatment is necessary in order to remove the compounds cited above. Data obtained points to possible scenarios for reusing water in the fish processing plant in this study and in other processes in the plants assessed by other authors (Figure 2).

In another canned fish plant studied by Uttamangkabovorn *et al.* (2005), when cans were closed, effluents presented a small polluting load with low concentration of DQO, ST, TSS, fats and oils when compared to effluents from fish storage/de-freezing, pre-cooking and refrigeration through *spraying*. Once nutrients and TSS were removed and fish was disinfected, effluents could be recycled and reused. Savings in the total amount of water used in the plant studied by Uttamangkabovorn *et al.* (2005) - subsequent to recycling and reuse and the adoption of water concentration practices - reached to 32%.



Caption:

1- Dissolved, suspended and sedimentary solids and organic matter must be removed, followed by disinfection for reuse in industrial processes.

2 - Suspended solids must be removed and disinfection carried out prior to recycling the effluent.

Figure 2. Potential recycling and reuse of effluents in the fish processing industry

Considering the characteristics of the effluents emanating from the washing cylinder and gutting process (Pont A-Figura 1), it is recommended that reuse occurs after treatment. Thus so, it is necessary to remove organic matter and solids, characteristic of effluents containing blood, fish remains and innards. Disinfection must be carried out to achieve drinking water standard, necessary for reuse as fresh water in the industrial processes, in toilets, for watering gardens, in the health barrier and for washing (internal and external) floors, as well as in the processing process itself.

These effluents have similar characteristics to effluents in other plants where filleting, pre-cooking, cooling, cutting and dehydration occur, considering that fish remains produce a high organic load and large amounts of solids. Therefore, if effluents are treated using the methods proposed in Table 4 and the quality required by the regulations is achieved, they may also be used for the same purposes.

When final effluents for a tinned fish plant is subjected to treatments such as sedimentation/flotation, coagulation/flocculation, activated sludge, filtration, reverse osmosis or disinfection by UV, it can reach drinking water standards as according to European

Directive 98/83/EC (DE, 1998), as was the case in a study by Cristóvão *et al.* (2015). These results were also found not only in the fish industry, but also in the bird processing industry, in studies by Luiz *et al.* (2011), where drinking water quality was attained in accordance with Brazilian standards, (Decree 518/2005, substituted by Decree 2914/2011), subsequent to the treatment of the secondary effluent with pre filtration followed by the addition of H₂O₂ and UV radiation (AOP H₂O₂/ UV).

Studies show that even more concentrated effluents, when treated, can meet drinking water standards. This water could then be used for the same purposes as fresh water if it were not for usage restrictions and the lack of acceptance of this practice in the food industry. The direct recycling of effluents emanating from the preparation, handling and conserving of food are more restrictive due to the rigid cleaning and hygiene requirements of the sector (Chowdhury *et al.*, 2010) and the fact that there is little acceptance on the part of the public due to the lack of knowledge about the benefits and the safety of recycled water (Alcalde-Sanz e Gawlik, 2014).

3.4. CONCLUSION

The plant studies may lead to the minimization of drinking water usage and the reduction of effluents produced through their reuse. Thus effluents must be appropriately treated so that characteristic pollutants such as high levels of thermotolerant coliforms, BOD, TSS and Turbidity are removed.

With regard to reuse and recycling, effluents produced by the staff sanitary activities, floor, monoblock and equipment washing may also be recycled. Effluents produced in the washing cylinder and during the gutting process can be reused, as long as they are appropriately treated, which can potentially allow effluents to attain drinking water or fresh water standards, enabling reuse.

The processes suggested for attaining drinking water standards for reuse involved treatments such as sedimentation, coagulation/flocculation, activated sludge, reverse osmosis and, for disinfecting purposes ultraviolet radiation (UV).

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the CNPq [Brazilian National Council for Scientific and Technological Development] for funding this project (process n.: 407728/ 2012-0), and for the research productivity grant (process n. 312697/2014-7). Capes - Brazilian Federal

Agency for the Support and Evaluation of Graduate Education for the Masters grant (process n. 312697 / 2014-7).

REFERENCES

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

ACHOUR, M.; KHELIFI, O.; BOUAZIZI, I.; HAMDI, M. (2000). Design of an integrated bioprocess for the treatment of tuna processing liquid effluents. *Process Biochemistry* vol. 35, p. 1013–1017.

ALCALDE SANZ, L; GAWLIK, B. M. (2015). Water Reuse in Europe - Relevant guidelines, needs for and barriers to innovation. (2014) Available at: <<https://ec.europa.eu/jrc>>. Accessed on: 10 October 2015.

ANH, T. P, DIEU, T. T. M.; MOL, A. P.J.; Kroeze, C.; Bush, S. R. (2011). Towards eco-agro industrial clusters in aquatic production: the case of shrimp processing industry in Vietnam. *Journal of Cleaner Production* vol.19, p. 2107-2118.

APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. (2005). Washington D.C:American Public Health Association; 20th ed.

ARTIGA, P.; GARCÍA-TORIELLO, G.; MÉNDEZ, R.; GARRIDO, J.M. (2008). Use of a hybrid membrane bioreactor for the treatment of saline wastewater from a fish canning factory. *Desalination* vol. 221, p. 518–525.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria n° 210 de 10 de novembro de 1998. Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiénico-sanitária de Carne de Aves. *Diário Oficial da União*, Brasília, 26 nov. 1998. <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao> (Accessed on: 20 October 2015).

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. (2010). Boletim estatístico de pesca e aqüicultura - Brasil 2008-2009. Brasília.

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

CRISTÓVÃO, R. ; BOTELHO, C. M.; MARTINS, R. J. E., LOUREIRO, J. M.; BOAVENTURA, R. A. R. (2014). Primary treatment optimization of a fish canning wastewater from a Portuguese plant. *Water Resources and Industry*, v. 6, 51–63.

CRISTÓVÃO, R. ; BOTELHO, C. M.; MARTINS, R. J. E., LOUREIRO, J. M.; BOAVENTURA, R. A. R. (2015). Fish canning industry wastewater treatment for water reuse e a case study. *Journal of Cleaner Production*, 87, 603 and 612.

CODEX ALIMENTARIUS (2001). Codex Alimentarius Commission: Codex Committee on Food Hygiene. Proposed Draft Guidelines for the Hygienic Reuse of Processing Water in Food Plants. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, 34th Session, Bangkok, Thailand.

DE: DIRECTIVA 98/83/CE DO CONSELHO de 3 de Novembro de 1998 relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:330:0032:0054:pt:PDF>. Accessed on 27 October 2015.

EPA. (2012). Guidelines for Water Reuse. Washington, D.C. Environmental Protection Agency.

ESPAÑA – Real Decreto 1620/2007 de 7 Diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. BOE num 294. Pp. 50639-50661. Madrid, 8 de Diciembre 2007.

JEMLI, M.; KARRAY, F.; FEKI, F.; LOUKIL, S; MHIRI, N; ALOUI, F; SAYADI, S. (2015). Biological treatment of fish processing wastewater: A case 2 study from Sfax City (Southeastern Tunisia). *Journal of Environmental Sciences*, vol. 30, p. 102–112.

Joint Ministerial Decree (JMD) 145116/2011: Definition of measures, conditions and procedure for wastewater reuse. Greek Government Gazette 354B, 8/3/2011.

LIM, J.; KIM, T.; HWANG, S. (2001). Growth kinetic parameter estimation of *Candida rugopelliculosa* using a fish manufacturing effluent. *Biotechnology Letters*, vol. 23, p. 2041–2045, 2001.

LUIZ, D. B.; SILVA, G. S.; VAZ, E. A. C.; JOSÉ, H. J.; MOREIRA, R. F. P. M. (2011). Evaluation of hybrid treatments to produce high quality reuse water. *Water Science e Technology*, v. 63.9, p. 2046 – 2051.

MAVROV, V. e BÉLIÈRES, E. (2000). Reduction of water consumption and wastewater quantities in the food industry by water recycling using membrane processes. *Desalination* vol. 131, p. 75–86.

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

OCDE. Organisation for Economic Co-operation and Development. *Environmental. Estatísticas tributárias na América Latina e no Caribe 1990-2013. Relatório* (quarta edição). 2013. Available at: <http://www.latameconomy.org/en/revenue-statistics>. Accessed on 25 October 2015.

QUEIROZ, M. I.; HORNES, M. O.; SILVA-MANETTI, A. G; JACOBEL-LOPES, E. (2013). Fish processing wastewater as a platform of the microalgal biorefineries. *Biosystems Engineering*, 115,195-202.

RIBEIRO, R. R.; MESQUITA, D. P.; COELHO, M. A. Z. (2009). Estudo Da Aclimação Da Flora Microbiana A Concentrações Crescentes De Efluente “In Natura” Da Indústria De Pescado Em Reator Batelada Sequencial. *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal* , v. 6, n. 3, p. 625-640, set /dez.

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

VALENT, A. M., ALEXANDRE, V. M., CAMMAROTA, M. C.; FREIRE, D. M. G. (2010). Pré-hidrólise enzimática da gordura de efluente da indústria de pescado objetivando o aumento da produção de metano. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 30(2): 483-488, abr.-jun.

CAPÍTULO II

4. MINIMIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA E DA GERAÇÃO DE EFLUENTES EM ENTREPÓS DE PESCADO

Luana Morena Rodrigues Vitor Dias Ferracioli¹, Lílana Pena Naval², Viviane Rodrigues Verdolin dos Santos³, Danielle de Bem Luiz⁴

Universidade Federal do Tocantins, Engenharia Ambiental – Laboratório de Saneamento Ambiental Avenida NS 15, 109 Norte - Plano Diretor Norte- Bloco 2 sala 7, Palmas - TO, 77001-090 Brasil ^{1,2}, Embrapa^{3,4}

E-mail: luanamorena1990@gmail.com; liliana@uft.edu.br; viviane.santos@embrapa.br; danielle.luiz@embrapa.br

RESUMO

As indústrias brasileiras de processamento de pescado têm crescido devido aos investimentos públicos e mudanças de hábitos da população. No entanto, essas indústrias consomem grande volume de água e geram, na mesma proporção, efluentes, com elevada carga orgânica. Dado que o mercado para o comércio possui regulamentos cada vez mais rigorosos e a importância da sustentabilidade ambiental para as indústrias do setor se faz mais presente, é necessário propor estratégias para o auxílio da conservação da água. Portanto, objetivou-se neste estudo propor a minimização do uso de água no processo produtivo e a redução dos efluentes líquidos gerados nas etapas de processamento industrial de pescado. Para o estudo, foram identificados os pontos onde há maior consumo de água, realizada a caracterização do efluente e a avaliação do potencial de reuso em um entreposto de pescado piloto. Os resultados demonstraram que a redução teórica do consumo de água, após aplicar os princípios de minimização, foi de 10,3%; quando se aplica o reciclo ou o reuso do efluente, a redução foi de 15,92%. A sustentabilidade do processo intensifica quando há a realização da separação de correntes, combinado às práticas de redução do consumo de água e reciclo/reuso dos efluentes depois de submissão ao adequado tratamento.

Palavras-chave: minimização de água, reuso, entreposto de pescado, conservação, sustentabilidade

ABSTRACT

The Brazilian fish processing industries have expanded due to public investment and the population changes in habits. However, these type of industries demand large volumes of water that generate, at the same proportion, a elevated organic content in the effluent. Since

the trading market has increasingly strict regulations and the importance of environmental sustainability for the fish processing industries has become even more evident, it is necessary to propose strategies to bolster water conservation. Therefore, the aim of this study was to recommend the minimization of water use in the production process and the reduction of waste water generating processes. As a methodology procedure, it were identified the points where there were a large water consumption calculating the required volume, effluent physical and chemical characterization and evaluation of its alternatives of reuse. The results showed that the theoretical reduction of water consumption, after applying the principles minimization, was 10.3%. Moreover, after implementing the reuse or recycle of the effluent, the reduction was 15.92%. In addition to that, the industry can decrease its wastewater volume and solid waste through stream waste segregation; combining water consumption reduction practices and employing the recycling and reuse of waste water after the appropriate treatment.

Keywords: minimization of water, reuse of water, fish processing industry, water conservation.

4.1. INTRODUÇÃO

A produção pesqueira e aquícola mundial têm aumentado constantemente nas últimas cinco décadas, atingindo níveis recordes em 2013, com um total de 160 milhões de toneladas (FAO, 2014). Esse produto é uma das *commodities* alimentícias mais exportadas mundialmente, com desempenho econômico superior às demais, alcançando US\$ 136 bilhões em 2013, representando o maior crescimento das duas últimas décadas nos países em desenvolvimento (FAO, 2014). Em 2013, a produção brasileira de pescado foi de 1.241.807 toneladas, um incremento de 13,65% sobre o volume de produção registrado em 2007 (BRASIL, 2015). A meta do governo brasileiro por meio do Plano de Desenvolvimento da Aquicultura Brasileira 2015-2020 é incentivar a produção nacional para que, em 2020, o Brasil alcance a 5ª colocação na produção mundial de pescado, com a produção de 2 milhões de toneladas por ano.

O crescimento da demanda de pescado faz aumentar também o número de indústrias processadoras, que se caracterizam pelo alto consumo de água, chegando a variar de 8,4 a 33,4 m³ de água/tonelada (MURPHY, 2006; UTTAMANGKABOVORN *et al.*, 2005; BARROS *et al.*, 2009). No Brasil, ainda não está padronizado o volume necessário por quilo de pescado para o processamento seguro, Contudo, há regulamentos nacionais que determinam o volume mínimo de água que a indústria deve dispor para o processamento de

kg/unidade de suínos e aves: Portaria n° 711 de 1995, publicada pelo então Ministério da Agricultura, do abastecimento e da Reforma Agrária (BRASIL, 1995), e para a industrialização de aves como regulamenta a Portaria n° 210 de 1998 pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 1998), respectivamente.

A preocupação em relação a esse processo produtivo não se dá apenas pelo excessivo uso de água, mas também pela conseqüente geração de efluentes. Esses efluentes apresentam alto potencial poluidor, por serem constituídos de escamas, gordura, sangue, fluido visceral e descartes de peixe (COSMANN *et al.* 2009). Esse efluente gerado, em geral, apresenta variação em sua característica, que podem estar relacionadas às diferentes espécies processadas, ao tamanho e peso do pescado, às distintas escalas de operação industrial, a forma de processamento (tecnologia utilizada) e ao grau de comprometimento da indústria com os conceitos de *cleaner production* (Chowdhury *et al.*, 2010).

O estudo de Dempster *et al.* (1997) compara o compromisso das grandes, médias e pequenas indústrias, em relação a adoção de práticas de minimização do uso de água, e aponta como resultado que as indústrias de maior porte possuem maior grau de comprometimento. A exemplo, o estudo de Bezama *et al.* (2012) relata que as seis maiores indústrias de processamento de pescado congelado do Chile assinaram um acordo de produção *cleaner production*, apoiadas por várias instituições públicas da área da saúde, trabalho e meio ambiente, alcançando a redução de resíduos sólidos na fonte em 40% e a minimização do uso de água em 28%.

Há necessidade de desenvolver programas para ajudar pequenas e médias empresas a implantarem medidas que priorizem a conservação da água nas indústrias, por possuírem pouca experiência com as práticas sustentáveis, apesar da consciência geral de que esses princípios acarretam em vantagens econômicas, sociais e ambientais (Andrews *et al.*, 2002). Portanto, tendo em perspectiva a importância social e econômica que as indústrias processadoras apresentam, em especial as pequenas e médias, além do potencial poluidor, o objetivo deste estudo foi avaliar o uso da água no processamento de pescado fresco eviscerado e apresentar alternativas para a minimização do consumo de água e reduza a geração de efluentes.

4.2. METODOLOGIA

Para este estudo foi utilizada como piloto uma indústria localizada na região norte do Brasil, que processa pescado fresco eviscerado. A indústria em estudo é considerada de médio porte, possui cerca de 15 funcionários e beneficia, aproximadamente, 3,4 toneladas de

pescado por dia, sendo as três principais espécies processadas: tambaqui (*Colossoma macropomum*), matrinxã (*Brycon sp*) e pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*).

O pescado fresco é trazido por caminhões isotérmicos em monoblocos plásticos com gelo a uma proporção de 20 a 30%, e recepcionado e a qualidade é avaliada, por meio do Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade para Pescado Fresco do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Portaria nº 185, BRASIL, 1997), utilizando amostras aleatórias do início, meio e fim do caminhão.

A indústria em estudo é caracterizada por duas áreas: administrativa e processamento (Figura 3). A área administrativa engloba refeitório, vestiários, sanitários e escritórios; e a área de processamento compreende a recepção do pescado, a lavagem, a evisceração, pesagem, estabilização de temperatura e expedição do pescado (Figura 3).

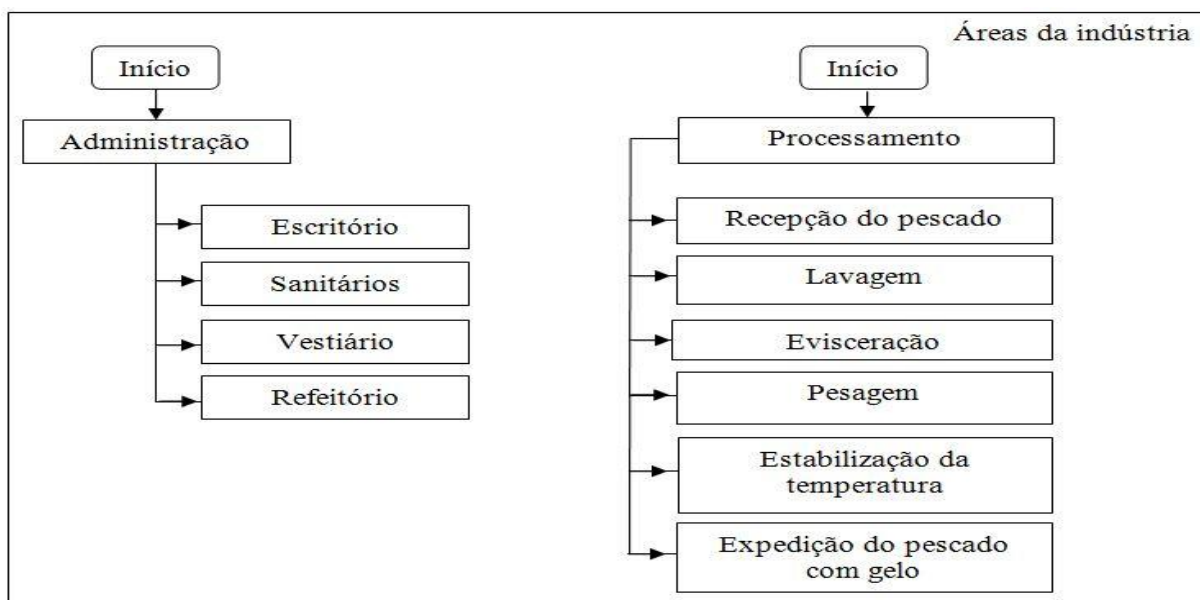


Figura 3. Fluxograma da caracterização da unidade industrial em estudo

4.2.1. Determinação do volume de água

Medições do volume de entrada de água utilizada foram realizadas com hidrômetros ultrassônicos da marca Hidrometer, com vazão máxima de $3,125 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, durante 14 dias. O volume global na indústria e o volume de água utilizada em cada um dos processos foram medidos. O volume de água utilizada nas áreas que dão suporte à administração foi determinado nos seguintes pontos: vestiário + administração; a lavagem de chão externo da indústria; o alojamento + lavagem de caminhões.

O volume de água distribuída no processamento foi medido nos seguintes pontos: lavagem de botas; barreira sanitária (pedilúvio); cilindro de lavagem; mesa de evisceração; lavagem interna (chão + equipamentos); fábrica de gelo, e lavagem de monoblocos.

A diferença entre o total de água utilizada no processamento e pontos no processo industrial foi denominado outros processos, que compreende majoritariamente por usos em limpezas não contabilizados (torneiras sem ter sido contabilizadas por hidrômetros) e desperdícios (como: torneiras abertas ou com problema de vazamento, equipamentos com vazamentos, entre outros).

Durante a determinação do volume de água consumido, discriminou-se o consumo de água utilizada no processamento do tabaqui, do matrinxã e do pintado a fim de saber o volume utilizado para a transformação de cada espécie.

4.2.2. Caracterização de efluentes

Os efluentes gerados no entreposto de pescado estudado foram caracterizados físico-química e microbiologicamente, em cada etapa do processamento (Figura 4). Foram coletadas amostras de dos seguintes pontos: (I) efluente da saída do cilindro de lavagem; (II) efluente da saída da mesa de evisceração; (III) efluente da mesa de evisceração + efluente da lavagem do piso interno e dos equipamentos; (IV) efluente da barreira sanitária; (V) efluente da lavagem dos monoblocos e (VI) efluente final do processamento.

Os parâmetros avaliados estão apresentados (Tabela 5), assim como a unidade de medida e os procedimentos de ensaio descrito pelo *Standard methods for the examination of water and wastewater* (APHA, 2005).

Tabela 5. Parâmetros analisados e respectivas metodologias de análise.

Parâmetro	Técnica	Metodologia
Ph	Ref.n.4500-H Electrometric Method	APHA (2005)
Temperatura (°C)	2550 B. Laboratory and Field Methods	APHA (2005)
Turbidez (NTU)	Ref. 2130 b. nephelometric method	APHA (2005)
Condutividade (µS/L)	2510 B. Laboratory Method	APHA (2005)
O. D. (mg/L)	Ref. n. 5210 B. 5-Day BOD Test	APHA (2005)
S. T. (mg/L)	Ref. n. 2540-G Total, fixed, and volatile solids in solid and semisolid samples	APHA (2005)
S. T. F. (mg/L)	Ref. n. 2540-G Total, fixed, and volatile solids in solid and semisolid samples	APHA (2005)
S. T. V. (mg/L)	Ref. n. 2540-G Total, fixed, and volatile solids in solid and semisolid samples	APHA (2005)
S. D. T. (mg/L)	Ref. n. 2540 Total Solids Dried at 103-105oC	APHA (2005)
S. S. T. (mg/L)	Ref. n. 2540-D Total suspended solids dried at 103-105oC	APHA (2005)
S. S. (ml/L)	Ref. n. 2540-F Settleable solids	APHA (2005)
Dureza (mg/L)	Ref. n. 2340 EDTA Titrimetric Method	APHA (2005)
Alcalinidade (mg/L)	2320 B. Titration Method	APHA (2005)

Continuação da Tabela 5

Parâmetro	Técnica	Metodologia
Cor Aparente	Ref. n. 2120-B Visual Comparison Method	APHA (2005)
Cor Verdadeira	Ref. n. 2120-B Visual Comparison Method	APHA (2005)
Nitrato	Ref. n. 4500-NO3 Cadmium Reduction Method	APHA (2005)
Nitrito (mg/L)	Ref. n. 4500-NO2 Colorimetric Method	APHA (2005)
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Ref. n. 4500-NH3 Phenate Method	APHA (2005)
Nitrogênio Total (mg/L)	Ref. n. 4500 D. Block Digestion and Flow Injection Analysis	APHA (2005)
Sulfato (mg/L)	Ref. n. 4500-SO4 Turbidimetric Method	APHA (2005)
Cloreto (mg/L)	Ref. n. 4500-G Potentiometric Method	APHA (2005)
Fluoreto (mg/L)	Ref. n. 4500-F Ion Selective Eelectrode Method	APHA (2005)
Fosfato (mg/L)	Ref. n. 4500-G Flow injection Analysis for Orthophosphate	APHA (2005)
Ferro (mg/L)	3500 B. Phenanthroline Method	APHA (2005)
Alumínio (mg/L)	Ref. n.3500 B. Eriochrome Cyanine R Method	APHA (2005)
Zinco (mg/L)	Ref. n.3111 Metals By Flame Atomic Absorption Spectrometry Met.	APHA (2005)
Cromo (mg/L)	Ref. n.3500 B. colorimetric Method	APHA (2005)
DQO (mg/L)	Ref. n. 5220 Closed reflux titrimetic method	APHA (2005)
DBO ₅ (mg/L)	Ref. n. 5210 B. 5-Day BOD Test	APHA (2005)
Óleos e Graxas (mg/L)	Ref. n. 5520-B Partition gravimetric method	APHA (2005)
Coliformes Totais (NPM/100 mL)	Ref. n. 9221-A Multiple-tube fermentation	APHA (2005)
Coliformes Termotolerantes (NPM/100 mL)	Ref. n. 9221-A Multiple-tube Fermentation	APHA (2005)

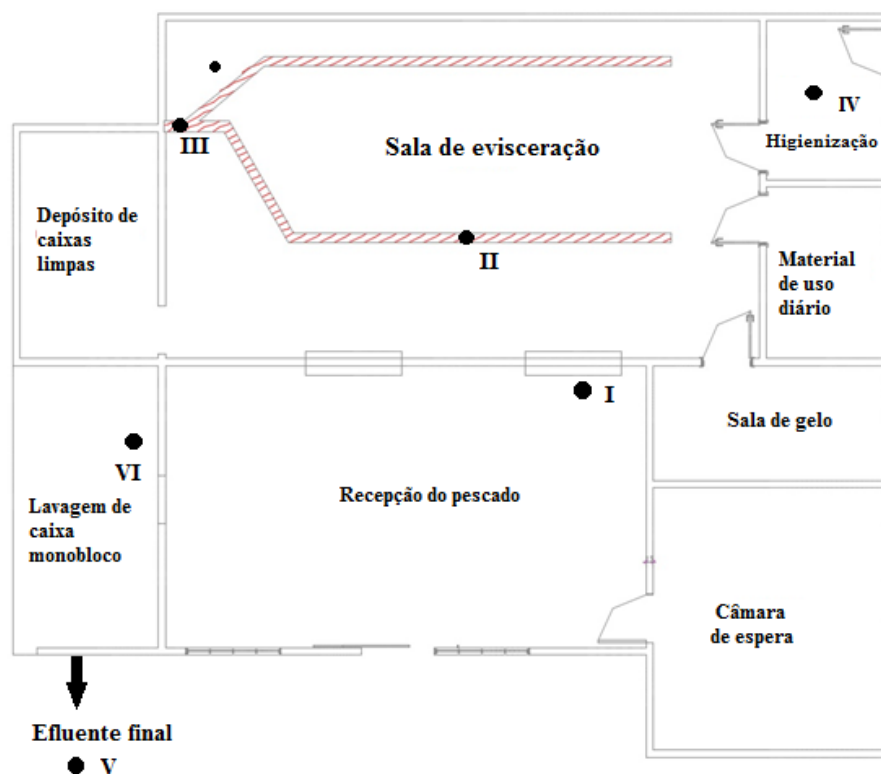


Figura 4. Pontos de geração de efluentes na planta piloto industrial de processamento de pescado que foram caracterizados nesse estudo

O tratamento estatístico, para análise dos dados, foi feito usando o programa computacional Genes, versão 2007 (CRUZ, 2007). A análise multivariada do conjunto de dados de caracterização do efluente foi realizada por meio de análise de variáveis canônicas. Para a determinação de grupos de efluentes provenientes do processamento do pescado, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com seis tratamentos, onze repetições e 30 parâmetros avaliados. Os tratamentos foram constituídos pelos seis pontos de geração de efluente no processamento do pescado.

Os dados de caracterização das amostras dos pontos I, II, III, IV, V e VI, foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, e determinadas as variáveis canônicas.

4.2.3. Avaliação do Potencial de reciclo e/ou reuso de efluentes

Foi avaliada a possibilidade de reciclo e/ou reuso do efluente industrial a partir da caracterização desses, e comparando-os com o preconizado pelos regulamentos. Os regulamentos empregados foram: NBR 13969:1997 (ABNT, 1997); Real Decreto 1620, (Espanha, 2007); Decreto Ministerial (JMD 145116/2011); (NSW/FA, 2008) e as orientações da agência Americana de Proteção Ambiental (EPA, 2012) (Tabela 6).

Tabela 6. Valores de referência para a concentração de poluentes em efluentes para o reuso industrial.

Parâmetro	EPA	Espanha	Grécia (JMD)	Austrália	Brasil
Ph	6 – 9	6 – 8,5	-	6,5-8,5	6-8
SST (mg.L ⁻¹)	30	5 – 35	2 – 35	-	
SDTotais (mg.L ⁻¹)	-	-	2.000	-	< 200
DBO ₅ (mg.L ⁻¹)	30	-	10 – 25	< 10	-
N _{total} (mg.L ⁻¹)	-	-	30	-	-
Coliformes Totais (NMP /100mL)	200	-	2	-	-
Turbidez (NTU)	2 – 2,5	1 – 15	2 – sem limite	< 5	<10

4.3. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.3.1. Determinação do volume de água utilizada

No entreposto em estudo, a água destinada à área de processamento é empregada para limpeza do pescado antes, durante e depois da evisceração, e na higienização dos funcionários, equipamentos e instalações. Considerando o volume de água usada para limpeza das instalações industriais, como lavagem dos monoblocos, do chão internos e dos equipamentos soma 0,54 m³.t⁻¹. Para higienização dos funcionários, incluindo o uso na barreira sanitária (pedilúvio) e lavagem das botas, emprega-se 0,056 m³.t⁻¹. A soma do

volume de água utilizada na fábrica de gelo, cilindro de lavagem e na evisceração para o processamento do pescado foi de $7,73 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$. Além do volume em outros processos não contabilizados e desperdício, igual a $2,156 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$ (Tabela 7).

O consumo médio global de água, durante o período de monitoramento foi de $14,55 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$ de matéria prima. Ao avaliar o consumo global, nota-se que 27,98% da água utilizada na indústria se refere à área, e 72% do consumo de água para o processamento do pescado propriamente.

Estudos indicam que grandes volumes de água ocorrem nas atividades de limpeza da indústria (CHOWDHURY *et al.*, 2010; UTTAMANGKABOVORN, *et al.*, 2005). Neste estudo, cerca de 20% do volume total foi destinado às atividades de limpeza: lavagem do chão externo, lavagem dos monoblocos, barreira sanitária, lavagem de botas, lavagem interna (chão) e outros processos (já que quase na sua maioria era destinado à limpeza do ambiente por torneiras não contabilizadas por hidrômetros).

O volume de água utilizado no processamento do pescado neste estudo foi de $10,47 \text{ m}^3/\text{t}$, assemelhando-se a outras indústrias processadoras de pescado (CARAWAN (1991); PROENÇA ET AL. (2000); UTTAMANGKABOVORN ET AL. (2005). No entanto, o uso da água pode ser otimizado para conservação do referido recurso.

Tabela 7. Distribuição do consumo de água na planta de processamento de pescado

Uso	Uso de água (m^3/t de MP) ¹	%
Administrativo		
Alojamento e Lavagem de caminhão	2,245	15,43
Administração e Vestiário	1,798	12,36
Lavagem do chão externo	0,027	0,18
<i>Total 1</i>	<i>4,070</i>	<i>27,98</i>
Processamento do pescado		
Lavagem dos monoblocos	0,258	1,77
Gelo	1,032	7,09
Barreira sanitária	0,038	0,26
Lavagem de botas	0,018	0,12
Lavagem interna (chão)	0,280	1,93
Cilindro de lavagem	1,074	7,38
Evisceração	5,621	38,64
Outros processos	2,156	14,82
<i>Total 2</i>	<i>10,476</i>	<i>72,02</i>
Total Geral	14,546	100

Legenda: MP = Matéria-prima; ¹ = cálculo do uso de água por tonelada de matéria-prima independente da espécie processada.

Segundo Bar *et al.* (2015), o crescimento e evolução do mercado precisa constantemente de melhorias e serviços que atendam às novas necessidades decorrentes do amadurecimento desse segmento. Apesar da importância das inovações tecnológicas e a relevância que as indústrias de grande porte possuem, as indústrias de médio/pequeno porte,

como o entreposto em estudo, são mais numerosas e a maioria não compreende a importância dos requisitos ambientais por não perceberem a contribuição relativa na utilização de água para obtenção do produto final.

Quanto à minimização do consumo de água, alternativas podem ser empregadas como a aplicação de estratégias de uso eficiente e práticas sustentáveis, podendo-se chegar a reduções que variam de 5% a 98%, a depender do tipo de pescado e do processo/fase (Agana *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2008; Uttamangkabovorn *et al.*, 2005).

Normalmente, nos processos em que os manipuladores utilizam a torneira, é comum o alto consumo de água, principalmente pela alta probabilidade de apresentarem avarias ou de se realizar o procedimento de forma inadequada (Luiz *et al.*, 2007). Estudos sugerem a manutenção corretiva e preventiva dos equipamentos pelos princípios da APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle) e o treinamento de quem opera as torneiras, para que haja conscientização dos trabalhadores sobre a importância de usar a água de forma racional (Amorim *et al.* 2007). Essas ações são importantes para evitar o desperdício de água potável e serão mais eficazes, caso haja acompanhamento sistemático.

Uma medida que pode reduzir o consumo de água é a instalação de arejadores nas torneiras que, a depender da pressão, podem alcançar uma economia de até 20% (Luiz *et al.*, 2007). No entreposto em estudo, existe a possibilidade de colocar arejadores nas torneiras do escritório e dos vestiários, na barreira sanitária, na lavagem das botas, e na mesa de evisceração. Ao implantar esta ação poderá ser alcançada a minimização do consumo de água em até 1,5 m³/t de pescado processado (Tabela 8).

Tabela 8. Potencial de redução de consumo de água nas torneiras para o atual processamento de pescado

Uso	Vazão atual (m ³ /t)	Possibilidade de redução da vazão (m ³ /t)
Escritório e Vestiário	1,798	0,365
Barreira sanitária	0,038	0,0076
Lavagem de botas	0,018	0,0036
Evisceração	5,621	1,124
Total	7,475	1,5002

Outra medida para minimizar o consumo de água é acoplar dispositivos de pressurização nas mangueiras para a limpeza do chão (interno e externo da indústria). Esses dispositivos de pressurização ainda podem ser utilizados na lavagem dos caminhões, do chão, dos monoblocos e nos cilindros de lavagem.

Para o processamento do pescado, o uso médio de água por espécie de pescado também foi medido neste estudo (Tabela 9). Quando comparado o tipo de pescado, observa-se que para o beneficiamento de peixes que possuem escamas, se emprega menor volume de

água, como o tambaqui (*Colossoma macropomum*) ($8,24 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$) e o matrinxã (*Brycon sp*) ($10,74 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$), já para o processamento de pescado de couro, como o pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*), o consumo de água é maior $12,23 \text{ (m}^3 \cdot \text{t}^{-1}\text{)}$.

Nesta indústria, apesar da quantidade processada da espécie tambaqui ser aproximadamente cinco vezes maior que a quantidade da espécie pintado e seis vezes maior do que a quantidade de matrinxã, o consumo de água foi o menor ($8,24 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$). Estabelecendo que a razão de água utilizada/kg de produto decresce rapidamente com o aumento da produção (Murphy, 2006).

Tabela 9. Uso de água em cada etapa do processamento por espécie de pescado processado

Ponto	Tambaqui ($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)	Matrinxã ($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)	Pintado ($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)
Lavagem dos monoblocos	0,17	0,03	0,53
Fábrica de gelo	0,86	1,25	1,07
Barreira sanitária (pedilúvio)	0,034	0,04	0,03
Lavagem das botas	0,017	0,02	0,08
Lavagem interna (chão e equipamentos)	0,5	0,55	0,05
Cilindro de lavagem	0,77	1,22	0,86
Mesa de Evisceração	5,69	5,35	3,85
Outros processos	0,81	1,99	0,71
Consumo total	8,24	10,74	12,23

4.3.2. Redução da geração de efluentes

Considerando que a redução do volume de efluente ocorrerá à medida que se reduz o consumo de água, deve-se ainda, utilizar outros mecanismos para obter maior eficiência na minimização da geração global do efluente da indústria, adotando-se o reciclo e/ou reuso. Porém, para adotar esta prática é necessário conhecer as características físicas, químicas e microbiológicas desse, e ao se caracterizar o efluente, informações quanto a qualidade requerida serão compreendidas e utilizadas para proposição do reciclo e/ou reuso.

Destaca-se que o efluente proveniente da indústria processadora de pescado foi analisado, mas não foi possível caracterizá-lo por espécie de pescado, porque há a mistura dos efluentes oriundos das etapas de processamento pois no mesmo período pode haver espécies sendo processadas ao mesmo tempo, utilizando os mesmos equipamentos.

Neste estudo foram avaliados 31 parâmetros, nas diferentes etapas do processamento, com destaque para os carbonáceos, os nitrogenados e os microbiológicos (Tabela 10). Dentre os carbonáceos, os de maior importância para este estudo foram os sólidos em suspensão (SST), a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a demanda bioquímica de oxigênio (DQO).

Os sólidos em suspensão em indústrias de processamento de pescado são constituídos principalmente por proteínas e lipídios, que são passíveis de serem recuperados, promovendo

a redução desses no descarte (SOUZA *et al.*, 2008). A concentração de SST no efluente da indústria em estudo variou entre 60 e 940 mg/L. As menores concentrações estiveram relacionadas a efluentes provenientes da limpeza da indústria, enquanto que as maiores, ao efluente do processamento propriamente.

Concentrações elevadas desse parâmetro são comuns, em outras indústrias com produto final fresco, a concentração média encontrada foi de 635 mg/L (MUTHUKUMARAN *et al.*, 2013). Se a indústria produz conservas, a concentração de SST pode aumentar, alcançando valores entre 120 e aproximadamente, 1600 mg/L Carawan (1990); Achour *et al.* (2000).

Quanto a DBO foram encontradas, neste estudo, concentrações entre 43,8 e 890 mg/L, e para a DQO de 110 a 1722,6 mg/L, nos efluentes oriundos dos pontos I, II, III e V, constituídos de sangue, partes danificadas dos pescados, vísceras e pedaços descartados. As concentrações encontradas são características desse tipo de efluente. Concentrações similares de DBO (500 a 1500 mg/L) e DQO (1300 a 3250 mg/L) foram encontradas em efluentes de outras indústrias processadoras de pescado (PRASERTAN *et al.*, 1994; CARAWAN *et al.*, 1979).

A determinação desses parâmetros é importante, por informarem a biodegradabilidade da matéria presente no efluente, que pode ser observada pela razão entre a DBO e a DQO e, quando essa relação é inferior a 0,3, o efluente terá baixa biodegradabilidade (BADAWY e ALI (2006)

No efluente estudado, a biodegradabilidade variou entre 0,39 e 0,53, com destaque para a maior razão, encontrada no ponto II (mesa de evisceração). Conhecendo o potencial de biodegradabilidade, a escolha do tratamento mais adequado para remoção desse composto é facilitada.

Quanto aos compostos nitrogenados, neste estudo a concentração de nitrogênio total encontrada variou de 10,8 a 102 mg/L. Essa ampla variação é justificada pela diferença no volume de pescado processado (MUTUKUMARAN; BASKARAN, 2013). No entanto, a concentração encontrada é similar a obtida em outros estudos, (Del VALLE e AGUILERA, 1990; PRASERTAN *et al.* 1994).

Neste estudo, também foram realizadas análises dos parâmetros coliformes totais e termotolerantes, por serem indicadores de patogenicidade. A concentração obtida de coliformes totais, nas amostras analisadas, variou de 49,2 (ponto VI) a 1000 NMP/100 mL (ponto V), e para os coliformes termotolerantes foi de 5 (ponto IV) a 900,7 NMP/100 L

(ponto V). Outros parâmetros foram analisados e apresentados na Tabela 10 com o objetivo de auxiliar na decisão quanto ao reuso e/ou reciclo de efluentes gerados.

Tabela 10. Características dos efluentes do processamento de pescado eviscerado fresco

Parâmetro	Ponto					
	I	II	III	IV	V	VI
pH	7,2-8,7	5,59-8,9	6,1-8,8	6,87-9,2	5,5-8,5	7-9,2
Temperatura (°C)	21	20,6	20	20,7	20,2	20,4
Turbidez (NTU)	34,2	87,4	40,6	17,1	64,9	9,8
Condutividade (µS/L)	57	32,5	31,5	34,7	64,5	29,2
O. D. (mg/L)	5,5	5	5,1	4,8	4,9	4,93
S. T. (mg/L)	1366	2986	1290	346	1778	413
S. T. F. (mg/L)	450	300	240	164	317	226
S. T. V. (mg/L)	916	2361	1020	210	799	166
S. D. T. (mg/L)	1136	1606	1090	312	990	344
S. S. T. (mg/L)	230	940	170	60	210	76
S. S. (ml/L)	2,5	3,2	2,5	0,5	3	0,5
Dureza (mg/L)	3,6	1,3	3	4,22	3,1	4,68
Alcalinidade (mg/L)	15,3	13,1	10,1	15,3	14,1	14,1
Cor Aparente	194	300	280	23	276	31
Cor Verdadeira	374	500	487	78	500	95
Nitrato (mg/L)	25	53	62,5	2	55	2
Nitrito (mg/L)	0,23	0,42	0,17	0,06	0,32	0,01
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	1,56	4,56	1,45	0,124	3,8	0,218
Nitrogênio Total (mg/L)	102	58,3	71,5	10,8	67,5	15,2
Sulfato (mg/L)	1,3	2,6	2,6	1,83	2,3	3
Cloreto (mg/L)	74,5	46,8	22,7	13,9	40,2	27,6
Fluoreto (mg/L)	0,1	0,17	0,34	0,5	0,75	0,9
Fosfato (mg/L)	1,398	0,354	16,4	0,23	4,6	0,058
Ferro (mg/L)	0,251	0,369	0,117	0,038	0,393	0,038
Alumínio (mg/L)	0,038	0,048	0,01	0,015	0,0351	0,005
Zinco (mg/L)	0,066	0,24	0,138	0,133	0,03	0,138
Cromo (mg/L)	0,12	0,251	0,196	0,055	0,15	0,0069
DQO (mg/L)	1347,3	1679,1	890	110	1722,6	138,3
DBO ₅ (mg/L)	700	890	370	43,8	856,7	63
Óleos e Graxas (mg/L)	0,17	1,1	0,58	0,135	0,69	0,02
Coliformes Totais (NPM/100 mL)	123	680	245	90	1000	49,2
Col. Termotolerantes (NPM/100 mL)	60	640	177	5	900,7	42,8

Legenda: O.D.:oxigênio dissolvido; S.T.: sólidos totais; S.T.F.: sólidos totais fixos; S.T.V.:sólidos totais voláteis; S.D.T.: sólidos dissolvidos totais; SST: sólidos suspensos totais; S.S.: sólidos sedimentáveis; D.Q.O.:demanda química de oxigênio e D.B.O.: demanda bioquímica de oxigênio

Os dados de caracterização dos efluentes foram submetidos a tratamentos estatísticos, com a finalidade de se obter uma resposta mais adequada a possibilidade de reuso e/ou reciclo, considerando aqui, a possibilidade de segregação das correntes dos efluentes gerados na indústria. A segregação ou separação das correntes, seja por processo, na produção industrial ou agrupados pela similaridade das características físico-químicas, não apenas amplia a possibilidade de reuso de efluentes, como facilita o tratamento, pode oferecer menor custo de descarte, além de economia de energia (MIYAKI *et al.* 2000).

A análise de variância para os 30 parâmetros avaliados, com exceção dos coliformes totais e termotolerantes, encontra-se na Tabela 11. Os resultados demonstraram a existência

de diferenças significativas entre os efluentes provenientes das etapas do processamento avaliados, salvo para o pH, a temperatura, o cloreto, a DQO, a DBO e óleos e graxas, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, indicando a existência de variabilidade e, conseqüentemente, a possibilidade de separação das correntes de efluentes.

Tabela 11. Análise de variância dos parâmetros físico-químicos avaliados em efluentes proveniente de um entreposto de pescado

FV	Bloco	Ponto	Erro	Total	CV %	
GL	10	5	50	65		
Quadrados Médios	pH	0,08	0,149 ^{NS}	0,016	2,365	4,604
	Temperatura	0,057	0,010 ^{NS}	0,005	0,91	1,652
	Turbidez	31,005	180,001*	15,893	2004,711	53,648
	Condutividade	4,884	8,292 *	2,72	226,31	25,757
	Oxigênio Dissolvido	0,082	0, 023*	0,014	1,665	5,426
	ST	141,352	1817,259*	97,911	15395,393	28,262
	ST	104,509	317,352*	66,634	5963,58	41,813
	STV	96,167	1891,905 *	75,446	14193,525	31,25
	SDT	152,465	676,546 *	79,215	8868,186	52,814
	SST	210,25	745,712*	78,096	9735,87	30,984
	SS	0,442	2,471*	0,21	27,307	36,507
	Dureza	8,426	5,143*	6,21	19,779	20,839
	Alcalinidade	0,262	0,610 *	0,102	10,822	8,809
	Cor Aparente	7282,987	9030,220 *	7202,711	478116,54	374,276
	Cor Verdadeira	23,644	272,817 *	19,5	2575,581	25,45
	Nitrato	26,425	59,781 *	5,795	852,963	45,543
	Nitrito	32,128	32,458*	30,914	2029,302	512,297
	Amônia	696,99	881,753 *	305,861	26671,752	212,096
	NT	42956,53	123604,7*	21020,643	2098621,1	19
	Sulfeto	0,709	1,503 *	0,464	37,838	20
	Cloreto	3,929	36,100 ^{NS}	1,701	304,875	20,814
	Fluoreto	1,144	0,108 *	0,4	32,032	86,513
	Fosfato	386,651	422,278 *	171,77	14566,407	266,601
	Ferro	37,226	84,603 *	36,366	2613,609	389,281
	Alumínio	0,05	0,052*	0,018	1,707	84,745
	Zinco	0,118	0,209 *	0,122	0,39	89,771
	Cromo	0,093	0,166 *	0,021	2,831	41,85
DQO	431,251	9789,428 ^{NS}	2139,42	12360,1	23,196	
DBO	106,831	942,079 ^{NS}	31,295	7343,461	29,01	
Óleos e Graxas	0,043	1,003 ^{NS}	0,018	6,38	23,717	

*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Legenda: F.V.: fontes de variação; G.L.: grau de liberdade

Foram agrupados os pontos de geração de efluente pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2), separado os seis pontos em três grupos. O Grupo A foi formado por dois pontos (IV (barreira sanitária) e VI (lavagem dos monoblocos)) geradores de efluente similares; o Grupo B, foi composto pelos efluentes oriundos dos pontos II (evisceração), III (da evisceração e limpeza do chão interno) e V (Efluente industrial final), e o Grupo C

formado por apenas pelo ponto I (cilindro de lavagem). O grupamento gerado indica que a segregação das correntes considerou a magnitude das dissimilaridades e o potencial de concentração dos parâmetros, que revelaram o comportamento do conjunto dos dados obtidos.

Pelo método de Singh (1981), baseado na distância generalizada de Mahalanobis, a contribuição relativa dos parâmetros para diversidade das correntes de efluentes (Tabela 12) mostra que foi mais acentuada para os sólidos totais com 29,9%; os sólidos totais voláteis com 25,5%; os óleos e graxas com 9,8%, e os sólidos totais fixos com 5,8%. Os demais parâmetros apresentaram porcentagens de contribuição bastante inferior, entre 0,081 e 4,361. Adotando-se os parâmetros que apresentaram maior contribuição relativa dos parâmetros para diversidade das correntes de efluentes devem-se considerar os ST, STV, óleos e graxas e os STF quando se deseja separar ou agregar correntes de efluentes industriais para realização de um tratamento mais eficiente, como também para o reuso.

Tabela 12. Contribuição relativa das características para dissimilaridade das correntes de efluente gerados no processamento de pescado

Parâmetro	Método de Singh (1981)	
	S,j*	Valor (%)
Sólidos Totais	1279,333	29,904
Sólidos Totais Voláteis	1091,775	25,520
Óleos e Graxas	419,357	9,802
Sólidos Totais Fixos	249,283	5,827
DQO	186,581	4,361
Cor verdadeira	147,185	3,440
Nitrogênio Total	125,400	2,931
pH	105,935	2,476
Sólidos suspensos Totais	95,527	2,233
Sólidos Dissolvidos Totais	85,796	2,005
DBO	62,007	1,449
Alcalinidade	59,982	1,402
Turbidez	51,349	1,200
Cloreto	43,095	1,007
Nitrato	41,088	0,960
Sólidos Sedimentáveis	37,913	0,886
Sulfeto	28,446	0,665
Cromo	27,077	0,633
Amônia	24,811	0,580
Zinco	20,562	0,481
Alumínio	19,358	0,453
Condutividade	17,873	0,418
Fosfato	16,775	0,392
Cor aparente	16,402	0,383
Oxigênio dissolvido	8,986	0,210
Temperatura	4,908	0,115
Fluoreto	4,345	0,102
Nitrito	3,480	0,081
Ferro	1,833	0,043
Dureza	1,684	0,039

* S,j – Estimativa da contribuição relativa de cada parâmetro

Ao observar a análise de coeficientes de ponderação obtidos pelas variáveis canônicas, observou-se a explicação de 80% da variância total acumulada, contida no conjunto das características analisadas (95,4%), (Figura 5).

O Grupo A, formado pelos pontos IV e VI, é caracterizado pelas menores concentrações de sólidos ST (346 mg/L); STF (164 mg/L); STV (210 mg/L), e ainda óleos e graxas (0,135 mg/L), para o ponto II. No ponto VI, as concentrações encontradas para os sólidos foram: para os ST de 413 mg/L; para os STF de 226 mg/L; para os STV de 166 mg/L, e para óleos e graxas de 0,02 mg/L. O efluente gerado neste grupo apresentou menores concentrações para os contaminantes, se comparado aos efluentes do grupo B e C.

Os efluentes do Grupo B, constituído pelos pontos II, III e V, foram caracterizados por altas concentrações de ST, STF, STV. As concentrações de ST variaram de 1290 a 2986 mg/L; de STF variaram de 240 a 317 mg/L; de óleos e graxas variaram de 0,58 a 1,1 mg/L, e de STV variaram de 799 a 2361 mg/L. Como observado, os sólidos totais voláteis possuem maior concentração que os fixos, demonstrando maior concentração orgânica do que inorgânica deste efluente.

No Grupo C (ponto I), o efluente se caracteriza por apresentar as concentrações intermediárias, considerando os outros dois grupos, das frações de sólidos: ST (1366 mg/L); STF (450 mg/L); STV (916 mg/L), e óleos e graxas (0,17 mg/L). Como no efluente do Grupo B foi encontrada a maior concentração de matéria orgânica, convém que esse não entre em contato com os efluentes que formam o Grupo A (pontos IV e VI). Portanto, ao unir os efluentes do Grupo C e B o efluente final se caracterizaria por apresentar uma menor concentração das frações de sólidos estudadas comparado ao Grupo B.

Considerando os grupos formados (A, B e C) pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2), observa-se que o Grupo A e o Grupo B apresentam as maiores divergências, quando analisadas as distâncias. Por meio da observação da dispersão, é possível identificar três grupos, de acordo com o seu grau de similaridade. O gráfico de dispersão entre tratamentos (Figura 5) é representado pelo escore das três primeiras variáveis canônicas. Observa-se que o efeito conjunto das variáveis VC1, VC2 e VC3 podem demonstrar a variação entre os tratamentos, possibilitando discriminar os parâmetros desses efluentes em três grupos diferentes.

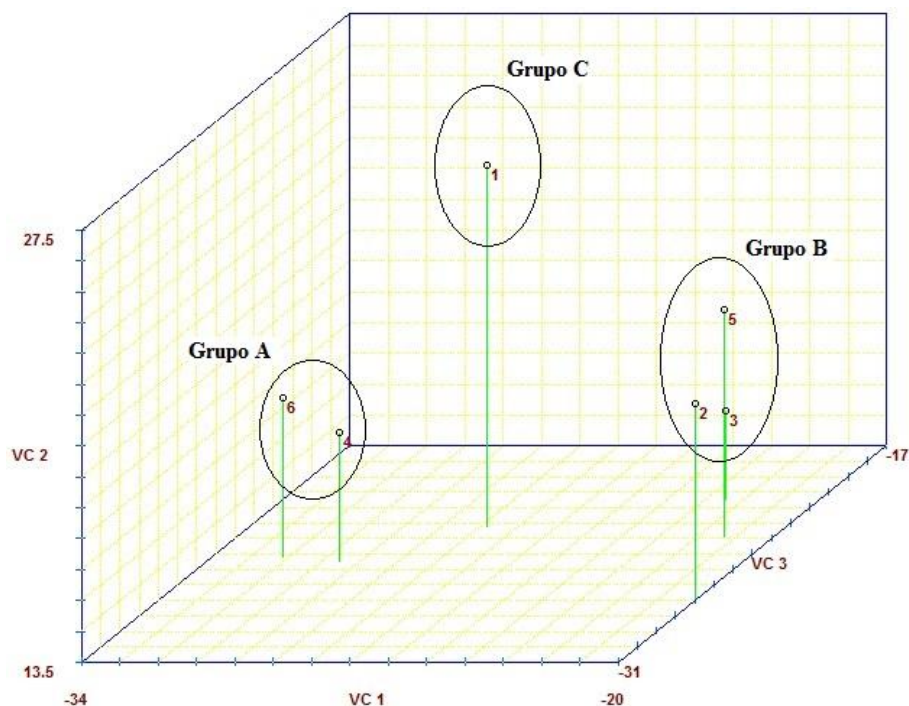


Figura 5. Formação de grupos de efluente a partir das três variáveis canônicas (VC1, VC2 e VC3) que mais contribuíram para a dissimilaridade entre os pontos de geração de efluente na indústria processadora de pescado

Pelas características do efluente do Grupo B sugere-se a instalação de uma calha para recolher o material sólido proveniente da mesa de evisceração, ação indicada por Amorim *et al.* (2007), que relataram a redução de 30% da carga orgânica no efluente. Recomenda-se também a instalação de caixa coletora nos efluentes desse grupo, após o ponto III e antes do transporte do efluente para o tratamento e armazenamento, como recomendado por Watson (1999).

Apesar dos ganhos ambientais com a redução da carga orgânica nos efluentes aplicando as sugestões de adaptações físicas, as alternativas podem ser desconsideradas pelo gestor do empreendimento, devido aos custos acrescidos. No entanto, Watson (2003) afirma que o retorno financeiro para investimentos com essas melhorias pode ser de curto, a médio prazo.

4.3.3. Reciclo e/ou reuso direto

A possibilidade de reuso aumenta ao separar o efluente mais concentrado do menos concentrado (MIYAKI *et al.*, 2000). Entretanto, uma barreira enfrentada para o reciclo e/ou reuso de efluentes em indústria de processamento de alimentos são as limitações sanitárias impostas pelas normas, mesmo nos países em que a prática do reuso é comum. Destacam-se entre esses países, os Estados Unidos da América (EPA, 2012), a Espanha (ESPAÑA, 2007),

a Grécia (JMD, 2011), a Austrália (NSW, 2008) e o Brasil (ABNT,1997) que apresentam diretrizes específicas para o reuso industrial.

Embora esses documentos apresentem os requisitos para os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos para o reuso industrial, nenhum deles inclui os requisitos de reuso de efluente tratado a serem utilizados em processos que entrem em contato com o alimento propriamente dito, exceto o da Austrália.

O regulamento australiano NSW (2008) que prevê o reuso de água seja aplicado em processos que tenham contato direto com o alimento, no entanto os requisitos de segurança são rígidos, podendo utilizar a água de reuso, quando essa alcança o padrão de potabilidade, definido pelas diretrizes para água potável (NHMRC; NRMCC, 2004). O mesmo vale para o reuso de água em superfícies que entrem em contato direto com o alimento.

Neste estudo, foi avaliada a possibilidade de reciclo e/ou reuso de efluentes na indústria processadora de pescado considerando as normativas citadas e comparando os valores de referência com a caracterização do efluente das diferentes etapas de processamento obtidas no entreposto em estudo (Tabela 9).

Tabela 9. Comparação entre as principais características do efluente do entreposto avaliado gerado nas etapas de processamento do pescado e os padrões de reuso de águas para fins industriais.

Parâmetros	I	II	III	IV	V	VI	EPA 2012	Espanhã 2007	JMD 2011	NSW 2008	ABNT, 1997
pH	7,2-8,7	5,59-8,9	6,1-8,8	6,8-9,2	5,5-8,5	7-9,2	6 – 9	6 – 8,5	-	6,5-8,5	6-8
SST (mg.L ⁻¹)	230	940	170	60	210	76	30	5 – 35	2 - 35	-	
SDT (mg.L ⁻¹)	113 6	160 6	109 0	312	990	344	-	-	2.000	-	< 200
DBO ₅ (mg.L ⁻¹)	700	890	370	43,8	856,7	63	30	-	10 – 25	< 10	-
N _{total} (mg.L ⁻¹)	102	58,3	71,5	10,8	67,5	15,2	-	-	30	-	-
Coliformes Totais (NMP/100mL)	123	680	245	90	1000	49,2	200	-	2	-	-
Turbidez (NTU)	34,2	87,4	40,6	17,1	64,9	9,8	2– 2,5	1 – 15	2	< 5	<10

Legenda: (I) efluente da saída do cilindro de lavagem; (II) efluente da saída da mesa de evisceração; (III) efluente da mesa de evisceração + efluente da lavagem do piso interno e dos equipamentos; (IV) efluente da barreira sanitária; (V) efluente da lavagem dos monoblocos e (VI) efluente final do processamento.

Ao avaliar os requisitos de qualidade do efluente, em estudo, para o reciclo e/ou reuso industrial nenhum dos efluentes apresenta as características de qualidade necessária, para atender aos regulamentos. Portanto a possibilidade de reciclo e ou reuso direto em conformidade com as normas apresentadas é descartada sem anterior tratamento do efluente.

Se os efluentes forem submetidos ao tratamento adequado, considerando a separação das diferentes correntes, os efluentes que compõem o Grupo A (pontos IV e VI), devem passar por tratamento capaz de reduzir o pH em 12% em seu valor, e que promovam a remoção de: SST entre 50 e 70%; de SDT entre 36 e 42%; de DBO entre 80 e 90%; de turbidez de 75 a 86%, e que seja capaz de remover em 95 a 100% de coliformes totais. Apenas a concentração de nitrogênio total atende ao exigido por uma das normativas, a da EPA (2012).

Após remoção desses poluentes nos percentuais indicados para os efluentes do Grupo A, é possível atender aos requisitos de reuso para realizar as seguintes atividades: na limpeza da indústria em estudo, na lavagem dos caminhões, nos sanitários. O uso desses efluentes tratados, como se fosse água primária, pode levar à economia de até 40% em relação ao consumo inicial, como também relatado por Curti *et al.* (2010). No entanto, o regulamento australiano permite que, após o tratamento adequado, o reuso de água possa entrar em contacto direto com o alimento ou superfícies de contato, o que também viabilizaria o retorno de água para o processo industrial.

Para os efluentes do Grupo B (pontos, II, II e V) e do Grupo C (ponto I) é necessária a submissão desses, a tratamentos considerados avançados devido a altas concentrações dos contaminantes. Esses tratamentos devem ser capazes de corrigir o pH entre 10 e 12% (corrigir para cima ou para baixo) e reduzir: SST entre 85 e 97%; SDT de 83 a 90; DBO de 98 a 99%; nitrogênio total de 50 a 70%; turbidez de 94 a 98%, e coliformes totais em 100%. Com a remoção desses poluentes, os efluentes destes dois grupos demonstram potencial para serem reciclados e/ou reutilizados nos usos já citados.

Como a maior parte dos regulamentos, nacional (ABNT, 1997) e internacionais (EPA, 2012; ESPANHA, 2007 e JMD, 2011), incentivam a implantação das práticas de reuso direto e indireto, mas deve considerar que tais práticas não apresentem riscos à integridade do produto e à saúde dos manipuladores e consumidores. Portanto, recomenda-se que o reuso com o efluente tratado seja aplicado nos pontos de: limpeza do alojamento; lavagem de caminhões; vestiário e administração, e chão externo da indústria. Essa ação significa uma redução de 15,92 % do consumo de água utilizada no processamento. Ao segregar as correntes de efluentes há o aproveitamento dessas para o reuso, fazendo com que o efluente que compunha o ponto V (industrial final) deixe de existir.

4.4. CONCLUSÃO

- A redução teórica do consumo de água na indústria processadora de pescado atingiu 1,5 m³/tonelada de produto, cerca de 10% do consumo global, por meio da indicação de aplicação de algumas mudanças físicas nos equipamentos.

- A caracterização dos efluentes demonstrou um grande potencial para o reuso de água após tratamento adequado, tendo em vista que algumas correntes de efluentes possuem menor concentração de sólidos e de matéria orgânica.

- É possível separar os efluentes em grupos a fim de levar a um tratamento ótimo e a um reuso mais eficiente;

- O reciclo e/ou reuso dos efluentes de algumas áreas de limpeza da indústria podem suprir a demanda por água em 15,92% em atividades que não entrem em contato com o pescado, o que acarreta na conservação do recurso hídrico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo financiamento do projeto (processo: 407728 / 2012-0) e pela bolsa de produtividade (Processo 312697/2014-7). A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado concedida (processo: 312697 / 2014-7).

REFERÊNCIAS

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

ACHOUR, M.; KHELIFI, O.; BOUAZIZI, I.; HAMDI, M. Design of an integrated bioprocess for the treatment of tuna processing liquid effluents. *Process Biochemistry* vol. 35, p. 1013–1017, 2000.

AGANA, B. A.; REEVE, D.; ORBELL, J. D. *An approach to industrial water conservation – A case study involving two large manufacturing companies based in Australia*. Volume 114, p. 445–460, 2013.

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*, Volume 51, p. 93–100, 2007.

ANDREWS, S. K. T.; STEARNE, J.; ORBELL, J. D.; Awareness and adoption of cleaner production in small to mediumsized businesses in the Geelong region, Victoria, Australia. *Journal of Cleaner Production* 10, p. 373–380, 2002.

APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20th ed. Washington D.C:American Public Health Association; 21st ed., 2005.

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.

BAR, E. S. A case study of obstacles and enablers for green innovation within the fish processing equipment industry. *Journal of Cleaner Production*. Volume 90, p. 234-243, 2015.

BARROS, M. C. et al. Identification of best available techniques in the seafood industry: a case study. *Journal of Cleaner Production*, n. 17, p. 391–399, 2009.

BEZAMA, A. *et al.* Evaluation of the environmental impacts of a Cleaner Production Agreement by frozen fish facilities in the Biobío Region, Chile. *Journal of Cleaner Production* 26, p. 95-100, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº. 711, de 1o de novembro de 1995. Normas técnicas de instalações e equipamentos para abate e industrialização de suínos. *Diário Oficial da União*, Brasília, 1º nov. 1995. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 185 de 13 de maio de 1997. Regulamento técnico de identidade e qualidade de peixe fresco (inteiro e eviscerado). Disponível em: <<http://www.cidasc.sc.gov.br/inspecao/files/2012/08/portaria-185-1997.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 210 de 10 de novembro de 1998. Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-sanitária de Carne de Aves. *Diário Oficial da União*, Brasília, 26 nov. 1998. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao>>. Acesso em: 20 fev. 2016

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. Boletim estatístico de pesca e aquicultura - Brasil 2008-2009. Brasília, 2010.

BRASIL. Plano Safra - Pesca e Aquicultura/2015-2016. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/files/docs/Planos_e_Políticas/plano_safra/Livro_do_Plano_Safra.pdf>. Acessado em: 24 de fev. 2016.

CARAWAN, R.E., CHAMBERS, J.V., ZALL, J.V., 1979. *Seafood Water and Wastewater Management*. North Carolina Agricultural Extension Services, Raleigh, NC.

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

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

CRUZ C. D. Programa Genes: Aplicativo computacional em genética e estatística. Versão Windows - 2007, Viçosa, UFV, 2007.

DEL VALLE, J. M.; AGUILERA, J. M. Recovery of liquid by-products from fish meal factories: a review. *Process Biochemistry International*, volume (25), 122 e 131, 1990.

EPA. *Guidelines for Water Reuse*. Washington, D.C. Environmental Protection Agency, 2012.

ESPAÑA – Real Decreto 1620/2007 de 7 Diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. BOE num 294. Pp. 50639-50661. Madri, 8 de Dezembro, 2007.

FAO. *World fish trade to set new records*. Disponível em: <<http://www.fao.org/news/story/en/item/214442/icode/>>. Acesso em 20 de fev. 2016.

COSMANN, N.J.; GOMES, S. D.; ANDRADE, L.; KUMMER, A.C.B. *Caracterização do efluente de processamento de pescado e desempenho da lagoa anaeróbia*. I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais Tratamento de Dejetos de Animais 11 a 13 de Março de 2009 – Florianópolis, SC – Brasil.

JMD - *Joint Ministerial Decree*, 145116/2011: Definition of measures, conditions and procedure for wastewater reuse. Greek Government Gazette 354B, 8/3/2011.

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

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

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: 19 Ago 2015.

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

NSW Food Authority. *Water reuse guideline* - For food businesses in NSW considering reusing water. 2008.

PRASERTSAN, P.; JUNG, S.; BUCKLE, K. A. Anaerobic filter treatment of fishery wastewater. *World J. Microbiol. Biotechnology*, volume (10), p. 11 e 13, 1994.

PROENCA, A. C.; Nunes, M. L. e F. Barata. Clean technologies in sardine canning industry. Edição: G. Asmundur e N. Dluva. *Proceedings of 30th WEFTA Plenary Meeting on the Faroe Islands*, p. 145-149, 2000.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. *The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding*, v. 41, p. 237-245, 1981.

SOUZA, M. A.; VIDOTTI, R. M.; OLIVEIRA NETO, A. L.. Redução no consumo de efluente gerado em abatedouro e tilápia do Nilo através da implantação de conceitos de produção mais limpa (P+L). *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 34, p. 289-296. 2008.

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 e 555, 2005.

WATSON, R. Trials to Reduce Water and Effluent Charges in Fish Processing. The Sea Fish Industry Authority. Seafish Report N.SR541- April, 2003. Disponível em <<http://www.seafish.org/media/publications/sr541.pdf>> Acesso em 10 fev. 2016.

5. CONCLUSÃO GERAL

Os resultados obtidos nos estudos permitem concluir que:

- Os efluentes de processadoras de pescado possuem potencial de reuso industrial após a aplicação de tratamentos que possam remover os sólidos, a matéria orgânica e os microrganismos;

- Com o emprego de medidas simples para o uso racional da água, como ajustes nas instalações físicas, é possível alcançar redução do consumo desse recurso na indústria de processamento de pescado, demonstrando cumprir com o objetivo de minimizar o uso de água e reduzir a geração de efluente;

- Recomenda-se a separação de correntes de efluentes que sejam dissimilares e o agrupamento dos efluentes similares para maior adequação ao tratamento e para aumentar o potencial de reuso.

- As aplicações do reuso industrial ainda são limitadas por causa dos riscos relacionados à saúde, integridade do produto e os uso restrito imposto pelos regulamentos. Com tratamentos capazes de tornar potável a água de reuso, recomendam-se aplicações em que seja exigida essa qualidade.

ANEXO I –ANÁLISES DE CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES

Tabela 13. Resultado da análise de caracterização do efluente no ponto I da indústria de processamento de pescado

Parâmetros	Repetições das amostras do ponto I (Cilindro de lavagem)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	8,6	7,3	8,7	8,7	7,2	7,9	6,6	7,6	7,3	6,65	8,27
2	20,3	21,3	19,8	20,4	20	21	22,1	21	20,3	22,1	23,1
3	21,2	80	15,8	4,7	72,3	27	70,3	61,6	34,2	70,3	29,9
4	25	113,5	53,7	39,2	82	57,7	50,7	60	57	50,7	59,3
5	5,5	6,1	6,7	5,7	5,4	4,52	5,7	3,27	4,2	5,7	5,1
6	818	3044	2454	2895	3265	352	1366	1314	528	1366	792
7	292	1406	1450	1456	1532	340	450	468	354	450	289
8	526	1638	1004	1439	1733	12	916	846	174	916	506
9	72	326	738	1352	798	170	230	136	20	230	70
10	746	2718	1716	1543	2467	182	1136	1178	508	1136	295,5
11	2,5	1,7	0,8	2,6	3,2	0,6	5,5	5	1	5,5	1,2
12	4,15	2,03	4,98	4,8	2,7	4,32	3,2	3,61	4,86	3,24	0,57
13	12,4	15,3	15,9	20,2	16,8	11,8	10,6	18	17,56	7,6	9,8
14	32	312	187	63	240	168	194	237	196	194	166
15	374	500	396	348	496	244	500	500	323	280	372
16	16	18	24,9	14,6	2,1	25	132	81	91	132	100
17	0,04	0,17	0,08	0,23	2,09	0,08	0,412	0,343	0,19	0,41	0,30
18	0,76	3,91	1,3	0,048	1,831	0,56	4,08	3,64	1,56	0,4	20
19	16,80	220,80	26,28	148,3	6,02	26,5	133,1	84,98	92,75	133,1	120,3
20	20,3	13	16,5	2	0,00	602,5	0,0001	1,3	12,1	0,00	2,5
21	56,5	70	65,7	74,5	104,7	67	122,7	122,8	76,7	122,7	60
22	0,1	0,1	0,54	0,71	0,09	0,4	3,4	0,02	0,1	3,4	0,02
23	0,07	0,7	1,15	1,31	1,78	0,3	1,48	1,398	1,575	1,48	8,32
24	0,09	1,1	0,11	0,025	0,68	0,25	1,37	1,2	0,07	1,37	0,16
25	0,03	0,0	0,07	0,0	0,08	0,01	0,04	0,0	0,09	0,04	0,0
26	0,10	0,091	0,17	0,06	0,09	0,19	0,00	0,02	0,00	0,00	0,0
27	0,00	0,107	0,078	0,1	0,048	0,12	0,596	0,624	0,238	0,59	0,273
28	1185,3	1185,3	2469,3	1475	1362,8	1347,3	1405,3	1394,45	129,3	1340,2	970
29	515,6	120	1257,5	807,2	725,2	748,5	700	658,3	779	680	480
30	0,132	0,15	0,17	0,21	0,23	0,13	0,138	0,2	0,15	0,17	0,2
31	60,7	49,18	190	313,1	18,5	190	49,18	60,7	313,1	18,5	100
32	60,74	20,24	60,33	10	11,13	60,74	10	60,33	20,24	11,13	23,1

Legenda: 1: pH; 2: Temperatura; 3: Turbidez; 4: Condutividade; 5: Oxigênio Dissolvido; 6: Sólidos Totais; 7: Sólidos Totais Fixos; 8: Sólidos Totais Voláteis; 9: Sólidos Dissolvidos Totais; 10: Sólidos Suspensos Totais; 11: Sólidos Sedimentáveis; 12: Dureza; 13: Alcalinidade; 14: Cor Aparente; 15: Cor Verdadeira; 16: Nitrato; 17: Nitrito; 18: Amônia; 19: Nitrogênio Total; 20: Sulfeto; 21: Cloreto; 22: Fluoreto; 23: Fosfato; 24: Ferro; 25: Alumínio; 26: Zinco; 27: Cromo; 28: Demanda Química De Oxigênio; 29: Demanda Bioquímica De Oxigênio; 30: Óleos E Graxas; 31: Coliformes Totais; 32: Coliformes Termotolerantes.

Tabela 14. Resultado da análise de caracterização do efluente no ponto II da indústria de processamento de pescado

Parâmetros	Repetições das amostras do ponto II (Evisceração)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	5,7	7,6	7,7	8,9	7,3	6,9	5,6	6,1	7,2	5,59	7,92
2	21,2	20,6	19,8	19,6	20	20,8	21,3	20,5	19,7	21,3	22,7
3	412	348	192	43,5	310	292	58,7	87,4	782	58,7	52,4
4	0,13	78,5	48,5	30,4	32,4	1,4	40,6	30	58,7	40,6	32,5
5	5,05	5,35	4,92	5,1	3,87	5	5,41	3,36	3,4	5,41	5,1
6	2042	3452	4635	3255	2986	1528	1842	1606	3948	1842	5424
7	281	672	985	583	625	276	300	246	332	300	206
8	1761	2780	3650	2672	2361	1252	1542	1360	3616	1542	5218
9	436	1735	2784	1257	1352	250	940	894	154	940	100
10	1606	1717	1851	1998	1634	1278	902	712	3794	902	188,9
11	4,2	42,5	18	36	32	0,4	17	2	2	17	0,5
12	0,69	1,01	1,35	3,9	0,11	3,29	3,06	3,49	0,1	3,06	0,26
13	12,9	13,1	12	17,6	14,3	10,3	12	13,8	15	13,5	10,1
14	500	249	500	187	328	393	290	214	>500	300	184
15	500	500	500	500	500	500	500	500	500	94	500
16	24	10	53	13	207,5	80	94	46	88	0,511	187,5
17	0,126	0,297	0,574	0,83	2,63	0,03	0,511	0,419	0,393	0,226	0,47
18	4,56	5	4,74	0,1	6,375	4,15	2,26	2,61	2,88	95,3	2,02
19	28,68	16,20	58,31	13,93	216	85,2	95,3	49,02	91,27	7,7	190,00
20	21	249	340	35	74,6	22,5	7,7	1,7	25,8	36,2	1,1
21	61	40	46,8	65,3	113,5	38,7	36,2	43,9	49,7	0,1	35
22	0,1	0,6	0,6	0,17	0,00	0,4	0,1	0,02	0,4	25,87	0,01
23	0,49	0,59	0,12	0,25	0,17	0,35	0,25	0,88	0,48	0,34	8,92
24	0,36	0,51	0,45	0,37	0,79	0,32	0,34	0,34	0,04	0,01	0,572
25	0,99	0,12	0,26	0,048	0,05	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
26	0,454	0,463	0,00	0,38	0,32	0,24	0,00	0,08	0,00	0,12	0,32
27	0,02	0,09	0,45	0,143	0,39	0,31	0,12	0,20	0,25	0,25	0,25
28	1086,5	1382,8	1679,1	1954	2356,2	1758,4	2236,8	1599,5	2460,8	1600,8	1300
29	523,5	122,7	856	985	1276	923,5	1500	753,8	1250	890	583
30	0,33	1,3	1,2	1,3	1,2	1,1	0,8	0,16	0,50	1,2	1,02
31	721,11	60,33	1670,3	1000	1670,3	1670,3	721,11	1670,3	60,33	10000	10000
32	60,74	31,62	640,31	250,99	10000	250,99	640,31	31,62	60,74	10000	640,5

Legenda: 1: pH; 2: Temperatura; 3: Turbidez; 4: Condutividade; 5: Oxigênio Dissolvido; 6: Sólidos Totais; 7: Sólidos Totais Fixos; 8: Sólidos Totais Voláteis; 9: Sólidos Dissolvidos Totais; 10: Sólidos Suspensos Totais; 11: Sólidos Sedimentáveis; 12: Dureza; 13: Alcalinidade; 14: Cor Aparente; 15: Cor Verdadeira; 16: Nitrato; 17: Nitrito; 18: Amônia; 19: Nitrogênio Total; 20: Sulfeto; 21: Cloreto; 22: Fluoreto; 23: Fosfato; 24: Ferro; 25: Alumínio; 26: Zinco; 27: Cromo; 28: Demanda Química De Oxigênio; 29: Demanda Bioquímica De Oxigênio; 30: Óleos E Graxas; 31: Coliformes Totais; 32: Coliformes Termotolerantes.

Tabela 15. Resultado da análise de caracterização do efluente no ponto III da indústria de processamento de pescado

Parâmetros	Repetições das amostras do ponto III (Evisceração + Lavagem do chão interno)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	8,7	8,6	8,3	8,8	7,2	7,8	6,2	6,1	8	8,47	7,5
2	21,4	20	19,2	19	19,5	19,6	21,3	20,3	19,9	21,1	22,6
3	10,1	72,7	15,7	8,2	598	11,9	40,6	91,6	42,1	40,6	57,1
4	47	94,5	28,3	28	117	47,4	30,6	56	31,5	30,6	36,4
5	5,45	5,7	4,77	4,5	4,9	4,8	6,1	3,32	6,1	6	5,1
6	677	1290	2695	2462	2563	820	1134	1386	1134	1260	1618
7	127	628	1135	956	785	192	232	328	232	240	232
8	550	662	1560	1506	1778	628	902	1058	902	1020	1386
9	48	84	1232	563	923	100	160	285	160	170	2250
10	629	1206	1463	1899	1640	720	974	1101	974	1090	205,2
11	0,9	4,2	2,5	3,5	3,4	0,4	9	4	0,4	0,5	0,8
12	2,73	1,48	1,25	5,6	0,31	4,68	3,44	3,09	3,24	3	0,28
13	9,8	10,2	12,3	14	10,3	10,6	8,59	9,8	7	9,98	10,1
14	36	325	346	200	290	203	301	255	311	280	91
15	149	500	500	487	500	405	400	500	355	258	500
16	2,9	4,8	6,4	5,2	70	62,5	71	79	71	50	97,5
17	0,00	0,11	0,03	0,23	0,16	0,01	0,26	0,39	0,38	0,02	0,47
18	0,47	3,97	0,68	0,045	3,9	1,9	1,94	2,41	0,124	0,15	1,45
19	0,48	88,80	7,2	5,5	74,1	65,4	71,95	817	71,50	501,75	99,42
20	0,9	8	1,9	2,6	30,6	7,5	10,9	7,2	18,3	15	4
21	22,7	17	15,01	17,1	75,2	44,6	32,2	61,4	18,05	20,3	25
22	0,46	0,31	0,51	0,78	0,0001	0,3	2,8	0,02	0,34	0,45	0,02
23	0,04	12,72	16,4	27	37,8	4,7	19,46	8,61	19,43	18,01	13,95
24	0,02	0,01	0,07	0,00	0,36	0,117	0,75	0,72	0,75	0,2	0,04
25	0,04	0,01	0,03	0,00	0,06	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00
26	0,13	0,12	0,23	0,08	0,34	0,00	1,89	0,09	1,89	0,9	0,00
27	0,07	0,017	0,02	0,01	0,451	0,09	0,34	0,19	0,34	0,25	0,20
28	79	128,4	133,44	439	629	1232	1200,3	1476,4	1200,2	890	1100
29	36,4	4,61	70,8	227	326,4	712,3	700,3	719,6	854	370	508,5
30	0,45	0,54	0,61	0,67	0,56	0,48	0,55	0,58	0,61	0,59	0,78
31	49,18	640,78	177,76	49,18	279,48	177,76	640,78	49,18	49,18	279,48	300,5
32	44,72	44,72	54,77	31,62	99,48	44,72	44,72	54,77	31,62	99,48	54

Legenda: 1: pH; 2: Temperatura; 3: Turbidez; 4: Condutividade; 5: Oxigênio Dissolvido; 6: Sólidos Totais; 7: Sólidos Totais Fixos; 8: Sólidos Totais Voláteis; 9: Sólidos Dissolvidos Totais; 10: Sólidos Suspensos Totais; 11: Sólidos Sedimentáveis; 12: Dureza; 13: Alcalinidade; 14: Cor Aparente; 15: Cor Verdadeira; 16: Nitrato; 17: Nitrito; 18: Amônia; 19: Nitrogênio Total; 20: Sulfeto; 21: Cloreto; 22: Fluoreto; 23: Fosfato; 24: Ferro; 25: Alumínio; 26: Zinco; 27: Cromo; 28: Demanda Química De Oxigênio; 29: Demanda Bioquímica De Oxigênio; 30: Óleos E Graxas; 31: Coliformes Totais; 32: Coliformes Termotolerantes.

Tabela 16. Resultado da análise de caracterização do efluente no ponto IV da indústria de processamento de pescado

Parâmetros	Repetições das amostras do ponto IV (Barreira Sanitária)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	8,8	9,2	8,7	8,9	8,5	8,1	6,9	8,9	6,87	8	8,24
2	20,9	19,9	17,9	19,4	18,7	21,1	20,7	21,3	19,9	20,8	22,1
3	5,48	16,4	26,4	17,3	12,4	10,4	24,4	18,2	19,2	17,1	7,44
4	40,2	34,7	25	26,2	50,7	65	30,9	38,9	37,9	27,8	27,8
5	4,84	5,34	4,45	4,8	4,9	4,25	5,5	3,94	4,98	5,1	4,8
6	314	303	395	346	335	224	412	1326	412	398	184
7	164	22	48	42	52	168	202	318	202	198	164
8	150	281	347	304	283	56	210	1008	210	200	20
9	13	18	36	25	21	70	60	160	100	90	70
10	301	285	359	321	314	154	352	1166	312	308	154,9
11	0,11	0,5	0,6	1	0,8	0,09	0,4	0,9	0,7	0,5	0,1
12	5,2	2,52	3,4	5,2	2,4	4,28	4,94	4,22	3,8	5,1	0,96
13	15,9	16	21,3	19,8	17,3	15	12,3	14	10,3	9,8	15,3
14	4	23	25	2	18	32	50	30	25	18	10
15	215	39	98	78	76	76	66	142	120	110	51
16	1	0,2	0,8	0,8	1	2	24	23	24	18	3
17	0,05	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,08	0,155	0,155	0,083	0,09
18	0,00	0,27	0,24	0,10	0,09	0,15	1,24	0,05	0,05	0,124	0,339
19	1,06	0,48	10,55	0,91	11,09	2,16	25,32	23,20	24,20	18,20	3,42
20	1,1	5,2	2,6	5,2	0,00	10	18,3	21,2	1,7	18,3	2,3
21	12,3	12,3	12,95	17,5	13,98	9,23	18,05	13,98	49,5	18,5	20
22	0,61	0,68	0,75	0,67	0,08	0,8	0,34	0,42	0,36	0,5	0,1
23	0,01	0,34	0,23	0,06	0,13	0,5	0,352	0,26	0,35	0,13	0,13
24	0,03	0,01	0,02	0,02	0,05	0,038	0,147	0,039	0,05	0,09	0,02
25	0,02	0,01	0,03	0,00	0,02	0,02	0,013	0,01	0,01	0,03	0,0
26	0,119	0,35	2,71	0,76	0,38	0,21	0,0001	0,133	0,09	0,00	0,00
27	0,022	0,021	0,055	0,023	0,064	0,019	0,211	0,18	0,099	0,211	0,01
28	59,3	88,9	172,8	97,4	113	212,3	59,4	139,45	110	64,3	942
29	27,6	4,82	83,2	43,8	59,4	128,5	23,6	63,7	40	25,1	423
30	0,78	0,12	0,14	0,02	0,17	0,15	0,06	0,01	0,13	0,2	0,38
31	49,18	5,47	4,48	211,6	1,76	49,18	5,47	4,48	1,76	211,6	10
32	38,72	2,23	1,41	176,0	0	0	38,72	1,41	2,23	176,06	3,5

Legenda: 1: pH; 2: Temperatura; 3: Turbidez; 4: Condutividade; 5: Oxigênio Dissolvido; 6: Sólidos Totais; 7: Sólidos Totais Fixos; 8: Sólidos Totais Voláteis; 9: Sólidos Dissolvidos Totais; 10: Sólidos Suspensos Totais; 11: Sólidos Sedimentáveis; 12: Dureza; 13: Alcalinidade; 14: Cor Aparente; 15: Cor Verdadeira; 16: Nitrato; 17: Nitrito; 18: Amônia; 19: Nitrogênio Total; 20: Sulfeto; 21: Cloreto; 22: Fluoreto; 23: Fosfato; 24: Ferro; 25: Alumínio; 26: Zinco; 27: Cromo; 28: Demanda Química De Oxigênio; 29: Demanda Bioquímica De Oxigênio; 30: Óleos E Graxas; 31: Coliformes Totais; 32: Coliformes Termotolerantes.

Tabela 17. Resultado da análise de caracterização do efluente no ponto V da indústria de processamento de pescado

Parâmetros	Repetições das amostras do ponto V (Efluente Industrial Final)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	6,3	7,6	7,9	8,5	7,8	6,9	6,5	5,5	5,55	6,48	7,18
2	20,2	20,2	19,8	20	19,8	19,8	20,3	19,7	21,3	21,4	22,4
3	34,7	207	64,9	120	218	13,1	58,5	231	213	55,9	29,1
4	85,5	64,5	45,2	43	52	4,2	70,8	65,2	68,7	71,1	37,1
5	5,3	4,95	4,34	4,23	4,87	4,9	5,17	4,59	4,1	5,2	5,1
6	920	1100	1115	1778	1823	1913	2725	300	1894	4756	884
7	225	301	317	489	652	539	698	168	260	4492	232
8	695	799	798	1289	1171	1374	2027	132	1634	264	652
9	210	110	196	784	756	945	1236	80	180	373,3	60
10	710	990	919	994	1067	968	1489	220	1714	4382	208,2
11	3	2,5	3,5	4	1,9	3,2	3,8	0,5	1	5	1,3
12	1,83	1,69	2,4	3,1	3,22	3,9	4,94	2,38	3,45	4,5	1
13	13,1	14	14,3	15,9	12,4	12,1	13,5	14,6	12,6	12,3	15,2
14	216	276	298	830	273	362	260	430	235	301	180
15	500	500	500	500	500	48	500	500	500	500	490
16	10,5	11	21	12	23	55	73	100	59	61	132,5
17	0,48	0,10	0,19	0,34	0,12	0,0	0,305	0,46	0,355	0,368	0,321
18	3	4,22	2,94	3,8	5,4	2,68	2,07	3,11	3,4	6,11	6,475
19	13,98	153,34	24,14	161,4	285,2	57,68	75,37	103,57	62,75	67,47	139,2
20	8,5	7	34,5	14,5	9	15	2,3	0,00	0,1	2,6	2,5
21	40,2	40	46,9	117,6	84,8	12,3	44,3	52,9	40	38,5	26,3
22	0,75	0,63	0,3	0,88	0,00	0,9	4,8	0,02	0,8	0,98	0,03
23	0,31	24,9	37,8	169	40	46,2	120	7,71	13,25	4,8	46,05
24	2,1	0,19	0,62	0,19	0,16	0,39	0,54	0,12	0,40	0,89	0,296
25	0,125	0,0208	0,020	0,03	0,15	0,03	0,27	0,018	0,25	0,00	0,00
26	0,08	0,5	0,00	0,03	0,45	0,00	0,00	0,237	0,1	0,00	0,00
27	0,15	0,007	0,00	0,046	0,24	0,42	0,12	0,362	0,41	0,33	0,147
28	2220,8	790,2	1284,05	1382,3	1988,6	1754,6	1452,5	1722,56	1802,3	1985,7	1100
29	1350,7	369,7	119,4	698,2	987,3	893,4	846,3	856,7	860,8	899,5	487,5
30	0,85	1,08	0,55	0,76	0,98	0,69	0,45	0,17	0,85	0,63	0,68
31	640,31	1090,87	989,9	2720	447,2	64,3	300	989,94	10000	458,3	68
32	1,73	1	0	1	72,8	1	3	0	2,5	0	13

Legenda: 1: pH; 2: Temperatura; 3: Turbidez; 4: Condutividade; 5: Oxigênio Dissolvido; 6: Sólidos Totais; 7: Sólidos Totais Fixos; 8: Sólidos Totais Voláteis; 9: Sólidos Dissolvidos Totais; 10: Sólidos Suspensos Totais; 11: Sólidos Sedimentáveis; 12: Dureza; 13: Alcalinidade; 14: Cor Aparente; 15: Cor Verdadeira; 16: Nitrato; 17: Nitrito; 18: Amônia; 19: Nitrogênio Total; 20: Sulfeto; 21: Cloreto; 22: Fluoreto; 23: Fosfato; 24: Ferro; 25: Alumínio; 26: Zinco; 27: Cromo; 28: Demanda Química De Oxigênio; 29: Demanda Bioquímica De Oxigênio; 30: Óleos E Graxas; 31: Coliformes Totais; 32: Coliformes Termotolerantes.

Tabela 18. Análise de caracterização do efluente do ponto VI da indústria de processamento de pescado

Parâmetros	Repetições do ponto VI (Lavagem dos monoblocos)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	8,7	9,2	8,6	8,9	8,7	8,2	8,7	8,9	7,2	7,03	8,39
2	22,3	20,5	19,7	19,6	18,9	19,6	18,7	21,5	21,6	20,4	22,2
3	6,56	13,7	15,9	8,2	0,58	3,9	13,1	29,7	10,4	9,8	4,89
4	9,2	35,7	25,1	28	47	69,5	25,3	30,2	27	29,8	29,2
5	5,6	5,07	5,06	4,03	4,8	5,06	4,9	4,1	4,67	4,93	5,2
6	413	331	653	586	320	328	384	508	498	420	206
7	126	291	452	352	195	204	218	226	301	270	150
8	287	40	201	234	125	124	166	282	197	150	56
9	11	76	256	133	32	120	40	70	55	186	80
10	402	255	397	453	288	208	344	438	443	234	164,5
11	0,5	0,1	0,5	0,8	0,5	0,09	0,5	0,9	0,3	0,6	0,3
12	4,68	4,79	5,69	3,44	4,8	5	3,55	3,8	4,82	4,6	1,16
13	12,4	10,6	13,5	12	15,2	15,1	11,9	15,9	15,3	14,1	16,9
14	18	31	23	34	7	18	55	85	45	31	34
15	68	104	78	95	13	24	500	459	500	500	15
16	10	1,45	1,3	2	1,6	1,5	1,2	7,4	15,7	35	3,8
17	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,07	0,14	0,01
18	0,21	0,20	0,40	0,14	0,25	0,01	0,11	0,16	2,18	1,15	1,27
19	10,27	16,64	1,71	2,15	18,55	15,19	13,19	7,63	17,95	36,29	50,89
20	8	9,37	17	16,2	8,3	8,6	1,4	30	25,2	2,3	8,7
21	22,5	30,2	10,03	39,6	14,82	11,2	32,7	36,8	29,8	27,6	26,9
22	0,91	0,72	0,96	0,00	1,15	0,9	1,5	0,29	0,85	0,91	0,65
23	0,04	0,03	0,02	0,27	0,27	0,01	0,043	0,5	0,05	6,03	0,12
24	0,001	0,02	0,02	0,19	0,06	0,04	0,01	0,038	0,1	0,09	0,02
25	0,01	0,00	0,02	0,0	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00	0,00
26	0,03	0,46	1,27	0,09	0,21	0,1	0,03	0,138	0,29	0,8	0,00
27	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,15	0,08	0,00	0,02
28	493,9	108,6	138,2	146,4	119,2	157,4	208	98,43	110,6	95,3	270
29	235,8	3,26	63	73	52,3	97,3	125	47,3	58,3	47,9	125
30	0,01	0,02	0,05	0,12	0,00	0,01	0,03	0,05	0,015	0,011	0,2
31	60,7	49,18	190	313,11	18,5	190	49,18	60,7	313,1	18,5	300
32	60,74	20,24	60,33	10	11,13	60,74	10	60,33	20,24	11,13	50,3

Legenda: 1: pH; 2: Temperatura; 3: Turbidez; 4: Condutividade; 5: Oxigênio Dissolvido; 6: Sólidos Totais; 7: Sólidos Totais Fixos; 8: Sólidos Totais Voláteis; 9: Sólidos Dissolvidos Totais; 10: Sólidos Suspensos Totais; 11: Sólidos Sedimentáveis; 12: Dureza; 13: Alcalinidade; 14: Cor Aparente; 15: Cor Verdadeira; 16: Nitrato; 17: Nitrito; 18: Amônia; 19: Nitrogênio Total; 20: Sulfeto; 21: Cloreto; 22: Fluoreto; 23: Fosfato; 24: Ferro; 25: Alumínio; 26: Zinco; 27: Cromo; 28: Demanda Química De Oxigênio; 29: Demanda Bioquímica De Oxigênio; 30: Óleos E Graxas; 31: Coliformes Totais; 32: Coliformes Termotolerantes.

ANEXO II – Tradução do artigo “POTENTIAL FOR REUSING AND/OR RECYCLING FISH PROCESSING EFFLUENTS”

POTENCIAL DE REUSO E/OU RECICLO DE EFLUENTE DE INDÚSTRIAS DE PROCESSAMENTO DE PESCADO

RESUMO

Os problemas mais comuns em indústrias processadoras de pescado estão relacionados ao alto consumo de água e à geração de efluente contendo cargas orgânicas concentradas. Sendo o reuso uma alternativa para o desenvolvimento sustentável na indústria, este estudo teve como objetivo avaliar o potencial de reciclo e/ou reuso de efluentes gerados em uma indústria processadora de pescado. Para isto, realizou-se a caracterização do efluente industrial final empregando métodos padrões para a análise de esgoto do APHA (2005). Ainda foram avaliados tratamentos empregados capazes de produzir efluentes que atendem aos requisitos preconizados por regulamentos de diferentes países para o reuso e reciclo. Os resultados obtidos demonstraram que os efluentes com menores cargas orgânicas, como os da barreira sanitária e lavagem de monoblocos, podem ser submetidos a tratamentos que priorizem a remoção de nutrientes e sólidos para posterior reciclo. Para o efluente proveniente de etapas do cilindro de lavagem e da evisceração, recomenda-se previamente, a remoção dos resíduos sólidos grosseiros de maneira que o efluente quando submetido a tratamento possa alcançar qualidade para o reuso industrial. Destaca-se ainda a possibilidade de tratar esses efluentes de modo que atendam as características de água potável, o que suscita a possibilidade de uso no processamento do pescado propriamente dito, considerando-se a necessidade de revisão das normas e de medidas de controle de uso de forma a impedir danos microbiológicos ao produto e riscos ao manipulador e ao consumidor final.

Palavras chaves: peixe, sustentabilidade, tratamento de efluente.

INTRODUÇÃO

O Brasil está entre as dez maiores economias do mundo, com um PIB de mais de US\$ 2 trilhões em 2013, segundo o relatório realizado pela OCDE (Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico) (OCDE, 2015). Destaca-se o crescimento para o setor aquícola, cuja expansão é atribuída ao surgimento de políticas públicas de incentivo à produção e ao consumo de pescado. Segundo os dados do IBGE. (2014), a produção total da piscicultura brasileira foi de 474,33 mil toneladas em 2014, o que significou um aumento de 20,9% em relação à registrada no ano anterior. Há estudos que indicam que os países com

rápido crescimento populacional, aumento da renda *per capita* e urbanização, tendem a aumentar o consumo de pescado (Chowdhury *et al.*, 2010).

O incremento da produção e consumo traz também o aumento da geração de efluentes, sobretudo nas indústrias de alimentos, que são caracterizadas por apresentarem um alto consumo de água nas diferentes etapas do processamento (Casani *et al.*, 2005), e em consequência a geração de efluente, (Souza, 2010; Anh *et al.*, 2011; Queiroz *et al.*, 2013).

Como o volume total de efluente está diretamente relacionado ao uso de água, necessária para transformação da matéria-prima em produtos destinados ao consumidor, deve-se considerar o reuso e o reciclo como possibilidade para a minimização de captação/uso/consumo de água e de geração de efluentes. No entanto, esta alternativa não tem sido colocada em prática, na maioria das indústrias de alimentos, dada a ausência de informação disponível sobre a produção, tratamento e uso do efluente.

Verifica-se que ainda há a necessidade de criação de regulamentos mais específicos e atualizados que normatizem essa prática do reuso. Em indústrias de alimentos é necessário cuidado com os riscos relacionados à integridade do produto, ao meio ambiente, à saúde dos manipuladores e consumidores, e por isso a legislação brasileira permite, nessas indústrias, apenas o uso de água potável originária de fontes naturais (Brasil, 1995, 1998). Entretanto, existem órgãos mundiais que reconhecem e incentivam a adoção de técnicas de reuso direto e indireto em indústrias de alimentos, desde que não haja os riscos supracitados.

Em razão do volume de efluente gerado pela indústria de processamento de pescado, das características desses, das possibilidades de tratamento e dos regulamentos relacionados ao reuso, este estudo objetivou avaliar o potencial de reuso ou reciclo de efluentes provenientes dessas indústrias, e cenários para o aproveitamento da água de reuso nos processos da indústria.

METODOLOGIA

Descrição da Unidade de Estudo

O estudo foi conduzido em um entreposto de pescado da região norte do Brasil, produtor de peixe fresco eviscerado de variadas espécies. O entreposto tem capacidade de processamento de 12 toneladas por dia, e como apresentado na Figura 1, é subdividido em três áreas: área suja (local em que se destina ao abate e à lavagem inicial das carcaças), área limpa (onde se encaminha para a evisceração, limpeza e embalagem) e área administrativa.

No processamento, o pescado é enviado para a área suja e a primeira limpeza é realizada em cilindro de lavagem, ponto onde há geração de efluente. A carcaça segue para a

área limpa, onde é realizada a incisão abdominal. Na mesa, o pescado é eviscerado e limpo, após é disposto em monoblocos para pesagem e adição do gelo em escamas. Após ser estabilizada a temperatura do produto final, é feita a expedição.

Além do processamento, procedimentos de limpeza são realizados após a transformação do pescado, nos monoblocos, nos pisos, nos equipamentos e na fábrica de gelo. Em todas essas etapas há geração de efluentes.

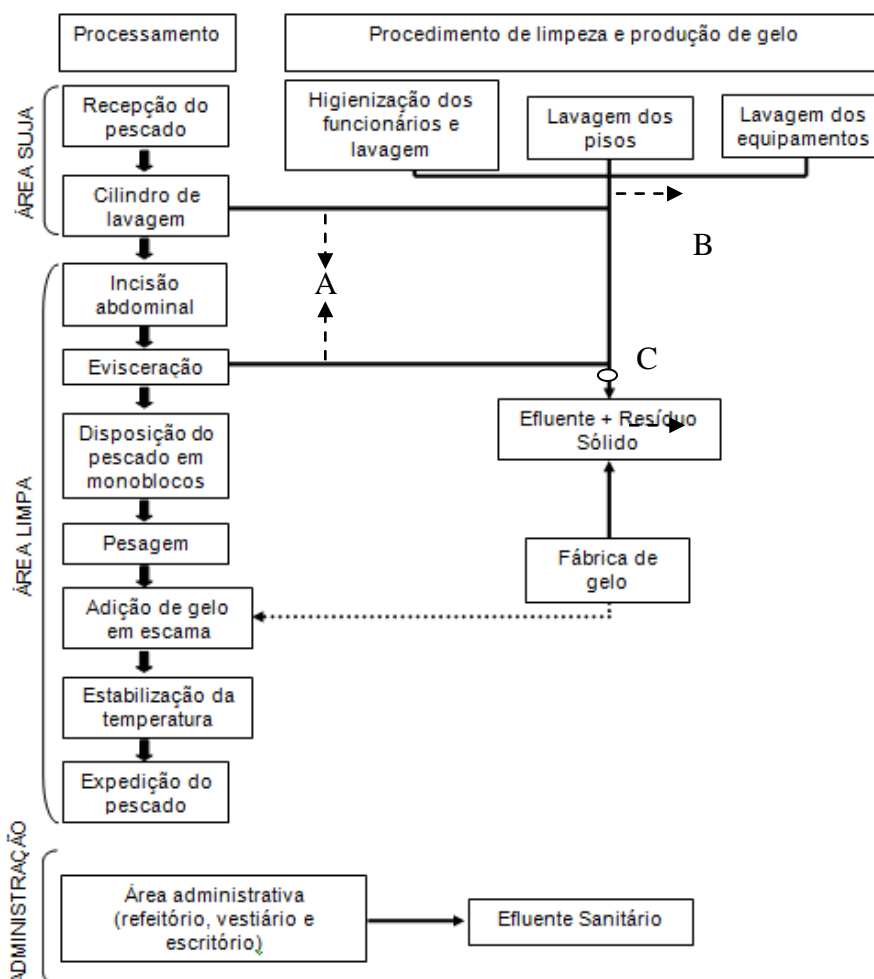


Figura 6. Fluxograma do processamento do pescado, do procedimento de limpeza e produção do gelo da indústria em estudo.

Caracterização do Efluente

Para a caracterização qualitativa do efluente final da indústria (ponto C, Figura 1) foram realizadas onze coletas e analisados parâmetros físicos, químicos e microbiológicos adotando as orientações dos padrões para análise de água e esgoto desenvolvido pelo APHA (2005). Os parâmetros caracterizados foram: coliformes termotolerantes, a demanda bioquímica de oxigênio ($DBO_{5,20}$), pH, os sólidos suspensos totais (SST) e a turbidez.

Avaliação do potencial de Reuso ou reciclo do efluente

Os resultados obtidos na caracterização foram submetidos a comparações com os requisitos de qualidade para reuso e/ou reciclo determinados por regulamentos e normativas. Os documentos utilizados foram: a norma brasileira NBR 13969:1997 (ABNT, 1997), as europeias (da Espanha, pelo Real Decreto 1620 (Espanña, 2007) e da Grécia, pelo Decreto Ministerial (JMD 145116/2011)) e diretrizes norte americanas (EPA, 2004; EPA, 2012) (Tabela 19). Esses regulamentos, diretrizes e normas foram selecionados por especificarem as concentrações admitidas no reuso industrial.

Tabela 19. Requisitos de qualidade para reuso e/ou reciclo determinados por regulamentos e normativas empregadas para o reuso industrial

Concentrações limites	Aplicação	País
Coliforme fecal < 200 NPM/100mL; pH entre 6 e 8; Turbidez < 5 NTU *Cloro residual livre entre 0,5 e 1,5 mg/L	Água de classe 1: uso para lavagem de carros, contato direto do usuário com a água, aspirações de aerossóis	Brasil
Coliforme fecal < 500 NPM/100mL; Turbidez < 5 NTU *Cloro residual livre entre >0,5 mg/L	Água de classe 2: uso para lavagem de pisos e calçadas, irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes	
Coliforme fecal < 500 NPM/100mL	Água de classe 3: uso para descarga de vasos sanitários	Espanha
Coliforme fecal < 5000 NPM/100mL; Turbidez < 10 NTU *Oxigênio Dissolvido > 2 mg/L;	Água de classe 4: reuso nos pomares, cereais, forragem, pastagens para gado e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual	
SST: 35 mg/L; Turbidez: 15 NTU * <i>Escherichia coli</i> : 10 ⁴ ufc/100 mL; * <i>Legionella spp</i> :100 ufc/L;	Processo de limpeza, mas não para indústria alimentícia	
SST: 35 mg/L; * <i>Escherichia coli</i> : 10 ³ ufc/100mL; *Ovos de Nematóide: 1 ovo/10 mL; * <i>Legionella spp</i> : 100 ufc/L	Processo e águas de lavagem para a indústria de alimentos	Estados Unidos
SST: 5 mg/L; Turbidez: 1 NTU * <i>Escherichia coli</i> : 0 ufc/100mL; *Ovos de Nematóide: 1 ovo/10 mL;	Torres de Resfriamento e condensadores evaporativos.	
DBO ≤ 30mg/L; Coliformes termotolerantes ≤ 200 / 100 mL pH entre 6 e 9; SST ≤ 30 mg/L; *Cloro residual mínimo 1mg/L	Resfriamento sem recirculação	Estados Unidos
DBO ≤ 30mg/L; Coliformes termotolerantes ≤ 200 / 100 mL pH entre 6 e 9; SST ≤ 30 mg/L; *Cloro residual mínimo 1mg/L	Torres de resfriamento (variáveis dependem da taxa de recirculação)	
* <i>Escherichia coli</i> ≤ 200 ufc/100mL (médio)	Água de refrigeração	Grécia
pH: 6-8,5 DBO: ≤10 mg/L (em 80% das amostras); SST: ≤10 mg/L (em 80% das amostras); Turbidez ≤ 2 NTU * <i>Escherichia coli</i> : ≤ 5 ufc/100 ml (80% das amostras), ≤ 50 (em 95% das amostras);	Uso de água de refrigeração reticulado descartável, água de refrigeração para as caldeiras, água de processos.	

* Parâmetros não determinados neste estudo

RESULTADO E DISCUSSÃO

Em geral, efluentes provenientes do processamento de pescado possuem características variadas, por depender dos variados processos envolvidos no beneficiamento (LIU, 2007), do tipo de pescado (Chowdhury *et al.*, 2010; Alexandre *et al.*, 2011; Cristovão *et al.*, 2012) e também de acordo com o porte, a sazonalidade e a produtividade de cada unidade industrial (Anh *et al.*, 2011). Para esse estudo foi realizada a caracterização do efluente gerado na indústria piloto para avaliação do potencial de reuso ou reciclo (Tabela 20).

Os resultados mostram discrepância nas concentrações de coliformes termotolerantes, de DBO, de SST e de turbidez quando comparados aos resultados encontrados nos estudos de outros autores, cujo produto final é o pescado fresco (Muthukumaran *et al.*, 2013), e em indústrias de pescado em conserva (Cristovão *et al.*, 2015; Lim *et al.*, 2001; Artiga *et al.*, 2008).

Os coliformes termotolerantes foram avaliados, o resultado encontrado para o efluente industrial final alcançou a concentração de 1000 NMP/100 mL (Tabela 20). Quanto ao parâmetro DBO, a concentração variou de 487,5 a 1350,7 mg/L, nesse estudo (Tabela 20). Entretanto as concentrações mudam conforme o pescado processado e o processo realizado, a exemplo o efluente final do processamento de lulas e vieiras é em torno de 3000 mg/L (Muthukumaran e Baskaran, 2013), e conserva de pescado igual a 2860 mg/L (Valent *et al.*, 2010).

A concentração de sólidos suspensos variou entre 60-945 mg/L, a média foi de 210 mg/L no efluente em estudo (Tabela 20). O resultado de Muthukumaran e Baskaran (2013) foi de 635 mg/L de SST, que também tem como produto final o pescado fresco eviscerado, porém o produto processado são lulas e vieiras. Na indústria de conserva de pescado, as concentrações desse parâmetro podem ser mais altas. A exemplo, o efluente proveniente de uma indústria de conserva de sardinha, apresentou concentrações que variaram entre 120 e 4.980 mg/L de SST (Carawan, 1991; Achour *et al.* 2000). Para o efluente de conserva de atum, a concentração encontrada foi de até 6.100 mg/L, (Achour *et al.* 2000). Os sólidos suspensos totais são responsáveis por, aproximadamente, 10-30% dos sólidos totais (ST) nesse tipo de efluente (Relatório Técnico Série FREMP, 1994).

O estudo obteve como resultado para a turbidez o intervalo de 34,7 a 231 NTU, a concentração média de turbidez foi em torno de 64,9 NTU, o que mostrou estar próxima à turbidez obtida no estudo de Ribeiro *et al.*, (2009) entre 40 e 50 NTU, e em indústrias de beneficiamento de carnes, como a de frango com 40 ± 33 NTU (Luiz *et al.*, 2011). A turbidez

está diretamente ligada aos sólidos em suspensão, sendo que este último parâmetro tende a ter concentração elevada em indústrias processadoras de pescado (Artiga *et al.*, (2008); Cristóvão *et al.* 2015; Chowdhury *et al.* 2010;) devido os altos níveis de proteínas e lípidos (Palenzuela-Rollon *et al.*, 2002).

O pH encontrado esteve entre 5,5 a 8,5 (Tabela 20). Esta variação apresentada assemelhou-se aos efluentes caracterizados por outros autores. Para Jemli *et al.*, 2015, o pH do efluente de processamento de pescado para conservas de atum encontrado foi de 5,8, já na indústria de conservas de *Pollock* do Alaska, o valor do pH foi de 8,6 (Lim *et al.* 2001).

Como observado na caracterização, o efluente do processamento de pescado pode variar bastante a depender de diferentes fatores, como: tipo e tamanho de planta industrial; espécie de pescado processado; produto a ser obtido; tipos e tecnologias de processamento; volume de água utilizado para processar uma tonelada de matéria-prima (quanto maior o volume utilizado, menos concentrado será o efluente, assim, menores serão os valores de coliformes, DBO, SST e turbidez); grau de implementação dos conceitos sustentáveis de tecnologias mais limpa que visam principalmente a redução do uso de recursos (naturais e matéria-prima) e/ou poluição e a produção mais eficiente; além de outros fatores.

Deve ser considerado ainda que o beneficiamento de pescado possa envolver diferentes etapas que indicam o grau de manipulação do produto, sendo as principais: classificação, remoção de impurezas da superfície, descamação, lavagem, retirada da cabeça, evisceração, corte das barbatanas, corte em postas ou filés, separação dos ossos/espinhas, secagem, salga, congelamento ou resfriamento, embalagem, rotulagem, distribuição, entre outros (Ghaly *et al.*, 2013).

No caso de indústrias de conserva há, ainda, outras etapas como: salmoura, acondicionamento em latas, cozimento, adição de óleo ou molho, recravamento das latas, lavagens das latas, autoclavagem e lavagens para resfriamento. Para além das águas de lavagens do pescado, existem as águas das lavagens de pisos e equipamentos, que são incluídos no efluente industrial.

Tabela 20. Caracterização de efluentes de unidades de processamento de pescado

Produto Final	Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	DBO ₅ (mg/L)	pH	SST (mg/L)	Turbidez	Referências
Pescado fresco eviscerado	1-1000	487,5-1.350,7	5,5-8,5	60-945	34,7- 231	*
Lulas e Vieiras frescas evisceradas	-	3.000	7,5-8,3	635	-	Muthukumaran <i>et al.</i> (2013)
Frutos do mar	-	332-389	-	-	-	Shosalam <i>et al.</i> (2008)

Continuação da tabela 20

Produto Final	Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	DBO ₅ (mg/L)	pH	SST (mg/L)	Turbidez	Referências
Filetes congelados de tilápia	-	-	9,4	-	-	Lima <i>et al.</i> (2011)
Pescado processado	-	-	-	-	-	Alexandre <i>et al.</i> (2011)
Filés de tilápia	-	-	-	-	-	Cosman <i>et al.</i> (2009)
Conserva de pescado	-	-	-	-	40-50	Ribeiro (2009)
Conserva de atum	-	6.600	-	1.570	-	Achour <i>et al.</i> (2000)
Conserva de atum	-	-	6,5	1.000-2.100	-	Artiga <i>et al.</i> (2008)
Conserva de pescado	-	2.860	6,7	-	-	Valent <i>et al.</i> (2010)
Conserva de Pollok do Alasca	-	-	8,4-8,6	384-390	-	Lim <i>et al.</i> (2001)
Conserva de pescado	-	463-4.569	6,13-7,14	324-3150	-	Cristóvão <i>et al.</i> (2015)
Conserva de atum	-	-	5,8 – 6,2	51-91	-	Jemli <i>et al.</i> (2015)

Legenda: pH = potencial hidrogeniônico, DBO = demanda bioquímica de oxigênio, DQO = demanda química de oxigênio, SST = Sólidos Suspensos Totais, OeG = óleos e graxas, NT = nitrogênio total.

*Dados obtidos nesse estudo.

A caracterização do efluente, de forma geral, é importante para conhecer a qualidade do esgoto gerado, se há ou não conformidade com o exigido por regulamentos para descarga em corpos de água, para o reuso e/ou reciclo. Em caso de não atendimento aos requisitos mínimos preconizados pelos regulamentos, portarias e afins, o efluente deve ser tratado, para alcançar o estabelecido.

Portanto, com a finalidade de avaliar o potencial de reuso de efluentes do processamento do pescado, foram comparadas as características dos efluentes da indústria em estudo com os regulamentos existentes, e quando a qualidade desses não cumpriu as exigências requeridas, foram propostos tratamentos, objetivando alcançar a qualidade requerida para o reuso e reciclo (Tabela 20).

A partir da caracterização do efluente, verificou-se que o resultado obtido para o parâmetro coliformes mostra que este efluente tem risco microbiológico por estar acima da concentração preconizada pela norma brasileira ABNT (2007) (< 200 NPM/100 mL), e pelo regulamento norte americano (< 200 NPM /100mL) (EPA, 2012). Alguns autores ainda indicam que para adotar o reuso é importante que seja garantido a ausência desse grupo de

bactérias pelo risco sanitário que apresenta (Mavrov e Bélières, 2000). O estudo de Mavrov e Bélières (2000) mostrou que ao realizar pré-tratamento em uma indústria processadora de alimentos na Alemanha, com filtração por membranas e desinfecção UV e posteriormente com nanofiltração seguida de osmose reversa, os efluentes obtidos tiveram a qualidade de água potável, e pela alta confiabilidade, quanto ao risco microbiológico, foi concedida a autorização para o reuso da água.

Para o parâmetro DBO, a concentração encontrada foi entre 487,5-1.350,7 mg/L, característico de efluentes da indústria processadora de pescado (Cristóvão *et al.*, 2015). Quanto a proposição de tratamento, Queiroz *et al.* (2013) empregou um tratamento com o uso de microalgas e da coagulação/floculação, seguida da sedimentação e da microfiltração, alcançando uma remoção de 100% da matéria orgânica. Com essa remoção, o efluente atende aos requisitos do Decreto 1620 (Espanha, 2007), da EPA (2012), da Grécia (JMD, 2011) e do Brasil (ABNT,1997), e se apresenta com potencial para reuso nos processos industriais.

A concentração de SST do efluente da indústria em estudo apresentou entre 60-945 mg/L. Como observado na Tabela 3 esse resultado excede as concentrações recomendadas pela EPA, para as aplicações em indústrias como água de refrigeração (EPA, 2012); excede a concentração preconizada pelo Decreto da Espanha (ESPAÑA 2007), para utilizar a água na limpeza industrial e está acima da concentração preconizada pelo regulamento grego (JMD, 2011) para uso nos processos industriais. Portanto, fica evidente a necessidade de remoção dos SST do efluente. Em Cristóvão *et al.* (2014), demonstra-se que ao tratar o efluente final com sedimentação, seguido de coagulação química e floculação, pode-se remover aproximadamente 86% dos SST, submetendo esse efluente a tratamento por lodos ativados seguido de osmose, a remoção alcançada foi de 98,4%, (CRISTÓVÃO *et al.* 2015).

Com remoção de 98,4% de SST é possível atender aos requisitos do EPA (2012), em que é estabelecida que a concentração seja ≤ 30 mg/L, como também o regulamento espanhol (Espanha, 2007) que admite até 35 mg/L de SST para o uso na limpeza na indústria de alimentos. Enquanto que no regulamento grego (JMD, 2011), a qualidade exigida é mais restritiva com relação à concentração de SST (≤ 10 mg/L) para o reuso como água de refrigeração reticulada descartável, água de refrigeração para as caldeiras e água para uso nos processos industriais que não tenham contato com o alimento. O tratamento proposto por Cristóvão *et al.* (2015) apresenta uma solução para recuperação do efluente e posterior reuso como água de processo.

Os resultados da turbidez neste estudo obtiveram em média 65 NTU. Semelhantes aos encontrados por Luiz *et al.* (2011), entre 40 e 50 NTU, apesar de ser em uma indústria de

frango. Após tratamento com pré-filtração seguida de oxidação via adição de H_2O_2 , a concentração da turbidez foi menor que 5 NTU (Luiz *et al.*, 2011) atendendo a normativa da ABNT (2007) para reuso. O parâmetro de turbidez está diretamente relacionado com a concentração dos sólidos suspensos na água, logo, ao remover os sólidos em suspensão também se reduz a turbidez.

Quanto ao pH a caracterização revelou que esse esteve entre 5,5 e 8,5, próximo aos requisitos do EPA (2012) e normativa da grega (JMD, 2011), que determina valores entre 6 e 9, da Espanha, que preconiza pH entre 6,5 e 8,4 (Espanha, 2007) e ao estabelecido pela norma brasileira entre 6-8 (BRASIL,1997). Os maiores valores de pH encontrados neste estudo assemelharam-se aos resultados encontrados por Lim *et al.* (2001) de 8,4 - 8,6 e Lima *et al.*, (2011) de 9,4. Esse parâmetro pH deve ser avaliado após aplicação de tratamento para remoção ou diminuição dos parâmetros anteriormente apresentados. A caracterização desse estudo indica que poderá haver mínima necessidade de ajuste nesse parâmetro uma vez que se apresenta próximo da faixa de valores das normas apresentadas (Tabela 21).

Tabela 21. Potencial de reuso industrial de efluente gerado na indústria processadora de pescado, e tratamento proposto para atendimentos aos regulamentos e normativas

Parâmetro	Efluente final	Normativa	Tratamento	Atendimento às Normativas
DBO	858	≤ 30 mg/L EPA (2012) ≤ 10 mg/L (80% das amostras) JMD (2011)	Biológico (lodos ativados) ² (uso de microalgas) ⁴ Físico-Químico (coagulação/ floculação)	Atende aos requisitos do Decreto 1620 (ESPAÑA, 2007 e do EPA (2012), da JMD (2011) e do Brasil (ABNT, 1997)
SST	770	≤ 10 mg/L (80% das amostras) JMD (2011) ≤ 35 mg/L Espanha (2007) ≤ 5 mg/L EPA (2012) ≤ 30 mg/L EPA (2012)	Físico (sedimentação) ³ (osmose reversa) ³ Físico-Químico (coagulação floculação) ³ , Biológico (lodos ativados) ³	Atende aos requisitos do Decreto 1620 (ESPAÑA, 2007 e do EPA (2012)
Turbidez	64,9	Turbidez < 5 (ABNT, 2007) Turbidez < 1 NTU Espanha, (2007) Turbidez ≤ 2 NTU JMD (2011)	Físico (Filtração) ⁵ Físico-Químico (fotooxidação adição de H_2O_2) ⁵	com Atende-se aos requisitos da ANBT (2007)
pH	5,5-8,5	6 – 9 EPA (2012) 6,5 – 8,4 Espanha (2007) 6,5 – 8,5 JMD (2011) 6 – 8 ABNT (1997)	Correção do pH	80% das amostras atendem ao requisito do EPA (2012) e da JMD (2011), 70% atende o requisito da Espanha (2007) e 60% atende ao requisito do Brasil (1997)

Continuação da Tabela 21

Parâmetro	Efluente final	Normativa	Tratamento	Atendimento às Normativas
Coliformes Termotolerantes (C.T.)	1000	C.T. < 200 NPM /100mL (ABNT, 1997) CT < 200 / 100 mL (EPA, 2012)	Físico (Nanofiltração e Osmose reversa) ¹ (Osmose reversa e desinfecção por ultravioleta) ³	Atendendo aos requisitos da ABNT (2007) e do EPA (2012)

1Blöcher *et al.*,(2002) e Mavrov e Bélières (2000)

2 Cristóvão *et al.*, (2014)

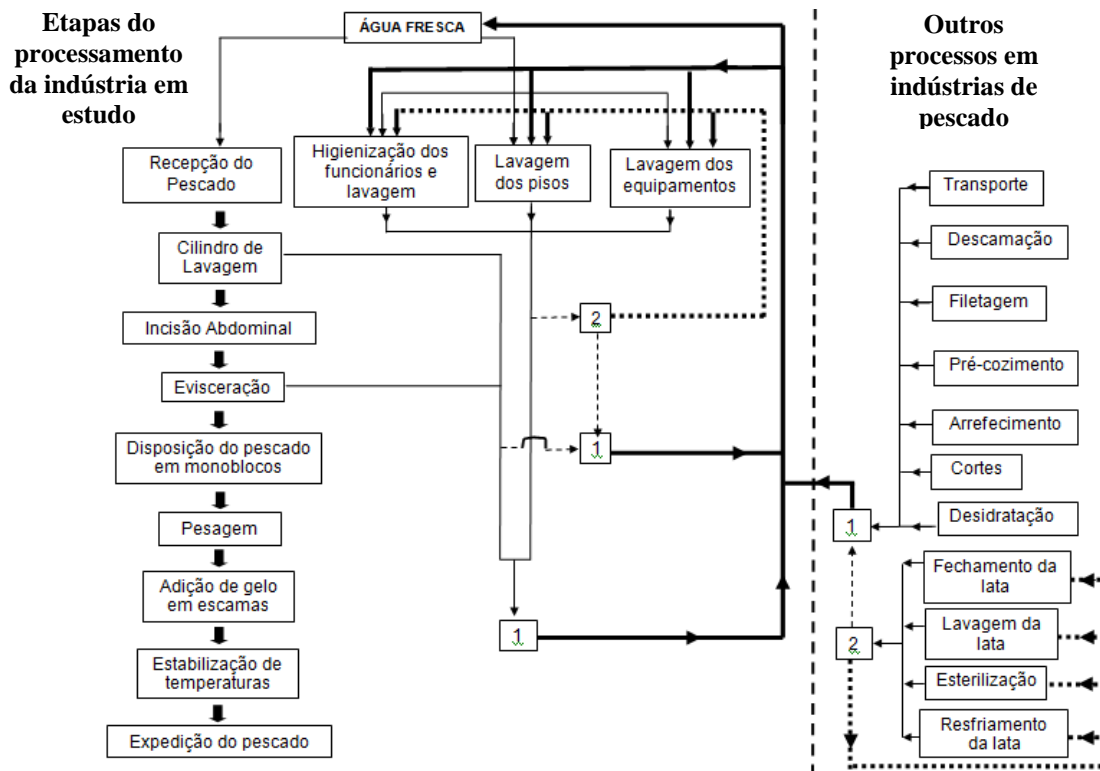
3 Cristóvão *et al.*, (2015)

4 Queiroz *et al.*, (2013)

5 Luiz *et al.*, (2011)

Este estudo apresenta possíveis cenários para o aproveitamento da água de reuso nos processos de beneficiamento da indústria em estudo, assim como em outros processos presentes em indústrias estudadas por outros autores (Figura 7). Os efluentes provenientes dos processos de higienização da indústria, como o efluente proveniente da lavagem dos monoblocos, da lavagem dos equipamentos e da lavagem dos pisos, que deram origem ao efluente do ponto B (Figura 8), geralmente apresentam maiores concentrações de sólidos e de coliformes termotolerantes. Portanto, para o reciclo é necessário um tratamento para remoção dos compostos citados, além da correção de pH.

Em outras indústria de pescado em conserva estudada por Uttamangkabovorn *et al.* (2005), após o fechamento das latas, os efluentes se caracterizam por possuir pouca carga poluidora, com baixa concentração de DQO, ST, SST, óleos e graxas quando comparado ao efluente de armazenamento/descongelamento, pré-cozimento e refrigeração do pescado por *spray*. Após remoção dos nutrientes, dos SST e a desinfecção, foi possível a realização do reciclo dos efluentes como também o reuso. A economia no consumo total de água na indústria estudada por Uttamangkabovorn *et al.* (2005) após o reciclo, o reuso e a adoção de práticas de conservação de água foi de 32%.



Legenda:

1- Deve-se fazer a remoção dos sólidos dissolvidos, suspensos e sedimentáveis, da matéria orgânica seguida de desinfecção para reuso nos processos industriais.

2- Devem ser removidos os sólidos suspensos e realizar a desinfecção para a reciclagem do efluente.

Figura 7. Possibilidades de reciclo e reuso do efluente na indústria de beneficiamento de pescado

Considerando as características dos efluentes provenientes das etapas de cilindro de lavagem e evisceração, o ponto A (Figura 6), recomenda-se o reuso após tratamento. Para tanto, é necessária a remoção da matéria orgânica, dos sólidos, característicos em efluentes com a presença de sangue, restos de pescado e vísceras, e a aplicação da desinfecção para obter água com qualidade potável para reuso como água fresca no próprio processo industrial, nos vasos sanitários, na rega de jardins, na barreira sanitária, na lavagem dos pisos (internos e externos à indústria) assim como inserção no próprio processo produtivo.

Os efluentes, como os do ponto A (Figura 6), possuem características semelhantes aos efluentes presentes em outras indústrias nas etapas de filetagem, pré-cozimento, resfriamento, cortes e desidratação devido aos restos de pescado, que configuram alta carga orgânica e de sólidos. Portanto, e se submetidos aos tratamentos propostos na Tabela 21 e alcançando a qualidade requerida pelos regulamentos, poderão também ser destinados ao reuso para os mesmos fins.

O efluente final de uma indústria de pescado em conserva, quando submetido a tratamentos como: sedimentação/flotação, coagulação/floculação, lodos ativados, filtração,

osmose reversa e desinfecção por UV, alcançou a qualidade de água potável de acordo com a Diretiva Européia 98/83/EC (DE, 1998), como no estudo de Cristóvão *et al.* (2015). Este resultado também foi encontrado não somente em indústrias de pescado, como também no processamento de aves, estudado por Luiz *et al.* (2011) que alcançaram a qualidade de água potável, conforme a norma brasileira (Portaria 518/2005, substituída pela Portaria 2914/2011), após tratar o efluente secundário com pré-filtração seguido de adição de H₂O₂ e radiação UV (AOP H₂O₂ / UV).

Estudos mostram que mesmo os efluentes mais concentrados, quando tratados, podem atender aos padrões de potabilidade da água, podendo ser aplicada para os mesmos usos que água fresca, não fosse às restrições de aplicação e aceitação desta prática em indústrias de alimentos. O reciclo direto de efluentes dos processos de preparação, manuseio e acondicionamento dos alimentos são mais restritos, devido aos requisitos rígidos de limpeza e higiene do próprio setor (CHOWDHURY *et al.*, 2010) e há pouca aceitação do público devido ao pouco conhecimento sobre os benefícios e segurança da água reciclada (Yi *et al.*, 2011; Alcalde-Sanz e Gawlik, 2014).

CONCLUSÃO

A indústria em estudo tem potencial para minimização da utilização de água potável e para a minimização da geração de efluentes por meio do reuso dos efluentes gerados. Para isso, o efluente deve ser submetido a tratamento adequado para que sejam removidos os poluentes característicos, como alta concentração de coliformes termotolerantes, DBO_{5,20}, SST e turbidez.

O estudo verificou alternativas de tratamento que demonstraram promover melhora significativa nos efluentes, alcançando qualidade de água potável ou mesmo de água menos nobre, porém, passível de ser reutilizada. Logo o efluente proveniente da higienização dos funcionários, lavagem do piso, lavagem dos monoblocos e dos equipamentos pode ser reciclado. Os efluentes gerados no cilindro de lavagem e na evisceração do pescado podem ser reutilizados, em caso da aplicação do reciclo e do reuso, a economia de água é ainda maior.

A sugestão do processo que pode alcançar águas de reuso com qualidade potável foi a do tratamento que integrou processos com sedimentação, coagulação/floculação, lodos ativados, osmose reversa e para a desinfecção, o uso da radiação ultravioleta (UV).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo financiamento do projeto (processo: 407728 / 2012-0) e pela bolsa de produtividade (Processo 312697/2014-7). A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado concedida (processo: 312697 / 2014-7).

REFERÊNCIAS

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

ACHOUR, M.; KHELIFI, O.; BOUAZIZI, I.; HAMDI, M. Design of an integrated bioprocess for the treatment of tuna processing liquid effluents. *Process Biochemistry* vol. 35, p. 1013–1017, 2000.

ALCALDE SANZ, L; GAWLIK, B. M. *Water Reuse in Europe - Relevant guidelines, needs for and barriers to innovation.* (2014) Disponível em: <<https://ec.europa.eu/jrc>>. Acesso em: 10 outubro de 2015.

ALEXANDRE, V.M.F.; VALENTE, A.M.; CAMMAROTA, M. C.; FREIRE, D. M. G. Performance of anaerobic bioreactor treating fish-processing plant wastewater pre-hydrolyzed with a solid enzyme pool. *Renewable Energy*, vol. 36, p. 3439 a 3444, 2011.

ANH, T. P, DIEU, T. T. M.; MOL, A. P.J.; Kroeze, C.; Bush, S. R. Towards eco-agro industrial clusters in aquatic production: the case of shrimp processing industry in Vietnam. *Journal of Cleaner Production* vol.19, p. 2107-2118, 2011.

APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater.* Washington D.C:American Public Health Association; 20th ed., 2005.

ARTIGA, P.; GARCÍA-TORIELLO, G.; MÉNDEZ, R.; GARRIDO, J.M. Use of a hybrid membrane bioreactor for the treatment of saline wastewater from a fish canning factory. *Desalination* vol. 221, p. 518–525, 2008.

BLÖCHER, C., NORONHA, M., FÜNFROCKEN, L., DORDA, J., MAVROV, V., JANKE, H. D. e CHMIEL, H. Recycling of spent process water in the food industry by an integrated process of biological treatment and membrane separation. *Desalination* 144, p. 143–150, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº. 711, de 1o de novembro de 1995. Normas técnicas de instalações e equipamentos para abate e industrialização de suínos. *Diário Oficial da União*, Brasília, 1º nov. 1995. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao>>. Acesso em: 20 outubro. 2015

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 210 de 10 de novembro de 1998. Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-sanitária de Carne de Aves. *Diário Oficial da União*, Brasília, 26 nov. 1998. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao>>. Acesso em: 20 outubro 2015.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. Boletim estatístico de pesca e aquicultura - Brasil 2008-2009. Brasília, 2010.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. *Agricultural Water Management*, v.68, 135-149, 2004.

CARAWAN, R.E. Processing Plant Waste Management Guidelines -Aquatic Fishery Products. Department of Food Science North Carolina State University, Seafood e the Environmental. Raleigh, NC, 1991. Disponível em: <<http://www.fpeac.org/seafood/ReductionWasteLoadSeafood.pdf>>. Acesso em: 1 outubro de 2015.

CASANI, S.; ROUHANY, M.; KNØCHEL, S. A discussion paper on challenges and limitations to water reuse and hygiene in the food industry. *Water Research*, v. 39, n. 6, p. 1134-1146, 2005.

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

CRISTÓVÃO, R. ; BOTELHO, C. M.; MARTINS, R. J. E., LOUREIRO, J. M.; BOAVENTURA, R. A. R. Chemical and Biological Treatment of Fish Canning Wastewaters. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*, v. 2, Nº. 4, 2012.

CRISTÓVÃO, R. ; BOTELHO, C. M.; MARTINS, R. J. E., LOUREIRO, J. M.; BOAVENTURA, R. A. R. Primary treatment optimization of a fish canning wastewater from a Portuguese plant. *Water Resources and Industry*, v. 6, 51–63, 2014.

CRISTÓVÃO, R. ; BOTELHO, C. M.; MARTINS, R. J. E., LOUREIRO, J. M.; BOAVENTURA, R. A. R. Fish canning industry wastewater treatment for water reuse e a case study. *Journal of Cleaner Production*, 87, 603 e 612, 2015.

CODEX ALIMENTARIUS. Codex Alimentarius Commission: Codex Committee on Food Hygiene. Proposed Draft Guidelines for the Hygienic Reuse of Processing Water in Food Plants. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, 34th Session, Bangkok, Thailand, 2001.

CODEX ALIMENTARIUS. Report of the Thirty-Eighth Session of the Codex Committee on Food Hygiene, Alinorm 07/30/13. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, 38th Session, Rome, Ital, 2007.

DE: DIRECTIVA 98/83/CE DO CONSELHO de 3 de Novembro de 1998 relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:330:0032:0054:pt:PDF>. Acessado em 27 de outubro de 2015.

EPA. *Guidelines for Water Reuse*. Washington, DC: Environmental Protection Agency, 2004.

EPA. *Guidelines for Water Reuse*. Washington, D.C. Environmental Protection Agency, 2012.

ESPAÑA – Real Decreto 1620/2007 de 7 Diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. BOE num 294. Pp. 50639-50661. Madrid, 8 de Diciembre 2007.

GHALY, A.E.; RAMAKRISHNAN, V.V.; BROOKS, M.S.; BUDGE, S.M.; DAVE, D. Fish Processing Wastes as a Potential Source of Proteins, Amino Acids and Oils: A Critical Review. *J Microb Biochem Technol* 5: 107-129, 2013.

JEMLI, M.; KARRAY, F.; FEKI, F.; LOUKIL, S; MHIRI, N; ALOUI, F; SAYADI, S. Biological treatment of fish processing wastewater: A case 2 study from Sfax City (Southeastern Tunisia). *Journal of Environmental Sciences*, vol. 30, p. 102–112, 2015.

JOINT MINISTERIAL DECREE (JMD) 145116/2011: Definition of measures, conditions and procedure for wastewater reuse. Greek Government Gazette 354B, 8/3/2011.

LIM, J.; KIM, T.; HWANG, S. Growth kinetic parameter estimation of *Candida rugopelliculosa* using a fish manufacturing effluent. *Biotechnology Letters*, vol. 23, p. 2041–2045, 2001.

LIU, S. X. *Food and agricultural wastewater utilization and treatment*. 1st ed. Ames: Blackwell, 2007

LUIZ, D. B.; SILVA, G. S.; VAZ, E. A. C.; JOSÉ, H. J.; MOREIRA, R. F. P. M. Evaluation of hybrid treatments to produce high quality reuse water. *Water Science e Technology*, v. 63.9, p. 2046 – 2051, 2011.

MAVROV, V. e BÉLIÈRES, E. Reduction of water consumption and wastewater quantities in the food industry by water recycling using membrane processes. *Desalination* vol. 131, p. 75–86, 2000.

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

OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. *Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction*. OECD Publishing. ISBN 978-92-64-122161, 2012.

OCDE. Organisation for Economic Co-operation and Development. *Environmental. Estatísticas tributárias na América Latina e no Caribe 1990-2013. Relatório* (quarta edição). 2013. Disponível em: <http://www.latameconomy.org/en/revenue-statistics>. Acessado em 25 de outubro de 2015.

QUEIROZ, M. I.; HORNES, M. O.; SILVA-MANETTI, A. G; JACOBEL-LOPES, E. Fish processing wastewater as a platform of the microalgal biorefineries. *Biosystems Engineering*, 115,195-202, 2013.

RIBEIRO, R. R.; MESQUITA, D. P.; COELHO, M. A. Z. Estudo Da Aclimação Da Flora Microbiana A Concentrações Crescentes De Efluente “In Natura” Da Indústria De Pescado Em Reator Batelada Sequencial. *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal* , v. 6, n. 3, p. 625-640, set /dez 2009.

SOUZA, M. A. de. *Eficiência do processo de ultrafiltração seguido de biodigestão anaeróbia no tratamento de efluente de frigorífico de tilápia*. Tese (doutorado) – Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista, 2010.

Technical Report Series FREMP WQWM-93-10, DOE FRAP 1993-39. Wastewater Characterization of Fish Processing Plant Effluents. Fraser River Estuary Management Program. New West Minister, B. C, 1994.

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 e 555, 2005.

VALENTE, A. M., ALEXANDRE, V. M., CAMMAROTA, M. C.; FREIRE, D. M. G. Pré-hidrólise enzimática da gordura de efluente da indústria de pescado objetivando o aumento da produção de metano. *Ciênc. Technol. Aliment.*, Campinas, 30(2): 483-488, abr.-jun. 2010.