

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM HIGIENE VETERINÁRIA E
PROCESSAMENTO TECNOLÓGICO DE PRODUTOS DE ORIGEM
ANIMAL

JONAS DE TOLEDO GUIMARÃES

GERENCIAMENTO HÍDRICO EM INDÚSTRIA DE
PESCADO: UM FOCO PARA A ETAPA DE
GLAZEAMENTO.

UNIVERSIDADE
FEDERAL
FLUMINENSE

NITERÓI
2016

JONAS DE TOLEDO GUIMARÃES

GERENCIAMENTO HÍDRICO EM INDÚSTRIA DE PESCADO: UM
FOCO PARA A ETAPA DE GLAZEAMENTO.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária da Universidade Federal Fluminense. Área de Concentração: Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal.

Orientadora: ELIANA DE FÁTIMA MARQUES DE MESQUITA

Coorientadora: ANA IRAIDY SANTA BRÍGIDA

Coorientador: ROBSON MAIA FRANCO

Niterói
2016

JONAS DE TOLEDO GUIMARÃES

GERENCIAMENTO HÍDRICO EM INDÚSTRIA DE PESCADO: UM
FOCO PARA A ETAPA DE GLAZEAMENTO.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária da Universidade Federal Fluminense. Área de Concentração: Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal.

Aprovado em ____ de _____ de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Eliana de Fátima Marques de Mesquita - UFF
Orientadora

Prof. Dr. Robson Maia Franco - UFF

Dra. Ana Iraidy Santa Brígida – Embrapa Agroindústria de Alimentos/CTAA

Dra. Danielle de Bem Luiz – Embrapa Pesca e Aquicultura/TO

Niterói
2016

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Jane Pacheco de Toledo e José Vicente Mendes Guimarães, por apoiarem as minhas escolhas e me darem forças nos momentos difíceis.

À minha companheira de vida, Camila Tavares Martins da Silva, por estar sempre ao meu lado, incentivando e compartilhando os bons e maus momentos da minha vida.

À minha orientadora, Prof^a Dr^a Eliana Mesquita, por todo o suporte que recebi durante esta fase da minha vida, por todos os ensinamentos e críticas recebidos que me fez ser uma pessoa melhor, e por estar sempre ao meu lado quando mais precisei.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Robson Maia Franco, por estar sempre disposto a compartilhar seus conhecimentos e por ter sido tão atencioso comigo.

À minha co-orientadora, Dr^a Ana Iraidy Santa Brígida, por ter me acolhido e incentivado nessa minha jornada, e por estar sempre presente nos momentos mais difíceis.

À toda equipe do Laboratório do Pescado e Sanidade de Aquáticos e do Laboratório de Controle Microbiológico de POA da Faculdade de Veterinária, pelo suporte oferecido e bons momentos vividos.

Os colegas Wallace, Teppey, Elisa e Igor, pela paciência e grande ajuda oferecida na empresa modelo do meu estudo.

Aos colegas da EMBRAPA Pesca e Aquicultura/TO, principalmente à Dr^a. Danielle de Bem Luiz, pela oportunidade de fazer parte de seu projeto inovador.

Ao grande amigo André Luiz Medeiros de Souza, uma grande pessoa que esteve sempre presente e compartilhou momentos inesquecíveis dessa jornada, tornando fáceis as etapas mais difíceis.

A todos os professores e funcionários do Programa de Pós-graduação em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal.

À CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior, pelo auxílio e incentivo através de bolsa de estudo e ao CNPq pelo financiamento do projeto “Gerenciamento hídrico aplicado a entrepostos de pescado”

RESUMO

Em um planeta coberto em sua maioria por água, nunca se imaginou que esse recurso um dia poderia gerar tanta preocupação quanto à sua disponibilidade para o consumo humano. As fontes de água potáveis estão diminuindo devido à interferência humana, tais como as poluições da água e do ar e o uso incontrolável de água. Diante de crescentes crises de escassez de água pelo mundo e também no Brasil, agora a água está sendo mais valorizada e pesquisas estão sendo realizadas para diminuir os usos/consumos e fazer o reaproveitamento. As indústrias em geral contribuem com grande parte do uso/consumo total de água no mundo e dentre as de alimentos, os entrepostos de pescado se destacam. Dessa forma, pesquisas direcionadas ao gerenciamento hídrico no beneficiamento do pescado são de grande importância. Para a realização deste estudo, foram mensurados os usos/consumos de água em diversos pontos em uma indústria de beneficiamento de pescado, além de análises físico-químicas e bacteriológicas dos efluentes gerados nas etapas mais importantes, afim de se aplicar o gerenciamento hídrico nessa planta. Foram observados elevados usos/consumos diários em alguns pontos, nos quais as características analisadas dos efluentes gerados possuíam boa qualidade para sugerir o seu reuso, que foram: degelo dos túneis de congelamento (2816 litros); degelo das câmaras de estocagem (25291 litros); torres de resfriamento (27818 litros); descongelamento do pescado (2793 litros); lavagem de monoblocos (8897 litros); e glazeamento (1779 litros). Entretanto não foi possível o reuso direto devido os elevados níveis de coliformes totais, mas o indireto foi considerado viável, caso o efluente passe por tratamento primário e desinfecção. Uma redução teórica no uso/consumo de água com a aplicação do reuso indicou que, o aproveitamento dos efluentes do degelo dos túneis de congelamento e degelo das câmaras de resfriamento para suprir a demanda das torres de resfriamento poderia reduzir o consumo hídrico total em 8,7%. E se o efluente das torres de resfriamento também for reutilizado para outros fins não potáveis, a redução no consumo chega a 17,5%. Portanto, alguns tipos de efluentes gerados na indústria de pescado estudada possuem potencial para o reuso, assim, contribuindo para a preservação da água potável e aumentando a competitividade dessa indústria. Foram observados, especificamente na etapa do glazeamento pelo método de imersão, parâmetros

físico-químicos e bacteriológicos elevados da água utilizada nesse processo, se comparado a água potável que é utilizada para encher o tanque do glazeamento. Foram encontrados valores médios acima do permitido na água de glazeamento para os seguintes parâmetros: DBO (159 mg de O₂/L), DQO (234 mg/L), nitrogênio amoniacal (21 mg/L), nitrogênio total (71 mg/L), cor aparente (30 UH), turbidez (91 uT), alumínio total (0,29 mg/L) e Número Mais Provável de coliformes totais (2,9x10⁷NMP/10mL). Também foram encontrados níveis elevados de alcalinidade (valor máximo de 880 mg/L) e pH (valor máximo de 8,21), que mesmo não sendo estipulados na legislação referente à água potável, podem piorar a qualidade do pescado glazeado. Na etapa do glazeamento, embora o consumo de água tenha sido considerado eficiente, a qualidade da água que era reutilizada por um período de até 4 horas não estava adequada segundo as normas de potabilidade, mesmo o produto final estando em conformidade com os padrões atualmente estabelecidos para o pescado. Foi considerado então que a frequência de renovação da água de glazeamento deve ser reavaliada, de forma que o consumo seja o menor possível para garantir a qualidade da água e do produto. Concluiu-se com este estudo que foi importante a realização do gerenciamento hídrico aplicado a entrepostos de pescado, pois falta iniciativa por parte dos gestores de muitas dessas indústrias para a aplicação de práticas sustentáveis relacionadas ao consumo hídrico, além da falta de conhecimento técnico em cada etapa que envolva a utilização da água. A aplicação do reuso de efluentes e a minimização do consumo hídrico só pode ser feito com eficiência através da realização do monitoramento constante da água, para que a redução no consumo não comprometa a qualidade e segurança do produto de pescado.

Palavras-chave: Conservação pelo frio. Reuso de efluentes. Qualidade da água.

ABSTRACT

On a planet covered mostly by water, it was never imagined that this resource would generate so much concern about its availability for human consumption. The water sources around the world are decreasing due to the human interference, like water and air pollution and the incontrollable use of water. Before the increasing water crises worldwide and in Brazil, now water is being more valued and studies to reduce the water consumption and reuse are being realized. The overall industries contribute to a great part of the total water consumption worldwide and among the food industries, the seafood industries stand out. Thereby, researches about water management at seafood industries are of great importance. For the realization of this study, was measured the water consumption of several points at a seafood processing industry, as well as physicochemical and bacteriological analyses of effluents from the most important points, aiming the water management application at this plant. It was observed high consumption at some processes, which effluents characteristics had good quality for suggesting its reuse, that were: defrost of freezing tunnels (2816 liters); defrost of cooling chambers (25291 liters); cooling towers (27818 liters); thawing fish (2793 liters); plastic box washing (8897 liters); and glazing (1779 liters). However, it was not possible the direct reuse due to high levels of total coliforms, but indirect recycle and reuse is viable to be applied if it passes through a primary treatment and disinfection. A theoretical reduction in water consumption by the application of effluents reuse indicated that, the use of effluents from defrost of freezing tunnels and defrost of cooling chambers to supply the cooling towers demand, may reduce the total consumption by 8.7%. And if the effluents from the cooling towers are also going to be reused for other nonpotable purposes, the total consumption reduction reaches 17.5%. It was also observed, specifically at glazing step by dipping method, high levels for the physicochemical and bacteriological parameters analyzed in the water used for this process, if compared to the potable water used to fill the glazing tank. It were found values above the maximum permitted at glazing water for the following parameters: BOD (159 mg de O₂/L), COD (234 mg/L), ammoniacal nitrogen (21 mg/L), total nitrogen (71 mg/L), colour (30 UH), turbidity (91 uT), total aluminium (0,29 mg/L) and Most Probable Number of total coliform bacteria (2,9x10⁷MPN/10mL). It was also found high levels

of alkalinity (maximum values of 880 mg/L) and pH (maximum values of 8,21), which even not being present in the potable water legislation, can worsen the glazed seafood quality. Some kind of effluents from the studied seafood industry had potential for reuse, thus, contributing for potable water preservation and improving this industry competitiveness. At the glazing step, although the water consumption is considered efficient, the quality of the water reused for a period of up to 4 hours was not adequate according to the standards of potability, even that the final product was in conformity with the standards currently established for seafood. It was considered that renewal frequency of the glazing water must be reevaluated, so that consumption is minimized to ensure the quality of water and the product. It was concluded with this study that is important to realize water management applied to seafood industries, because lack initiative by managers of many of these industries for the application of sustainable practices related to water consumption, as well as lack of technical knowledge at each step involving the use of water. The effluents reuse application and minimization of water consumption can only be done efficiently with constant monitoring of water, so that the reduction of consumption does not compromise quality and safety of the seafood products.

Key words: Cold conservation, efluentes reuse, water quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fig. 1 – Ciclo hidrológico. Fonte: CETESB, 2016. p, 14

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

L/kg	Litros por quilograma
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
uT	Unidade de turbidez
mg/L	Miligrama por litro
uH	Unidade Hazen
pH	Potencial hidrogeniônico
DBO	Demanda biológica de oxigênio
DQO	Demanda química de oxigênio
C.B.H.A.M	Contagem de bactérias heterotróficas aeróbias e mesófilas
NMP	Número Mais Provável

SUMÁRIO

RESUMO, p. 5

ABSTRACT, p. 7

LISTA DE ILUSTRAÇÕES, p. 9

LISTA DE ABREVIÇÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS, p. 10

1 INTRODUÇÃO, p. 13

2 REVISÃO DE LITERATURA, p. 15

2.1 **A ÁGUA**, p. 15

2.1.1 **Sustentabilidade**, p. 16

2.1.2 **Água na indústria de pescado**, p. 18

2.1.2.1 **Uso/Consumo**, p. 18

2.1.2.2 **Impactos ambientais**, p. 20

2.1.2.3 **Qualidade da água**, p. 21

2.2 **GERENCIAMENTO HÍDRICO APLICADO A INDÚSTRIAS DE PESCADO**, p. 23

2.2.1 **Quantificação e caracterização de efluentes**, p. 24

2.2.2 **Minimização do uso/consumo de água**, p. 24

2.2.3 **Reúso de efluentes**, p. 26

2.3 **GLAZEAMENTO**, p. 27

2.3.1 **Uso/consumo hídrico**, p. 28

2.3.2 **Qualidade da água utilizada**, p. 28

3 DESENVOLVIMENTO, p. 30

3.1 **QUANTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF EFFLUENTS FROM SEAFOOD PROCESSING INDUSTRY AIMING REUSE AND WATER MANAGEMENT: A PILOT STUDY**, p. 30

3.2 GLAZING WATER IN SEAFOOD INDUSTRY: A REFLECTION TO THE QUALITY CONTROL, p. 40

4 **CONSIDERAÇÕES FINAIS**, p. 66

5 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**, p. 68

6 **ANEXOS**, p. 73

6.1 MENSAGEM ENCAMINHADA POR VIA ELETRÔNICA PELO COMITÊ ORGANIZADOR DO “13TH IWA SPECIALIZED CONFERENCE ON SMALL WATER AND WASTEWATER SYSTEMS”. ACEITE DE APRESENTAÇÃO DE POSTER DO RESUMO EXPANDIDO ENTITULADO “QUANTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF EFFLUENTS FROM SEAFOOD PROCESSING INDUSTRY AIMING REUSE AND WATER MANAGEMENT: A PILOT STUDY”, p. 73

6.2 MENSAGEM ENCAMINHADA POR VIA ELETRÔNICA PELO SISTEMA EDITORIAL DA REVISTA “FOOD CONTROL”. CONFIRMAÇÃO DE SUBMISSÃO DO ARTIGO “GLAZING WATER IN SEAFOOD INDUSTRY: A REFLECTION TO THE QUALITY CONTROL”, p. 74

1 INTRODUÇÃO

A água, recurso essencial para a vida, deve ser fornecida em quantidade suficiente e qualidade apropriada para garantir a saúde do ser humano. Durante muito tempo, a água foi tratada como um recurso infinito, entretanto, houve uma mudança nesse paradigma e ela agora passou a ser tratada com mais importância. Esta mudança foi reforçada pelas alterações climáticas e crescentes crises de falta d'água pelo mundo e também no Brasil (FERREIRA; GLOBO NATUREZA, 2015).

A demanda por água potável em indústrias de pescado é muito alta e seu uso/consumo está diretamente relacionado aos efluentes gerados que, em geral, possuem uma alta carga orgânica (UNEP, 2000). Neste contexto, é evidente a importância do uso sustentável da água e a necessidade da aplicação da gestão hídrica para a produção de produtos de pescado.

Ainda hoje, mesmo com toda a atenção voltada para a água, como recurso prioritário para a saúde e desenvolvimento humano, há uma necessidade de mais estudos nessa área. Nas indústrias de pescado não é diferente, existe uma escassez de estudos de gerenciamento hídrico no Brasil. A gestão dos recursos hídricos aplicados a entrepostos de pescado deve ser feita, porém é importante a preocupação com a qualidade da água, pois a mesma pode ser veiculadora de diversos contaminantes (físicos, químicos e biológicos) se não for adequadamente tratada. Neste caso, a verificação da qualidade da água tem importância para a saúde coletiva.

Neste cenário, objetivou-se neste estudo realizar o gerenciamento hídrico em indústria de pescado com foco na etapa de glazeamento. Para o desenvolvimento desta pesquisa, inicialmente foram realizadas, com base num fluxograma de processamento da indústria, a quantificação e caracterização de alguns efluentes gerados, os quais foram avaliados quanto às possibilidades de reuso. A caracterização da água utilizada durante a etapa de glazeamento, para o processamento de diversos produtos de pescado, teve como objetivo a avaliação da qualidade da água usada/consumida neste processo, visando à minimização deste efluente.

Ao buscar a otimização do uso da água garantindo a qualidade do produto, foi realizada a gestão hídrica dentro da indústria de pescado, com a quantificação do uso/consumo de água e avaliação de alguns parâmetros, relacionados ao melhor aproveitamento da água na indústria de processamento de pescado. Considerando a necessidade de mais estudos envolvendo o gerenciamento hídrico nas indústrias de pescado, nesta pesquisa pretendeu-se contribuir para futuros trabalhos de aplicação de práticas de produção mais limpa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A ÁGUA

O ciclo da água, também denominado ciclo hidrológico, é responsável pela renovação da água no planeta. O ciclo da água inicia-se com a energia solar, incidente no planeta Terra, que resulta na evapotranspiração, ou seja, evaporação das águas dos rios, reservatórios e mares, bem como pela transpiração das plantas. O vapor d'água forma as nuvens, cuja movimentação sofre influência do movimento de rotação da Terra e das correntes atmosféricas. A condensação do vapor d'água forma as chuvas, que quando atingem a terra, ocorrem dois fenômenos: um consiste no seu escoamento superficial em direção aos canais de menor declividade, alimentando diretamente os rios; o outro, a infiltração no solo, alimentando os lençóis subterrâneos. A água dos rios tem como destino final os mares e, assim, fechando o ciclo das águas (Figura 1) (CETESB, 2016).

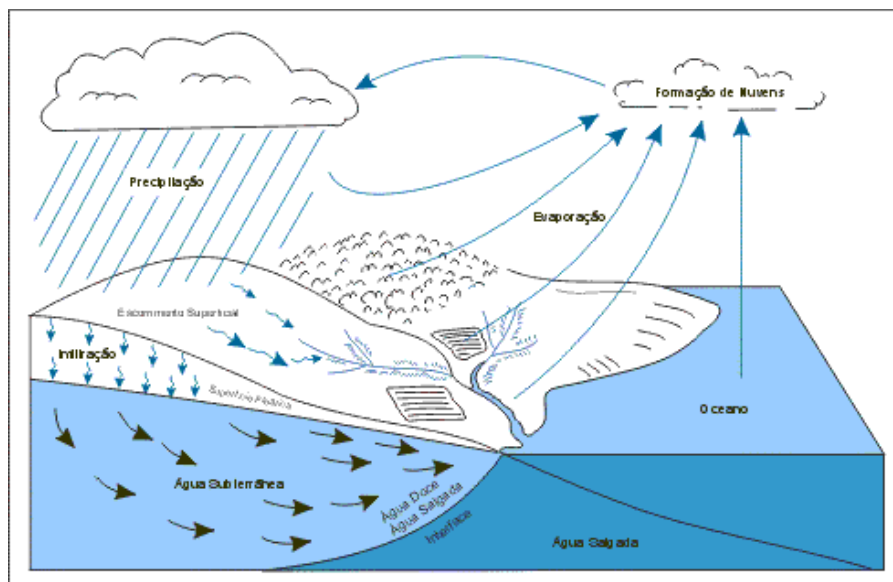


Fig. 1 – Ciclo hidrológico. Fonte: CETESB, 2016.

O volume total da água permanece constante no planeta, sendo estimado em torno de 1,5 bilhão de quilômetros cúbicos. Os oceanos constituem cerca de 97,5% de toda a água do planeta. Dos 2,5 % restantes, equivalentes à água doce, aproximadamente 1,9% estão localizados nas calotas polares e nas geleiras, enquanto apenas 0,6 % é encontrado na forma de água subterrânea, em lagos, rios

e também na atmosfera, como vapor d'água (CETESB, 2016; DESONIE, 2008). Desta água doce disponível, 96% são representados pela água subterrânea e apenas 4% por águas superficiais (DESONIE, 2008).

2.1.1 Sustentabilidade

A água por muitos anos foi considerada um recurso inesgotável da natureza, porém no ano de 1992, quando aconteceu a Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente e a Cúpula da Terra ou ECO-92, toda a atenção mundial estava voltada para este recurso vital. Foi então que a Organização das Nações Unidas proclamou na ECO-92 a Declaração Universal dos Direitos da Água, com o objetivo de atingir a todos os indivíduos, de maneira que se conscientizem da necessidade da preservação da água, um recurso finito (USP, 2016). A Agenda 21 foi o principal documento produzido pela ECO-92, contendo 2.500 recomendações sobre como atingir o desenvolvimento sustentável, sendo que em um de seus itens é abordada a questão da proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos. Para isso, deve haver planejamento e manejo adequados do uso da água, sendo preconizados sua conservação e minimização do desperdício (ONU, 1992).

No Brasil, em 08 de janeiro de 1997, foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos pela lei nº 9.433 (BRASIL, 1997a). Nesta lei é ressaltada que a água é um bem de domínio público e que é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico, e passa a ser tratada como uma “commodity”, sendo considerada uma mercadoria, passa a ter preço (MACÊDO, 2001).

Devido ao crescente problema de escassez de água em diversas regiões do mundo, em 28 de julho de 2010, a Assembleia Geral das Nações Unidas pela da Resolução 64/292 (ONU, 2010) passou a reconhecer o direito à água potável, limpa e segura, e o saneamento como um direito humano essencial para o pleno gozo da vida e todos os direitos humanos, reforçando assim, o direito humano à água de qualidade.

Mesmo após a elaboração da Agenda 21 na Eco-92 no Rio de Janeiro, incentivando o desenvolvimento sustentável e a economia de água, 20 anos depois, no evento Rio+20 nada parece ter mudado. Segundo Guimarães e Fontoura (2012), o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável foi considerado fracassado,

pois houve uma amostra de descaso dos líderes mundiais, principalmente quanto a garantia de alimento, água e energia para as gerações futuras. Decisões arduamente conquistadas em conferências anteriores foram objeto de intenso ataque e boicote por parte das grandes potências, tais como o Direito à Água Segura e Limpa e ao Saneamento, que ainda permaneceram inaceitáveis para os donos do poder e fez-se uso da Rio+20 para dar um passo atrás e renegar acordos anteriores.

Conforme os relatórios da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre a população mundial, em 2013 foi estimado uma população de 7,2 bilhões de pessoas e foi feita uma projeção de que a população chegue a 9,3 bilhões em 2050 (UNDESA, 2013). Diante deste crescimento, aumenta também a demanda por água, refletindo a necessidade da disponibilidade de água potável, assim como energia, alimentação e outros produtos e serviços que requerem água para a sua produção e distribuição (UNESCO, 2014).

Mundialmente, acredita-se que o uso/consumo total de água doce tem crescido 1% ao ano entre 1987 e 2000. As Indústrias contribuem com 19% de todo o uso/consumo de água (UNESCO, 2014). Segundo dados apresentados pela “Organization for Economic Co-operation and Development” (OECD), a projeção para 2050 é que a demanda global de água (em termos de uso/consumo de água) aumente em 55%, principalmente devido ao crescimento na demanda industrial (400%), geração de energia termoelétrica (140%) e uso doméstico (130%). O resultado disso será que a disponibilidade de água doce se tornará cada vez mais difícil durante este período de tempo, e estima-se que mais de 40% da população global esteja vivendo em áreas de sério estresse pela falta d’água em 2050 (OECD,¹ 2012 apud UNESCO, 2014 p.24).

Há uma clara evidência que as reservas de águas subterrâneas estão diminuindo, com uma estimativa de que 20% dos aquíferos pelo mundo estão sendo superexplorados, alguns em estados críticos. A agricultura é atualmente o setor a nível mundial que mais consome água, representando cerca de 70% do uso/consumo total. O setor de produção de alimentos representa aproximadamente

¹ OECD (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT). *Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction*. Paris, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-en>> Acesso em: 30 de outubro de 2014.

um terço do consumo total de energia. Portanto, quando não existem práticas de gerenciamento sustentável de recursos hídricos para limitar o impacto do uso/consumo exagerado e não sustentável, o desenvolvimento econômico pode impactar negativamente na qualidade e quantidade do abastecimento de água (UNESCO, 2014).

2.1.2 **Água na indústria de pescado**

2.1.2.1 **Uso/Consumo**

A água é extremamente importante para o setor industrial, especialmente na indústria de alimentos. No caso da indústria do pescado, a água possui aplicação indireta, como agente de higienização pessoal, dos equipamentos e dos utensílios, da produção de vapor; e direta, sendo utilizada na lavagem da matéria-prima, na depuração de pescado, na produção de gelo, no descongelamento, no glazeamento, como água de cozimento e em salmouras (FAO; WHO, 2012). Desta forma, as indústrias de pescado devem dispor de instalações que permitam o abastecimento de água potável com pressão e quantidade suficientes para garantir a qualidade do produto. Logo, é necessária atenção especial às fontes de abastecimento, quanto aos requisitos para seu tratamento, desinfecção, armazenamento e distribuição na indústria, para que atenda aos padrões físico-químicos e microbiológicos exigidos pela legislação vigente (BRASIL, 2007).

A demanda por água potável em indústrias de pescado é muito alta e a geração de efluentes está diretamente relacionada ao seu uso. Em geral, esses efluentes possuem uma alta carga orgânica, sendo assim de alto potencial poluidor (AFONSO; BÓRQUEZ, 2002; UNEP, 2000). O uso/consumo de água e as características do efluente gerado em indústrias de processamento de peixes varia principalmente com a espécie processada, tipo de produto desenvolvido, métodos de produção e aplicação de técnicas de conservação de água (NOVATEC CONSULTANTS INC.; BRITISH COLUMBIA PACKERS LTD, 1994; CHOWDHURY; VIRARAGHAVAN; SRINIVASAN, 2010). Apesar dos altos investimentos exigidos para a implantação de sistemas de tratamentos, inexistem informações a respeito da

real necessidade de uso/consumo de água nos diversos setores da maioria destes entrepostos. No Brasil, existe uma dificuldade em se monitorar o uso/consumo hídrico dentro das indústrias objetivando otimizar o seu uso, averiguar a possibilidade de reuso e instituir um gerenciamento da quantidade despendida no beneficiamento, otimizando e reduzindo os custos com tratamentos subsequentes. Esta ausência/deficiência se deve principalmente ao fato de que a maioria dos gestores ainda consideram a água como um bem infinito e/ou não são cobrados pelo uso exacerbado

A maioria das indústrias processadoras de pescado apresentam um alto uso/consumo hídrico para limpeza da planta e dos equipamentos. Entretanto, o uso/consumo hídrico por unidade de produto diminui rapidamente conforme o volume de produção aumenta. As maiores fontes de usos/consumos de água são: armazenamento e transporte do pescado; limpeza, congelamento e descongelamento do pescado; preparação de salmouras; transporte de resíduos; resfriamento da água; produção de vapor; e limpeza de equipamentos e chão (DUANGPASEUTH et al., 2007).

As companhias de alimentos estão se empenhando cada vez mais para reduzir o uso/consumo hídrico durante a elaboração dos produtos. Existem cinco formas de conseguir a redução do uso/consumo de água, que são: redução do uso incontrolado; controle e planejamento melhorado; reuso da água; reciclo da água após tratamento; e melhoramentos no “layout” da planta (Kirby, Bartram, e Carr 2003).

Existem poucas referências que indicam a quantidade de água consumida por quilograma de pescado a ser processado. Nimnu (1998) mensurou um uso/consumo de 8,9 L/kg de pescado congelado a ser processado. Já Chowdhury, Viraraghavan, e Srinivasan (2010) citaram valores entre 2,9 a 228 L/kg de pescado a ser processado em fábricas na província canadense Colúmbia Britânica. Segundo Uttamangkabovorn, Prasertsan e Kittikun (2005), o uso/consumo chega a 13 L/Kg de matéria-prima em indústria de enlatamento de atum. Alkaya (2013) descreveu um caso em que o uso/consumo de água para processamento de Anchovas chegou a 74,9 L/kg. Foram citados valores de uso/consumo hídrico na filetagem de peixes de

fundo de 38,4 a 154,2 L/Kg (RIDDLE; SHIKAZE,² 1973 apud NOVATEC CONSULTANTS INC.; BRITISH COLUMBIA PACKERS LTD, 1994). Segundo dados da “United Nations Environment Programme” (2000), o uso/consumo de água varia de 4 a 20 L/kg de salmão e de 5 a 14 L/kg de peixes marinhos em geral a serem processados, valores maiores foram obtidos em plantas mecanizadas.

2.1.2.2 Impactos ambientais

Os impactos ambientais causados pelo uso inconsciente da água nas indústrias são caracterizados principalmente através da exploração dos recursos hídricos, levando ao esgotamento dessas fontes, e do despejo de efluentes industriais, levando a contaminação das fontes de água doce disponíveis (MIERZWA, 2002).

De forma a prevenir os impactos ambientais, as indústrias de pescado ficam obrigadas a obter a licença ambiental para execução de suas atividades, no qual o órgão competente estabelece condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor. Compete ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades com significativo impacto ambiental de âmbito nacional ou regional, como é o caso do processamento de pescado (BRASIL, 1997b).

Conforme a lei 9.433, que Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (1997a), estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos de alguns usos de recursos hídricos, incluindo a derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água ou extração de aquífero subterrâneo para insumo de processo produtivo e o lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final (BRASIL, 1997a).

² RIDDLE, M. J.; SHIKAZE, K. (1973). Characterization and treatment of fish processing plant effluents in Canada. Ottawa, Environment Canada, Environmental Protection Service, Water Pollution Control Directorate. 44p.

A fim de evitar o despejo indiscriminado de efluentes em corpos d'água, existem normativas como a resolução do CONAMA nº430 de 13 de maio de 2011 (BRASIL, 2011a) e normas técnicas e diretrizes do INEA (órgão fiscalizador do estado do Rio de Janeiro), como as DZ-205.R-6 e NT-202.R-10 (RIO DE JANEIRO, 2007; 1986), que dispõem sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Outra forma de diminuir esses impactos causados pelo uso inconsciente da água nas indústrias, além da criação de normativas que dificultem as atividades poluidoras, consiste na implementação do gerenciamento hídrico e viabilização de algumas práticas, como a minimização do uso/consumo de água e o reuso de efluentes (MIERZWA, 2002)

2.1.2.3 Qualidade da água

A água é responsável por muitas doenças, resultantes da ingestão de água contaminada ou do emprego de água contaminada para diversos fins, pois atua como veiculadora de uma variedade de micro-organismos, além de contaminantes químicos e físicos (MACÊDO, 2001). O pescado, por ser considerado um alimento altamente perecível e exigir muitos cuidados em relação ao seu manuseio, tanto durante o processo de captura quanto durante a estocagem (VIEIRA, 2004), necessita de atenção especial quanto à utilização da água, que deve ser de qualidade e clorada em todos os processos de produção do pescado, afim de evitar e reduzir a contaminação por micro-organismos patogênicos e deteriorantes.

Como princípio geral, na manipulação de alimentos somente deve ser utilizada água potável, com exceção da água que não venha a entrar em contato com o produto (BRASIL, 1997c). Conforme a portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011b), entende-se por água para consumo humano, a água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, desde que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta portaria e que não ofereça riscos à saúde. Alguns dos padrões exigidos na referida portaria são: coliformes totais e *Escherichia coli* ausentes em

100mL; C.B.H.A.M não superior a 500UFC/mL; turbidez < 5 uT; cloro residual livre < 5 mg/L; cor aparente < 15 uH; e amônia < 1,5 mg/L.

Dos micro-organismos patogênicos que podem ser encontrados nas águas e conseqüentemente contaminar produtos de pescado, os mais importantes são as bactérias, como as dos gêneros *Salmonella*, *Shigella*, *Víbrio*, *Yersínia*, *Campylobacter* e *Escherichia*. Além das bactérias, podem ser citados alguns fungos, vírus, parasitos e algas (MACEDO, 2001).

Muitas vezes, devido às dificuldades de se pesquisar os micro-organismos patogênicos, são realizadas pesquisas de micro-organismos indicadores, que são aqueles que, quando presentes em um alimento em certos níveis, podem fornecer informações sobre a ocorrência de contaminação de origem fecal, sobre a provável presença de patógenos ou sobre a deterioração potencial do alimento. Com isso, podem ser avaliadas as condições higiênico-sanitárias de produção ou armazenamento. Os coliformes termotolerantes são os principais indicadores de condições higiênico-sanitárias de alimentos, mas são usados também a contagem total de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas e de heterotróficas aeróbias psicotróficas em placas (FRANCO; LANDGRAF, 2008; JAY, 2005).

Apesar da utilização de compostos clorados para fazer a desinfecção da água, é importante avaliar sua eficácia quanto à eliminação de micro-organismos patogênicos e deteriorantes, além de medir alguns parâmetros da água. O cloro é muito utilizado por ser bom e barato, porém, pode ocorrer de não exercer o seu efeito desinfetante. Se a água tiver muita matéria orgânica, irá reagir com o cloro formando cloraminas, que possuem baixo poder desinfetante, e a concentração ideal de cloro livre (ativa) não vai ser atingida. O pH da água também é importante na desinfecção com cloro, por ser mais ativo em pH abaixo de 7 (SOBSEY,³ 1989 apud HUSS, 1997).

Apesar da utilização da água para lavagem da superfície do pescado ser essencial para reduzir a microbiota natural de pescado, a fim de retardar a deterioração e eliminar micro-organismos patogênicos, se não for potável ou estiver contaminada por patógenos, poderá contaminar o pescado (HUSS, 1997).

³ SOBSEY, M. D. Inactivation of health-related microorganisms in water by disinfection processes. 1989. *Wat. Sci. Tech.* v. 21 n.3, p. 179–195.

Em estudo de Saritha, Jeyasanta e Patterson (2014), parâmetros microbiológicos foram avaliados antes e após o uso de água para lavagem e gelo contaminados. Neste caso foi verificado que após as lavagens e uso do gelo houve aumento das contagens de bactérias aeróbias mesófilas e fungos. As altas contagens de coliformes fecais e até a presença de *Salmonella* spp. e *Shigella* spp. no pescado também foram associadas à contaminação da água utilizada para lavagens e a manipulação inadequada.

2.2 GERENCIAMENTO HÍDRICO APLICADO ÀS INDÚSTRIAS DE PESCADO

O alto uso/consumo de água era comumente encorajado no passado para controlar a higienização do estabelecimento produtor. Desde o final do século XX, esforços bem-sucedidos têm sido realizados para diminuir o uso/consumo hídrico sem comprometer a higienização da indústria (NOVATEC CONSULTANTS INC.; BRITISH COLUMBIA PACKERS LTD, 1994). Tais esforços são aplicados através do gerenciamento hídrico que consiste em fazer o monitoramento total da utilização da água dentro da planta industrial, a fim de aplicar medidas de produção mais limpa (P+L) ou “cleaner production”, que visem a minimização do uso/consumo hídrico e redução da geração de efluentes industriais sem comprometer a qualidade do produto (UTTAMANGKABOVORN; PRASERTSAN; KITTIKUN, 2005).

As opções e práticas de gerenciamento de resíduos e efluentes mudaram muito nos últimos anos. Os sistemas de tratamentos de fim de tubo exigidos pelas agências regulatórias não são mais vistos como única opção para a proteção ambiental. Altos custos de tratamento de efluentes e o aumento dos custos para eliminação de resíduos tem mudado a atenção para a conservação, reuso e práticas de recuperação de subprodutos (NOVATEC CONSULTANTS INC.; BRITISH COLUMBIA PACKERS LTD, 1994).

A busca por alternativas de otimização de uso de água em um determinado tipo de empresa deve seguir um programa de gerenciamento hídrico composto de sete etapas: coleta e análise de documentos (1), realização de balanço hídrico (2), avaliação dos pontos de maior uso/consumo (3), minimização (4), avaliação das possibilidades de reciclo e reuso direto (5) e indireto (6), gerenciamento e

manutenção do sistema (7) (LUIZ, 2007). No presente estudo, os esforços foram concentrados nas etapas 2, 4, 5 e 6, como se segue.

2.2.1 Quantificação e caracterização de efluentes

Para colocar em prática o gerenciamento hídrico e a aplicação de técnicas de produção mais limpa, de forma eficiente e ter comprovados seus benefícios quanto o uso/consumo hídrico e geração de efluentes, deve haver o monitoramento da água usada nos processos industriais. Uttamangkabovorn, Prasertsan e Kittikun (2005) descreveram bem os procedimentos de quantificação e caracterização dos efluentes em uma indústria de enlatamento de atum.

Um dos primeiros passos para a implementação do reuso de efluentes, como etapa do gerenciamento hídrico, é a realização de um estudo de uso/consumo hídrico nas diferentes operações, a avaliação das características da água e alimento durante o processamento e documentação das informações necessárias para a seleção das potenciais fontes de água para reuso. Esta é uma boa ferramenta para avaliação do potencial de reuso e para a identificação de perigos microbiológicos associados a água (CASANI; LETH; KNØCHEL, 2006).

Conforme o estudo de Sirianuntapiboon e Nimnu (1999), foram realizadas a caracterização e quantificação dos efluentes em indústrias de processamento de pescado, tornando-se possível a recomendação de métodos de reuso e reciclo e sistemas de economia de água, a fim de obter a redução do uso/consumo hídrico.

2.2.2 Minimização do uso/consumo de água

Medidas de minimização do uso/consumo da água são principalmente designadas para tentar reduzir o gasto hídrico nas plantas de processamento de pescado, embora alguma redução na carga de contaminantes possa também ser alcançada. Portanto, a minimização tem dois grandes efeitos benéficos, é rentável, pois economiza com o gasto em água, energia e tratamento de efluentes, e reduz o

lançamento de efluentes contaminantes, protegendo o meio ambiente (NOVATEC CONSULTANTS INC.; BRITISH COLUMBIA PACKERS LTD, 1994).

De acordo com Novatec Consultants Inc.; British Columbia Packers Ltd (1994), práticas de minimização não devem comprometer a sanidade da indústria, para que não ocorra a contaminação do pescado além dos níveis permitidos, portanto, esta prática deve estar em conformidade com as normas reguladoras da atividade. Modificações ou instalações de equipamentos na indústria, devem ser realizadas de forma que facilite sua limpeza e higienização, a fim de garantir uma fácil implementação da conservação de água. Além disso, hidrômetros devem ser instalados para permitir o monitoramento do uso/consumo hídrico de vários processos e operações.

Segundo Luiz (2007), a implantação de uma proposta de gerenciamento hídrico industrial em uma indústria piloto do setor de aves e de suínos, por exemplo, poderia reduzir em até 25,6% o uso/consumo total de água utilizada no beneficiamento da matéria-prima, sendo 9,4% apenas aplicando técnicas de minimização baseadas na legislação. O impacto positivo para a economia financeira desse empreendimento chegaria a uma redução de 27,4% dos custos em tratamento de água e efluentes.

Plantas de processamento de pescado no Noroeste da Europa, nas quais foram implementadas algumas técnicas de minimização, reportaram até 50% de redução no uso/consumo hídrico (NOVATEC CONSULTANTS INC.⁴, 1993 apud NOVATEC CONSULTANTS INC.; BRITISH COLUMBIA PACKERS LTD, 1994).

Segundo Alkaya (2013), como resultado da minimização do desperdício e aplicações de reciclo, o uso/consumo hídrico foi consideravelmente reduzido na companhia de processamento de pescado estudada. O uso/consumo hídrico específico diminuiu em 64,9% e 77,2% nos processos de descongelamento e evisceração de anchovas, respectivamente.

Segundo Uttamangkabovorn, Prasertsan e Kittikun (2005), após aplicação de medidas de conservação de água em uma indústria de enlatamento de atum, o uso/consumo hídrico de três etapas de produção (resfriamento do produto, lavagem

⁴ NOVATEC CONSULTANTS INC. Wastewater Handling in Selected Fish Processing Plants in Northern Europe - a Report to Fisheries Council of B. C., 1993a

de latas, e limpeza de piso e equipamentos) foi reduzido em 66, 55 e 14%, respectivamente. O uso/consumo hídrico na indústria passou de 13 para 8,8 L/kg de matéria prima, representando uma redução de 32% no uso/consumo total de água.

Cada vez mais, diferentes tecnologias estão sendo utilizadas para minimizar o uso/consumo hídrico e geração de efluentes. De acordo com Casani, Leth e Knøchel (2006), as maiores economias de água podem ser alcançadas reduzindo o uso incontrolado e melhorando os projetos, o planejamento, e controle tanto nos procedimentos de produção quanto de limpeza, com isso, usando mais eficientemente a água disponível.

2.2.3 Reuso de efluentes

Em 2000, a comissão do *Codex Alimentarius* publicou um documento intitulado “proposed draft guidelines for the hygienic reuse of processing water in food plants”, no qual se define o reuso de água na indústria como: a recuperação da água usada em uma etapa de processamento, incluindo do próprio alimento; seu tratamento, se aplicável; e seu uso nas mesmas, anteriores, ou subseqüentes operações de produção de alimentos. Neste mesmo documento é determinado que a água de reuso deve ser segura para seu uso pretendido e não deve comprometer a segurança do produto através da introdução de contaminantes químicos, microbiológicos ou físicos em quantidades que representem risco à saúde do consumidor ou afetem a qualidade sensorial (sabor, cor, textura) dos mesmos (CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION, 2000). De acordo com Novatec Consultants Inc. e British Columbia Packers Ltd (1994), a água de reuso deve ser movimentada de operações mais limpas para as menos limpas ao implementar o reuso de efluentes, visando garantir a qualidade e segurança dos alimentos.

Na indústria, existem possibilidades para melhorar a eficiência do uso/consumo hídrico e promover o reuso da água. O reuso pode se tornar mais eficiente visando combinar os requerimentos de qualidade da água do processo pretendido com o tipo de água a ser usada, o que requer uma análise dos pontos críticos de controle e uma avaliação do potencial de contaminação dos produtos (KIRBY; BARTRAM; CARR, 2003).

Semelhante às medidas de minimização do uso/consumo de água, o reuso pode reduzir o uso da água, reduzir o volume de efluentes que requer menores estações de tratamento, e pode concentrar os poluentes facilitando o tratamento ou recuperação de subprodutos. Possíveis problemas no reuso de água incluem: contaminação química e bacteriana; água recuperada com alta carga orgânica e tratada com cloro podendo produzir compostos tóxicos, mutagênicos ou carcinogênicos; a falta de equipamento de monitoramento “online” para determinar a qualidade da água em tempo real; possibilidade de veiculação de doenças (NOVATEC CONSULTANTS INC.; BRITISH COLUMBIA PACKERS LTD, 1994).

Atualmente existem guias e regulamentos a respeito do uso e reuso da água em indústria de alimentos, reconhecendo o uso de outras qualidades de água além da água potável. Isto oferece flexibilidade na prática do reuso, porém ao mesmo tempo requer um alto nível de conhecimento multidisciplinar e documentação substancial da indústria e autoridades regulatórias. Pesquisas e desenvolvimento tem sido de alguma forma dificultada nesta área devido ao medo de se abaixar os padrões de higiene, pondo em risco a saúde do consumidor (CASANI; ROUHANY; KNØCHEL, 2005).

Casani, Leth, e Knøchel (2006), avaliaram os problemas de segurança microbiológica associados com o reuso da água durante a produção de camarões, no qual foi desenvolvido uma eficiente estratégia de tratamento para que os efluentes recuperados possam ser reutilizados em contato com o produto. Com isso, concluiu-se que os perigos associados ao reuso hídrico podem ser controlados estabelecendo medidas a serem incorporadas no programa de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC).

2.3 GLAZEAMENTO

O glazeamento é realizado no produto logo após o processo de congelamento, seja pela imersão ou aspersão de água gelada, fazendo com que seja criada uma fina camada de gelo na superfície do produto congelado, e transferido imediatamente para o armazenamento à baixa temperatura. Para a técnica de imersão, são utilizados tanques cheios de água onde o produto é mergulhado e na técnica de aspersão utilizam-se bicos aspersores para aspergir a água diretamente no pescado (JOHNSTON et al., 1994).

Esta técnica é amplamente utilizada visando proteger o produto dos efeitos da desidratação e oxidação durante o armazenamento refrigerado. A camada de gelo sofre sublimação ao invés do pescado e também exclui o ar da superfície do pescado, reduzindo assim a taxa de oxidação lipídica (JOHNSTON et al., 1994; FAO; WHO, 2012). Portanto, o glazeamento promove a preservação do sabor, do aroma e da textura do pescado, minimizando os efeitos do gotejamento durante o descongelamento (JACOBSEN; FOSSAN, 2001)

Para se conseguir a formação de uma camada de gelo completa e uniforme na superfície do pescado, o processo do glazeamento precisa ser rigorosamente controlado. A camada de gelo formada vai variar na quantidade de água utilizada, dependendo dos seguintes fatores: tempo de glazeamento; temperatura do pescado; temperatura da água; tamanho do produto; e formato do produto (JOHNSTON et al., 1994).

Segundo Johnston et al. (1994), o glazeamento por imersão em um contêiner de água não é recomendado. Pois, além de variações na espessura da camada de gelo formada, com o tempo a água irá se tornar contaminada. O método de glazeamento por aspersão de água refrigerada é mais adequado, porém também é difícil obter uma camada completamente uniforme de gelo e pode ser necessário inverter o pescado para garantir que todas as superfícies sejam tratadas.

2.3.1 Uso/consumo hídrico

Na indústria do presente estudo, por exemplo, o uso/consumo da etapa do glazeamento representa 1,4% da água total consumida relacionada ao beneficiamento dos produtos de pescado. Muito inferior ao uso/consumo hídrico relacionado às mesas de processamento (lavagem, evisceração, filetagem), que representa 16,7% da água total.

2.3.2 Qualidade da água utilizada

Segundo FAO e WHO (1995), a água usada no glazeamento deve ser potável, potável com aditivos aprovados ou água do mar limpa. A água potável é a

água doce apta para o consumo humano. Os padrões de potabilidade não devem ser menores que os determinados na última edição do "International Guidelines for Drinking Water Quality" (WHO, 2011). A água do mar limpa deve atender os mesmos padrões microbiológicos requeridos para a água potável e ser livre de substâncias nocivas. (FAO; WHO, 2012; 1995).

Para garantir a qualidade da água no processo do glazeamento, de forma que todos os produtos ali processados sejam de qualidade, a água de glazeamento deve ser renovada regularmente para garantir que não ocorra alta carga bacteriana e para prevenir o acúmulo de material estranho (FAO; WHO, 2012).

No Brasil, os aditivos permitidos na água de glazeamento são determinados polifosfatos na concentração máxima de 0,5g/100mL (BRASIL, 1988), que aumentam a capacidade de retenção de água e proteção contra oxidação lipídica (LAMPILA, 1993). Contudo, diversas pesquisas têm sido desenvolvidas visando à preservação de produtos de pescado pelo uso de outros aditivos na água de glazemaneto como: extratos de chá (LIN; LIN, 2005; SUNDARARAJAN, 2010;), proteína do soro do leite (RODRIGUEZ-TURIENZO et al. 2011), solução com quitosana (SOARES; MENDES; VICENTE, 2013), óleos essenciais (COBAN, 2013) e água eletrolisada fracamente ácida (ZHANG et al. 2015).

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 QUANTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF EFFLUENTS FROM SEAFOOD PROCESSING INDUSTRY AIMING REUSE AND WATER MANAGEMENT: A PILOT STUDY⁵

⁵ O resumo expandido, referente a este artigo, já foi aceito no 13th IWA Specialized Conference on Small Water and Wastewater Systems. Serão seguidas as instruções das seguintes revistas (IWA, 2016): *Journal of Environmental Management*; *Water Science & Technology*; *Water Science & Technology: Water Supply*; *Water Practice & Technology*; *Desalination & Water Treatment* (ANEXO 6.1).

Quantification and characterization of effluents from seafood processing industry aiming reuse and water management: a pilot study

J. T. Guimarães^{*}, A.L.M. Souza^{*}, A. I. S. Brígida^{**}, D. B. Luiz^{***}, E. F. M. Mesquita^{*}

^{*} Federal Fluminense University (UFF) - Veterinary Hygiene and Technological Processing of Animal Products. R. Vital Brasil Filho, 64 - Icaraí, Niterói - RJ - Brazil.

(E-mail: jonassguimaraes@gmail.com; andrevetuff@gmail.com; elianafmm@uol.com.br)

^{**} Embrapa Food Technology. Avenida das Américas, n. 29501 Rio de Janeiro – Brazil.

(E-mail: ana.iraidy@embrapa.br)

^{***}Embrapa Fisheries and Aquaculture. Quadra 104 Sul Avenida LO 1 N 34 Conjunto 4, primeiro e segundo Pavimentos, Palmas, Tocantins - Brazil.
(E-mail: danielle.luiz@embrapa.br)

Abstract

Before a major global drinking water crisis, it becomes increasingly important to concern about the utilization of sustainable techniques, mainly those that aimed at saving of potable water. In this way, the objective of this work was to quantify and qualify effluents from general activities in a seafood processing industry, in order to identify which has the potential for reuse. To this purpose, water use (water balance) was measured at six steps of fish processing, and physicochemical and bacteriological analysis of effluents were carried out. Direct reuse was not indicated for any analyzed effluent, mainly due to high level of total coliform bacteria (2.4×10^4 to 3×10^7) and total solids (237.9 ± 89.8 to 2282 ± 911.0) in all effluents. However, indirect recycle and reuse can potentially be applied if submitted to primary treatment and disinfection mainly of the effluents from defrost of freezing tunnels and defrost of cooling chambers. The monthly-generated volume of these two effluents (67600 and 606986 liters, respectively) can supply the demand of the cooling towers (667633 liters) or even toilets and courtyard cleaning. This practice may reduce the total average consumption of the processing unit by 8.7% and if the effluents from the cooling towers are also going to be reused, the total average consumption reach 17.5%, this way, enhancing the competitiveness of this industry and preserving drinking water.

Keywords

Industry, reuse, recycle, sustainability, wastewater

INTRODUCTION

The demand of potable water is very high in seafood industries and the volume of effluent generated is directly related to its use. In general, those effluents contain high organic load (Afonso & Bórquez, 2002). Therefore, it is of great importance the sustainable use of potable water for seafood production, applying water and wastewater management practices, mainly focusing in reducing potable water consumption. However, most food manufacturers have not been using these alternatives because of a lack of available information concerning the reuse of effluents for industrial purposes.

The first step in reducing water consumption is to analyze water use patterns carefully to identify leaks, wasteful practices and ways to address them. Once water use for essential operations has been optimized, water reuse can be considered without compromising product quality and hygiene (Chowdhury, Viraraghavan, & Srinivasan, 2010).

The main factor in wastewater reuse remains in matching the effluent from one unit process with the affluent requirements of another unit process to not compromise product quality and hygiene (José, 2013; Luiz, 2012; Chowdhury, Viraraghavan, & Srinivasan, 2010).

There are great and considerable limitations for wastewater reuse, that are restrictions imposed by legislation and hygienic concerns (Casani, Rouhany & Knøchel, 2005). Legal conditions (guidelines and regulations regarding the use and reuse of water in the food industry) have been created, admitting and/or not restricting the use of non-potable water and water from direct and indirect potable reuse (CAC, 1999, 2001, 2007; EPA, 2012).

The recycled water obtained from a food processing operation can be addressed for nonpotable or potable reuse. For potable reuse purposes, the water quality needs to meet potability standards established by law, e.g. Guidelines for Drinking-Water Quality (WHO, 2011), the Council Directive 98/83/EC (European Union, 1998) and Portaria nº 2.914 (Brazil, 2011). If the purpose of the reuse is nonpotable applications, like general facility cleaning (floors, walls, ceilings), boiler feed water, cooling water or any other process that did not come into direct or indirect contact with the product, the specific Guidelines for Water Reuse should be followed (EPA, 2012; Greece, 2011; Spain, 2007; CAC, 1999; Brazil, 1997). Some water quality parameters are not established by these guidelines, because do not present a safety risk for the final product, but can be harmful to other applications.

One of the largest industrial uses for the recycled water is in the cooling towers, because it consumes much water and do not requires so restrictive standards as for potable purposes (EPA, 2004). One of the major issues with reused water in cooling towers relates to occurrence of biological growth when nutrients are present. It can interfere with heat transfer and cause microbiologically induced corrosion from acid or corrosive by-products. Scaling can also be a problem in cooling towers (EPA, 2012).

The purpose of this work was to quantify and qualify the effluents produced from general activities of a frozen and fresh seafood processing industry, identifying those with greater potential for water reuse. This study indicates that is important to carry water management in fish processing industries considering the restrictions and hygiene concerns specific to food industries, aiming minimization of water use/consumption and wastewater production by qualifying and quantifying of produced wastewaters.

METHODS

This work was carried out in a fish processing plant in the southeast region of Brazil. The effluents from six common points to all processes of the industry were analyzed: defrost of freezing tunnels, defrost of cooling chambers, cooling towers, thawing fish, plastic box wash machine and glazing. The consumption pattern were compared with the effluents characteristics, it may be suggested what points have the potential for reuse.

Effluents quantification

The quantification of potable water used in each processing step was measured daily by readings of ultrasonic hydrometers installed on the pipe that supplied water to the selected point. When it was impractical to install a flow meter, the water consumption was calculated by the flow rate of the water tap and time of use.

- Defrost of freezing tunnels: was realized at least once a day, using a hose for spray water directly into the ice formed at freezer evaporator coil and the consumption was measured by the calculation method.
- Defrost of cooling chambers: was realized by an automatic water spraying system and the consumption was measured using a hydrometer.
- Cooling towers: was used a system of water recirculation and the consumption was measured using a hydrometer.
- Thawing fish: it was used plastic containers for thawing the fish. The container was filled of water through a hose and the water was renewed once a day. The consumption was measured by the calculation method.
- Plastic box wash machine: it was an automatic machine with spray water system. The consumption was measured using a hydrometer.
- Glazing water: it was used a dipping method for glazing the products. The consumption was measured by the calculating method for water and converting the ice weigh in volume of water.

Effluents characterization

The effluents samples were collected monthly for a year, totalizing 12 samples per effluent. Physicochemical and bacteriological analyses were carried out according to the methodologies described at “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 2012) (table 1). The classified parameters were: biochemical oxygen demand (BOD_{5.20}), chemical oxygen demand (COD), pH, Ammonia nitrogen, total nitrogen, total solids, alkalinity, colour, turbidity, hardness, oil and grease (O&G), chloride, conductivity, aluminium, iron and total coliform bacteria.

Table 1. Methods used for analysis of various parameters.

Parameter analyzed	Method
BOD	SMEWW 5210-B. - 5-Day BOD Test
COD	SMEWW 5220 - D - Closed Reflux, Colorimetric Method
PH	SMEWW4500H+B – Eletrometric Methods
Ammoniacal nitrogen	SMEWW 4500 NH ₃ - F - Phenate Method
Total nitrogen	SMEWW 4500-N
Total solids	SMEWW 2540 B. - Total Solids Dried at 103-105oC

Alkalinity	SMEWW 2320 B. Titration Method
Colour	SMEWW 2120 C - Spectrophotometric - Single-Wavelength Method
Turbidity	SMEWW 2130 B. Nephelometric Method
Hardness	SMEWW 2340 C. EDTA Titrimetric Method
O&G	SMEWW 5520 D - Soxhlet Extraction Method
Chloride	SMEWW 4500-Cl- B - Argentometric Method
Conductivity	SMEWW 2510 B - Laboratory Method
Total aluminium	SMEWW 3030 E- Nitric Acid Digestion and 3111D - Direct Nitrous Oxide-Acetylene Flame Method
Total iron	SMEWW 3030E - Nitric Acid Digestion and 3111B - Direct Air-Acetylene Flame Method
Total coliforms	SMEWW 9223 B- Enzymatic Substrate Coliform Test

Analysis of effluents with potential for reuse

The results from the effluents analysis were compared to water standards for industrial use and reuse accordingly with its intended use (EPA, 2012; Greece, 2011; Spain, 2007; European Union, 1998; Brazil, 1997) (Table 2). In this study, it was used only European Union (1998) reference as potable water standard, because it is similar to the Brazilian legislation (Brazil, 2011) and Guidelines for Drinking-Water Quality (WHO, 2011).

Table 2. Water standards for industrial reuse and effluent discharge.

Parameter (unit)	European Union, 1998 ¹	Brazil, 1997 ²	EPA, 2012 ³	Spain, 2007 ⁴	Greece, 2011 ⁵
DBO _{5,20} (mg/L)		<20	≤ 30		≤10
COD (mg/L)		<50			
Ammoniacal nitrogen (mg/L)		<5			
O&G		<30			
Total suspended solids (mg/L)		<20	≤ 30	<35	≤10
Aluminium (mg/L)	0,2				
Ammonium (mg/L)	0,5				
Chloride (mg/L)	250				
Colour (HU)	15				
Conductivity (µS/cm-1 at 20 °C)	2500				
pH	6.5–9.5	6.0–9.0	6.0-9.0		6.0–9.0
Iron (mg/L)	0,2				
Total coliform bacteria (MPN/100 ml)	0				
Fecal coliform bacteria (MPN/100 ml)	0	<1000	≤ 200	<1000	≤ 5
Turbidity (NTU)	1				≤ 2

Note 1. European Standard for potable water

Note 2. Brazilian standard for treated effluent discharge on superficial waters

Note 3. USA standards for water reuse in cooling towers

Note 4. Spanish standard for water reuse in industrial cleaning process

Note 5. Greece standard for wastewater reuse as cooling water

RESULTS AND DISCUSSION

Wastewater characteristics of defrost of freezing tunnels, defrost of cooling chambers, cooling towers, thawing fish, plastic box wash machine and glazing were studied (table 3). The effluents can be reused directly or after treatment depending on its intended use, the water quality required in that operation and the characteristics of the effluent (Casani, Rouhany & Knøchel, 2005).

All the effluents analyzed had at least two parameters above the limits for potable water, including total coliform bacteria that was observed in high levels for all effluents. Therefore, there was not possible to reuse these effluents directly for potable use.

However, the effluents from defrost of freezing tunnels, defrost of cooling chambers and cooling towers had parameters close to the limits for potable water, but it was also observed some parameters with higher levels than the potability standards: total solids; total aluminium; total iron; and total coliform bacteria.

The total coliform bacteria, which includes both fecal and environmental species, is only established for potable water and can be used to assess the cleanliness and integrity of distribution systems and the potential presence of biofilms. For others uses, as nonpotable reuse of effluents is established the analysis of fecal coliforms bacteria, which can indicate fecal pollution, but is still regarded as a less reliable as *Escherichia coli* (WHO, 2011). However, the high levels of total coliform bacteria found in this study, was a limiting factor that prevented the directly reuse of effluents in any other procedure or processing stage, because it may indicate the presence of other microorganisms.

Table 3. Mean values and standard deviations of the effluents analysis results (Characterization).

Parameters	Glazing	Defrost of freezing tunnels	Defrost of cooling chambers	Cooling towers	Plastic box wash machine	Thawing fish
BOD (mg O ₂ /L)	158.9 ± 72.4	21.1 ± 30.8	15.4 ± 19.3	7.8 ± 4.8	120.8 ± 68.0	497.4 ± 605.5
COD (mg/L)	233.7 ± 88.6	39.2 ± 35.4	34.3 ± 42.1	25.2 ± 21.4	179.1 ± 98.4	687 ± 848.4
pH	7.33 ± 0.6	7.4 ± 0.9	8 ± 0.8	8.7 ± 0.6	7.3 ± 0.5	7.2 ± 0.4
Ammoniacal nitrogen (NH ₃ -N) (mg/L)	20.9 ± 15.6	3.68 ± 1.8	3.8 ± 9.5	0.04 ± 0.05	14.7 ± 8.3	28.3 ± 25.6
Total nitrogen (mg/L)	70.7 ± 58,6	19.4 ± 11.3	14 ± 16.4	14 ± 19.7	47.2 ± 30,9	76.0 ± 62.9

Total solids (mg/L)	482.1 ± 140.0	237.9 ± 89.8	641.2 ± 625.8	2282 ± 911.0	378.2 ± 180.3	1248.9 ± 1304.8
Alkalinity (mg/L de CaCO ₃)	222.6 ± 215.4	98.2 ± 31.8	327.8 ± 510.4	520.3 ± 386.8	200.8 ± 144.0	301.3 ± 233.6
Colour (uH)	30.4 ± 33.6	14.2 ± 7.9	24.6 ± 22.1	10.4 ± 3.9	15.8 ± 8.2	106.2 ± 121.3
Turbidity (UNT)	91.1 ± 145.5	27.1 ± 32.3	16.9 ± 22.9	3.4 ± 2.4	30.5 ± 19.7	43.1 ± 43.6
Hardness (mg/L)	47.5 ± 8.0	40.3 ± 9.1	42 ± 16.2	103.9 ± 92.9	52.1 ± 13.0	81.3 ± 55.1
O&G (mg/L)	30 ± 15.3	<10	<10	<10	33.3 ± 21.4	38.4 ± 47.6
Chloride (mg/L)	32.4 ± 9.1	19.6 ± 17.7	70.7 ± 104.7	212.3 ± 98.1	30.0 ± 19.1	191.1 ± 248.1
Conductivity (µS/cm)	437.7 ± 97.2	255.7 ± 29.0	737.3 ± 872.1	2546.7 ± 942.7	450.3 ± 125.3	1033.9 ± 1022.3
Total aluminium (mg/L)	0.3 ± 0.25	0.7 ± 0.9	0.7 ± 0.7	0.1 ± 0.10	0.2 ± 0.10	0.6 ± 1.0
Total iron (mg/L)	0.1 ± 0.08	1.0 ± 1.4	2.1 ± 3.8	0.07 ± 0.03	0.2 ± 0.08	0.4 ± 0.4
Total coliform bacteria (MPN/100mL)	3x10 ⁷	5.1x10 ⁵	2.4x10 ⁴	8.2x10 ⁵	2.3 x10 ⁷	2.6 x 10 ⁷ ±

The effluents produced from glazing, plastic box wash machine and thawing fish, had high levels of BOD, COD, total nitrogen, colour, turbidity, O&G. and total coliform bacteria This occurred because the water used in this process had direct or indirect contact with the fish product, and the effluent accumulated organic matter.

The effluents from defrost of freezing tunnels, defrost of cooling chambers and cooling towers did not come in contact with the product, and had lower levels of the parameters related to organic matter cited before. However, it was observed some increased parameters at the cooling tower effluent, as total solids, alkalinity, hardness, chloride, conductivity, and total coliform bacteria. Effluents from defrost of freezing tunnels and defrost of cooling chambers had increased values for total solids, alkalinity, turbidity, total aluminium, total iron and total coliform bacteria.

The primary constituents resulting in scale potential from recycled water to be used in cooling towers are calcium, magnesium, sulfate, alkalinity, phosphate, silica, and fluoride. Other important water parameter in cooling towers is dissolved solids, which will remain in the recirculated water after evaporation. These solids must be removed or treated to prevent accumulation on the cooling equipment as well as the cooling tower (EPA, 2004).

Analysing the case of the pilot industry, the direct reuse was not possible, for both potable or nonpotable reuse, due to high total coliforms count at all effluents, high total solids in three effluents, high turbidity at one effluent and high O&G at three effluents.

However indirect recycle and reuse can potentially be applied after primary treatment and disinfection of the effluents from defrost of freezing tunnels and defrost of cooling chambers. Primary treatment is generally understood as the set of operations performed to remove floatable and settling solids and disinfection process is used for destroying bacteria and algae or inhibiting their growth (Gonzalez, 1996). The monthly-generated volume of these two effluents can supply the water demand of the cooling tower since it meets the specific requirements (EPA, 2012; Greece, 2011) or even the toilets and courtyard cleaning (BRASIL, 1997).

The quantification of water consumption was realized at the studied seafood industry and the results are presented at the table 4. The total estimated consumption from the processing unit was 255,798 liters daily and 7,673,943 liters monthly.

Table 4. Results from effluents quantification.

Effluent points	Daily average water consumption (Liters)	Monthly average water consumption (Liters)
1-Glazing	1779.00	53385.00
2- Defrost of freezing tunnels	2816.67	67600.00
3- Defrost of cooling chambers	25291.11	606986.67
4- Cooling towers	27818.06	667633.33
5- Plastic box wash machine	8897.08	213530.00
6-Thawing fish	2793.66	83810.00

The points with largest water consumption was the cooling towers, defrost of cooling chambers and plastic box wash machine (667633, 606986, 213530 liters, respectively). A theoretical reduction in water consumption by the application of the effluents from defrost of freezing tunnels and defrost of cooling chambers as water reuse may reduce the total average consumption of the processing unit by 8.7%. If the effluents from the cooling towers are also going to be reused for other nonpotable purposes, the total average consumption of the processing unit may reduce 17.5%. These reductions in water consumption implies in reductions of water funding costs/water treatment, wastewater treatment/effluents discharge, supplies and energy, furthermore, it provides marketing actions as a sustainable company.

CONCLUSIONS

Some types of effluents from seafood processing industry can potentially be used as reuse water if submitted to a primary treatment and disinfection, enhancing the competitiveness of this industry.

Since fish processing industry consumes large amounts of water and the demand for manufactured fish goods increases, the implementation of techniques of water management and wastewater reuse must be recognized and stimulated. Industrial wastewater reuse is a great alternative to the preservation of fresh drinking water.

REFERENCES

- Afonso, M.D.; Bórquez, R (2002). Review of the treatment of seafood processing wastewaters and recovery of proteins therein by membrane separation processes – prospects of the ultrafiltration of wastewaters from the fish meal industry. *Desalination*, 142(1), 29-45.
- APHA - American Public Health Association (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22 ed. Washington, DC.
- Brazil, Ministério da Saúde (2011). Portaria nº 2.914, 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 República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 12 de dezembro de 2011.
- Brazil (1997). NBR 13969. *Tanque sépticos: Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes- Projeto, construção e operação*. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Rio de Janeiro.
- CAC (Codex Alimentarius Commission) (1999). 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.
- CAC (Codex Alimentarius Commission) (2001). *Proposed Draft Guidelines for the Hygienic Reuse of Processing Water in Food Plants; CX/FH 01/9*. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, 34th Session, Bangkok, Thailand.
- CAC (Codex Alimentarius Commission) (2007). *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, Italy.
- Casani, S.; Rouhany, M.; Knøchel, S (2005). A discussion paper on challenges and limitations to water reuse and hygiene in the food industry. *Water Research*, 39(6), 1134-1146.
- Chowdhury, P.; Viraraghavan, T.; Srinivasan, A (2010). Biological treatment processes for fish processing wastewater – A review.” *Bioresource Technology*, 101, 439-449.
- EPA - United States Environmental Protection Agency (2004). *Guidelines for Water Reuse*. EPA 625/R-04/108. Environmental Protection Agency. Washington, D.C.
- EPA - United States Environmental Protection Agency (2012). *Guidelines for Water Reuse*. EPA/600/R-12/618. Environmental Protection Agency. Washington, D.C.
- European Union (1998). Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. *Off. J. Eur. Commun.*, L330, 32–53.
- Greece (2011). Joint Ministerial Decree (JMD) 145116/2011: Definition of measures, conditions and procedure for wastewater reuse. *Greek Government Gazette*, 354B, 8/3/2011.
- Gonzalez, J.F. (1996). Wastewater Treatment in the Fishery Industry. FAO Fisheries Technical Paper (FAO), No. 355/FAO, Rome (Italy), Fisheries Dept. Available in: <<http://www.fao.org/docrep/003/V9922E/V9922E00.HTM#Contents>> Access: 13/04/2016.
- José H. J., Moreira R. F. P. M., Luiz D. B., Virmond E., Genena A. K., Andersen S. L. F., Sena R. F. and Schröder H. Fr. (2013). Water and Wastewater Management and Biomass to Energy Conversion in a Meat Processing Plant in Brazil – A Case Study. In: Muzzalupo, I. (Ed.) *Food Industry*. cap. 30, 702-733.
- Luiz, D. B., José, H. J. & Moreira, R. F. P. M (2012). A Discussion Paper on Challenges and Proposals for Advanced Treatments for Potabilization of Wastewater in the Food Industry. In: Valdez, B. (Ed.). *Scientific, Health and Social Aspects of the Food Industry*.
- Spain (2007). 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.

WHO - World Health Organization (2011). *Guidelines for drinking-water quality*. 4th ed. Geneva.

European Union (1998). Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. *Off. J. Eur. Commun.*, L330, 32–53.

3 DESENVOLVIMENTO

3.2 GLAZING WATER IN SEAFOOD INDUSTRY: A REFLECTION TO THE QUALITY CONTROL⁶

⁶ Segundo instruções aos autores da revista *Food Control* (ELSEVIER, 2016). Mensagem de confirmação de submissão (ANEXO, 6.2).

Glazing water in seafood industry: a reflection to the quality control

Jonas de Toledo Guimarães^{a,*}

^aFederal Fluminense University (UFF), Faculty of Veterinary,
Veterinary Hygiene and Technological Processing of Animal
Products Post Graduate Programme,
R. Vital Brasil Filho, 64 – Icaraí, CEP 24230-340, Niterói RJ, Brazil;
jonassguimaraes@gmail.com

André Luiz Medeiros de Souza^a

^aFederal Fluminense University (UFF), Faculty of Veterinary,
Veterinary Hygiene and Technological Processing of Animal
Products Post Graduate Programme,
R. Vital Brasil Filho, 64 – Icaraí, CEP 24230-340, Niterói RJ, Brazil;
andrevetuff@gmail.com

Ana Iraidy Santa Brígida^b

^bEmbrapa Food Technology, Avenida das Américas, n. 29501 Rio de
Janeiro, Brazil;
ana.iraidy@embrapa.br

Danielle de Bem Luiz^c

^cEmbrapa Fisheries and Aquaculture, Quadra 104 Sul Avenida LO 1 N 34
Conjunto 4, primeiro e segundo Pavimentos, Palmas, Tocantins, Brazil;
danielle.lui@embrapa.br

Viviane Rodrigues Verdolin dos Santos^c

^cEmbrapa Fisheries and Aquaculture,
Quadra 104 Sul Avenida LO 1 N 34 Conjunto 4, primeiro e segundo
Pavimentos, Palmas, Tocantins, Brazil;
viviane.santos@embrapa.br

Patricia Costa Mochiaro Soares Chicrala^c

^cEmbrapa Fisheries and Aquaculture,
Quadra 104 Sul Avenida LO 1 N 34 Conjunto 4, primeiro e segundo
Pavimentos, Palmas, Tocantins, Brazil; patricia.mochiaro@embrapa.br

Angela Aparecida Lemos Furtado^b

^bEmbrapa Food Technology,
Avenida das Américas, n. 29501 Rio de Janeiro, Brazil;
angela.furtado@embrapa.br

Eliana de Fátima Marques de Mesquita^d

^dFederal Fluminense University (UFF); Faculty of Veterinary,
Department of Food Technology (MTA),
R. Vital Brasil Filho, 64 – Icaraí, CEP 24230-340, Niterói RJ, Brazil;
elianafmm@uol.com.br

*Corresponding author: *jonassguimaraes@gmail.com*

Abbreviations: biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), fat, oil, and grease (FOG), trimethylamine (TMA), total volatile bases (TVB), most probable number (MPN), nephelometric turbidity units (NTU), Hazen units (HU).

ABSTRACT

Among various methods currently used for seafood conservation, the most important are those based on low temperatures, which preserve taste and nutritional value. The glazing method is a fundamental stage of frozen-seafood conservation. The method of immersion in cold water is widely used in the freezing process. Well-established criteria are necessary for the maintenance of water quality in this process, in order to ensure the quality and safety of the final product. In this regard, it is necessary for the industry to define the interval for frequent water renewal so that the quality standards are maintained. The purpose of this study was to evaluate physicochemical and bacteriological characteristics of glazing water used for several seafood products after 2 to 4 h of processing. Values above the maximum allowed level were found in glazing water for the following parameters: biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, ammoniacal nitrogen, total nitrogen, colour, turbidity, total aluminium, and total coliform bacteria. We also found elevated levels of alkalinity and pH, which can worsen quality of glazed frozen fish although they are not stipulated in the laws on potable water. We found that in addition to the large variety of processed species (influencing the water quality parameters), the total mass of processed fish is an important contributing factor of the water contamination.

Keywords: Frozen storage; Glazing; Fish conservation; Seafood; Food safety; Water Quality.

1. Introduction

Seafood products are highly perishable because of the high water content and easily digestible macro-components; therefore, they are susceptible to rapid deterioration and post-harvest loss due to both microbial growth and biochemical reactions aggravated by elevated temperatures (Al-Busaidi, Jukes, & Bose, 2016). Conservation of food products, especially easily perishable ones like meat and the related products, is necessary to delay or prevent changes that modify sensory or nutritional quality and the food safety. These changes are the result of different causes, e.g. microbial, chemical, and physical (Huss, 1995). In the case of fish, maintenance of freshness and quality is more difficult than with other types of meat (Venugopal, 2006).

Among various methods currently used for seafood conservation, the most important are those based on low temperatures, which preserve taste and nutritional value (Chevalier, Siqueira-Muñoz, Le Bail, Simpson, & Ghoul, 2001; Campañone, Roche, Salvadori, & Mascheroni, 2002; Gonçalves & Gindri Jr., 2009). Freezing with cold storage is an efficient method but does not improve product quality. Final quality depends on quality of seafood at the time of freezing as well as other factors during freezing, cold storage, and distribution (Regenstein & Regenstein, 1991; Johnston, Nicholson, Roger, & Stroud, 1994; Chevalier, Siqueira-Muñoz, Le Bail, Simpson, & Ghoul, 2001; Gonçalves & Gindri Jr., 2009).

Despite freezing preservation efficiency, some undesirable changes such as lipid oxidation, surface dehydration, and protein denaturation can occur during frozen storage, thus negatively affecting nutritional and sensory quality of frozen fish (Soares, Mendes, & Vicente, 2013).

Lipid oxidation is a degradation process and occurs easily in fishes because their lipids are prone to oxidation, mainly in sea fishes that are considered fatty, like salmon (Sánchez-Alonso & Borderias, 2008). Lipid oxidation can occur during processing, heat treatment, and storage, thereby affecting sensory characteristics and making the product unsuitable for consumption. Selami and Sadoki (2008) mention that rancification off-flavour is the major cause of rejection during production and marketing of fish products.

According to FAO (2014), freezing is the main processing method for fish in terms of human consumption, accounting for 54% of total processed fish for human

consumption and 25% of total fish production in 2012. According to Brazil (2011), frozen fish was the most important type of commercial fish products in Brazil in 2011, corresponding to the import and export of 233.427 and 26.867 tons of frozen fish, respectively. In 2013 in Brazil, 105.852 tons of frozen whole fish were produced, excluding fillets and other frozen fish cuts, out of 413.468 tons of industrialized seafood (Brasil, 2013). Therefore, ~25.6% of processed fish in Brazil is destined for sale whole and frozen.

For seafood conservation by cold, the food industry usually uses the method of rapid freezing and subsequent glazing. The freezing must be performed with adequate equipment, so that fish reaches an optimum temperature of -18°C at the centre of mass (*Codex Alimentarius*, 1995). Glazing consists of applying a thin layer of protective ice to the surface of the frozen product, whether via immersion of the frozen fish in cold water or via spraying of cold water; this approach protects fish from dehydration and lipid oxidation during storage (Novatec Consultants & British Columbia Packers, 1994; *Codex Alimentarius*, 2012; Soares, Mendes, & Vicente, 2013). Furthermore, glazing promotes preservation of the flavour, scent, and texture, thus minimizing the effects of water dripping during thawing (Jacobsen & Fossan, 2001).

The water used at food-processing plants is one of the most important factors of quality control, regardless of whether the water is used as an ingredient, for equipment washing, or even if we consider the water that may come into contact with the product (Huss, 1993).

Water, like food, is a vehicle for transmission of many pathogens and continues to cause significant outbreaks of diseases in developed and developing countries worldwide. People can be exposed to infectious agents or toxic chemicals through ingestion of contaminated water present in foods or via ingestion of foods that have come into contact with contaminated water during processing (Kirby, Bartram, & Carr, 2003).

In the glazing method, water constitutes a part of the final product. Therefore, the use of high-quality water is of great importance. Brazil (2007) and *Codex Alimentarius* (1995) stated that the water used for fish processing, which includes the glazing process, must meet potability parameters described in Brazilian and international laws. The standards of water potability for human consumption are established internationally by the Guidelines for Drinking-Water Quality (WHO, 2011)

and the Council Directive 98/83/EC (European Union, 1998), and in Brazil, by the ordinance of the Health Ministry # 2.914 of 12 December 2011 (Brasil, 2011).

According to Johnston, Nicholson, Roger, and Stroud (1994), the immersion method of glazing has its limitations and poses a risk of contamination of water after some period of processing; however, this method is relatively inexpensive and covers easily and uniformly the whole fish, unlike the spraying method. Gonçalves and Gindri Jr. (2009) observed that these variations in the thickness of the formed ice layer interfere with fish preservation capacity and water content of the final product.

In accordance with the *Codex Alimentarius* (2012), glazing water must be renewed regularly to guarantee a low microbial load and to prevent organic matter accumulation. However, there are no studies that specify or justify the frequency of water renewal; therefore, the industry can define this frequency at its own discretion.

The objective of this study was to evaluate characteristics of the water used during the glazing step for production of several frozen seafood products at a processing plant. Our results are likely to facilitate production of high-quality frozen fish in Brazil.

2. Material and methods

The analysed water samples were collected at a seafood-processing plant located in the Rio de Janeiro state, Brazil. The glazing method used at this plant involves immersion in cold water in 500-litre plastic tanks (used for water storage). The same water is used for glazing of different fish species, depending on the market demand on the day of processing. The complete water renewal is done on average after 4 h of utilization, regardless of the type and quantity of the fish being processed.

The samples were collected monthly, during an aleatory period of the day, between 2 to 4 h after the beginning of processing, 12 simple samplings in total. The weight of the processed fish was not measured during the glazing. The seafood species processed were hake (*Merluccius* spp.), basa fish (*Pangasius bocourti*), salmon (*Salmo salar*), dogfish (Squalidae), pink cusk-eel (*Genypterus* spp.), shrimp (Penaeidae), sea bass (*Mycteroperca* spp.), common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*), oilfish (*Ruvettus pretiosus*), Alaska pollock (*Theragra chalcogrammus*), common octopus (*Octopus vulgaris*), common squid (*Loligo vulgaris*), and acoupa weakfish (*Cynoscion acoupa*).

The samples were analysed for the following parameters: colour, turbidity, biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), pH, ammoniacal nitrogen, total nitrogen, nitrates, nitrites, alkalinity, hardness, chloride, total iron, total aluminium, and total coliform bacteria (Table 1). For the analysis, we used the methods described in 'Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater' (APHA, 2012).

Table 1 – Methods used for analysis of various parameters.

Parameter analyzed	Method
Colour	SMEWW 2120 C - Spectrophotometric - Single-Wavelength Method
Turbidity	SMEWW 2130 B. Nephelometric Method
BOD	SMEWW 5210-B. - 5-Day BOD Test
COD	SMEWW 5220 - D - Closed Reflux, Colorimetric Method
PH	SMEWW4500H+B – Eletrometric Methods
Ammoniacal nitrogen	SMEWW 4500 NH ₃ - F - Phenate Method
Total nitrogen	SMEWW 4500-N
Nitrate	SMEWW 4500 NO ₃ -D. - Nitrate Electrode Method
Nitrite	SMEWW 4500 NO ₂ - B. - Colorimetric Method
Alkalinity	SMEWW 2320 B. Titration Method
Hardness	SMEWW 2340 C. EDTA Titrimetric Method
Chloride	SMEWW 4500-Cl- B - Argentometric Method
Total iron	SMEWW 3030E - Nitric Acid Digestion and 3111B - Direct Air-Acetylene Flame Method
Total aluminium	SMEWW 3030 E- Nitric Acid Digestion and 3111D - Direct Nitrous Oxide-Acetylene Flame Method
Total coliforms	SMEWW 9223 B- Enzymatic Substrate Coliform Test

3. Results and discussion

The plant under study processes several commercial seafood species; in addition, it carries out a mix of primary and secondary processes, including cutting, filleting, picking, peeling, washing, chilling, packing, heading, gutting, smoking, freezing, glazing, and controlled packaging. Many Brazilian plants have the same pattern of production: processing different species at the same plant. In other countries, this pattern can also be observed, for example, in the United Kingdom, where 52% of such plants are engaged in production of varied species (Seafish

Industry Authority, 2012). This observation shows the importance of studying this type of seafood processing units for improvement of quality and safety of such products. Although each country may have specific laws governing the processing water quality in the food industry, the *Codex Alimentarius* (2012) states that glazing water must be potable according to the potability standards described by the WHO (2011).

Table 2 shows the results (on 12 instances of sampling) of the physicochemical and bacteriological parameters evaluated in the glazing water, for the processing of many frozen products at the plant under study. Most of the analysed parameters showed large differences between the maximum and minimum values: these data represent sensitivity to the variations of processing conditions like quantity and type of seafood processed. Nitrite, hardness, and chloride were the only parameters that showed low variation; this result suggests that these parameters were less influenced by the above variations.

Table 2 – Mean values and standard deviations of physicochemical and bacteriological parameters and collection time of the water used for glazing.

Sample	Processed species	collection time (h)	Colour (HU)	Turbidity (NTU)	BOD (mg of O ₂ /L)	COD (mg/L)	pH	Ammoniacal nitrogen (NH ₃ -N) (mg/L)	Total nitrogen (mg/L)
1	Hake, basa fish, salmon	2.5	25	35.8	163.0	189	6.93	43.13	81.16
2	Dogfish, Pink cusk-eel, Hake	3.5	10	13.9	288.0	344	7.85	25.09	51.43
3	Shrimp, Dogfish	4.0	100	29.2	160.7	228	7.03	37.12	123.70
4	Hake fillets, Shrimp	3.5	20	42.6	188.8	218	8.21	3.01	29.59
5	Sea bass fillets, dolphinfish fillets	3.5	5	13.3	60.4	90	6.98	15.35	16.96
6	Oilfish loin, salmon fillets, shrimp	4.0	5	390.0	128.0	213	8.15	18.76	22.27
7	Alaska pollock and salmon	-	5	24.0	113.1	121	7.82	26.42	38.29
8	Shrimp, dogfish slice, Salmon fillets and slices, dolphinfish loin	4.0	20	48.8	253.7	323	7.65	3.22	133.34
9	Octopus tentacles and squid rings	3.5	25	28.3	126.2	150	6.94	4.97	134.99
10	Salmon fillets and dolphinfish fillets	-	30	38.2	240.7	372	6.89	10.30	12.77
11	Shrimp	2.0	20	16.2	121.0	283	6.38	14.91	20.79
12	Dolphinfish and acoupa weakfish slices, salmon fillets and octopus tentacles	3.0	100	413.0	62.9	273	7.13	49.20	182.93
Max value		2.0	100	413.0	288.0	372	8.21	49.20	182.93
Min value		4.0	5	13.3	60.4	90	6.38	3.01	12.77
Mean		3.35	30	91.1	158.9	233.7	7.33	20.96	70.69
SD		0.67	34	145.5	72.4	88.6	0.6	15.60	58.60

Table 2 – Mean values and standard deviations of physicochemical and bacteriological parameters and collection time of the water used for glazing (cont.).

Sample	Processed species	Nitrate (NO ₃ -N) (mg/L)	Nitrite (NO ₂ -N) (mg/L)	Alkalinity (mg/L)	Hardness (mg/L)	Chloride (mg/L)	Total iron (mg/L)	Total aluminium (mg/L)	Total coliforms (MPN/100 mL)
1	Hake, basa fish, salmon	0.57	<0.01	48.3	46	30.28	0.047	0.094	7.0x10 ⁵
2	Dogfish, Pink cusk-eel, Hake	0.45	<0.01	313.9	41	47.00	0.173	0.094	4.9 x10 ⁷
3	Shrimp, Dogfish	15.71	<0.01	167.0	42	23.07	0.120	0.153	5.0 x10 ⁵
4	Hake fillets, Shrimp	1.02	<0.01	152.0	45	41.25	0.231	0.100	1.4x10 ⁸
5	Sea bass fillets, dolphinfish fillets	2.50	<0.01	136.0	45	26.87	0.114	0.832	1.8 x10 ⁰
6	Oilfish loin, salmon fillets, shrimp	2.50	<0.01	146.0	47	44.32	0.103	0.693	1.6x10 ⁸
7	Alaska pollock and salmon	1.60	<0.01	205.0	55	29.54	0.103	0.132	1.7 x10 ¹
8	Shrimp, dogfish slice, Salmon fillets and slices, dolphinfish loin	2.50	<0.01	150.0	42	20.83	<0.047	<0.094	2.4x10 ⁶
9	Octopus tentacles and squid rings	5.44	0.02	160.0	48	31.73	0.113	0.250	2.4x10 ⁵
10	Salmon fillets and dolphinfish fillets	2.22	<0.01	148.5	43	21.28	0.270	0.289	2.1x10 ⁴
11	Shrimp	0.78	0.01	165.0	70	30.62	0.175	0.235	1.0x10 ³
12	Dolphinfish and acoupa weakfish slices, salmon fillets and octopus tentacles	<0.01	<0.01	880.0	46	41.57	<0.047	0.332	2.4x10 ⁶
Max value		15.71	0.02	880.0	70	47.00	0.270	0.832	1.6x10 ⁸
Min value		<0.01	<0.01	48.3	41	20.83	<0.047	<0.094	1.8 x10 ⁰
Mean		3.21	0.02	222.6	47	32.36	0.14	0.29	2.9x10 ⁷
SD		4.38	0.01	215.4	8	9.09	0.1	0.25	5.8x10 ⁷

3.1. Colour and turbidity

The mean value of colour was 30 (\pm 34) HU (Hazen units); the maximum permitted value for potable water is 15 HU (WHO, 2011; European Union, 1998; Brasil, 2011) because above this value, the consumer can detect a change in water and reject it, even though often there are no health risks.

Colour of drinking water can be associated with the presence of coloured organic matter (primarily humic and fulvic acids) and the presence of iron and other metals (WHO, 2011). According to Prasertsan and Choorit (1988), the cause of a red colour in wastewater from a tuna-processing plant is the presence of a photopigment of photosynthetic bacteria. Astaxanthin is a red ketocarotenoid used as a pigmentation source for marine fish aquaculture (Benemann, 1992; Foss, Renstrom, & Liaaen-Jensen, 1987), widely used in farming of salmonids (Torrissen, 1995). According to Stepnowski, lafsson, Helgason, and Jastorff (2004), astaxanthin removal from the shell matrix of crustaceans is a well-known process. Astaxanthin can be found and extracted from industrial effluents of a shrimp-cooking process (Amado, Vázquez, Murado, & González, 2015).

Of the 12 samples, eight had colour above 15 HU, and seven of these involved glazed salmon or shrimp; therefore, it is possible that these species contributed the most to the increase in colour in the water. These results are consistent with the possibility of astaxanthin (naturally present in shrimp and wild salmon, and artificially in farmed salmon through the feed) having been released into the glazing water after fish immersion. This result has no sanitary implications for the seafood but highlights the possibility of cross-contamination of the glazed products with natural substances from other species.

The mean value of turbidity was 91.1 (\pm 145.5) NTU (Nephelometric Turbidity Units); for drinking water, this value should not be greater than 1 NTU (WHO, 2011; European Union, 1998; Brasil, 2011). Samples 6 and 12 showed elevated turbidity values (390 and 413 NTU, respectively), but could not be associated to any specific product. According to Allen, Brecher, Copes, Hrudey, and Payment (2008), turbidity can be a useful early indicator of water quality changes and can be associated with an increased microbial load. High turbidity can also be related to suspended particles or colloidal material, as much organic as inorganic, that serve as a substrate for

microorganisms fixation. This phenomenon may reduce the efficacy of chlorine at inactivating microbes (WHO, 2011; Payment, 1999), thus supporting the use of turbidity as an indicator of water quality. However, an increase in turbidity does not necessarily indicate a health risk because different sources and particle types contribute to turbidity, and not all increases in turbidity are associated with contamination (Hsieh, Nguyen, Matte, & Ito, 2015).

The elevated variations in colour and turbidity, judging by the standard deviation (SD; 33.60 and 145.5, respectively), indicate the strong influence of quality and quantity of fish per litre of water; however, it was not possible to establish a relation between the various species studied and the analysed water. Even though both nationally and internationally, legislators have proposed that drinking water be clear and colourless, we observed mean values above the maximum permitted by laws for both colour and turbidity in glazing water, during the processing at the plant in question.

3.2. BOD and COD

The increase in colour and turbidity is an effective indicator of the presence of organic matter (WHO, 2011). This organic matter can be confirmed by BOD, whose average value was 158.9 (\pm 72.4) mg O₂/L: higher than the level permitted by the Brazilian Environment Council (CONAMA), that is, 3 mg O₂/L for class I fresh water intended for human consumption after simplified treatment (Brasil, 2005). No limits are set for BOD and COD in drinking water internationally (WHO, 2011; European Union, 1998) because these parameters are evaluated only in raw water, before its treatment for consumption.

There are a few studies that evaluated the industrial effluents of fish-processing plants, and most of them showed great variations in BOD data. For example, Carawan (1991) cited values of 253–2600 mg/L in salmon wastewater and Riddle and Shikaze (1973) found BOD values of 192–1726 mg/L for bottom fish processing. Prasertsan, Jung, and Buckle (1994) evaluated BOD in tuna-freezing process effluents and reported a value of 814 mg/L, much higher than that obtained in the present study.

In fish-processing wastewater, BOD is usually high and originates primarily from carbonaceous compounds and nitrogen-containing compounds (proteins,

peptides, and volatile amines) (Chowdhury, Viraraghavan, & Srinivasan, 2010). However, high levels of BOD were not associated with the increased values of ammoniacal or total nitrogen in this study. Fat, oil, and grease (FOG) are also important parameters of fish processing wastewater and can contribute to the high BOD.

Although 75% of the samples showed FOG levels <10 mg/L (data not shown), even in small amounts, these may have contributed for the BOD values, especially in samples where salmon was processed, which is the fattiest species in this study, with fat content of 3–14% in its muscle (Murray & Burt, 2001). Judging by where the greatest values of BOD were observed (samples 2, 8, and 10) and according to data from samples 5 and 11, it is likely that the species that contributed the most to the increased BOD in glazing water are shrimp, salmon, dolphinfish, and dogfish. Coincidentally, these are the species processed most frequently at the plant in question.

The mean value of COD was found to be 233.7 (\pm 88.6) mg/L, higher than that reported in studies of tuna-cooking effluents, where researchers found mean values of 157 (\pm 500) (Prasertsan, Choorit, & Suwanno, 1993) and 73.6 (Prasertsan, Jaturapornpipat, & Siripatana, 1997). On the other hand, Prasertsan, Jung, and Buckle (1994) evaluated COD in a tuna-freezing process effluent and reported a value of 1464 mg/L, much higher than that in the present study. An effluent's COD is usually higher than BOD (Chowdhury, Viraraghavan, & Srinivasan, 2010). Effluent BOD:COD ratios vary widely within and among processing plants, ranging from 1.1:1 to 3:1 (NovaTec Consultants & EVS Environment Consultants, 1994). Carawan, Chambers, and Zall (1979) reported that the BOD (500–1500 mg/L) of tuna waste is only 40% of the COD value (1300–3250 mg/L). In the present study, BOD was responsible for 68% of the COD.

3.3. pH

The pH of the effluents from fish-processing plants is seldom acidic and is usually close to 7 or the alkaline range (Chowdhury, Viraraghavan, & Srinivasan, 2010). Alkaline pH in wastewater in the fishery industry is generally due to decomposition of the proteinaceous matter and emission of ammonia-related compounds (Gonzalez, 1996). The mean pH value in the present study was found to

be 7.3 (± 0.6), also close to neutral, despite the variation between 6.3 and 8.2; the water pH before processing was nearly 6.7. The maximal values of 8.15 and 8.21 were observed in the combined glaze of oilfish loin, salmon fillet, and shrimp and combined glaze of hake fillets and shrimp, respectively. In Brazil, the recommended pH range for drinking water is 6.0–9.5 (Brasil, 2011), similar to that recommended in the EU: 6.5–9.5 (European Union, 1998). According to the WHO (2011), no health-based guideline value is proposed for pH. The results obtained in the analysis of process effluents of four different fisheries in British Columbia, where they process different species (salmon, cod, herring, shrimp, and ground fish), showed wastewater pH in the range of 5.7–7.4, with average pH of 6.48 (NovaTec Consultants & EVS Environment Consultants, 1994).

The pH variations in fish may be due to the species, season, diet, level of activity, stress during the catch, and the type of muscle. High post-mortem pH in fish affects the spoilage rate; accordingly, it is one of the reasons for the relatively short shelf life of fresh fish. pH can also increase with the storage duration (Ocaño-Higuera et al., 2009; Gram & Huss, 1996).

An increase in muscle pH is also related to the accumulation of various alkaline compounds, such as ammonia, trimethylamine (TMA), and other volatile bases produced by proliferating microbes in fish muscle. However, the pH value is not an indicator of microbial growth, and the final pH value that indicates damage is above 7 (Soto-Valdez, Ezquerro-Brauer, Márquez-Ríos, & Torres-Arreola, 2015; Ocaño-Higuera et al., 2009; Hebard, Flick, & Martin, 1982).

For some species of shrimp, Moura, Mayer, Landgraf, and Tenuta Filho (2003) reported muscle pH between 7.1 and 8.1. Buchtová, Đorđević, Kočárek, and Chomát (2015) found the mean value for muscle pH to be 6.3 (± 0.14) for the species *Lepidocybium flavobrunneum* from oilfish (*Ruvettus pretiosus*) family. Ruiz-Capillas and Moral (2001), found muscle pH values for the chilled hake between 6.1 and 7.2; the smallest value was observed in newly stored fish, but the highest value after 25 days of storage. Ocaño-Higuera et al. (2009) studied post-mortem changes in dogfish muscle stored on ice, and pH varied from 6.43 on day 1 to 6.78 on day 18. Therefore, considering that the pH of glazing water can also be influenced by fish muscle pH, it was concluded that the shrimp may have been the main culprit of the increased pH in the water.

3.4. Total nitrogen, ammoniacal nitrogen, nitrate, and nitrite

We found increased mean values of total nitrogen and ammoniacal nitrogen, 70.7 ± 58.6 and 21.0 ± 15.6 mg/L, respectively; these data are consistent with the pH values higher than 7. Fishery industries in Canada reported an effluent ammonia concentration of 42 mg/L for salmon processing and 20 mg/L for bottom fish processing (NovaTec Consultants & EVS Environment Consultants, 1994). The presence of nitrogen in water may be related mainly to the degradation of myofibrillar and sarcoplasmic proteins, either due to autolysis (occurs naturally in fish post-mortem) or due to the action of proteolytic bacteria, reducing trimethylamine oxide (TMAO) to TMA and producing ammonia and other total volatile bases (TVB) (Huss, 1995; Ahmed, Donkor, Street, & Vasiljevic, 2015). Some of these substances, like free amino acids and nitrogen bases, are called extractive substances because they can easily be extracted from fish flesh by water or aqueous solutions. Many of these extractives contribute directly to the flavour and odour that are characteristic to a particular species (Murray & Burt, 2001).

The ammoniacal nitrogen content allowed by CONAMA in fresh water for human consumption is <3.7 mg/L (Brasil, 2005), and the mean value of the glazing water here was higher than the allowed level. In the industry, the ammonium ion can react with chlorine, reducing the free chlorine fraction and forming chloramines, which have weak disinfectant efficacy (Huss, 1993; WHO, 2011). Therefore, the presence of ammonium negatively affects preservation of microbiological quality of the industrial process. Beyond that, cross-contamination of seafood products by free amino acids and TVB in glazing water, characterized by the increased ammoniacal and total nitrogen, may cause an undesirable taste and odour in some of these products.

The values of nitrate and nitrite that we obtained were 3.2 ± 4.4 and 0.02 ± 0.01 mg/L, respectively. According to international laws, the allowed levels of nitrate and nitrite are respectively 50 and 3.0 mg/L (WHO, 2011) and 50 and 0.5 mg/L (European Union, 1998). In Brazil, laws have established a limit of 10 mg/L for nitrate and 1.0 mg/L for nitrite (Brasil, 2011). According to these data, it can be said that our samples are in compliance with the standards for drinking water.

3.5. Alkalinity and hardness

Regarding alkalinity, we observed a variation of 48.3 to 880 mg/L, with the mean value of 222.6 (\pm 215.4) mg/L. The maximal value of 880 mg/L was observed during combined glazing of dolphinfish slices, acoupa weakfish slices, salmon fillet, and octopus tentacles. In the pH range of the samples, between 6.4 and 8.2, the compounds that change alkalinity of the water are bicarbonates. Total alkalinity has no sanitary implications for drinking water, and there is no established limit for this parameter in international laws (WHO, 2011; European Union, 1998). However, alkalinity is usually associated with corrosivity, which affects acceptability of water because this characteristic can influence drinking water flavour (Dietrich & Burlingame, 2015; Lou, Lee, & Han, 2007). High values of alkalinity are also related to processes of organic-matter decomposition and to dissolved CO₂ in water (Brasil, 2014). Therefore, high values of this parameter in the fish effluent may point to undesirable deterioration of the fish being processed.

Total hardness that we observed was of 47 \pm 8 mg/L, and the maximum value of 70 mg/L was observed during shrimp glazing. Hardness caused by calcium and magnesium is usually caused by precipitation of soap scum and by the need for excessive use of soap for proper cleaning. Consumers are likely to notice changes in hardness. In some instances, consumers tolerate water hardness in excess of 500 mg/L (WHO, 2011). Depending on interactions with other factors, such as pH and alkalinity, water with hardness above ~200 mg/L may show scale deposition. Hardness of less than 100 mg/L may, in contrast, result in low buffering capacity and thus make water more corrosive for water pipes (WHO, 2011). In Brazil, the organoleptic standard of hardness for drinking water is a maximum of 500 mg/L (Brasil, 2011). According to the WHO (2011), no health-based guideline value is proposed for hardness of drinking water. Therefore, for the observed hardness values (47.5 \pm 8.0 mg/L), there should be no risk of changes in the sensory quality of the processed seafood.

3.6. Chloride

In relation to chloride, the mean value was 32.36 (\pm 9.09) mg/L. Chloride has no sanitary implications when at high levels, but when it hits the concentration range of 200–300 mg/L of sodium, potassium, or calcium chloride, this situation changes

sensory properties (the taste) of water (Dietrich & Burlingame, 2015). According to international and Brazilian laws, the maximum allowed level in drinking water is 250 mg/L (Brasil, 2011; WHO, 2011; European Union, 1998); therefore, the value in glazing water observed here meets the requirements. The maximum value was 47 mg/L during combined glazing of dogfish, pink cusk-eel, and hake. Despite the predominance of processing of marine species, chloride content of water does not reach the concentrations capable of causing sensory changes in other (fresh water) species.

3.7. Total iron

Total iron was of 0.14 ± 0.1 mg/L, and the maximal value (0.270 mg/L) was observed during combined glazing of salmon and dolphinfish fillets. We also observed a value of 0.23 mg/L in the glazing water of hake and shrimp (glazed together). According to the literature, the following values (mg/[kg wet weight]) of iron can be present in the muscle of shrimp, salmon, hake, and dolphinfish: 24.1 (Martin, Carter, Flick Jr, & Davis, 2000), 2.16–9.25 (Ikem & Egiebor, 2005), 5.1 (Martínez-Valverde, Jesús Periago, Santaella, & Ros, 2000), and 2.24–5.83 (Kojadinovic, Potier, Le Corre, Cosson, & Bustamante, 2007), respectively.

In two of our samples, from processing of different species, total iron content exceeded the limit established by EU laws (European Union, 1998), which is 0.2 mg/L for drinking water. The observed value of this parameter meets the standards required by the Health Ministry of Brazil (Brasil, 2011), where the maximum allowed level is 0.3 mg/L. According to the Guidelines for Drinking-Water Quality (WHO, 2011), there is no established limit for this parameter in drinking water.

In drinking water supplies, iron (Fe^{2+}) salts are unstable and are precipitated as insoluble iron (Fe^{3+}) hydroxide, which settles out as rust-coloured silt. Turbidity and colour may develop in piped systems at iron levels above 0.05–0.1 mg/L (WHO, 2003a). Although nine samples showed levels of total iron above 0.1 mg/L, only five of them had colour above 15 HU, which means that iron in water is not an important factor for the increase in colour in the samples.

Although total iron content does not seem to be harmful to human health, the observed level may contribute to changes in quality of the processed fish. According to Repetto, Semprine and Boveris (2012), in food rich in polyunsaturated fat, i.e., fish, significant changes may occur, both sensory and nutritional, owing to development of

oxidative rancidity, because the lipid peroxidation process is induced by the pro-oxidant effect of transition metals. In a study evaluating the effects of different metal ions on the lipid oxidation of fish, it was observed that iron(II) causes stronger lipid peroxidation because of its pro-oxidative properties, and the effects are dependent on the concentration of this metal (Thanonkaew, Benjakul, Visessanguan, & Decker, 2006).

Due to the variations in muscle iron content of the different species and those found in glazing water in this study, it can be concluded that glazing of species rich in iron, like shrimp, together with others with a low concentration of this metal, may cause cross-contamination. The iron contamination may increase the risk of lipid oxidation of these products and consequently reduce shelf life.

3.8. Aluminium

As for aluminium, we observed a mean value of 0.29 (\pm 0.25) mg/L, and the maximal value was 0.8324 mg/L in the combined glaze of sea bass and dolphinfish fillets. This value does not meet the international and Brazilian standards for drinking water (0.2 mg/L) (Brasil, 2011; WHO, 2011; European Union, 1998). Six samples exceeded the maximum allowed level. Yilmaz, Sangün, Yağlıoğlu, and Turan (2010) when studying three demersal fish species, found muscle aluminium in the range 2.23–4.93 mg/(kg wet weight); therefore, seafood may be a source of aluminium for glazing water. Although aluminium is not a metal with strong pro-oxidant properties, it is known that its constant and excessive ingestion may cause several health problems (Wills & Savory, 1983). For many years, it has been assumed that aluminium is a trigger of Alzheimer disease, with many reports of intoxication with this metal, but the studies on this subject are still controversial (Kandimalla, Vallamkondu, Corgiat, & Gill, 2015; Barnard et al., 2014; Tomljenovic, 2011). In addition, because a small fraction of glazing water is incorporated into the product, the metals follow.

3.9. Total coliform bacteria

Total levels of coliforms in glazing water were between 1.8×10^0 and 1.6×10^8 MPN (most probable number) per 100 mL, with the average of 2.9×10^7 MPN per 100 mL. Total coliform bacteria include microorganisms that can survive and grow in

water and may serve as a disinfection indicator (WHO, 2011). The high count of total coliforms in the glazing water may indicate a lack of good handling practices or the lack of disinfection processes for fish surfaces before the glazing step. This contamination also shows that the frequency of water renewal is not sufficient to keep the level of coliforms low, which accumulate in the glazing water tank.

Chlorine in glazing water acts as a disinfectant agent; although the water used can be chlorinated, the high turbidity, pH, and ammonium levels found in water may be reducing the disinfection potential of chlorine. Moreover, chlorine, if combined with organic matter, can form chloramines and trihalomethane (THM), which are harmful to human health and have weak disinfection properties (WHO, 2011). National and international laws have established a maximum level of chlorine in drinking water of 5 mg/L (WHO, 2003b; Brasil, 2011) and this level of chlorine (5 mg/L) is used in glazing water at the studied industry. In Brazil, besides this maximum level, there is also an established minimum level of 0.2 mg/L (Brasil, 2011). In order to solve the problem of chlorine deficiency, some studies have been conducted on testing of other antimicrobial agents in glazing water, aimed not only at the improvement of water quality but mainly fish quality. Zhang et al. (2015), for example, observed inhibitory activity of weakly acidic electrolysed water (WAEW) in ice glazing on some microorganisms.

The same two samples with the highest values of pH were those that showed the highest total coliform counts in water, 1.6×10^8 and 1.4×10^8 , respectively. Other samples with high pH values also had high total coliform counts. pH is important for disinfection efficiency with chlorine, which is more efficient at pH below 7 (Huss, 1993). Therefore, the chlorinated water that is used for replacement of glazing water may not be able to maintain a low concentration of microorganisms. Another important point is the contamination of fish with high muscle pH (occurs more easily under these conditions), contributing to the contamination of water.

Some studies confirmed that glazing water does not significantly influence the growth of bacteria during the storage of the fish analysed (Soares, Mendes, & Vicente, 2013; Zhang et al., 2015). However, these studies were conducted in a pilot scale tank, with controlled potable water, which is not the real situation at most of frozen-seafood plants. Therefore, further research is needed to evaluate the real effect of contaminated water on the final seafood products.

4. Conclusions

We concluded that many of the evaluated parameters of water during the glazing process at the plant under study were above the maximum allowed level to be considered potable water after 2 to 4 h of use. At the plant in question, due to the great variety of processed fish species and of frozen products, it is unfeasible to use different equipment for water storage for each product or species to be processed. The consequence of this situation is that each species or product contributes differently to the contamination of glazing water, whether due to differences in the microbiota among the species or the chemical composition, that varies greatly among species (and individuals) depending on age, sex, environment, and season (Huss, 1995; Murray & Burt, 2001). This variation was observed in the water through which several fish products had passed, and the results of analysis were quite varied, with high standard deviations values for each parameter analysed.

The observed data variation in the water parameters indicate that besides the species variety, total processed fish mass may be an important factor influencing the water quality parameters. This is because although the samplings were conducted at approximately the same time of day, there are discrepancies in the data, even in similar matrices. Therefore, the frequency of renewal of glazing water must be based in the quantity of processed fish and on the species, not only on the time elapsed since the last water renewal. This is because the demand for frozen products is not constant; it varies depending on the date, processing facility type, and processed fish species.

Our results indicate that the water renewal after 4 h of use is not sufficient for compliance of glazing water with the potability standards. Nevertheless, because the company where the study was conducted performs regular health inspections and its products always have quality within the food microbiological standards defined for Brazilian products in RDC n.12 (Brasil, 2001), our results suggest that water reuse is possible in the seafood industry without damage to the product or risks to the health of workers and consumers. Many Brazilian and world regions have suffered from a lack of water especially in highly industrialized areas. Thus, controlling the use of water in the glaze by the dipping method also has environmental benefits related to conscious and rational use of water. Therefore, given the importance of the freezing process for seafood commerce and the actual use of the immersion glazing method

without well-established criteria for the maintenance of water quality, we would like to encourage studies on the relation between water and final fish product, focusing on the sanitary parameters for safe reuse of glazing water.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the financial support of CNPq (Process 407728/2012-0), EMBRAPA and CAPES scholarship

References

- Ahmed, Z., Donkor, O., Street, W. A., & Vasiljevic, T. (2015). Calpains- and cathepsins-induced myofibrillar changes in post-mortem fish: Impact on structural softening and release of bioactive peptides. *Trends Food Sci. Tech.*, 45(1), 130–146.
- Al-Busaidi, M. A., Jukes, D. J., & Bose, S. (2016). Seafood safety and quality: An analysis of the supply chain in the Sultanate of Oman. *Food Control*, 59, 651–662.
- Allen, M. J., Brecher, R. W., Copes, R., Hrudey, E. S., & Payment, P. (2008). *Turbidity and Microbial Risk in Drinking Water*. Minister of Health, Province of British Columbia.
- Amado, I. R., Vázquez, J. A., Murado, M. A., & González, M. P. (2015). Recovery of astaxanthin from shrimp cooking wastewater: optimization of astaxanthin extraction by response surface methodology and kinetic studies. *Food Bioprocess Technol.*, 8, 371–381.
- APHA - American Public Health Association (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22 ed. Washington, DC.
- Barnard, N. D., Bush, A. I., Ceccarelli, A., Cooper, J., de Jager, C. A., Erickson, K. I., & Squitti, R. (2014). Dietary and lifestyle guidelines for the prevention of Alzheimer's disease. *Neurobiol. Aging*, 35, S74–S78.
- Benemann, J. R. (1992). Microalgae aquaculture feeds. *J. Appl. Phycol.*, 4, 233–245.
- Brasil, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2001). Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Resolução RDC nº 12, 12 de janeiro de 2001. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 janeiro.
- Brasil, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. n. 53, 18 de março de 2005.
- Brasil, Ministério da Saúde (2011). Portaria nº 2.914, 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 República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 12 de Dezembro de 2011.
- Brasil, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2013). *Pesquisa industrial 2013*, 32(2) 1–164.

- Brasil, Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde (2014). *Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS* – Brasília: Funasa.
- Buchtová, H., Đorđević, Đ., Kočárek, S., & Chomát, P. (2015). Analysis of Chemical and Sensory Parameters in Different Kinds of Escolar (*Lepidocybium flavobrunneum*) Products. *Czech J. Food Sci.*, 33(4), 346–353.
- Campañone, L. A., Roche, L. A., Salvadori, V. O., & Mascheroni, R. H. (2002). Monitoring of weight losses in meat products during freezing and frozen storage. *Food Sci. Technol. Int.*, 8(4), 229–238.
- Carawan, R. E. (1991). *Processing plant waste management guidelines: aquatic fishery products*. Seafood & The Environment, Pollution Prevention Short Course.
- Carawan, R. E., Chambers, J. V., & Zall, J. V. (1979). *Seafood Water and Wastewater Management*. North Carolina Agricultural Extension Services, Raleigh, NC.
- Chowdhury, P., Viraraghavan, T., & Srinivasan, A. (2010). Biological treatment processes for fish processing wastewater – A review. *Bioresour. Technol.*, 101, 439–449.
- Chevalier, D., Siqueira-Muñoz, A., Le Bail, A., Simpson, B. K., & Ghoul, M. (2001). Effect of freezing conditions and storage on ice crystal and drip volume in turbot (*Scophthalmus maximus*): Evaluation of pressure shift freezing vs. air-blast freezing. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 1, 193–201.
- Codex Alimentarius (1995). *Codex standard for quick frozen finfish, uneviscerated and eviscerated - Codex Stan 36-1981*. FAO/WHO - Food and Agriculture Organization of the United Nations; World Health Organization, Noruega.
- Codex Alimentarius (2012). *Code of practice for fish and fishery products*. FAO/WHO - Food and Agriculture Organization of the United Nations; World Health Organization 2nd ed. Roma, 2012.
- Dietrich, A. M., & Burlingame, G. A. (2015). Critical Review and Rethinking of USEPA Secondary Standards for Maintaining Organoleptic Quality of Drinking Water. *Environ. Sci. Technol.*, 49(2), 708–720.
- European Union (1998). Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. *Off. J. Eur. Commun.*, L330, 32–53.
- FAO - Food and Agriculture Organization of The United Nations (2014). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2014: Opportunities and challenges*. Rome.
- Foss, P., Renstrom, B., & Liaaen-Jensen, S. (1987). Natural occurrence of enantiomeric and meso astaxanthin in crustaceans including zooplankton. *Comp. Biochem. Physiol. B.*, 86, 313–314.
- Gonçalves, A. A., & Gindri Junior, C. S. G. (2009). The effect of glaze uptake on storage quality of frozen shrimp. *J. Food Eng.*, 90(2), 285–290.
- Gonzalez, J. F. (1996). Wastewater characterization. In:_____. *Wastewater treatment in the fishery industry*. FAO fisheries technical paper. Rome, n. 355, 433p. Available in: <<http://www.fao.org/docrep/003/v9922e/V9922E03.htm>>. Last access: 18/01/2016.
- Gram, L., & Huss, H. H. (1996). Microbiological spoilage of fish and fish products. *Int. J. Food Microbiol.*, 33, 121–137.
- Hebard, C.E., Flick, G.J., & Martin, R.E. (1982). Occurrence and significance of trimethylamine oxide and its derivatives in fish and shellfish. In Dr. Ward (Eds.), *Chemistry and biochemistry of marine food products* (pp. 149–304). Avi, Westport, Connecticut,

- Hsieh, J. L., Nguyen, T. Q., Matte, T., & Ito, K. (2015). Drinking Water Turbidity and Emergency Department Visits for Gastrointestinal Illness in New York City, 2002-2009. *PLoS ONE*. DOI: 10.1371/journal.pone.0125071.
- Huss, H. H. (1993). Cleaning and sanitation in seafood processing. In:_____. *Assurance of seafood quality*. FAO Fisheries Technical Paper (FAO). Rome, n. 334, 169 p. <http://www.fao.org/docrep/003/T1768E/T1768E07.htm#ch6> Accessed 10/11/2014.
- Huss, H. H. (1995). Post mortem changes in fish. In:_____ *Quality and quality changes in fresh fish*. FAO Fisheries Technical Paper (FAO). Rome, n. 348, 203 p. <http://www.fao.org/docrep/v7180e/V7180E06.htm> Accessed 18/01/2016.
- Ikem, A., & Egiebor, N. O. (2005). Assessment of trace elements in canned fishes (mackerel, tuna, salmon, sardines and herrings) marketed in Georgia and Alabama (United States of America). *J. Food Compos. Anal.*, 18(8), 771–787.
- Jacobsen, S., & Fossan, K. M. (2001). Temporal variations in the glaze uptake on individually quick frozen prawns as monitored by the CODEX standard and the enthalpy method. *J. Food Eng.*, 48, 227-233.
- Johnston, W. A., Nicholson, F. J., Roger, A., & Stroud, G. D. (1994). Treatment of fish after freezing. In:_____. *Freezing and refrigerated storage in fisheries*. FAO Fisheries Technical Paper. Rome, n. 340. <http://www.fao.org/docrep/003/v3630e/v3630e07.htm> Accessed April 2015.
- Kandimalla, R., Vallamkondu, J., Corgiat, E. B., & Gill, K. D. (2015). Understanding Aspects of Aluminum Exposure in Alzheimer's Disease Development. *Brain Pathol*. DOI: 10.1111/bpa.12333.
- Kirby, R. M., Bartram, J., & Carr, R. (2003). Water in food production and processing: quantity and quality concerns. *Food Control*, 14(5), 283–299.
- Kojadinovic, J., Potier, M., Le Corre, M., Cosson, R. P., & Bustamante, P. (2007). Bioaccumulation of trace elements in pelagic fish from the Western Indian Ocean. *Environ. Pollut.*, 146(2), 548–566.
- Lou, J.-C., Lee, W.-L., & Han, J.-Y. (2007). Influence of alkalinity, hardness and dissolved solids on drinking water taste: A case study of consumer satisfaction. *J. Environ. Manage.*, 82(1), 1–12.
- Martin, R. E., Carter, E. P., Flick Jr, G. J., & Davis, L. M. (2000). *Marine and Freshwater Products Handbook*. Lancaster: Technomic Publishing Inc.
- Martínez-Valverde, I., Jesús Periago, M., Santaella, M., & Ros, G. (2000). The content and nutritional significance of minerals on fish flesh in the presence and absence of bone. *Food Chem.*, 71(4), 503–509.
- Moura, A. F. P., Mayer, M. D. B., Landgraf, M., & Tenuta Filho, A. (2003). Qualidade química e microbiológica de camarão-rosa comercializado em São Paulo. *Braz. J. Pharm. Sci.*, 39(2), 203–208.
- Murray, J., & Burt, J. R. (2001). *The composition of fish*. Ministry of Technology. Torry Research Station. Torry Advisory Note No. 38. FAO in partnership with Support unit for International Fisheries and Aquatic Research, SIFAR. <http://www.fao.org/wairdocs/tan/x5916e/x5916e00.htm#Contents> Accessed 18/01/2016.
- Novatec Consultants Inc. & British Columbia Packers Ltd. (1994). Guide for best management practices for process water management at fish processing plants in British Columbia. Environment Canada Industrial Programs Section Environmental Protection. Fraser River Action Plan, Project n°: 1043.16. 1994.
- NovaTec Consultants Inc. & EVS Environment Consultants (1994). Wastewater characterization of fish processing plant effluents. Fraser River Estuary

- Management Program. Technical report series. FREMP WQWM 93-10. DOE FRAP 1993-39.
- Ocaño-Higuera, V. M., Marquez-Ríos, E., Canizales-Dávila, M., Castillo-Yáñez, F. J., Pacheco-Aguilar, R., Lugo-Sánchez, M. E., García-Orozco, K. D., & Graciano-Verdugo A. Z. (2009). Postmortem changes in cazon fish muscle stored on ice. *Food Chem.*, 116, 933–938.
- Payment, P. (1999). Poor efficacy of residual chlorine disinfectant in drinking water to inactivate waterborne pathogens in distribution systems. *Can. J. Microbiol.*, 45(8), 709–715.
- Prasertsan, P., & Choorit, W. (1988). Problem and solution of the occurrence of red colour in wastewater of seafood processing plant. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 10, 439–446.
- Prasertsan, P., Choorit, W., & Suwanno, S. (1993). Optimisation for growth of *Rhodocyclus gelatinosus* in seafood processing effluents. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 9(5), 590–592
- Prasertsan, P., Jung, S., & Buckle, K. A. (1994). Anaerobic filter treatment of fishery wastewater. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 10, 11–13.
- Prasertsan, P., Jaturapornpipat, M., & Siripatana, C. (1997). Utilization and treatment of tuna condensate by photosynthetic bacteria. *Pure Appl. Chem.*, 69(11), 2439–2445.
- Regenstein, J. M. & Regenstein, C. R., (1991). Frozen Fish. In: _____. *Introduction to Fish Technology* (pp. 104–119). An Osprey Book, New York.
- Repetto, M., Semprine, J., & Boveris, A. (2012). *Lipid Peroxidation: Chemical Mechanism, Biological Implications and Analytical Determination*, Lipid Peroxidation, Dr. Angel Catala (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/45943. <http://www.intechopen.com/books/lipid-peroxidation/lipid-peroxidation-chemical-mechanism-biological-implications-and-analytical-determination> Accessed 18/01/2016.
- Riddle, M. J., & Shikaze, K. (1973). *Characterization and treatment of fish processing plant effluents in Canada*. Ottawa, Environment Canada, Environmental Protection Service, Water Pollution Control Directorate.
- Ruiz-Capillas, C., & Moral, A. (2001). Correlation between biochemical and sensory quality indices in hake stored in ice. *Food Res. Int.*, 34(5), 441–447.
- Sánchez-Alonso, I., & Borderias, A. (2008). Technological effect of red grape antioxidant dietary fiber added to minced fish muscle. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 43, 1009–1018.
- Seafish Industry Authority (2012). *Survey of the UK Seafood Processing Industry*. Scotland.
- Selami, S., & Sadoki, S. (2008). The effect of natural antioxidant (*Thymus vulgaris* Linnaeus) on flesh quality of tuna (*Thunnus thynnus* (Linnaeus)) during chilled storage. *Panam. J. Aquat. Sci.*, 3(1), 36–45.
- Soares, N. M., Mendes, T. S., & Vicente, A. A. (2013). Effect of chitosan-based solutions applied as edible coatings and water glazing on frozen salmon preservation – A pilot-scale study. *J. Food Eng.*, 119(2), 316–323.
- Soto-Valdez, H., Ezquerra-Brauer, J. M., Márquez-Ríos, E., & Torres-Arreola W. (2015). Effect of previous chilling storage on quality loss in frozen (–20 °C) sierra (*Scomberomorus sierra*) muscle packed with a low-density polyethylene film containing butylated hydroxytoluene. *Food Sci. Technol (Campinas)*, 35(1), 202–206.

- Stepnowski, P., Iafsson, G. O., Helgason, H., & Jastorff, B. (2004). Preliminary study on chemical and physical principles of astaxanthin sorption to fish scales towards applicability in fisheries waste management. *Aquaculture*, 232, 293–303.
- Thanonkaew, A., Benjakul, S., Visessanguan, W., & Decker, E. A. (2006). The effect of metal ions on lipid oxidation, colour and physicochemical properties of cuttlefish (*Sepia pharaonis*) subjected to multiple freeze–thaw cycles. *Food Chem.*, 95(4), 591–599.
- Tomljenovic, L. (2011). Aluminum and Alzheimer's disease: after a century of controversy, is there a plausible link? *J. Alzheimer's Dis.*, 23(4), 567–598.
- Torrissen, O. J. (1995). Strategies for salmonid pigmentation. *J. Appl. Ichthyol.*, 11, 276–281.
- Venugopal, V. (2006). *Seafood Processing: adding value through quick freezing, retortable packing and cook-chilling*. Boca Raton, CRC.
- WHO - World Health Organization (2003a). *Iron in Drinking-water*. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/08).
- WHO - World Health Organization (2003b). *Chloride in drinking-water*. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/3).
- WHO - World Health Organization (2011). *Guidelines for drinking-water quality*. 4th ed. Geneva.
- Wills, M. R., & Savory, J. (1983). Aluminium poisoning: Dialysis, encephalopathy, osteomalacia and anemia. *Lancet*, 2(8340), 29–34.
- Yilmaz, A. B., Sangün, M. K., Yağlıoğlu, D., & Turan, C. (2010). Metals (major, essential to non-essential) composition of the different tissues of three demersal fish species from İskenderun Bay, Turkey. *Food Chem.*, 123(2), 410–415.
- Zhang, B., Ma, L., Deng, S., Xie, C., Qiu, X. (2015). Shelf-life of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) as affected by weakly acidic electrolyzed water ice-glazing and modified atmosphere packaging. *Food Control*, 51, 114–121.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os artigos elaborados para esta dissertação tiveram seus dados obtidos a partir de um projeto maior, de título “Gerenciamento hídrico aplicado a entrepostos de pescado”, coordenado pela Embrapa Pesca e Aquicultura (CNPASA) em Tocantins e obteve ajuda de instituições colaboradoras em outros estados. A intenção do projeto foi estudar e implementar ações de gerenciamento ambiental e hídrico, estabelecendo regras para o uso consciente e sustentável da água dentro de indústrias processadoras de pescado. No Rio de Janeiro, a instituição de ensino associada foi a UFF, juntamente com a Embrapa Agroindústria de Alimentos e a empresa colaboradora.

O uso/consumo hídrico nas indústrias de pescado é muito alto e mesmo com as recentes crises hídricas pelo Brasil e no mundo, ainda é difícil haver uma conscientização dentro das indústrias para a economia de água e redução da geração de resíduos de pescado. Na indústria estudada foi encontrado desperdício de água em diversas etapas de processamento, seja devido ao uso incontrolado dos colaboradores ou por causa de equipamentos mal desenvolvidos.

Na etapa de glazeamento, o método utilizado na indústria estudada foi o de imersão, mesmo método utilizado por muitas indústrias que fazem o congelamento do pescado, pois é um método barato e fácil de se aplicar. Entretanto, não é o método mais recomendável, pois exige o monitoramento constante da água de glazeamento para manter seus padrões de qualidade. Apesar das desvantagens deste método, os produtos congelados e glazeados da empresa estudada ainda se apresentavam em conformidade com os padrões de qualidade da legislação em vigência, visto que são realizadas inspeções frequentes em seus produtos por órgãos competentes.

Com a execução do projeto de gerenciamento hídrico na indústria de pescado foi possível mensurar o uso/consumo hídrico em algumas etapas do processamento e caracterizar os efluentes gerados, obtendo dados suficientes para sugerir práticas de economia de água sem comprometer a qualidade dos produtos, como por exemplo o reuso de efluentes de alguns processos.

Futuramente o gerenciamento hídrico na indústria de pescado deverá ser uma prática frequente nas empresas e principalmente o reuso será uma ferramenta importante para a economia de água.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, M.D; BÓRQUEZ, R. Review of the treatment of seafood processing wastewaters and recovery of proteins therein by membrane separation processes: prospects of the ultrafiltration of wastewaters from the fish meal industry. *Desalination*. v. 142, n. 1, p. 29-45. 20 jan. 2002.

ALKAYA, E. *Diffusion of sustainable production approach into turkish manufacturing industry: Pilot applications and sectoral assessments*. Turquia, 2013, 333p. Tese (Doutorado em Environmental Engineering) - School of Natural and Applied Sciences, Middle East Technical University. Turquia, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/260425334_diffusion_of_sustainable_production_approach_into_turkish_manufacturing_industry_pilot_applications_and_sectoral_assessments> acesso em: 08 abr. 2016.

BRASIL. Resolução CNS/MS n.º 04, de 24 de novembro de 1988. Aditivos intencionais. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF Seção I, 19 dez. 1988. 36p.

_____. Lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 09 jan. 1997a, Seção 1.

_____. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. *Diário oficial da União*, Brasília, DF, n. 247, 22 dez. 1997b, Seção 1, páginas 30841-30843.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 326, de 30 de julho de 1997. Aprova o Regulamento Técnico sobre "Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos". *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 01 ago. 1997c.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Manual de procedimentos para implantação de estabelecimentos industrial de pescado: produtos frescos e congelados*. Brasília, DF: MAPA; SEAP/PR, 2007. 116p.

_____. Resolução CONAMA nº 430 de 16 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. *Diário oficial da União*, Brasília, DF, n. 92, 16 mai. 2011a, p. 89.

_____. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, 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 República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 12 dez. 2011b.

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.

CASANI, S.; LETH, T.; KNØCHEL, S. Water reuse in a shrimp processing line: Safety considerations using a HACCP approach. *Food Control*, v. 17, n. 7, p. 540–550, 2006.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Ciclo das águas*. Águas interiores. Disponível em: < <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/> >. Acesso em: 18 fev. 2016.

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

COBAN, O. E. Evaluation of essential oils as a glazing material for frozen rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 37, n.5, p.759–765. 2013.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. *Proposed draft guidelines for the hygienic reuse of processing water in food plants*. Washington, DC, USA. CODEX Committee on Food Hygiene. 3. ed. Agenda item 8, CX/FH 00/8, 23-28 out. 2000, p. 1–13. 2000.

DESONIE, D. *Hydrosphere: freshwater systems and pollution*. New York: Chelsea House books, 2008. 209p.

DUANGPASEUTH, S.; DAS, Q.; CHOTCHAMLONG, N.; ARIUNBAATAR, J.; KHUNCHORNYAKONG, A.; PRASHANTHINI, V.; JUTIDAMRONGPHAN, W. *Seafood Processing. ED78.20: Industrial Waste Abatement and Management*. Tailândia: School of Environment, Resource & Development, Asian Institute of Technology (AIT), 2007. 24 p.

ELSEVIER. *Guide for authors*. Browse journals, food control. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/journals/food-control/0956-7135/guide-for-authors>> Acesso em: 27 mar. 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; WORLD HEALTH ORGANIZATION - FAO; WHO. *Codex Alimentarius: Code of practice for fish and fishery products*. 2. ed. Roma, 2012. 242 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; WORLD HEALTH ORGANIZATION - FAO; WHO. *Codex standard for quick frozen finfish, unviscerated and eviscerated: Codex Stan 36-1981*. 1995.

FERREIRA, T.; GLOBO NATUREZA. *Escassez de água já afeta mais de 40% da população do planeta Terra*. 2015. G1, Jornal da Globo. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2015/08/escassez-da-agua-ja-afeta-mais-de-40-da-populacao-do-planeta-terra.html>>. Acesso em: 25 jan. 2016

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. *Microbiologia dos Alimentos*. São Paulo: Atheneu, 2008. 182p.

GUIMARÃES, R. P.; FONTOURA, Y. S. R. Rio +20 ou Rio-20? Crônica de um fracasso anunciado. *Ambiente & Sociedade*, v. 15, n. 3, p. 19–39, set/dez. 2012.

HUSS, H.H. Limpeza e higienização nos estabelecimentos de processamento do pescado. In:_____. *Garantia da qualidade dos produtos da pesca*. FAO Documento Técnico sobre as Pescas. Roma, 1997. n. 334, 176p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/003/t1768p/T1768P08.htm#ch6>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION - IWA. *Guidelines for full paper submission*. Disponível em: <<http://swws2016.gr/index.php/submission/paper-submission>> acesso em: 12 abr. 2016.

JACOBSEN, S.; FOSSAN, K. M. Temporal variations in the glaze uptake on individually quick frozen prawns as monitored by the CODEX standard and the enthalpy method. *J. Food Eng.* v. 48, p. 227-233. 2001.

JAY, J. M. *Microbiologia dos Alimentos*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 711p.

JOHNSTON, W. A.; NICHOLSON, F. J.; ROGER, A.; STROUD, G. D. *Treatment of fish after freezing*. In:_____. Freezing and refrigerated storage in fisheries. FAO Fisheries Technical Paper. Rome, n. 340. 1994. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/003/v3630e/v3630e07.htm>> Acesso em: abr. 2015.

KIRBY, R. M., BARTRAM, J., CARR, R. Water in food production and processing: quantity and quality concerns. *Food Control*, v.14, n.5, p. 283-299. 2003.

LAMPILA, L. E. Functions and Uses of Phosphates in the Seafood Industry. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. v. 1, n. 3-4, p. 29-41. 1993.

LIN, CHIH-CHENG; LIN, CHUNG-SAINT. Enhancement of the storage quality of frozen bonito fillets by glazing with tea extracts. *Food Control*, v. 16, n. 2, p. 169–175. 2005.

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

MACEDO, J. A. B. *Águas & águas*. São Paulo: Livraria Varela. 505p. 2001.

MIERZWA, J. C. O uso racional e o reuso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria: estudo de caso da Kodak brasileira. São Paulo, 2002. Tese (Doutorado em engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil, 2002.

NIMNU, N. *Waste minimization of cold storage factory. case study: freezing fish factory*. Bangkok, 1998. Dissertação (Mestrado em Environmental Technology). King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand, 1998.

NOVATEC CONSULTANTS INC.; BRITISH COLUMBIA PACKERS LTD. *Guide for best management practices for process water management at fish processing plants*

in *British Columbia*. Environment Canada Industrial Programs Section Environmental Protection. Fraser River Action Plan, Project n°: 1043.16. 1994.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. Protection of the Quality and Supply of Freshwater Resources: Application of Integrated Approaches to the Development, Management and Use of Water Resources. In: _____. *Agenda 21*. United Nations Conference on Environment and Development A/CONF.151/26. Rio de Janeiro, Brasil, Seção 2, cap. 18, 14 jun. 1992. 351p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. Resolution 64/292: The human right to water and sanitation. Resolution adopted by the General Assembly on 28 July 2010. Sixty-fourth session. Agenda item 48. Disponível em: <http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292>. Acesso em: 25 jan. 2016.

RIO DE JANEIRO. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE - INEA. DZ-205.R-6 - Diretriz de controle de carga orgânica em efluentes líquidos de origem industrial. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, 08 nov. 2007. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mde0/~edisp/inea0014060.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2016.

RIO DE JANEIRO. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE - INEA. NT-202.R-10 - Critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, 12 dez. 1986. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mde0/~edisp/inea0014058.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2016.

RODRIGUEZ-TURIENZO, L.; COBOS, A.; MORENO, V.; CARIDE, A.; VIEITES, J. M.; DIAZ, O. Whey protein-based coatings on frozen Atlantic salmon (*Salmo salar*): Influence of the plasticiser and the moment of coating on quality preservation. *Food Chemistry*, v. 128, n. 1, p. 187–194. 2011.

SARITHA, K., JEYASANTA, K. I, PATTERSON J. Quality of tomato hind fish (*Cephalopholis sonnerati*) at different stages of post-harvest processing. *International Journal of Research in Medical and Health Sciences*. ago. 2014. v. 4, n.4, p. 30-42.

SIRIANUNTAPIBOON, S.; NIMNU, N. Management of water consumption and wastewater of seafood processing industries in Thailand. *Suranaree Journal of Science Technology*. v. 6, n. 3, p. 158-167. 1999.

SOARES, N. M.; MENDES, T. S.; VICENTE, A. A. Effect of chitosan-based solutions applied as edible coatings and water glazing on frozen salmon preservation – A pilot-scale study. *Journal of Food Engineering*. v. 119, n. 2, p. 316–323. 2013.

SUNDARARAJAN, S. Evaluation of green tea extract as a glazing material for shrimp frozen by cryogenic and air-blast freezing. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Agricultura e Mecânica, Universidade do Estado de Louisiana, 2010. Disponível em: <http://etd.lsu.edu/docs/available/etd-11172010-144103/unrestricted/Sundararajan_thesis.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2016.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION - UNESCO. *The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy*. WWAP - United Nations World Water Assessment Programme. Paris, 2014. 204p.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. *Cleaner production assessment in fish processing*. Paris: UNEP, 2000. 99 p.

UTTAMANGKABOVORN, M.; PRASERTSAN, P.; KITTIKUN, H.A. Water Conservation in Canned Tuna (pet food) Plant in Thailand. *Journal of Cleaner Production*, v. 13, p. 547-555, 2005.

UNDESA - UNITED NATIONS, DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. *World Population Prospects: The 2012 Revision, Highlights and Advance Tables*. Working Paper, 2013. n. 228.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP. *Declaração Universal dos Direitos da Água – 1992*. Biblioteca virtual de direitos humanos, acervo, meio ambiente. Disponível em: < <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Meio-Ambiente/declaracao-universal-dos-direitos-da-agua.html> > Acesso em: 19 jan. 2016.

VIEIRA, R. H. S. F. Normas e padrões microbiológicos para o pescado. In:_____. *Microbiologia, higiene e qualidade do pescado*. São Paulo: Livraria Varela, 2004. P. 103-110.

WHO - World Health Organization (2011). *Guidelines for drinking-water quality*. 4. ed. Geneva.

ZHANG, B.; MA, L; DENG, S.; XIE, C.; QIU, X. Shelf-life of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) as affected by weakly acidic electrolyzed water ice-glazing and modified atmosphere packaging. *Food Control*, v. 51, p. 114–121. 2015.

6 ANEXOS

6.1 MENSAGEM ENCAMINHADA POR VIA ELETRÔNICA PELO COMITÉ ORGANIZADOR DO “13TH IWA SPECIALIZED CONFERENCE ON SMALL WATER AND WASTEWATER SYSTEMS”. ACEITE DE APRESENTAÇÃO DE POSTER DO RESUMO EXPANDIDO ENTITULADO “QUANTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF EFFLUENTS FROM SEAFOOD PROCESSING INDUSTRY AIMING REUSE AND WATER MANAGEMENT: A PILOT STUDY”⁷.



Jonas Guimaraes <jonassguimaraes@gmail.com>

Abstract Decision SWWS2016

13 mensagens

SWWS 2016 <swws2016@central.ntua.gr>
Para: jonassguimaraes@gmail.com

30 de março de 2016 20:03

Dear Jonas Guimarães,

We are pleased to announce that your abstract submitted for the 13th IWA Specialized Conference on Small Water and Wastewater Systems (SWWS) and the 5th IWA Specialized Conference on Resources-Oriented Sanitation (ROS) (www.swws2016.gr) with title *Quantification and characterization of effluents from seafood processing industry aiming reuse and water management: a pilot study* has been accepted for **poster** presentation by the Scientific Committee. We would kindly like to ask you to reply to the SWWS2016 email (swws2016@central.ntua.gr) whether you accept or decline the invitation by the **30th April 2016** so that we are able to release the draft Conference Programme within May 2016. You are invited to submit your full manuscript until the **20th July 2016**. Please use the guidelines available at <http://swws2016.gr/index.php/submission/paper-submission> for the paper submission.

The poster presenter should register no later than the **31st July 2016** in order for the poster to be included in the Conference Programme & Proceedings. Please use the link <http://www.swws2016.gr/index.php/registration> to register. Indicative hotel options are available at: <http://www.swws2016.gr/index.php/venue/accommodation>.

The Conference presentations will take place on 14th, 15th & 16th September 2016 and an **extensive technical tour** has been planned for 17th September 2016. Please note that **all high quality papers** of the conference will be published in one the following Journals: Journal of Environmental Management, Water Science and Technology, Water Science and Technology: Water Supply, Water Practice & Technology and Desalination and Water Treatment.

We look forward to seeing you in Athens in September 2016.

On behalf of the Organizing Committee

Simos Malamis

Sanitary Engineering Laboratory

School of Civil Engineering

National Technical University of Athens

Tel: +30 210 7722797; Fax: +30 2107722899

Email: smalamis@central.ntua.gr

SWWS2016 Conference Chair

⁷ de acordo com o comitê avaliador, todos os trabalhos aceitos deverão ser publicados como artigo científico em uma das revistas mencionadas na nota de rodapé 6.

6.2 MENSAGEM ENCAMINHADA POR VIA ELETRÔNICA PELO SISTEMA EDITORIAL DA REVISTA “FOOD CONTROL”. CONFIRMAÇÃO DE SUBMISSÃO DO ARTIGO “GLAZING WATER IN SEAFOOD INDUSTRY: A REFLECTION TO THE QUALITY CONTROL”.



Jonas Guimaraes <jonassguimaraes@gmail.com>

Submission Confirmation

1 mensagem

Food Control <Charishowells25@hotmail.com>
Para: jonassguimaraes@gmail.com

22 de março de 2016 21:11

Dear Mr. Jonas de Toledo Guimarães,

Your submission entitled "Glazing water in seafood industry: a reflection to the quality control" has been received by Food Control

You may check on the progress of your paper by logging on to the Elsevier Editorial System as an author. The URL is <http://ees.elsevier.com/foodcont/>.

Your username is: jonassguimaraes@gmail.com
If you need to retrieve password details,
please go to: http://ees.elsevier.com/foodcont/automail_query.asp

Your manuscript will be given a reference number once an Editor has been assigned.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Elsevier Editorial System
Food Control

For further assistance, please visit our customer support site at <http://help.elsevier.com/app/answers/list/p/7923> Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions and learn more about EES via interactive tutorials. You will also find our 24/7 support contact details should you need any further assistance from one of our customer support representatives.