

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Pesca e Aquicultura  
Ministério da Agricultura e Pecuária*

# **PROCESSAMENTO SUSTENTÁVEL DE PEIXE**

**RELATOS DE CASOS EM INDÚSTRIAS**

*Danielle de Bem Luiz*

*Viviane Rodrigues Verdolin dos Santos*

Editores Técnicos

**Embrapa**  
Brasília, DF  
2024



# Capítulo 1

## Processamento de peixes

Aspectos Gerais

Viviane Rodrigues Verdolin dos Santos

Danielle de Bem Luiz

## Introdução

A crença de que a água é um bem infinito sobrelevou em nossa sociedade por muito tempo, o que ocasionou em usos indiscriminados, sem a consciência de sua conservação e preservação. A mudança no conceito de infinidade da água é um processo recente e em construção, pois até a década de 1990, segundo Mierzwa e Hespanhol (2005), esse recurso representava um insumo pouco significativo, tanto quanto à disponibilidade como em termos econômicos. De acordo com esses autores, face a sua aparente abundância era nula, ou quase inexistente, a preocupação com a adoção de práticas para identificação de pontos setoriais de maior demanda de água e com a aplicação de estratégias voltadas à redução de seu uso e geração de efluentes.

Nas indústrias alimentícias em geral e, particularmente, nas de pescado, a água é a matéria-prima que garante a qualidade e segurança sanitária dos produtos. No Brasil, a falta de um marco legal em matéria sanitária pautado pela bioética caracteriza a existência de uma preocupação somente quanto à qualidade do produto, resultando no uso ineficiente da água (Pereira, 2010). Ressalta-se, ainda, a análise isolada de questões de saúde pública, gerando dúvidas sobre a manutenção da qualidade do produto a partir do uso racional de água (Chowdhury et al., 2010).

Neste capítulo, é apresentado o processamento de pescado, com enfoque em peixes, indicando a legislação pertinente, as etapas do processamento, os aspectos ambientais e as alternativas de processos mais sustentáveis, com viabilidade técnica e econômica, dentro de um contexto de produção mais limpa – *cleaner production*. A aplicação desses conceitos visa gerar benefícios ambientais e econômicos à indústria, ressaltando a importância da participação de todos os empregados, principalmente da gerência, no processo de tomada de decisões estratégicas.

## Visão geral da indústria de alimentos no Brasil

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de alimentos do mundo (Inagaki, 2015). Dados da Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (Abia) apontam que o setor de alimentos faturou no ano de 2014 a quantia de R\$ 529,6 bilhões, correspondendo a 10,2 % do Produto Interno Bruto (PIB) do país, gerando mais de 1,6 milhão de empregos formais.

Os alimentos processados, como açúcares, suco de laranja, carnes e derivados, e farelo de soja são os quatro principais produtos exportados, embora os semielaborados também tenham grande peso nas exportações do setor (Associação Brasileira da Indústria de Alimentos, 2012). Os alimentos brasileiros processados têm qualidade e padrão internacionais, até porque grandes empresas transnacionais do setor produzem no Brasil para atender a um dinâmico mercado interno.



## Legislação brasileira

O controle higiênico-sanitário dos alimentos constitui fator primordial para a prevenção das doenças de origem alimentar (Santos, 2014). Assim, estabelecer normas e regulamentos tem papel fundamental para garantir a segurança e evitar problemas de saúde pública associados ao consumo de alimentos.

No Brasil, as diretrizes que abrangem as Boas Práticas de Fabricação (BPF), entre outros requisitos essenciais de higiene para a produção/fabricação de alimentos para o consumo humano, são obrigatórias para todas as indústrias de alimentos e pautadas nos seguintes documentos:

- Portaria MS nº 1.428, de 26 de novembro de 1993 (Brasil, 1993).

Aprova o “Regulamento Técnico para Inspeção Sanitária de Alimentos”, as ‘Diretrizes para o Estabelecimento de Boas Práticas de Produção e de Prestação de Serviços na Área de Alimentos’ e o ‘Regulamento Técnico para o Estabelecimento de Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ’s) para Serviços e Produtos na Área de Alimentos’.

- Portaria SVS/MS nº 326, de 30 de julho de 1997 (Brasil, 1997a).

Aprova o Regulamento Técnico ‘Condições Higiênicas-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos’.

- ANVISA Resolução – RDC nº 331, de 23 de dezembro de 2019 (Agência Nacional de Vigilância, 2019).

Dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação.

- ANVISA Resolução – RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002 (Agência Nacional de Vigilância, 2002).

Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos.

- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017 (Brasil, 2017a).

Dispõe sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal, que disciplina a fiscalização e a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal, instituídas pela

Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e pela Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989.

Ressalta-se que é indispensável a consulta à legislação específica de cada produto alimentício, em que deverá estar discriminado o padrão sensorial, físicoquímico e microbiológico. Outras informações das instalações, especificações dos tipos de processamento e de equipamentos também deverão estar descritos. Por exemplo, as legislações específicas para abatedouros de carnes de suínos e aves são, respectivamente, Portaria nº 1995 (Brasil, 1995) e Portaria nº 210 (Brasil, 1998).

- Brasil (1995). Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº. 711, de 1º de novembro de 1995. Normas técnicas de instalações e equipamentos para abate e industrialização de suínos, Brasil (1995).
- Brasil (1998). Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 210 de 10 de novembro de 1998. Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-sanitária de Carne de Aves, Brasil (1998).

### Legislação Brasileira referente ao consumo humano de água

A água em grande quantidade e de boa qualidade é primordial para as indústrias de alimentos, onde são consumidas grandes quantidades desse insumo devido aos diferentes processos envolvidos e aos padrões sanitários estabelecidos para os produtos e para os ambientes de produção (Massoud et al., 2010; Sánchez et al., 2011). As etapas de uso e consumo de água compreendem: limpeza e preparo da matéria-prima, limpeza e higienização dos equipamentos e da área de processamento, incorporação de água na produção de produtos (molhos, enlatados, embutidos etc.), transporte de materiais (produtos e subprodutos comestíveis ou não comestíveis), resfriamento, pasteurização, entre outros (Álvarez et al., 2010; Sánchez et al., 2011).

A Portaria SVS/MS nº 326, de 30 de julho de 1997, estabelece “os requisitos gerais (essenciais) de higiene e de boas práticas de fabricação para alimentos produzidos/fabricados para o consumo humano” para “toda pessoa física ou jurídica que possua pelo menos um estabelecimento, no qual sejam realizadas algumas das seguintes atividades: produção/industrialização, fracionamento, armazenamento e transportes de alimentos industrializados” e indica que “como princípio geral na manipulação de alimentos somente deve ser utilizada água potável” (Brasil, 1997a).

A qualidade da água para consumo humano e uso no preparo de alimentos, assim como o conceito de água potável e o seu padrão de potabilidade, são descritos na Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde, que define os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (Brasil, 2017b):

Água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem.

Água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido neste Anexo e que não ofereça riscos à saúde.

Padrão de potabilidade: conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, conforme definido no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017.

É necessário que haja um controle higiênico-sanitário da água utilizada na indústria de alimentos, pois, caso apresente contaminações, o risco de veicular microrganismos patogênicos e de contaminar os produtos processados é alto (Vasconcelos; Silva, 2012).

## Indústrias de processamento de pescado

O novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIIS-POA) apresenta duas classificações para os estabelecimentos de pescado que beneficiam e industrializam produtos à base de pescado (Brasil, 2017a):

§ 2º Para os fins deste Decreto, entende-se por abatedouro frigorífico de pescado o estabelecimento destinado ao abate de pescado, recepção, lavagem, manipulação, acondicionamento, rotulagem, armazenagem e expedição dos produtos oriundos do abate, podendo realizar recebimento, manipulação, industrialização, acondicionamento, rotulagem, armazenagem e expedição de produtos comestíveis e não comestíveis.

§ 3º Para os fins deste Decreto, entende-se por unidade de beneficiamento de pescado e produtos de pescado o estabelecimento destinado à recepção, à lavagem do pescado recebido da produção primária, à manipulação, ao acondicionamento, à rotulagem, à armazenagem e à expedição de pescado e de produtos de pescado, podendo realizar também sua industrialização e o recebimento, a manipulação, a industrialização, o acondicionamento, a rotulagem, a armazenagem e a expedição de produtos não comestíveis (Brasil, 2017a).

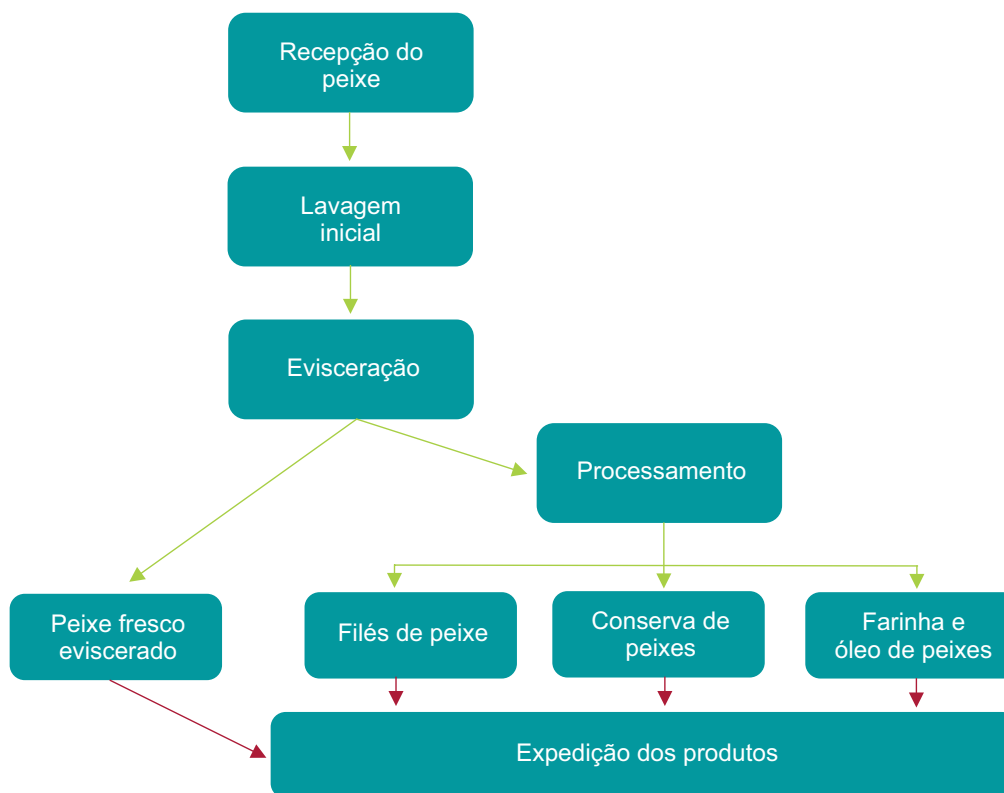
Neste livro, as duas classificações de estabelecimentos (abatedouro frigorífico de pescado e unidade de beneficiamento de pescado e produtos de pescado) serão nominadas indústrias de processamento de pescado.

A indústria de pescado tem crescido consideravelmente, tanto pelo aumento da demanda dos consumidores quanto pelas inovações tecnológicas pelas quais o mercado está passando, o que torna necessário melhorar os programas de inspeção de qualidade e de processamento (Argenta, 2012). A indústria de pescado utiliza grandes quantidades de água potável em razão da segurança e saúde de seus operários e dos consumidores de seus produtos. Entretanto, existem instrumentos que podem aumentar a eficiência da utilização da água por meio do gerenciamen-

to hídrico (Casani et al., 2006; Wan Alwi et al., 2008; Chowdhury et al., 2010; Alkaya; Demirer; 2016). Nessas indústrias, a água é utilizada nas etapas de limpeza, refrigeração, cozimento e higienização. Em contrapartida, os efluentes gerados caracterizam-se pela presença de contaminantes orgânicos dissolvidos, coloides e partículas (Chowdhury et al., 2010).

As metodologias de processamento variam de acordo com a matéria-prima (fresca ou congelada), a forma de processamento e agregação de valor ao produto e o tipo de produto final (defumados, enlatados, filés congelados, produto fresco ou congelado, entre outros) (Duangraseuth et al., 2007).

O tipo de produto, tamanho da indústria, a escala de produção, a tecnologia empregada na linha dos produtos, entre outros fatores, é o que diferencia a indústria de processamento de peixes. No geral, um fluxograma básico da indústria (Figura 1) envolve etapas do processamento que passam pela recepção do peixe, lavagem inicial, evisceração, processamento e expedição dos produtos acabados.



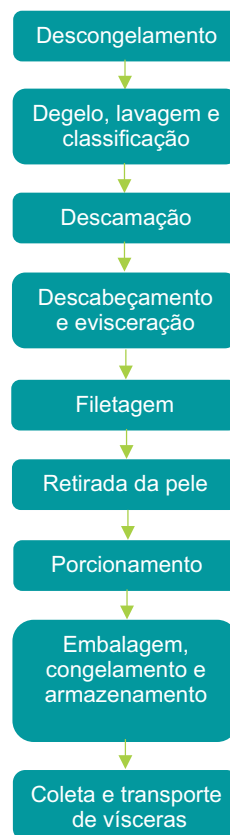
**Figura 1.** Fluxograma básico da indústria de processamento de peixes.

## Caracterização das principais linhas de produtos e possibilidades de melhorias no processo de produção sustentável

A seguir serão apresentadas as etapas de processamento de acordo com as principais linhas de produção da indústria de pescado, com destaque para produção de filés de peixes e peixes em conserva, enlatados, os aspectos ambientais e as possibilidades de melhorias.

### Linhas de produção de filés de peixe

Veja a seguir as seguintes etapas das linhas de produção de filés de peixes (Figura 2): a) descongelamento; b) degelo, lavagem e classificação; c) descamação; d) descabeçamento; e) filetagem; f) retirada da pele; g) porcionamento; h) embalagem, congelamento e armazenamento; i) coleta e transporte de vísceras.



**Figura 2.** Fluxograma representativo das linhas de produção de filés de peixes.



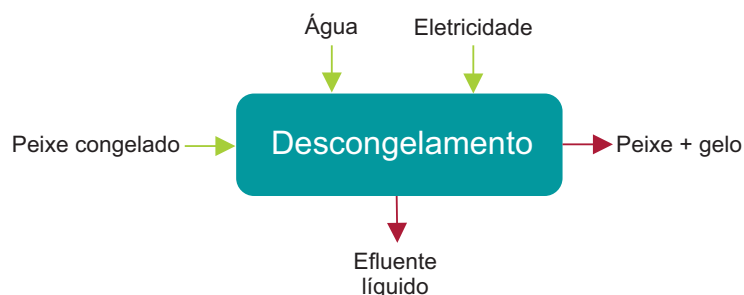
## Descongelamento

O peixe congelado como matéria-prima é uma opção para as indústrias de processamento de peixes frescos devido à sazonalidade de algumas espécies e logística. Dessa forma, é possível manter o nível de produção e abastecimento do mercado consumidor ao longo do ano.

A quantidade de água está relacionada à forma de descongelamento da matéria-prima, se em bateladas ou em esteiras, por exemplo. Durante o descongelamento, a água utilizada no processo é contaminada por fezes, muco, escamas ou mesmo sujidades aderidas ao peixe. O grau de contaminação dessa água depende da condição de limpeza do peixe, da realização, ou não, de jejum prévio ao abate e da espécie do animal (escama ou couro).

O descongelamento da matéria-prima pode ser feito de diversas formas, sendo a mais comum a imersão dos blocos congelados em tanques contendo água. Neste processo, são demandadas grandes quantidades desse recurso, podendo representar até 50 % do volume total de água necessária para a produção de filé de peixes. Outra forma de descongelamento é a imersão em água a 30-35 °C, isso promove uma redução no consumo de água de aproximadamente 40 % em relação ao processo tradicional. Por outro lado, deve-se considerar o maior consumo de energia para aquecimento da água.

Entretanto, o método que apresenta menor consumo de água é o descongelamento em ar úmido e aquecido, com redução de quase 100 % do uso de água, embora a demanda por energia seja maior, devido ao aquecimento do ar. Além disso, neste método ocorre uma menor perda de matéria-prima e a qualidade do peixe descongelado é melhor. A tomada de decisão acerca do método que será implantado na indústria deve levar em consideração não só os aspectos ambientais, mas a viabilidade econômica, calculando-se o tempo de retorno dos investimentos necessários. Na etapa do descongelamento feita pelo método de imersão em água, há que se considerar as entradas e saídas, conforme a Figura 3.



**Figura 3.** Entradas e saídas da etapa de descongelamento.

## Degelo, lavagem e classificação

Nesta etapa, os recipientes, provenientes da etapa do descongelamento contendo peixes + gelo + água, são descarregados em tanques de degelo onde é feita uma adição de água e agitação para que haja uma separação dos peixes e do gelo remanescente. Os peixes decantam e o gelo flutua na superfície, permitindo sua retirada por meio da adição de mais água para provocar o derramamento e remoção do gelo flutuante. Em seguida, os peixes passam por grades classificadoras.

Nesta etapa, basicamente, o potencial impacto ambiental do processamento se restringe ao uso de água, ou seja, à demanda hídrica. A adição de água, até que haja derramamento de água com gelo, é necessária para separar o peixe do gelo remanescente no tanque de degelo e pode ser feita com controle manual ou automático, por meio de válvulas solenoides. O uso desse tipo de válvula pode reduzir o uso de água, evitando desperdícios. Além disso, outra possibilidade de melhoria de processo nessa etapa pode ser feita por meio da recuperação da água resfriada que transborda com gelo do tanque, reaproveitando-a em outras etapas, como a descamação, reduzindo o uso total de água gasta no processamento.

A água usada no degelo também tem a função de manter os peixes lubrificados no equipamento de classificação e a quantidade pode variar de acordo com a qualidade da matéria-prima: quanto melhor a qualidade, menor a necessidade de água a ser usada no equipamento. A regulagem das válvulas de entrada de água nesse equipamento pode reduzir a quantidade usada. Sempre que possível, deve-se dar preferência aos equipamentos de classificação que adicionem água por meio de válvulas de spray.

Na etapa do degelo, lavagem e classificação, há que se considerar as entradas e saídas, conforme a Figura 4.



**Figura 4.** Entradas e saídas da etapa de degelo, lavagem e classificação.

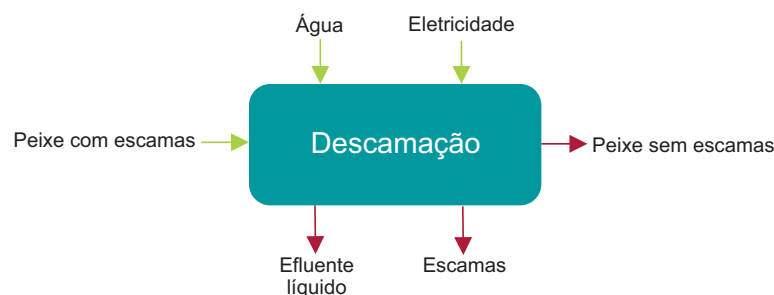
## Descamação

Esta etapa consiste em colocar os peixes com escamas dentro de um equipamento contendo um cilindro perfurado que, por meio de centrifugação com adição de jatos de água, extrai as escamas.

O impacto ambiental associado a esta etapa está relacionado ao uso de água e ao aporte de matéria orgânica que a descamação gera no efluente. Além disso, dependendo da severidade dos danos físicos causados ao peixe nesse processo, esta etapa pode influenciar nas perdas de matéria orgânica nas fases subsequentes.

As possibilidades de melhoria nesta etapa do processamento estão associadas à recirculação da água utilizada no aparelho, podendo, ainda, ser resfriada com o gelo recuperado na etapa de degelo, lavagem e classificação. Nesse caso, será necessária uma lavagem adicional da matéria-prima ao sair do equipamento para garantir que não haja escamas remanescentes no produto. Em caso de processamento de filés sem pele, esta etapa pode ser excluída da linha do processamento.

Na etapa da descamação, há que se considerar as entradas e saídas, conforme a Figura 5.



**Figura 5.** Entradas e saídas da etapa de descamação.

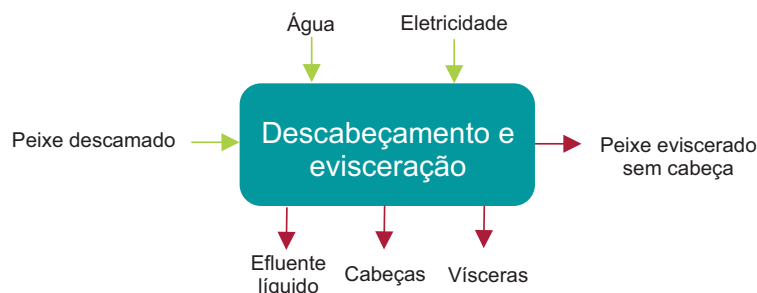
## Descabeçamento e evisceração

Esta etapa pode ser feita manualmente ou em equipamentos específicos, como aqueles utilizados nas indústrias de conserva de peixes para descabeçamento e evisceração de sardinhas. No processo manual, as cabeças são cortadas com faca, as vísceras retiradas e, em seguida, esse resíduo sólido é depositado em recipientes coletores ou são direcionados às calhas coletoras, juntamente com a água residual. No processo automatizado, os peixes entram mecanicamente no equipamento por meio de esteiras que transportam os animais de um tanque onde ficam estocados imersos em água. Nesse processo, a água é utilizada para lubrificar os peixes; limpar as

facas de corte e garantir a saída dos resíduos dos equipamentos; limpar os peixes e como meio de condução dos dejetos.

Dentre as possibilidades de melhoria do processo, está o desenvolvimento e adoção de equipamentos nos quais a água não seja necessária para promover a remoção das cabeças cortadas de cima da superfície do equipamento. Outra possibilidade é a substituição de fluxos contínuos de água por fluxos intermitentes, por meio de jatos acionados manualmente para retirar as partes cortadas de cima do equipamento ou, até mesmo, a remoção com escovas, reduzindo o uso de água. O uso de maquinário de evisceração a vácuo também é uma possibilidade, especialmente nas plantas industriais em que o processo de filetagem ocorre sem que haja o descabeçamento dos peixes.

Na etapa do descabeçamento, há que se considerar as entradas e saídas, conforme a Figura 6.



**Figura 6.** Entradas e saídas da etapa de descabeçamento e evisceração.

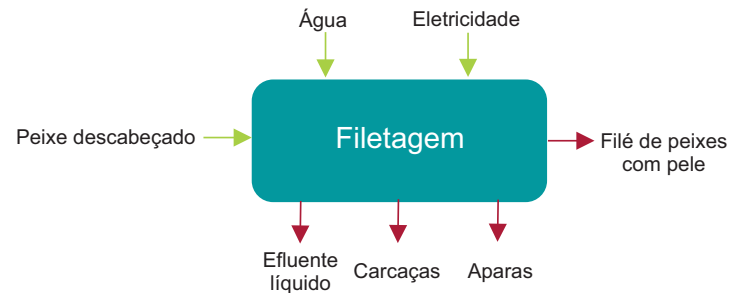
## Filetagem

O processo de filetagem pode ser manual ou automatizado e de diferentes formas, considerando a filetagem em peixe inteiro, descamado ou eviscerado sem escama. Usualmente, é feito em peixe eviscerado e previamente limpo, envolvendo, basicamente, a retirada dos filés.

Nesta etapa, a água é muito utilizada para lavar o peixe, limpar as superfícies, remover os resíduos, limpar as facas e o equipamento de filetagem. Consequentemente, há uma grande geração de efluente e de resíduos sólidos, ricos em nutrientes atribuídos às carcaças, aparas e ao sangue.

As possibilidades de melhoria do processamento envolvem a minimização do uso de água e a destinação dos resíduos sólidos para a produção de coprodutos. Desta forma, é possível reduzir a geração de efluente líquido e melhorar suas características pela redução da carga orgânica a ele associada.

Na etapa da filetagem, há que se considerar as entradas e saídas, conforme a Figura 7.



**Figura 7.** Entradas e saídas da etapa de filetagem.

### Retirada da pele

Esta etapa pode ser feita de forma manual ou automatizada com uso de maquinário próprio. No sistema manual, as peles são retiradas com auxílio de facas por operadores treinados. A água é utilizada para limpeza das facas, superfícies e do piso, bem como para retirada de material que por ventura venha cair no chão. A qualidade da matéria-prima é diretamente relacionada com a carga orgânica depositada no efluente nesta etapa: quanto pior a qualidade da matéria-prima, maior a quantidade de gordura e aparas de peixes que será perdida junto com a retirada das peles.

As possibilidades de redução dos impactos associados passam por capacitação dos operários para reduzir a quantidade de resíduos gerados; destinação das peles para geração de coprodutos, como a produção de couro de peixe; manutenção e regulagem constante do maquinário e pressão das torneiras; e uso de jatos intermitentes de água, ao invés de jatos contínuos. Outra possibilidade é o uso de maquinário a vácuo para realizar a retirada das peles, o que gera economia do uso de água, embora aumente o uso de energia.

Na etapa da retirada da pele, há que se considerar entradas e saídas, conforme a Figura 8.



**Figura 8.** Entradas e saídas da etapa de retirada da pele.

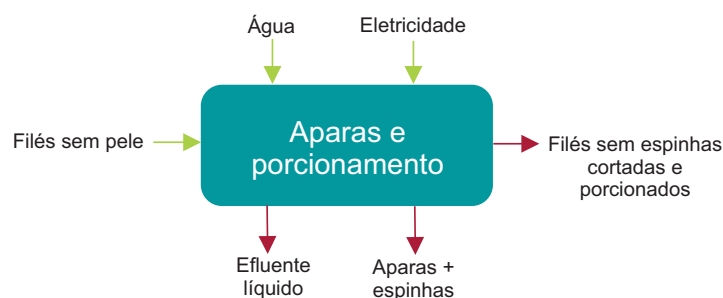


## Toailete e porcionamento dos filés

Nesta etapa, os filés passam por uma toailete: faz-se o corte no formato adequado, as espinhas remanescentes são retiradas e, por fim, são porcionados para serem embalados posteriormente.

Os possíveis impactos associados a esta etapa são atribuídos ao uso de água para limpeza dos filés, equipamentos e das superfícies, bem como às possíveis perdas de matéria-prima que, eventualmente, caiam no piso e sejam conduzidas às calhas, contribuindo para o aporte de carga orgânica no efluente gerado. Uma das possibilidades de redução do uso de água é a instalação de duchas de pressão com acionamento manual (tipo pistola), em invés de torneiras de fluxo contínuo de água. A coleta e destinação dos resíduos sólidos para a produção de coprodutos também representa um avanço em prol da sustentabilidade ambiental e econômica na linha de produção de filés de peixes.

Nesta etapa, devem-se considerar as entradas e saídas, conforme a Figura 9.



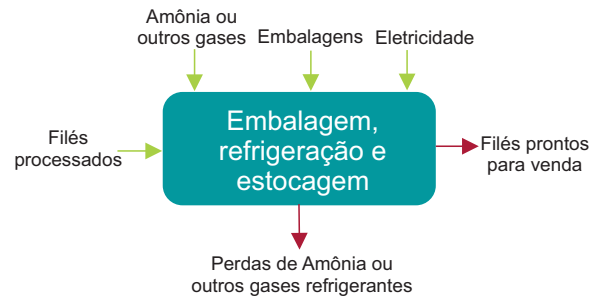
**Figura 9.** Entradas e saídas da etapa de aparas e porcionamento.

## Embalagem, refrigeração e estocagem

Nesta etapa, os filés processados são embalados, refrigerados e estocados até o momento de sua expedição para o mercado. O principal fator de potencial de impacto ambiental está relacionado ao consumo de energia para a manutenção dos sistemas de refrigeração. Ademais, alguns gases voláteis podem escapar e contribuir para a redução da camada de ozônio.

As possibilidades de melhoria nesta etapa do processamento estão relacionadas à instalação de equipamentos mais eficientes quanto ao uso de energia e que apresentem menor risco de escape de gases ao meio ambiente, como os livres de CFC (clorofluorocarboneto). Além disso, o planejamento das vendas pode representar ganhos de sustentabilidade, reduzindo o tempo de estocagem e, conseqüentemente, os gastos com energia. A manutenção dos equipamentos e do sistema de refrigeração, em geral, pode contribuir significativamente para evitar perdas de frio no sistema e reduzir o consumo de energia.

Na etapa de embalagem, refrigeração e estocagem, há que se considerar as entradas e saídas de matérias-primas e insumos, conforme a Figura 10.



**Figura 10.** Entradas e saídas da etapa de embalagem, refrigeração e estocagem.

### Coleta e transporte de resíduos sólidos

A coleta e transporte de resíduos sólidos, especialmente aqueles das etapas de descabeçamento/evisceração e filetagem, normalmente é feita em canaletas junto com a coleta de água residual proveniente das etapas de processamento. O impacto potencial associado a essa operação está relacionado ao aumento do volume de efluente gerado, devido à necessidade de adição de mais água para a condução desses resíduos nas canaletas de coleta, bem como ao aumento da carga de matéria orgânica no efluente.

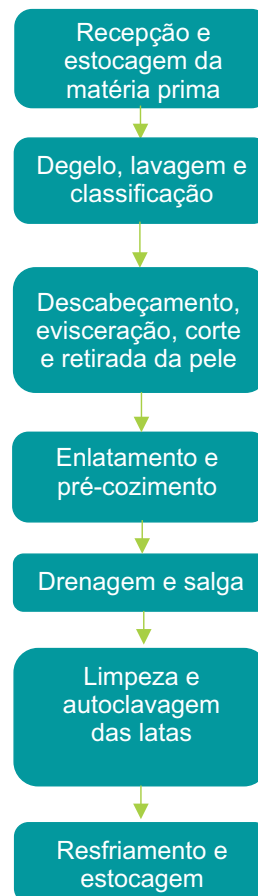
O reúso de água e a instalação de equipamentos próprios podem ser alternativas de melhoria para essa operação, a exemplo de:

- Instalação de esteiras rolantes filtrantes nas áreas de trabalho onde sejam gerados resíduos sólidos; ou outro sistema de filtração e coleta do material, evitando seu acesso às canaletas de coleta de efluente.
- Uso de rosca sem fim para transporte “a seco” de resíduos.
- Instalação de máquinas de evisceração a vácuo.
- Reúso de água de processos como degelo, descamação e filetagem para transporte de sólidos até o local de coleta de resíduos, onde será filtrado.

O uso de esteiras ou outro tipo de coletor filtrante, além de promover a condução do material com pequenas quantidades de água, impede que partículas acima de 1 mm sejam transportadas para as canaletas de água residual das etapas de processamento, melhorando as características físico-químicas do efluente líquido.

## Linhas de produção de enlatados

As linhas de produção de enlatados de peixes (Figura 11) envolvem processos diferentes dos existentes nas linhas de produção de filés e são constituídas, basicamente, pelas seguintes etapas: a) recepção e estocagem da matéria-prima; b) degelo, lavagem e classificação da matéria-prima; c) descabeçamento, evisceração, corte e retirada da pele; d) enlatamento e pré-cozimento; e) drenagem e salga; f) limpeza e autoclavagem das latas; g) resfriamento e estocagem.



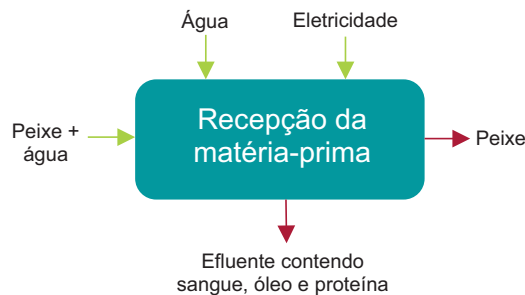
**Figura 11.** Fluxograma básico da linha de produção de enlatados.

## Recepção da matéria-prima

Os peixes capturados (a exemplo da sardinha e atum) são mantidos em tanques de espera com água e gelo dentro das embarcações. Geralmente são descarregados por gravidade, em que a água e os peixes são depositados em recipientes nos quais a água é drenada. Em seguida, é feita a pesagem dos peixes que serão conduzidos para tanques de espera dentro da planta de processamento, onde podem ser destinados à linha de processamento ou estocados em câmaras frias para o processamento posterior.

A quantidade de água utilizada nos sistemas de descarregamento e condução de peixes para dentro das plantas de processamento, bem como a carga orgânica dessa água, são os principais impactos associados. A baixa qualidade do peixe é determinante para o aumento da carga orgânica do efluente (sangue, óleo, muco e outros resíduos). O resfriamento da água dentro dos tanques de espera contribui para a conservação da qualidade da matéria-prima, evitando perdas e, conseqüentemente, melhora as características físico-químicas da água residual. O uso de equipamentos a vácuo para o descarregamento e transporte desses peixes, da embarcação à planta de processamento, pode reduzir a quantidade de água necessária para a operação.

Na etapa de recepção da matéria-prima, há que se considerar as entradas e saídas de insumos, conforme a Figura 12.



**Figura 12.** Entradas e saídas da operação de recepção da matéria-prima.

## Degelo, lavagem e classificação

A etapa do gelo e lavagem é semelhante à que ocorre na linha de produção de filés de peixes.

## Enlatamento dos peixes

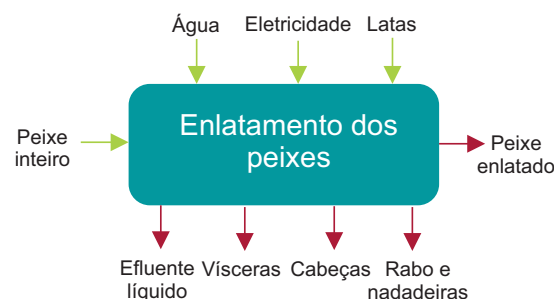
Esta etapa pode acontecer de diferentes maneiras, pois depende da espécie a ser enlatada e da origem da matéria-prima (peixe fresco, resfriado ou congelado). A espécie irá determinar se o peixe terá um cozimento prévio ou não. Os peixes pequenos, em geral, são limpos, cortados e alojados nas latas antes de passar por algum tipo de cozimento; enquanto os peixes grandes, como o atum, são cozidos primeiro para depois serem porcionados e alocados nas latas.

O enlatamento de peixe congelado dependerá das etapas de pré-degelo e de classificação. No caso de peixes frescos, haverá a seguinte sequência de processos: classificação, evisceração, descabeçamento, corte e porcionamento e, por fim, o enchimento das latas, conforme a Figura 11.

Nesta etapa, o potencial impacto ambiental está relacionado às quantidades necessárias de água para o degelo, lavagem e classificação dos peixes, bem como para a limpeza do animal durante e após a evisceração, descabeçamento e eventual retirada de pele, dependendo do tipo de produto final.

A possibilidade de redução dos impactos associados está diretamente relacionada à redução da quantidade de água usada no processo; recuperação e destinação dos resíduos sólidos para a produção de coprodutos; uso de equipamentos com menor demanda de água; capacitação das equipes de trabalhadores e à manutenção; e regulagens periódicas de maquinários e equipamentos.

Na etapa de enlatamento dos peixes, há que se considerar as entradas e saídas, conforme a Figura 13.



**Figura 13.** Entradas e saídas da etapa de enlatamento dos peixes.



## Pré-cozimento e drenagem das latas

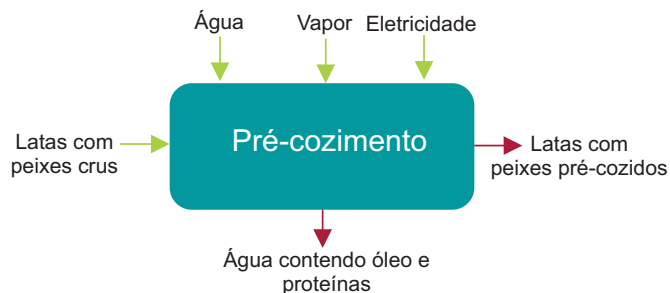
Como já mencionado, a etapa de pré-cozimento do peixe pode ocorrer antes ou depois do enchimento das latas, a depender das características da matéria-prima. Normalmente, os peixes pequenos são submetidos ao pré-cozimento após sua acomodação nas latas, enquanto os peixes grandes passam pelo processo de cozimento antes do enlatamento para evitar formação de molhos escurecidos.

Geralmente, o cozimento é feito no vapor e em equipamentos apropriados. Em seguida, é feita a drenagem das latas para eliminar qualquer resíduo líquido gerado a partir da cocção. No caso de peixes pré-cozidos e depois alocados nas latas, a cocção é feita em recipientes, comumente denominados de bins, e a separação das partes comestíveis das descartáveis é feita após o cozimento. O peixe, em seguida, é cortado e posto em latas.

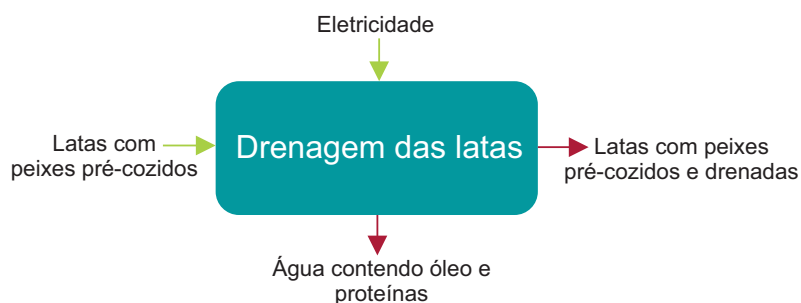
Nesta etapa, a água é usada para produção de vapor nos fornos de cozimento e o efluente gerado é rico em matéria orgânica, devido à liberação de proteínas e óleos durante o processo. Outro fator de impacto associado é a grande demanda de energia para a geração de calor e produção de vapor nos fornos.

As manutenções constantes dos equipamentos, com objetivo de garantir sua eficiência e evitar perdas de calor, possibilitam redução dos impactos associados. Nesta etapa, o uso de fornos tipo micro-ondas é uma das tecnologias que pode diminuir consideravelmente o uso de água, por não demandar produção de vapor para aquecimento do forno e, conseqüentemente, reduz a geração de efluente. No mais, a separação por centrifugação da água e gordura presentes no efluente pode contribuir para a redução da carga de matéria orgânica presente neste meio, para geração de coprodutos ricos em óleo e para o reaproveitamento da água, de acordo com as regulamentações legais.

Na etapa de pré-cozimento dos peixes e drenagem das latas, há que se considerar as entradas e saídas, conforme as Figuras 14 e 15.



**Figura 14.** Entradas e saídas da etapa de pré-cozimento.



**Figura 15.** Entradas e saídas da etapa de drenagem das latas.

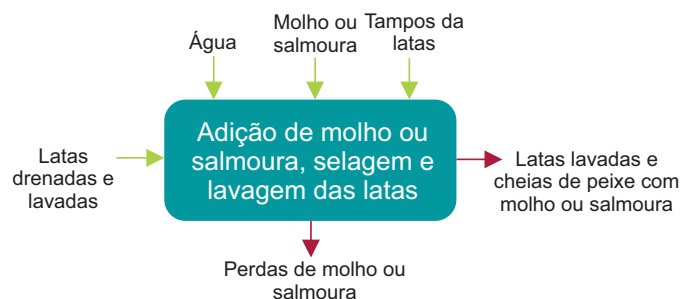
### Adição de molho ou salmoura e lavagem das latas

Esta etapa ocorre na sequência da drenagem das latas contendo o peixe pré-cozido. Aqui, a água é tanto consumida (sendo incorporada ao produto final, por meio dos molhos ou pela salmoura), como utilizada para promover a lavagem das latas após sua selagem.

A quantidade de água consumida e utilizada nesse processo dependerá do tipo de molho, do tamanho da lata e do grau de sujidade aderida ao recipiente após sua selagem que, por sua vez, pode ser feita em equipamentos semiautomáticos ou totalmente automatizados.

O potencial de impacto associado se refere ao uso/consumo de água e ao consumo de energia. O uso, a regulagem e manutenção de equipamentos de adição de molhos e salmoura, que evitem a injeção de quantidades excessivas e, conseqüentemente, seu derramamento, podem contribuir para a redução dos impactos.

Na etapa de adição de molho ou salmoura e lavagem das latas, há que se considerar as entradas e saídas, conforme a Figura 16.



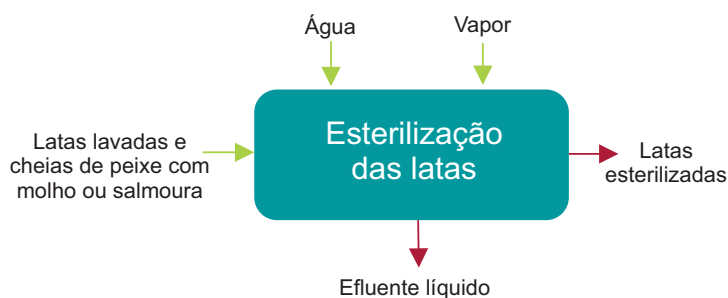
**Figura 16.** Entradas e saídas da etapa de adição de molho ou salmoura, selagem e lavagem das latas.

### Esterilização das latas

Nesta etapa, as latas seladas e lavadas passam por processo de esterilização em autoclaves em altas temperaturas por tempo suficiente para promover a esterilização. Em seguida, as latas são resfriadas em água clorada.

Os possíveis impactos associados são atribuídos ao consumo de energia e ao uso de água nas autoclaves e para posterior resfriamento. É recomendada a adoção de medidas que reduzam as perdas de calor nos equipamentos e promovam sua regulagem, a fim de aumentar a eficiência ambiental do processo.

Na etapa de esterilização das latas, há que se considerar as entradas e saídas, conforme a Figura 17.



**Figura 17.** Entradas e saídas da etapa de esterilização das latas.

## Impactos do processamento e alternativas sustentáveis de processos

O termo “produção mais limpa” (P+L) é definido como “aplicação contínua de estratégias ambientais preventivas nos processos, produtos e serviços, para aumentar sua eficiência e reduzir riscos ao homem e ao meio ambiente” (United Nations Environment Programme, 2000). Essas estratégias, por serem preventivas, devem ser aplicadas em todas as etapas do processamento e não apenas ao final do processo (Kupusovic et al., 2007; Ene et al., 2013; Barama et al., 2014).

Os impactos ambientais potenciais, associados às etapas do processamento, advêm basicamente de cinco pontos (Alkaya; Demirer, 2016):

- Uso/consumo de grande volume de água.
- Geração de efluentes com alta carga orgânica.
- Elevado consumo de energia que pode contribuir para a poluição atmosférica e mudanças climáticas.
- Geração de resíduos sólidos com elevada concentração proteica.
- Emissões para o ar que podem causar problemas de odor na região de instalação da indústria.

Visando reduzir esses impactos, as indústrias podem adotar processos de produção mais limpos, contribuindo para a conservação dos recursos naturais, eliminação de produtos tóxicos, redução de resíduos e de emissões. Alkaya e Demirer (2016) definiram alguns critérios para a seleção de técnicas ecologicamente mais sustentáveis no processamento de pescado:

- Benefícios ambientais.
- Aplicabilidade técnica.
- Viabilidade econômica.
- Facilidade de implementação.
- Sustentabilidade a longo prazo.
- Requisitos operacionais e de manutenção.
- Efeitos transversais conexos.

Nos próximos tópicos são apresentados os tipos de impactos e as alternativas para sua minimização.

## Práticas de aplicação geral

Pequenas mudanças e adaptações nos processos de produção podem significar reduções de impactos potenciais por meio da diminuição do uso e consumo de recursos, o aumento da produção, a redução do volume de efluentes líquidos e de resíduos sólidos nas plantas industriais. De acordo com a United Nations Environment Programme (2000), pequenas modificações nas plantas industriais e nas práticas de produção podem ser traduzidas em benefícios ambientais e econômicos, como:

- Organização e desobstrução das áreas de trabalho, para evitar acidentes.
- Controle rigoroso de insumos.
- Garantia que o funcionário tenha ciência de suas responsabilidades quanto aos aspectos ambientais relacionados às atividades da indústria.
- Treinamento da equipe em boas práticas de fabricação (BPFs) e de manipulação de alimentos (BPMs).
- Estabelecimento de um cronograma de atividades de manutenção para evitar ineficiências e quebra de equipamentos.
- Otimização e padronização das configurações dos equipamentos a cada turno de trabalho ou pelo menos uma vez ao dia.
- Identificação e marcação de todas as chaves de acionamento dos equipamentos, para evitar que sejam ligados de modo incorreto por algum funcionário.
- Melhoria dos procedimentos de inicialização e finalização dos processos.
- Separação dos resíduos para reúso e reciclagem.



## Uso/consumo de água no processamento de peixes

A forma de uso/consumo da água requer mudanças comportamentais, principalmente no que diz respeito à quantidade, mas também à qualidade (Fish, 2010; Nalini, 2010; Kajenthira et al., 2012; Dong et al., 2013). Em nível global, são observadas condições de escassez relativa ou absoluta desse recurso em países desenvolvidos, assim como naqueles em processo de desenvolvimento, seja por questões de distribuição e/ou por mau uso do recurso natural, demonstrando a precariedade dos sistemas de gestão de recursos hídricos. Juntamente à irregularidade na distribuição de água potável, a situação demanda mudanças na forma de abordagem da gestão dos recursos naturais, de forma a compreender e adotar princípios e estratégias em uma visão sistêmica, prezando pela sustentabilidade (Souza Júnior, 2004; Hanjra; Qureshi, 2010).

Os problemas diretamente relacionados à questão hídrica são comuns na indústria de alimentos, a qual demanda quantidades significativas de água (Beddington, 2010; Hanjra; Qureshi, 2010; Ene et al., 2013). Aproximadamente dois terços da captação de água doce mundial destinam-se à produção alimentícia (Manetti, 2008; Beddington, 2010), necessitando, portanto, de alternativas sustentáveis para racionalização do uso e aumento da disposição hídrica.

Além de produto, quando engarrafada, a água é um insumo fundamental da indústria de alimentos, tanto nos processos industriais quanto na geração de matérias-primas (Associação Brasileira da Indústria de Alimentos, 2012). Na indústria de pescado, segmento responsável por parcela considerável do abastecimento mundial de alimentos (Anticamara et al., 2011), não é diferente. O uso de grandes quantidades de água, comum às indústrias de pescado, está diretamente relacionado às diferentes características físicas das espécies processadas (tamanho, peso), à escala de produção, às tecnologias adotadas no processamento e ao grau de comprometimento da indústria com os conceitos de “produção mais limpa” (*cleaner production*), principalmente no que se refere às práticas de minimização do uso de água.

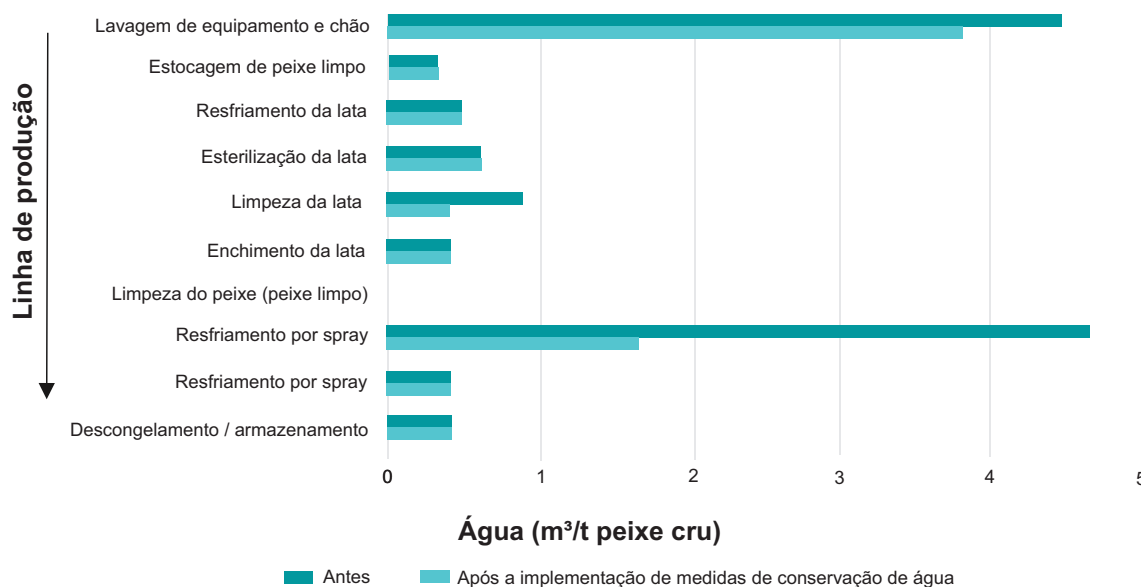
Na Tabela 1 são apresentados os dados de uso/consumo de água de acordo com a espécie e tipo de produto final.

**Tabela 1.** Razão de uso de água por quilograma de pescado a ser processado em diferentes indústrias.

Tipo de indústria/Produtos	Uso de água (L/kg de produtos a ser processados matéria-prima)	Referência
Fábrica de pescado japonesas	15 a 50	Carawan (1991)
Fábrica de surimi japonesas	228 (média)	Carawan (1991)
Peixe congelado	8,9	Nimnu (1998)
Sardinha enlatada	9,0	Proença et al. (2000)
Atum enlatado	13,0	Uttamangkabovorn et al. (2005)
Processamento de pescado em geral	8,4 a 33,4	Murphy (2006)
Fábricas de pescado da província canadense Colúmbia Britânica	2,9 a 228	Chowdhury et al. (2010)
Anchova marinada	74,9	Alkaya; Demirer (2016)
Camarão marinado, escargot e lula congelado	21,5	Alkaya; Demirer (2016)
Dourado-do-mar: posta e filé congelado	4,8	Souza et al. (2018)
Salmão (matéria-prima eviscerada e congelada); filé sem espinha e sem pele	2,5	Souza et al. (2018)
Tambaqui, matrinxã, surubin: frescos e eviscerados	10,48	Ferraciolli et al. (2018)

Murphy (2006) relatou que a razão água utilizada/quilograma de produto a ser processado cresce rapidamente com o aumento de produção, ou seja, uma pequena indústria processadora de pescado gastará mais água por quilograma de matéria-prima comparado a outra com maior volume de fabricação. Isso se deve, principalmente, ao fato de que a maior quantidade de água usada em indústrias de processamento de pescado é destinada à limpeza e higienização da indústria e dos equipamentos.

O gráfico da Figura 18 apresenta os dados de Uttamangkabovorn et al. (2005) que confirmam o que muitos autores indicam: o ponto de maior uso de água é a limpeza e higienização dos equipamentos e do chão da fábrica, que pode constituir cerca de 40 % do uso total de água (Thrane et al., 2009). Outras fontes consumidoras de água são a limpeza do pescado; estocagem, refrigeração e congelamento (antes, durante e após o processamento); preparo de molhos e salmouras; sprays de equipamentos; lubrificante e transporte de vísceras de pescado; cozimento; água de resfriamento; geração de vapor, entre outros pontos, dependendo do tipo de processamento e produto final (Carawan, 1991; Murphy, 2006; Chowdhury et al., 2010).



**Figura 18.** Uso de água em uma indústria de atum enlatado antes e após a implementação de medidas de conservação de água.

Fonte: Uttamangkabovorn et al. (2005).

Mesmo que o alto consumo/uso de água nesse segmento industrial esteja associado aos requisitos de segurança e saúde pública, há alternativas e possibilidades de redução por meio da aplicação de estratégias de uso eficiente e práticas sustentáveis que podem ser administradas mediante a (Chowdhury et al., 2010):

- Identificação de desperdícios nas unidades de processamento, com base em análise inicial dos padrões de uso.
- Determinação da taxa máxima de uso/consumo de água para processos unitários individuais.
- Caracterização dos efluentes gerados.

Dadas às informações, as opções de minimização e reutilização de água podem ser consideradas, sem o risco de comprometimento da qualidade do produto e sua higiene. A United Nations Environment Programme (2000) aponta algumas ações para a diminuição do uso de água no processamento:

- Uso de sistemas de transporte de vísceras que evitem ou minimizem o uso de água (exemplo: uso de rosca sem fim na canaleta de condução de resíduos sólidos).
- Instalação de dispositivos de restrição ou controle de fluxo de água em processos manuais de limpeza (exemplo: acionadores automáticos, redutores de fluxo etc.).
- Substituição do uso de grandes volumes de água por jatos de alta pressão na limpeza de superfícies.
- Reúso de água com baixa carga de poluentes, como a água de degelo, para outras aplicações, como transporte de vísceras ou limpeza inicial de áreas sujas.
- Uso de ar comprimido, em substituição à água, quando apropriado.
- Instalação de hidrômetros em pontos de alto uso/consumo de água para controle e monitoramento do uso.
- Uso de sistemas fechados de refrigeração.
- Pré-lavagem de pisos e equipamentos para facilitar a retirada de sujeiras no momento da limpeza (molhos).
- Recirculação de água em pontos não críticos.
- Reparo imediato e manutenção periódica de equipamentos.

Espera-se que a aplicação de boas práticas de fabricação (BPFs) e de manipulação de alimentos (BPMs), associada às técnicas de produção mais limpa e treinamento dos empregados, possa resultar em economia de água sem que haja perda na qualidade do produto final. Esses ganhos ambientais e econômicos foram analisados em estudos práticos em indústrias de processamento de pescado.

Uttamangkabovorn et al. (2005) apresentaram um estudo do uso de água de uma indústria de atum enlatado, na Tailândia, que consumia 13,0 m<sup>3</sup>/t de peixe a ser processado (matéria-prima). Verificaram que as três principais etapas consumidoras de água foram o resfriamento de peixe por spray, a lavagem de equipamentos e de chão na linha produção e, por fim, a limpeza das latas após enchimento (Figura 18).

Os autores apresentaram medidas de conservação de água nos dois principais pontos de uso e na lavagem das latas já enchidas com o produto. Tais medidas indicaram a possibilidade de 32 % de economia de água (uso final de 8,8 m<sup>3</sup>/t), sendo que a lavagem de equipamentos e chão continuou sendo a principal etapa consumidora desse recurso (de 43 % para 35 %). Como o uso de água está diretamente ligado à quantidade de efluente gerado, a água consumida (8,8 m<sup>3</sup>/t de peixe processado) gerou 12,4 m<sup>3</sup> de efluente por tonelada de peixe processado. O acréscimo de volume foi devido, principalmente, à perda de água e matéria orgânica do produto durante o processamento.

Souza et al. (2008) apresentaram um estudo realizado no Abatedouro Escola da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos e no Laboratório de Piscicultura, ambos da Universidade de São Paulo (USP). Os autores fizeram alterações hidráulicas nas mesas de filetagem, como instalação de hidrômetros para verificar o uso de água nas duchas para limpeza e filetagem do peixe, e para limpeza interna das mesas. Após outras ações de produção mais limpa, os autores alcançaram redução de 98,16 % no uso de água na etapa de filetagem pelo método eviscerado no processamento de 33 kg de tilápia por 3 horas, e de 97,97 % pelo método não eviscerado no processamento de 35 kg de peixe por 2,1 horas.

Alkaya e Demirer (2016) alcançaram uma redução de 64,9 % e 77,2 % nas etapas de descongelamento e evisceração de anchovas, respectivamente, em uma indústria na Turquia. Como consequência da diminuição do uso de água, outros benefícios foram alcançados, como a redução do consumo de energia de 434 kWh/t para 409 kWh/t de matéria-prima; redução das emissões de CO<sub>2</sub> de 256 kg/t para 241 kg/t de matéria-prima; redução da geração de efluentes de 64,1 m<sup>3</sup>/t para 35,3 m<sup>3</sup>/t de produto final. Basicamente, as medidas implementadas foram o reciclo da água de descongelamento por meio de um circuito fechado de sistema de recirculação; tratamento e reciclo do efluente da evisceração; e produção de óleo e gordura de peixe como coproduto resultante do tratamento do efluente da evisceração.

### Legislação brasileira associada ao uso de água em indústrias de processamento de pescado

O *Manual de procedimentos para implantação de estabelecimento industrial de pescado: produtos frescos e congelados* (Brasil, 2007) indica:

- Dispor de instalações que permitam o abastecimento de água potável, à pressão e quantidade suficientes recomendando-se, no mínimo, 5 l para cada quilograma de matéria-prima ou, excepcionalmente, de água do mar limpa, ou tornada limpa através de um sistema de tratamento, cuja eficácia seja devidamente comprovada por testes laboratoriais.
- A utilização de água não potável pode ser viável para fins específicos como produção de vapor de uso indireto, combate a incêndios, arrefecimento dos equipamentos e lavagem de pisos, desde que não

se constitua em risco de contaminação das matérias primas e produtos, sendo indispensável que as tubulações sejam claramente diferenciadas daquelas empregadas na circulação de água potável ou água do mar limpa.

Esse manual é o único documento nacional oficial que indica a quantidade mínima de água a ser utilizada por quilograma de pescado. Entretanto, não especifica a proporção relativa a cada etapa de processamento.

## Geração de efluentes líquidos nas indústrias de processamento de peixes: quantidade x qualidade e reúso

A qualidade do efluente de indústrias de processamento de peixes varia com a espécie a ser processada, o produto a ser desenvolvido, os métodos de produção, a vazão e carga de poluentes do efluente, o grau de aplicação das práticas de produção mais limpa e os aditivos utilizados (salmoura, molhos, óleos comestíveis em enlatados, entre outros) (Murphy, 2006; Carawan, 2010; Chowdhury et al., 2010).

Carawan (1991) relata que cada planta industrial é única. Assim, generalizar o uso de água ou a geração de efluentes é muito difícil, mas é possível estabelecer uma média da qualidade e quantidade dos efluentes gerados para cada categoria industrial. Assim como em outras indústrias alimentícias, a quantidade de efluentes líquidos gerados na indústria de pescado está diretamente ligada ao uso de água. Quanto mais água usada, mais efluente é gerado. Portanto, ações que visem à minimização do uso, conseqüentemente, reduzirão o volume de efluente gerado.

Por outro lado, a aplicação de medidas de controle de uso de água fará com que o efluente fique mais concentrado, com maior carga de poluentes e, conseqüentemente, demandando modificações no sistema de tratamento (Afonso; Bórquez, 2002). O foco, então, deve ser direcionado para a identificação e aplicação de estratégias capazes de reduzir a carga de poluentes do efluente. Desta forma, os esforços devem ser concentrados para evitar o desperdício de matéria-prima e seu descarte na corrente de efluente. Além disso, devem ser aplicadas medidas de substituição de produtos químicos, usados para a limpeza e desinfecção, por outros menos agressivos ao meio ambiente e com menor carga de resíduos tóxicos.

Em geral, o efluente de indústrias processadoras de pescado possui alta concentração de lipídios (óleos e graxas) e proteínas, provenientes do processo de abate e evisceração, resultando em alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO), alto teor de compostos nitrogenados e fósforo (Carawan, 1991; Murphy, 2006; Chowdhury et al., 2010).

Chowdhury et al. (2010) indicou que o pH do efluente de diferentes indústrias de pescado da província canadense, Colúmbia Britânica, ficou próximo ao neutro, variando entre 5,7 e 7,4, e sólidos totais entre 2000 mg/L e 3000 mg/L, sendo 10 % a 30 % referente aos sólidos suspensos totais (devido, principalmente, aos lipídios e às proteínas). Entretanto, há indústrias que geram efluente com maior concentração de sólidos totais, como aquelas que processam atum, e o efluente final pode ter grande concentração de sólidos totais (17.900 mg/L), sendo cerca de 40 % referente à matéria orgânica. Os ácidos graxos voláteis e os sólidos voláteis também estão presentes, a exemplo da trimetilamina, uma das principais substâncias responsáveis pelo odor associado a peixe em decomposição (Chowdhury et al., 2010).

Na prática, a aplicação de medidas para a segregação de resíduos sólidos e sua destinação para a produção de coprodutos pode reduzir sensivelmente a carga orgânica do efluente gerado e aumentar a eficiência produtiva da indústria. Além disso, tais medidas podem representar redução de custos no sistema de tratamento do efluente. Pode-se citar como exemplos a produção de surimi e de carne mecanicamente separada (CMS) como coprodutos com valor de mercado, produzidos a partir de porções anteriormente tidas como descarte. A produção de couro de peixe, óleo e farinha de peixe também são exemplos de destinação de material residual para a produção de produtos com valor agregado de mercado.

Há algumas técnicas para a redução do volume e carga de contaminantes do efluente (United Nations Environment Programme, 2000):

- Coleta e transporte dos resíduos sólidos utilizando-se métodos que não demandam o uso de água, a exemplo de esteiras filtrantes coletoras, localizadas sob as mesas de processamento.
- Uso de drenos com telas para evitar que resíduos sólidos sejam conduzidos ao sistema de tratamento de efluentes.
- Recuperação de resíduos sólidos por meio de varredura para serem destinados à produção de coprodutos impedindo que sejam conduzidos aos ralos do sistema de coleta de efluentes.
- Evisceração dos peixes com equipamentos a vácuo e coleta do sangue e vísceras, evitando seu carreamento para o sistema de coleta de efluentes.
- Uso de técnicas de limpeza a seco, sempre que possível, para higienização dos equipamentos e piso por meio de raspagem antes da lavagem; pré-lavagem com pistolas de ar; e limpeza do chão com rodos.



- Em plantas onde o processamento é feito basicamente de forma manual, bins podem ser alocados em pontos apropriados para a coleta dos resíduos sólidos, evitando sua deposição nos pisos e posterior condução nas canaletas juntamente com os resíduos líquidos.
- Segregação de correntes de efluentes. A segregação consiste na separação dos resíduos (líquidos ou sólidos) de cada processo ou, ao menos, na coleta conjunta daqueles com características microbiológicas e físico-químicas semelhantes, permitindo tratamento adequado para cada tipo de resíduo.
- Reúso de efluente.

Quanto à segregação de efluentes de unidades processadoras de pescado, Carawan (1991) os dividiu em duas categorias: a primeira, com alto volume e baixa concentração de resíduos; e a segunda, com baixo volume e alta concentração de resíduos. Os efluentes de etapas que não incluem perda de massa sólida do pescado, como a defumação, o degelo, a água de transporte, lavagem e higienização dos pisos e maquinário, são classificados na primeira categoria. O degelo pode representar até 50 % da vazão de efluente, dependendo do tipo de indústria de processamento de pescado (Murphy, 2006). Na segunda categoria, estão os efluentes das etapas em que ocorre perda de massa do produto, ou seja, podem apresentar sangue, carne, óleos e gorduras, como a evisceração e limpeza do pescado, descamação, separação em postas, entre outras.

Chowdhury et al. (2010) adicionam uma terceira categoria de efluente, intermediária quanto ao grau de contaminação, como a etapa de filetagem. Essa terceira categoria é mais expressiva em indústrias que apresentam produtos que exigem distintas etapas de processamento para obter o produto final. Ferraciolli et al. (2017) caracterizam os efluentes das etapas de processamento para produção de peixe fresco eviscerado em uma indústria que beneficia distintas espécies de peixes. A caracterização de efluentes permitiu aos autores apresentarem alternativas de segregação e tratamentos. Os autores indicaram um tratamento baseado na remoção de nutrientes e de sólidos, além da desinfecção de efluentes com menor carga orgânica (barreira sanitária e lavagem de monoblocos), para posterior reúso. Quanto aos efluentes provenientes das etapas do processamento em que há contato da água com o produto sendo processado (lavagem inicial da matéria-prima, incisão abdominal, evisceração e lavagem do produto), indicaram tratamento para remoção de matéria-orgânica e sólidos, além da desinfecção para reúso da água, que foi sugerido para descargas sanitárias, irrigação de jardim e lavagem de chão.

Ferraciolli et al. (2018) apresentaram um estudo de gerenciamento hídrico em uma indústria de processamento de pescado cujos produtos são peixes nativos frescos e eviscerados. A caracterização de efluentes permitiu aos autores identificar a contribuição relativa de cada parâmetro avaliado (30 parâmetros no total) para a diversificação dos efluentes. Os sólidos totais e os sólidos

totais voláteis foram os dois parâmetros que mais contribuíram para a diversificação. Os autores, com base no potencial de concentração dos contaminantes avaliados, indicaram a segregação dos efluentes em três grupos. Nesse estudo, verificaram a possibilidade de uma redução teórica do uso de água em 10 % (equivalente a 1,5 m<sup>3</sup>/t de pescado processado), condicionada às mudanças de equipamentos do processamento, para aumentar a pressão e conseqüente diminuição da vazão de água. O grupo de efluentes, originários de etapas de limpeza e higienização, após devido tratamento, pode ser reutilizado em outros processos da indústria em que não haja risco aos produtos, proporcionando uma redução teórica de 15,92 %.

Guimarães et al. (2018) quantificaram e caracterizaram os efluentes das etapas de processamento em uma indústria brasileira de processamento de pescado, que beneficia diferentes espécies (peixes, crustáceos) e tipos de produto final a ser comercializado. Os autores não indicaram o reúso direto de efluentes, mas recomendaram o indireto, ou seja, após recondicionamento de efluentes. Destacam-se os efluentes provenientes do descongelamento de câmaras de refrigeração e túneis de congelamento, que poderiam ser reutilizados após tratamento simples. Ao adicionar a purga das torres de resfriamento a esse volume de água de reúso, a redução teórica poderia ser de 21,9 % do volume total de água utilizado na indústria, a qual apresentou uso de 255,80 m<sup>3</sup>/dia, considerando as áreas administrativas e da planta de processamento.

### Reúso de efluentes em indústrias de alimentos

A água é um dos principais insumos utilizados na indústria de alimentos. Apesar de esse segmento consumir uma grande quantidade de água potável, ainda há grandes restrições legais para seu reúso (Codex Alimentarius Commission, 2011). De forma geral, o setor de alimentos é o mais prejudicado pela falta de um arcabouço regulatório para as possibilidades de reúso de águas (Bontus; Bolonhese, 2014).

A falta de regulamentos e normativas legais claras, que definam as águas residuais tratadas como parte dos recursos hídricos dos países, e a falta de enquadramentos legais e institucionais para a implementação de projetos são os maiores desafios para a aplicação do reúso (Raso, 2013). A adequação de água ou efluente tratado para uso em qualquer operação em uma indústria de alimentos é determinada pela qualidade da água requerida na operação; qualidade da água usada; método de recuperação e distribuição; e pela capacidade para recondicionar a água ao nível requerido (Casani et al., 2005). Contudo, é necessária uma avaliação cautelosa para identificar riscos que possam estar presentes na água e os tipos de tratamentos necessários para recondicionar a água a uma qualidade adequada ao uso pretendido.

### *Diretrizes para aplicações de reúso de água na indústria de alimentos*

Para a implantação da prática de reúso de água na indústria de alimentos é necessário conhecer a legislação vigente no país e/ou, em caso de inexistência, as normativas e diretrizes internacionais que possam subsidiar essa prática. Diversos países têm criado diretrizes e regulamentos para uso e reúso hídrico na indústria alimentícia Codex Alimentarius Commission (1999, 2001, 2007).

Geralmente, o reúso na indústria de alimentos se restringe ao uso, direto (sem diluição e tratamento) ou indireto (após diluição e/ou tratamento), em operações nas quais a água não entra em contato com o produto a ser consumido, como em sistemas de resfriamento, irrigação, descargas sanitárias, entre outros (Luiz et al., 2011). Esta é uma realidade de cidades, regiões e países onde a água ainda não representa problemas de escassez ou custo elevado.

A implementação de reúso direto e indireto de água em indústria de alimentos representa um grande desafio tanto para as indústrias quanto para as autoridades de saúde pública, com relação às análises técnicas, documentação, ações de monitoramento e aspectos éticos, associados com a segurança microbiológica de água de reúso (Casani et al., 2005).

O reúso de água/efluente é desejável em termos ambientais e econômicos. A crescente demanda desse recurso, o acesso limitado a esse insumo em algumas regiões e o aumento do interesse, no que diz respeito aos impactos ambientais associados às atividades industriais, são alguns aspectos propulsores das pesquisas e implantação do reúso de água em indústrias (Casani et al., 2005). Massoud et al. (2010) constataram que os gestores das indústrias de alimentos estão mais atentos às questões de segurança e qualidade do produto final e menos às questões ambientais. Assim, é natural que o desafio da minimização e do reúso de água e a busca por soluções estratégicas para preservação ambiental seja priorizado somente quando a produção industrial sofre prejuízos causados pela falta do recurso hídrico.

Outros fatores que motivam os dirigentes de indústrias a adotarem ações de gestão ambiental são o aumento da pressão de ambientalistas e o fato de que os parâmetros exigidos para descarte de água tenham se tornado mais estritos. Além disso, questões econômicas relacionadas às crescentes elevações dos custos com aquisição de água, tratamento e taxas de descarte de efluentes propulsionam o aprimoramento das técnicas de tratamento de efluentes e a implantação de gestão ambiental com foco na minimização/reúso/reciclo de água/efluente (Hancock, 1999; Casani et al., 2005; Sánchez et al., 2011).

Contudo, embora haja um grande volume de efluente gerado em decorrência do grande uso de água nas indústrias de alimentos, a coleta raramente é segregada, principalmente nos países

em desenvolvimento ou subdesenvolvidos. Essa realidade dificulta a aplicação dos princípios de reúso de água nesse tipo de indústria. Os motivos da dificuldade são vários, destacando-se a necessidade de realizar vários testes para garantir a eficiência desejada no tratamento e a complexidade envolvida na implementação das práticas de reúso de água.

Para garantir o sucesso do sistema de reúso nas indústrias, deve-se incentivar e capacitar os funcionários, dispor de recursos financeiros para a prática, implantar medidas de segurança e qualidade para a utilização de água de reúso, colaborar com agências reguladoras e institutos de pesquisa (Casanil et al., 2005) e promover a segregação de efluentes separando-os em grupos com características microbiológicas e físico-químicas semelhantes. Por fim, estabelecer um sistema de gerenciamento ambiental e uma equipe de colaboradores para esta finalidade é a primeira e a principal ação a ser tomada pela direção da indústria.

### *Aspectos ambientais e econômicos associados*

A água é um bem que tem se tornado cada vez mais escasso, seja pelo crescimento da população, seja pela dinâmica das grandes cidades ou, ainda, pela poluição dos mananciais hídricos ou qualquer outro fator condicionante. Assim, a adoção de medidas para reúso é uma das possibilidades para reversão do quadro de escassez, devendo ser um compromisso social e ambiental (Dantas; Sales, 2009).

O uso racional da água e a utilização de tecnologias de reúso para utilização humana e industrial deixaram de ser apenas conceitos e passaram a ser um diferencial na sociedade. Essas práticas vêm ao encontro do estabelecimento e à manutenção de processos produtivos ambientalmente mais sustentáveis, uma vez que promovem a redução de custos, a não taxaço extra (multas), evitando o desperdício e a necessidade de exploração de novas fontes para o suprimento da demanda (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2014).

Na indústria de alimentos, recomenda-se o emprego de processos produtivos que garantam a integridade do meio ambiente, de modo que os recursos ambientais (principalmente a água) sejam utilizados sem que sofram danos para uso futuro (Timofiecsyk; Pawlowshy 2003).

Os principais benefícios ambientais, econômicos e sociais proporcionados pelo reúso de água na indústria estão relacionados à redução dos custos paracaptaço, abastecimento, tratamento, operação e distribuiço de água potável. A reduço na geraço de efluentes refletirá diretamente na diminuço dos valores relativos à taxaço pelo uso da água e, conseqüentemente, no custo total de produço (Bontus; Bolonhese, 2014).

Em 2015, os 193 países membros da Organização das Nações Unidas (ONU) definiram novos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) baseados em oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). No total, foram estabelecidos 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), dois deles, os objetivos 6 e 12, referem-se à disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, além da adoção de padrões de produção e de consumo sustentáveis, respectivamente (ONUBR, 2015).

Dentre outras metas estabelecidas para esses dois ODS, algumas estão diretamente ligadas às questões de eficiência do uso da água, redução da geração de resíduos e efluentes e a adoção de práticas de responsabilidade socioambientais: i) meta 6.3: “melhorar a qualidade da água nos corpos hídricos, reduzindo a poluição, eliminando despejos e minimizando o lançamento de materiais e substâncias perigosas, reduzindo pela metade a proporção do lançamento de efluentes não tratados e aumentando substancialmente o reciclo e reuso seguro localmente”; ii) meta 6.4: “aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores assegurando retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez”; iii) meta 12.5: “reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da Economia Circular e suas ações de prevenção, redução, reciclagem e reuso de resíduos”; iv) meta 12.6: “incentivar as empresas, especialmente as empresas grandes e transnacionais, a adotar parâmetros e práticas de responsabilidade socioambiental e a integrar informações acerca dessas práticas em seus sistemas, bancos de dados e ciclo de relatórios” (ONUBR, 2015).

### *Legislação sobre uso e reuso de água, aplicável às indústrias de alimentos: Brasil x mundo*

Um dos principais problemas para a consolidação da prática do reuso na indústria de alimentos está relacionado à limitação dos ordenamentos jurídicos (Dantas; Sales, 2009), principalmente quando a questão envolve higiene e segurança dos produtos finais.

Atualmente, as diretrizes e os regulamentos internacionais sobre o uso e reuso de água na indústria de alimentos reconhecem a utilização de outras qualidades de água além da potável, conforme mudança proposta pela Diretiva 98/83/CE do Conselho das Comunidades Europeias. Essa nova sistemática confere flexibilidade, contudo, exige ampla gama de conhecimentos multi e interdisciplinares por parte da indústria e das autoridades reguladoras, além da conscientização da população sobre os benefícios da prática de reuso da água para uso humano e em processos industriais.

Além das restrições regulamentares, faz-se necessário um trabalho junto à sociedade para que haja aceitabilidade e confiabilidade nos processos de reuso e reciclo da água. É preciso conscientizar a população quanto à importância e preservação do recurso hídrico, bem como os impactos decorrentes do uso indiscriminado desse bem (Casani et al., 2005).

### *Normativas Internacionais para o reúso de água*

Cada país estabelece normas próprias para reúso de água a partir de suas peculiaridades, tecnologias e o nível de desenvolvimento econômico. No âmbito global, a primeira norma sobre o tema foi promulgada nos Estados Unidos em 1918, no Estado da Califórnia. Em 1970, o código estadual de água ordenou que o Estado promovesse todo tipo de esforço, no desenvolvimento da técnica de tratamento e reúso da água, para coordenar a demanda de água no Estado (Sousa, 2008).

No que diz respeito à saúde, a Organização Mundial de Saúde (Organização Mundial de Saúde, 1989) estabeleceu diretrizes para a adoção da prática de reúso na agricultura e aquicultura, tratando, essencialmente, dos critérios microbiológicos e recomendando tecnologias aplicáveis ao tratamento de águas residuais. A Agência de Proteção Ambiental norte-americana (Environmental Protection Agency – EPA) publicou o *Guidelines for Water Reuse* (Environmental Protection Agency, 2012) e o *Water Recycling and Reuse: The Environmental Benefits* (Environmental Protection Agency, 2005), com o objetivo de regular e orientar o reúso em locais onde não há regulamentação para tal prática, abordando processos e critérios de qualidade para águas residuais com vistas ao reúso urbano, industrial e agrícola (Malinowsky, 2006).

No continente africano, a África do Sul conta, desde 1956, com o Ato da Água (*Water Act*), uma normativa considerada um importante instrumento para a implantação das políticas de reúso (Sousa, 2008).

Atualmente, as principais diretrizes internacionais vigentes que determinam os padrões de qualidade de água destinada à prática de reúso na indústria de alimentos são: a) Normas Europeias: Real Decreto 1620 (Espanha, 2007); b) Decreto Ministerial JMD 145.116/2011 (Grécia, 2011) e c) Orientações Americanas (Environmental Protection Agency, 2012) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Valores de referência de efluentes para reúso industrial. Faixa de concentração ou concentrações

Parâmetro	EPA (Environmental Protection Agency, 2012)	Espanha (ESPAÑA, 2007)	Grécia (GRÉCIA, 2011)
pH	6 - 9	6 - 8,5	-
Sólidos Suspensos Totais – SST (mg/L)	30	5 - 35	2 - 35
Sólidos Dissolvidos Totais – SDT (mg/L)	-	-	2.000
Demanda Biológica de Oxigênio (avaliada em 5 dias) – DBO <sub>5</sub> (mg/L)	30	-	10-25
Nitrogênio total – Ntotal (mg/L)	-	-	30
Coliformes totais (NMP /100mL)	200	-	2
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	-	0-10 <sup>4</sup>	250-10 <sup>5</sup>
Turbidez (NTU)	2 - 2,5	1 - 15	2- sem limite

máximas.

O regulamento da Agência de Proteção Ambiental norte americana (Environmental Protection Agency, 2012) apresenta o reúso para várias aplicações, sendo mais restritivo para as indústrias de alimentos. Nesse documento, cada estado apresenta os requisitos para os parâmetros físico-químicos, entretanto são sugeridos os limites para o reúso industrial em torres de resfriamento, com ou sem recirculação.

A Espanha e a Grécia têm avançado na elaboração de normas para a indústria de alimentos e já possuem requisitos mínimos para o reúso de águas no processamento e na limpeza de alimentos. O Decreto Real 1.620, que estabelece o regime jurídico de reúso de águas tratadas, limita as concentrações dos seguintes parâmetros: *Escherichia coli*, patógenos, sólidos em suspensão e turbidez (Espanha, 2007). A Grécia, com a decisão ministerial conjunta 145.116, estabelece as máximas concentrações para os parâmetros: *Escherichia coli*, coliformes totais, SST, turbidez, DBO<sub>5</sub>, pH, metais pesados, N<sub>total</sub> e outros (Grécia, 2011).

### Normativas para o reúso de água no Brasil

A Resolução n° 54 de 28 de novembro de 2005 (Brasil, 2005), emitida pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), instituiu que o reúso não potável de água abrange as seguintes modalidades:

- Reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana.



- Reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas.
- Reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente.
- Reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais; e Reúso na aquicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

O uso dos recursos hídricos no Brasil é regulamentado pela União através da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (Brasil, 1997b), que estabeleceu o Plano Nacional de Recursos Hídricos e, entre outras disposições, normatizou o uso e a cobrança da água. Todavia, por ser uma norma geral, esta Lei não regulamentou a reciclagem e reutilização da água, mas impõe a utilização racional dos recursos hídricos, deixando a regulamentação por parte dos órgãos competentes. No caso do reúso e reciclo da água, por estarem diretamente relacionados às condições de higiene e segurança na produção de alimentos, a regulamentação coube ao Ministério da Saúde e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Neste sentido, após a Lei 9.433, os seguintes documentos oficiais foram publicados e citam possibilidade de reúso de efluentes:

- Ministério da Saúde. Anvisa. Portaria SVS/MS nº 326, de 30 de julho de 1997 (Brasil, 1997a). Estabelece o “Regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos”:

Pode ser utilizada água não potável para a produção de vapor, sistema de refrigeração, controle de incêndio e outros fins análogos não relacionados com alimentos, com a aprovação do órgão competente.

A água recirculada, para ser reutilizada novamente dentro de um estabelecimento, deve ser tratada e mantida em condições tais que seu uso não possa representar um risco para a saúde. O processo de tratamento deve ser mantido sob constante vigilância. Por outro lado, a água recirculada, que não tenha recebido tratamento posterior, pode ser utilizada nas condições em que o seu emprego não constitua um risco para saúde e nem contamine a matéria-prima nem o produto final. Deve haver um sistema separado de distribuição que possa ser identificado facilmente, para a utilização da água recirculada. Qualquer controle de tratamento para a utilização da água recirculada em qualquer processo de elaboração de alimentos deve ter sua eficácia comprovada e deve ter sido prevista nas boas práticas adotadas pelo estabelecimento e devidamente aprovadas pelo organismo oficialmente competente.

- Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005 (Brasil, 2005). Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências:

Art. 9º A atividade de reúso de água deverá ser informada, quando requerida, ao órgão gestor de recursos hídricos, para fins de cadastro.

Art. 10 Deverão ser incentivados e promovidos programas de capacitação, mobilização social e informação quanto à sustentabilidade do reúso, em especial os aspectos sanitários e ambientais.

Art. 11 O disposto nesta Resolução não exime o produtor, o distribuidor e o usuário da água de reúso direto não potável da respectiva licença ambiental, quando exigida, assim como do cumprimento das demais obrigações legais pertinentes.

- Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 121, de 16 de dezembro de 2010 (Brasil, 2010). Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal:

Art. 1º Estabelecer diretrizes e critérios para a prática do reúso direto não potável de água para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas.

Art. 2º As características físicas, químicas e biológicas para a água em todos os tipos de reúso para fins agrícolas e florestais deverão atender os limites definidos na legislação pertinente.

Art. 3º A caracterização e o monitoramento periódico da água de reúso serão realizados de acordo com critérios definidos pelo órgão ou entidade competente.

Art. 4º A aplicação de água de reúso poderá ser condicionada, pelo órgão ou entidade competente, à elaboração de projeto que atenda os critérios e procedimentos por estes estabelecidos.

Art. 5º A aplicação de água de reúso para fins agrícolas e florestais não pode apresentar riscos ou causar danos ambientais e à saúde pública.

- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 9.013 de 29 de março de 2017 (Brasil, 2017a). Dispõe sobre o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA):

Art. 42. O estabelecimento de produtos de origem animal deve dispor das seguintes condições básicas e comuns, respeitadas as particularidades tecnológicas cabíveis, sem prejuízo de outros critérios estabelecidos em normas complementares.

XXI – Rede de abastecimento de água com instalações para armazenamento e distribuição, em volume suficiente para atender às necessidades industriais e sociais e, quando for o caso, instalações para tratamento de água.

XXII – Água potável nas áreas de produção industrial.

XXIII – Rede diferenciada e identificada para água não potável, quando a água for utilizada para outras aplicações, de forma que não ofereça risco de contaminação aos produtos.

XXIV – Rede de esgoto projetada e construída de forma a permitir a higienização dos pontos de coleta de resíduos, dotada de dispositivos e equipamentos destinados a prevenir a contaminação das áreas industriais.

Há pouco tempo, o estado do Rio de Janeiro instituiu uma lei que obriga todas as indústrias com mais de 100 funcionários a praticar o reúso de água:

- Lei nº 7.599 de 24 de maio de 2017 (Rio de Janeiro, 2017). Dispõe sobre a obrigatoriedade de indústrias situadas no estado do Rio de Janeiro instalarem equipamentos de tratamento e reutilização de água:

Art. 1º – As indústrias situadas no estado do Rio de Janeiro, que tiverem em seu quadro 100 (cem) ou mais empregados, ficam obrigadas a instalar equipamentos de tratamento e reutilização de água.

Parágrafo único – Os equipamentos referidos no caput deverão ser licenciados pelos órgãos competentes.

Art. 2º – As indústrias que não cumprirem a determinação contida no art. 1º desta Lei não poderão:

I – Receber nenhum benefício e/ou incentivo do estado do Rio de Janeiro.

II – Ser contratadas pelo estado do Rio de Janeiro.

III – Firmar convênios ou instrumentos similares com o estado do Rio de Janeiro.

Parágrafo único – A obtenção de qualquer benefício e/ou incentivo estadual, bem como a contratação ou assinatura de convênio com o estado do Rio de Janeiro dependerá da apresentação de certidão expedida pelo órgão fiscalizador competente, comprovando o fiel cumprimento desta Lei.

Os documentos supracitados apresentam abertura para reutilização da água, seja tratada ou não, desde que não haja riscos à saúde e de contaminação do produto. Todavia, falta segurança jurídica para a concretização desse reúso, pois não existem parâmetros fixados acerca da qualidade da água ou dos métodos de tratamento permitidos. Adicionalmente, o Brasil ainda não possui legislação específica para reúso de água na indústria de alimentos, o que tem sido praticado é a adoção dos padrões internacionais ou de orientações técnicas produzidas por instituições privadas (Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Paraná, 2010), como as orientações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A norma NBR 13.969:1997 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997) classifica e dá valores de parâmetros para esgotos domésticos ou similares, conforme o reúso que será realizado. A NBR 13.969:1997 determina que esse tipo de esgoto pode ser reutilizado para fins em que não haja exigência de água potável, desde que seja sanitariamente seguro. A norma cita que o esgoto, após o tratamento, poderá ser reutilizado para fins como irrigação de jardins, lavagem de pisos e de veículos automotivos, uso para descarga em vasos sanitários, em manutenção paisa-

gística de lagos e canais com água, em irrigação de campos agrícolas e pastagens.

As classificações e os respectivos valores de parâmetros para esgotos, definidos pela NBR 13.969:1997, podem ser visualizados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Classificação e aplicação de reúso, parâmetros de qualidade e tratamentos necessários, segundo NBR 13.969/97.

Parâmetro	NBR 13.969			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Coliformes fecais (NMP/100mL)	< 200	< 500	< 500	< 500
pH	6-8	-	-	-
Turbidez (NTU)	< 5	< 5	< 10	-
Cloro residual (mg Cl <sup>2</sup> /L)	0,5 - 1,5	> 0,5	-	-
STD Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	< 200	-	-	-
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	-	-	-	< 2,0
Aplicações de reúso	Lavagem de carros, com possível aspersão de aerossóis	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, fins ornamentais	Descargas em vasos sanitários	Irrigação pontual ou escoamento superficial de pomares, cereais, forragens, pastagens
Tratamentos necessários	Aeróbios (filtro aeróbio submerso ou Lodo Ativado por Batelada) + Filtração + Cloração	Aeróbios (filtro aeróbio submerso ou Lodo Ativado por Batelada) + Filtração + Desinfecção	(Água de enxágue de máquina de lavar) Aeróbios + Filtração + Desinfecção	Aplicação deve ser interrompida 10 dias antes da colheita

## Geração de resíduos sólidos e recuperação proteica em indústrias de processamento de peixes

As indústrias de processamento de pescado geram grandes quantidades de resíduos orgânicos sólidos e subprodutos (coprodutos), compostos, principalmente, de partes não comestíveis do peixe (como a cabeça) e do endoesqueleto de crustáceos (Duangpaseuth et al., 2007). Esses resíduos e o efluente rico em matéria orgânica devem ter o devido tratamento para não serem lançados diretamente no ambiente, evitando impactos ambientais negativos decorrentes do descarte indevido (Afonso; Bórquez, 2002b). Os resíduos e o alto teor de óleo e proteínas presentes nos efluentes encarecem muito o tratamento de efluentes da indústria (Van Ha et al., 2009). Com a implantação de práticas de reciclo de coprodutos e a recuperação de óleos e proteínas, menos matéria orgânica estará no efluente, reduzindo custos e insumos para seu tratamento (energia e produtos químicos, por exemplo).

No estudo apresentado por Uttamangkabovorn et al. (2005) sobre o uso de água e de energia, além da geração de efluentes e resíduos, de uma indústria de atum enlatado na Tailândia, a cada 18.094 kg de atum processado, cerca de 6.948 kg resultavam em resíduos sólidos (cabeça, rabo, couro, vísceras, espinhas/ossos e carne com sangue), ou seja, 384 kg de resíduos sólidos são gerados a cada tonelada de matéria-prima processada (38,4 %).

O gerenciamento de resíduos sólidos de unidades processadoras de pescado deve ser voltado para o reaproveitamento e a recuperação proteica dos resíduos não comestíveis, ricos em aminoácidos essenciais, óleos e proteínas. Duangpaseuth et al. (2007) citam alguns produtos que usam resíduos sólidos de pescado como matéria-prima: produtos bioquímicos e farmacêuticos, aditivos de cor extraídos do resíduo, gelatina da pele e ossos, farinha de peixe, óleo de peixe, produção de silagem úmida de pescado, ração animal, fertilizante e isca para pegar peixes. Além disso, a digestão anaeróbica do resíduo pode gerar um subproduto economicamente viável à indústria, o gás metano (Chowdhury et al., 2010). A queima desse biogás pode atender total ou parcialmente à demanda de energia da indústria de pescado.

Afonso e Bórquez (2002) citam exemplos de práticas para concentração e recuperação de valiosas proteínas a partir de efluentes de unidades de processamento de pescado. O efluente do ponto de descarregamento do peixe (dos barcos para planta de processamento) tem alta carga orgânica e baixo volume, portanto, se houver segregação de efluentes na planta, este volume poderá ser tratado separadamente para recuperação proteica.

O tratamento por microfiltração seguido por ultrafiltração (UF) ou nanofiltração (NF) concentra e permite o reciclo de proteínas na produção de farinha de pescado, enriquecendo este produto (Afonso; Bórquez, 2002b; Afonso et al., 2004). O efluente tratado pode ser fonte de água a ser

reutilizada/reciclada na unidade, caso não prejudique a qualidade do produto final e que seja autorizado pelo órgão de fiscalização competente. Com esta prática, é possível gerar ganhos econômicos devido à agregação de valor dos produtos (farinhas com maiores teores de proteína) e à minimização do uso de água fresca (caso seja feito o reciclo após a NF ou UF), o que também está diretamente ligado aos ganhos ambientais.

## Consumo de energia nas indústrias de processamento de peixes

Assim como a água é importante para garantir a qualidade sanitária do produto, a energia também é indispensável, principalmente nas etapas de refrigeração e esterilização. Outras fases demandantes de energia são: cozimento, secagem, evaporação, operação de máquinas e motores elétricos (compressores para freezers, máquinas de produção de gelo, bombas d'água, entre outros), iluminação dos ambientes e tratamento de efluentes (bombeamento e aeração) (Murphy, 2006).

O consumo de energia depende da escala de produção, do nível de automação e dos produtos a serem manufaturados, um exemplo são os enlatados, que consomem grandes quantidades de energia em sua produção. Neste caso, os principais pontos de demanda de energia são: o aquecimento de água e a produção de vapor d'água para limpeza, além do aquecimento e da esterilização das latas (Thrane et al., 2009). No processo de produção de farinha de peixe, a etapa de maior demanda energética é a secagem.

Para economizar energia, deve-se atentar para a eficiência da tecnologia adotada, bem como para sua fonte geradora. A combustão de gás natural, em substituição à de óleo para fornecimento de energia, contribui não apenas economicamente, mas também em termos ambientais, diminuindo as emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera, principais responsáveis pelo aquecimento global (Thrane et al., 2009). Por conseguinte, a economia de energia pode ser alcançada de forma rápida e sem investimentos substanciais, por meio de simples esforços (United Nations Environment Programme, 2000), como o uso de biocombustíveis, em substituição aos combustíveis fósseis, que contribui para a redução de impactos ambientais por serem fontes renováveis. Algumas ações para a redução do uso de energia são (United Nations Environment Programme, 2000; Bugallo et al., 2013):

- Implantar programas de desligamento automático e sensores de luzes e equipamentos.
- Melhorar o isolamento em sistemas de aquecimento ou resfriamento e tubulações.
- Optar pelo uso de equipamentos mais eficientes.

- Fazer manutenção periódica de equipamentos para otimizar sua eficiência energética.
- Manter a eficiência da combustão nas caldeiras para produção de vapor e água quente, isolando-as para evitar perdas de calor.
- Eliminar vazamentos nos sistemas de transmissão de vapor.
- Produzir biogás a partir de resíduos e águas residuais e resíduos sólidos para ser usado como combustível para geração de vapor.

### Geração de energia pelo tratamento anaeróbio de lodo de indústrias de processamento de pescado e de resíduos de pescado

A geração de efluentes com alta carga orgânica em indústrias processadoras de pescado é de grande preocupação mundial. Diante disso, a produção de energia a partir da combustão do biogás gerado no tratamento biológico de efluentes e resíduos sólidos configura em uma alternativa sustentável do ponto de vista econômico e ambiental para essas indústrias (Chowdhury et al., 2010). O tratamento biológico pode apresentar menor custo, requerer menos espaço para instalação e gerar menor quantidade de lodo, em comparação ao tratamento aeróbio. De forma geral, o potencial de biometanização (digestão anaeróbia) de resíduos depende da concentração dos seguintes componentes orgânicos: proteínas, lipídios e carboidratos. Portanto, uma caracterização do substrato é necessária para prever a produção de metano (Alvarez et al., 2010).

Chowdhury et al. (2010) indicam o reator anaeróbico de fluxo ascendente (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*, UASB), o filtro anaeróbico (*Anaerobic Filter*, FA) e o reator anaeróbico de leito fluidizado (*Anaerobic Fluidized Bed Reactor*, AFB) como opções para atingir a remoção de matéria orgânica (DQO e  $DBO_5$ ) entre 80 % e 90 % e produzir biogás rico em metano ( $CH_4$ ). Se não houver produção de efluentes em quantidade suficiente para viabilizar a implementação do tratamento anaeróbico, poderá ser feita a codigestão com outros efluentes, havendo logística favorável (transporte, localização, custo e benefício). Os exemplos de materiais passíveis de codigestão são resíduos sólidos de peixe (cabeça, vísceras) com estrume suíno ou polpa de sisal (Mshandete et al., 2004; Alvarez et al., 2010).

Alvarez et al. (2010) obtiveram geração de 321 L de  $CH_4$  para cada kg de demanda química de oxigênio (DQO), a partir da digestão anaeróbia de um material composto por 84 % de estrume de porco, 5 % de resíduos sólidos de peixe e 11 % de resíduos de biodiesel. Mshandete et al. (2004) obtiveram 0,32 m<sup>3</sup> e 0,39 m<sup>3</sup>  $CH_4$ /kg sólidos voláteis (SV) para a digestão anaeróbia de polpa de sisal e de resíduos sólidos de peixe, respectivamente, e de 0,62 m<sup>3</sup>  $CH_4$ /kg SV para uma mistura



contendo 33 % de resíduos de peixe e 67 % de polpa de sisal.

O tratamento biológico anaeróbio, objetivando a produção de biogás, também pode ser feito para tratamento de resíduos e efluentes gerados em fazendas de produção de pescado. Gebauer (2004) avaliou o tratamento anaeróbio de lodo do efluente de fazendas que cultivavam peixes marinhos. O tratamento testado pelo autor, utilizando reator tanque continuamente agitado (*Continuously Stirred Tank Reactors*, CSTR), alcançou resultados na faixa de 0,114 L a 0,184 L de  $\text{CH}_4/\text{g DQO}$ . Devido à pouca exploração do potencial de geração de biogás rico em metano, a partir de efluentes e resíduos sólidos de indústrias processadoras e fábricas de conservas de pescado, este tópico deve ser amplamente avaliado para melhorar ganhos ambientais e econômicos.

## Emissões gasosas

O ponto crítico das emissões gasosas nas indústrias de pescado são os odores gerados a partir da decomposição dos materiais processados (Murphy, 2006). A estocagem de pescado nas embarcações pode promover a deterioração do produto devido às condições anaeróbias propícias, causando a liberação de amônia, mercaptanos e sulfeto de hidrogênio (Duangpaseuth et al., 2007).

Os tipos de processamento e de produto final influenciam no grau das emissões. Assim, o processamento de subprodutos, como a secagem de farinha de peixe, libera mais odores em comparação ao processamento de pescados enlatados (Murphy, 2006). Na lista dos responsáveis pelos odores estão o sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ) e a trimetilamina  $[(\text{CH}_3)_3\text{N}]$  (Environmental Protection Agency, 1995; Chowdhury et al., 2010), que não são considerados poluentes perigosos do ar, além de outros compostos orgânicos voláteis (*Volatile Organic Compounds*, VOCs) (Murphy, 2006).

As emissões podem ser controladas com a instalação de purificadores (tipo lavadores de gases Venturi) e condensadores nas chaminés, que reduzem tanto particulados quanto poluentes gasosos (Murphy, 2006; Duangpaseuth et al., 2007). Os coletores centrífugos podem ser utilizados caso haja presença de substâncias sólidas no meio, como cinzas e fuligem provenientes da queima de combustíveis para a geração de calor e vapor (caldeira), e pós gerados nas etapas de moagem e peneiragem de matéria-prima ou subprodutos de pescado (como, por exemplo, a farinha de peixe). O sulfeto de hidrogênio também pode ser liberado dos sistemas biológicos de tratamento de efluentes, caso estejam funcionando com capacidade insuficiente de tratamento ou em desequilíbrio microbiológico (Murphy, 2006).

Algumas ações de boas práticas de fabricação podem auxiliar na redução de emissão de odores, sendo a principal recomendação não processar matéria-prima de qualidade inferior. Outras

ações são não ter grandes estoques de matéria-prima, resíduos e subprodutos; estocar estes produtos por curto período de tempo e em ambiente refrigerado, fechado e ventilado; armazenar subprodutos em recipientes hermeticamente fechados; manter as áreas de estocagem e de produção sempre limpas e livres de resíduos; cobrir/encanar todos os sistemas de transferência e transporte de resíduos líquidos, sólidos e gasosos (Duangpaseuth et al., 2007).

## Perspectivas futuras

A legislação brasileira admite a necessidade de haver gerenciamento hídrico nas indústrias para implantar técnicas de produção mais limpa, nas quais se inclui o uso consciente e racional da água (Brasil, 2011). A seguir estão alguns documentos oficiais, elaborados pela Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano e Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, que tratam da racionalização e do uso sustentável da água. As moções apresentadas pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (Ministério do Meio Ambiente) dão enfoque para a necessidade de investir em ciência, tecnologia e inovação (CT&I) para a gestão de recursos hídricos:

- Moção nº 40, 07/12/2006:

Recomenda princípios e prioridades de investimento de ciência e tecnologia em recursos hídricos.

Reúso de água: aplicações técnicas – diante das demandas atuais por reúso de água e da existência de situações de reúso, além da normalização em desenvolvimento no setor, torna-se importante apoiar atividades de desenvolvimento tecnológico que trabalhem a integração de procedimentos e mecanismos de uso eficiente e reúso. Tais iniciativas teriam efeito demonstrativo e pedagógico, incentivando a mudança cultural e de hábitos de consumo nos meios onde se instalam (Brasil, 2011).

- Moção nº 45, 17/12/2008:

Recomenda princípios e prioridades de investimento em ciência, tecnologia e inovação para recursos hídricos.

Atividades de CT&I em hídricos:

- Investimentos em pesquisas relacionadas ao reúso de água no meio urbano, reúso agrícola, reúso na aquicultura, reúso industrial, recarga de aquíferos, aproveitamento de água da chuva e dessalinização de água.

- A questão do reúso de água não pode ficar restrita apenas ao aprimoramento de processos convencionais a partir da adaptação de estações de tratamento de esgotos e/ou adaptação de processos de tratamento convencional de esgotos para plantas de reúso de água e bioaproveitamento. Essa questão poderia integrar um rol de ações a serem implementadas a partir da elaboração de um amplo programa nacional (Brasil, 2011).

- Moção nº 57, 16/12/2010: esta moção do Conselho Nacional de Recursos Hídricos é mais específica quanto às recomendações de “princípios e prioridades de investimento em ciência, tecnologia e inovação em recursos hídricos” (Brasil, 2011). Oito grandes áreas compõem as prioridades de investimento, cujas atividades apresentaram níveis de prioridades, classificados em:

URGENTE: demandas que precisam de investimentos imediatos para resolver um problema atual.

EMERGENTE: demandas que refletem necessidades atuais ou futuras já identificadas e que necessitam de respostas rápidas.

PERMANENTE: necessidades de investimento em pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação para resolver questões permanentes ou recorrentes.

As questões de gerenciamento hídrico industrial visando o uso sustentável de água em indústrias se enquadram no Grupo 4 estabelecido pela Moção 57/2010. O Grupo 4 se refere à área “Uso Múltiplo e Sustentável da Água” cujas ações de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação estão relacionadas à “melhoria da aquicultura, irrigação, aproveitamento hidrelétrico, navegação, aproveitamento da água da chuva, dessalinização, reúso agrícola e urbano, otimização do uso da água na indústria, dentre outras” (Brasil, 2011). Algumas atividades do Grupo 4 e suas respectivas justificativas e prioridades estão listadas na Tabela 4.

Neste contexto, torna-se essencial o gerenciamento hídrico em indústrias de processamento de pescado com intuito de estabelecer regras para o uso consciente e sustentável da água. Faz-se necessário o estabelecimento de padrões de procedimentos, com determinação da quantidade mínima de água a ser consumida por quilograma de pescado a ser processado, respeitando a diversidade e a qualidade sanitária dos produtos finais. Outro ponto importante é o desenvolvimento de tecnologias mais limpas mais específicas para cada tipo de pescado e produto final, de acordo com as peculiares de cada um e diferentes equipamentos/processos associados.

As possibilidades de reúso direto ou indireto de água em indústrias de processamento de pescado devem ser consideradas para corroborar com as atividades cujo objetivo seja a minimização e uso/consumo consciente desse recurso. Tais ações, associadas em técnicas de reúso, devem preservar a qualidade do produto final, ou seja, contemplar Boas Práticas de Fabricação (BPFs). Assim, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, órgão ao qual compete a fiscalização de indústrias de processamento de pescado, deve autorizar previamente toda e qualquer prática de reúso de água.

O Grupo 5, “Saneamento Ambiental”, da Moção 57/2010 também incentiva o tratamento anaeróbico para a produção de biogás, que é indicado para fazendas produtoras e indústrias processadoras de pescado devido à alta carga orgânica do efluente e resíduos sólidos (Tabela 5).

**Tabela 4.** Prioridades, demandas e justificativas do Grupo 4, que compõem as áreas de prioridades de investimento em ciência, tecnologia e inovação em recursos hídricos, listadas na Moção nº 57, 16/12/2010 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

Prioridade	Demanda	Justificativa
Emergente	Estudo dos impactos da aquicultura sobre os recursos hídricos	Investimentos em unidades de tratamento de efluentes de pequenas cargas e gerenciamento do uso de ambientes lênticos para o criatório animal, especialmente, a carcinocultura e a piscicultura em tanque rede
Emergente	Pesquisas relacionadas ao reúso de água no meio urbano, reúso agrícola, reúso na aquicultura, reúso industrial, recarga de aquíferos, aproveitamento de água da chuva e dessalinização de água	Necessidade de desenvolver tecnologias limpas e inovações, voltadas às utilizações sustentáveis dos recursos hídricos
Permanente	Estudos de cenários de desenvolvimento e avaliação, dos impactos setoriais sobre os recursos hídricos	Aumento da demanda hídrica em função do desenvolvimento dos diversos setores usuários de água, principalmente o abastecimento humano, a agricultura irrigada e a indústria, são fatores que impedem a acessibilidade futura da água em situações comuns, tanto em termos de qualidade como de quantidade. Os impactos gerados pelas atividades conscientes dos recursos hídricos, é fundamental para garantia da disponibilidade da água às gerações futuras

Fonte: Brasil (2011).

**Tabela 5.** Algumas prioridades, demandas e justificativas do Grupo 5, que compõe as áreas de prioridades de investimento em ciência, tecnologia e inovação em recursos hídricos, listadas na Moção nº 57, 16/12/2010 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

Prioridade	Demanda	Justificativa
Emergente	Aproveitamento de biogás em estação de tratamento anaeróbico de esgotos e em aterros sanitários	A emissão de gases em aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto por processo anaeróbico é composto, majoritariamente, por metano, um dos gases causadores do efeito estufa. Entretanto, possui potencial energético expressivo, que pode ser um interessante combustível para a geração de energia elétrica, térmica e mecânica, contribuindo para a redução do uso de combustíveis fósseis, o principal fator do aquecimento global

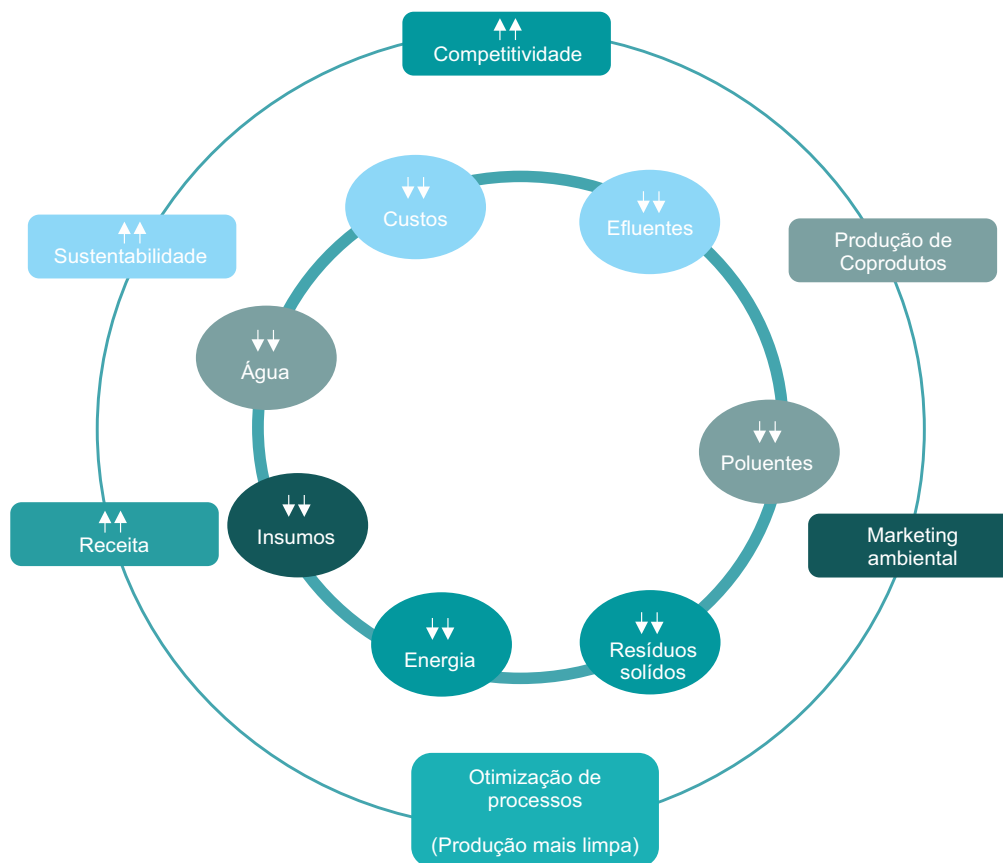
Fonte: Brasil (2011).

## Conclusão

Em geral, as indústrias de alimentos são grandes consumidoras de recursos naturais (principalmente água), energia e insumos, para garantir a qualidade e segurança alimentar de seus produtos. Devido à grande variedade de produtos alimentícios industrializados, há geração de elevado volume de efluentes e resíduos em quantidade e qualidade diferentes. Dessa forma, ações para prevenir e minimizar os danos ambientais são essenciais para a sustentabilidade da empresa e da sociedade.

As ações para reduzir volumes e cargas de contaminantes dos efluentes dentro das indústrias processadoras de alimentos, segregar correntes de efluentes e reutilizar água servida (reúso de efluente), em geral, estão contempladas pelos princípios de gestão ambiental. Implantar ações de produção mais limpa pode, ainda, ser economicamente atrativo para as indústrias (Figura 19), assim como melhorar sua imagem, uma vez que poderá lançar mão de marketing ambiental para divulgar suas ações (Thrane et al., 2009). Outros benefícios passíveis são a economia de energia, devido à redução do bombeamento de água e da utilização de água aquecida; redução do uso de aditivos e produtos químicos; maior eficiência e menores custos de descarte e reúso (Miyaki et al., 2000).

A agilidade e o sucesso da implementação das ações propostas dependem da participação da alta gerência. Normalmente, as empresas que obtêm sucesso na implementação de ações dessa natureza apresentam efetiva participação da gerência da indústria no processo de tomada de decisões para adoção de soluções de melhoria dos processos e de redução do uso de água. Contudo, se os gestores não incorporarem a necessidade de promoverem ações sustentáveis, a empresa não alcançará os benefícios sociais, ambientais e econômicos esperados.



**Figura 19.** Impactos da adoção de tecnologias de produção mais limpa no processamento de alimentos, incluindo pescado.

Os estudos de viabilidade técnica, econômica e de segurança alimentar devem ser realizados para aplicar as medidas de uso consciente e racional da água em cada etapa de processamento, minimizando o uso de água fresca em indústrias de processamento de pescado. Contudo, devido às especificidades de cada tipo de peixe e, conseqüentemente, variabilidade de uso de água e de características de efluentes, tais estudos poderiam ser realizados para os diferentes grupos de pescado e/ou por tipo de processamento, por exemplo: camarão descascado e précozido, crustáceos in natura em geral, peixes redondos, peixes de couro, filés de peixes de escamas, surimi etc.

Apesar de ser uma alternativa para a solução da atual crise hídrica, a concretização do reúso de água possui barreiras que ainda devem ser ultrapassadas. Uma política nacional de reúso deve abordar formas de transpor tais barreiras e fixar regras de segurança e ações de conscientização para demonstrar à sociedade a necessidade da reutilização e seus benefícios. As principais barreiras no Brasil são:

- Falta de consciência ambiental e baixa aceitabilidade pela população. As causas podem estar ligadas à falta de conhecimento a respeito dos benefícios do reúso e quanto à segurança existente nos atuais processos aplicados para tratamento de águas residuais para fins de reúso.
- Inexistência de incentivo à prática de reúso, mediante benefícios fiscais e cobrança efetiva do uso da água.
- Inexistência de marco regulatório sanitário que confira segurança jurídica às empresas do ramo alimentício, no que se refere à aplicação da prática do reúso de água aos processos industriais.
- Falta de incentivo ao desenvolvimento de tecnologias de reúso para diminuir custos e viabilizar sua implementação nas indústrias.

É de interesse público que ações sustentáveis sejam estabelecidas em toda e qualquer indústria e, primordialmente, naquelas em que o alto teor de contaminação – química, física ou microbiológica – de seus efluentes requer maior atenção. A indústria de processamento de pescado é considerada altamente poluidora devido ao teor de matéria orgânica dos efluentes e resíduos sólidos. Por conseguinte, são de grande importância o desenvolvimento de tecnologias e a gestão ambiental voltadas para a cadeia, desde a produção até o processamento do pescado. Dada a crescente demanda mundial por essa fonte de proteína, faz-se urgente investimentos e pesquisas neste setor.



## Referências

- AFONSO, M. D.; BÓRQUEZ, R. Nanofiltration of wastewaters from the fish meal industry. **Desalination**, v. 151, n.2, p.131-138, 2003.
- 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, 2002.
- AFONSO, M. D.; FERRER, J.; BÓRQUEZ, R. An economic assessment of proteins recovery from fish meal effluents by ultrafiltration. **Trends in Food Science & Technology**, v. 15, n. 10, p. 506-512, 2004.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 331, de 23 de dezembro de 2019. Dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação. **Diário Oficial da União**. n. 249, 23 dez. 2019. Seção 1, p. 96.
- ALKAYA, E.; DEMIRER, G. N. Minimizing and adding value to seafood processing wastes. **Food and Bioproducts Processing**, v. 100, p.t. A, p. 195-202, 2016.
- ALVAREZ, J. A.; OTERO, L.; LEMA, J. M. A methodology for optimizing feed composition for anaerobic co-digestion of agro-industrial wastes. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 4, p. 1153-1158, 2010.
- ANTICAMARA, J.; WATSON, R.; GELCHU, A.; PAULY, D. Global fishing effort (1950-2010): trends, gaps, and implications. **Fisheries Research**, v. 107, n. 1-3, p. 131-136, 2011.
- ARGENTA, F. F. **Tecnologia de pescado**: características e processamento da matéria-prima. 2012. 61 f. Monografia (Especialização em Produção, Tecnologia e Higiene de Alimentos de Origem Animal) — Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Resolução RDC nº 275 de 21 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos. **Diário Oficial da União**, n. 215-C, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS. **Sustentabilidade na indústria da alimentação**: uma visão de futuro para a Rio+20. Brasília, DF: CNI, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.969**: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.
- BARANA, A. C. ; BOTELHO, V. M. B.; WIECHETECK, G. K.; DOLL, M. M. R.; SIMÕES, D. R. S. Rational use of water in a poultry slaughterhouse in the state of Paraná, Brazil: a case study. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 1, p. 171-178, jan./fev. 2014.
- BEDINGTON, J. Food security: Contributions from science to a new and greener revolution. **Philosophical Transactions of The Royal Society B**, v. 365, n. 1537, p. 61-71, 2010.
- BONTUS, S. R. S.; BOLONHESE, E. H. Padrões para água de reúso para fins não potáveis em indústria alimentícia e possibilidade de utilização em outros segmentos. **Revista Engenho**, v. 10, n. 6, p. 34-49, dez. 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 1.428, de 26 de novembro de 1993. Aprova o regulamento técnico para inspeção sanitária de alimentos, as diretrizes para o estabelecimento de boas práticas de produção e de prestação de serviços na área de alimentos e o regulamento técnico para o estabelecimento de padrões de identidade e qualidade (PIQs) para serviços e produtos na área de alimentos. **Diário Oficial da União**: seção 1, p. 184-15, 2 dez. 1993.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 711, de 1º de novembro de 1995. Normas técnicas de instalações e equipamentos para abate e industrialização de suínos. Alterada pela Portaria nº 1.304, de 07/08/2018. Alterada pela Portaria nº 155, de 17 de julho de 2016. **Diário Oficial da União**, 3 nov. 1995.

BRASIL. 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, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, p. 470, 9 jan. 1997b.

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

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 326 de 30 de julho de 1997. Dispõe sobre o Regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos. **Diário Oficial da União**, 1997a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece listas de padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, n. 249, 23 dez. 2019. Seção 1, p. 133-148.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 9 mar. 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de procedimentos para implantação de estabelecimento industrial de pescado**: produtos frescos e congelados. Brasília, DF: Mapa: SEA/PR, 2007. 116 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 121, de 16 de dezembro de 2010. Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH nº 54, de 28 de novembro de 2005. **Diário Oficial da União**: seção 1, n. 51, p. 86, 16 mar. 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Conjunto de normas legais**: recursos hídricos. 7. ed. Brasília, DF, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA. **Diário Oficial da União**, 30 mar. 2017a.

BRASIL. Ministério da saúde. Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União**, 2017b.

BUGALLO, P. M. B.; ANDRADE, R. C.; IGLESIAS, A. M.; LÓPEZ, R. T. Integrated environmental permit through best available techniques: evaluation of the fish and seafood canning industry. **Journal of cleaner production**, v. 47, p. 253-264, 2013.

CARAWAN, R. E. Processing Plant Waste Management Guidelines for Aquatic Fishery Products. In: CARAWAN, R. E. **Seafood and The Environment. Pollution Prevention Short Course**, v. 36, 1991. Disponível em: <https://p2infohouse.org/ref/02/01796.pdf>. Acesso: 15 jul. 2019.

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.

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. 1134-46, 2005.

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

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Code of practice for fish and fishery products**. Rome: FAO, 2003.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Discussion paper on proposed draft guidelines for the hygienic reuse of processing water in food plants. In: JOINT FAO/WHO FOOD STANDARDS PROGRAMME, 32., 1999, Washington, DC. **Report...** Rome: FAO, 1999.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Proposed draft guidelines for the hygienic reuse of processing water in food plants. In: JOINT FAO/WHO FOOD STANDARDS PROGRAMME, 34., 2001, Bangkok. **Report...** Rome: FAO, 2001a.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Proposed draft guidelines for the hygienic reuse of processing water in food plants In: JOINT FAO/WHO FOOD STANDARDS PROGRAMME, 34., 2001, Bangkok. **Report...** Rome: FAO, 2001b.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Report of the thirty-eighth session of the codex committee on food hygiene. In: JOINT FAO/WHO FOOD STANDARDS PROGRAMME, 38., 2007, Rome. **Report...** Rome: FAO, 2007.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **O uso racional da água no comércio**. 2014. Disponível em: [http://www.sabesp.com.br/Sabesp/filesmng.nsf/DAE959570767BF59832575A800695933/\\$File/cartilha\\_uso\\_racional\\_agua.pdf](http://www.sabesp.com.br/Sabesp/filesmng.nsf/DAE959570767BF59832575A800695933/$File/cartilha_uso_racional_agua.pdf). Acesso em: 11 abr. 2016.

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA DOPARANÁ. **Uso e reúso da água**. Curitiba, 2010. (Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar).

DANTAS, D. L.; SALES, A. W. C. Aspectos ambientais, sociais e jurídicos do reúso da água. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 3, n. 3, p. 4-20, 2009.

DONG, H.; GENG, Y.; SARKIS, J.; FUJITA, T.; OKADERA, T.; XUE, B. Regional water footprint evaluation in China: a case of Liaoning. **Science of the Total Environment**, v. 442, p. 215-224, 2013.

DUANGPASEUTH, S.; DAS, Q.; CHOTCHAMLONG, N.; ARIUNBAATAR, J.; KHUNCHORNYAKONG, A.; PRASHANTHINI, V.; JUTIDAMRONGPHAN, W. Seafood Processing. **ED78.20**: industrial waste abatement and management. [S.l.]: School of Environment, Resource & Development, Asian Institute of Technology (AIT), 2007.

ENE, S. A. ; TEODOSIU, C.; ROBU, B.; VOLF, I. Water footprint assessment in the winemaking industry: a case study for a romanian medium size production plant. **Journal of Cleaner Production**, v. 43, p. 122-135, 2013.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Compilation of air pollutant emission factors**. Volume I: stationary point and area sources. [S.l.: s.n.], 1995.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for Water Reuse**. **AR-1530. EPA/600/R-12/618**. Washington, D.C.: Environmental Protection Agency, 2012.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Water recycling and reuse: the environmental benefits. **Water Encyclopedia**, v. 2, p. 610-613, 2005.

ESPAÑA. Real Decreto 1620/2007 de 7 Diciembre, por el que se establece el Rregimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. **BOE**, Madri, n. 294. p. 50639-50661, 8 dez. 2007.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture**. Rome, 2010.

FERRACIOLLI, L. M. D. V.; LUIZ, D. de B.; SANTOS, V. R. V. dos; NAVAL, L. P. Reduction in water consumption and liquid effluent generation at a fish processing plant. **Journal of Cleaner Production**, v. 197, pt. 1, p. 948-956, 2018.

FERRACIOLLI, L. M. . V. D.; LUIZ, D. de B.; NAVAL, L. P. Potential for reuse of effluent from fish-processing industries. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 5, p. 730-742, 2017.

FISH, R. D.; IORIS, A. A.; WATSON, N. M. Integrative water and agricultural management: collaborative governance for a complex policy problem. **Science of the Total Environment**, v. 408, n. 23, p. 5623-5630, 2009.

GARCIA, S. M. ; ZERBI, A.; ALIAUME, C.; DO CHI, T.; LASSERRE, G. The ecosystem approach to fisheries: Issues, terminology, principles, institutional foundations, implementation and outlook. Rome: FAO, 2003. 71 p. (FAO Fisheries Technical Paper, n. 443).

GEBAUER, R. Mesophilic anaerobic treatment of sludge from saline fish farm effluents with biogas production. **Bioresource Technology**, v. 93, n. 2, p. 155-167, 2004.

GRÉCIA. Joint Ministerial Decree (JMD) 145116/2011: definition of measures, conditions and procedure for wastewater reuse. **Greek Government Gazette**, n. 354B, 8 mar. 2011.

GUIMARÃES, J. T. SOUZA, A. L. M.; SANTA BRÍGIDA, A. I.; FURTADO, A. A. L.; CHICRALA, P. C. M. S.; SANTOS, V. R. V.; ALVES, R. R.; LUIZ, D. B.; MESQUITA, E. F. M. Quantification and characterization of effluents from the seafood processing industry aiming at water reuse: A pilot study. **Journal of Water Process Engineering**, v. 26, p. 138-145, 2018.

HADADIN, N. Water shortage in Jordan: sustainable solutions. **Desalination**, v. 250, n. 1, p., 2010.

HANCOCK, F. E. Catalytic strategies for industrial water re-use. **Catalysis Today**, v. 53, n. 1, p. 3-9, 1999.

HANJRA, M. A.; QURESHI, M. E. Global water crises and future food security in an era of climate change. **Food Policy**, v. 35, p. 365-377, 2010.

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

INAGAKI, J. M. F. **Avaliação da resistência térmica de Salmonella sp. em água de escaldagem do abate de suínos em função do pH e matéria orgânica**. 2015. 67 f. Dissertação (Mestrado) — Curso de Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Federal do Paraná, Palotina, PR.

KAJENTHIRA, ; SIDDIQI, A.; ANADON, L. D. A new case for promoting wastewater reuse in Saudi Arabia: bringing energy into the water equation. **Journal of Environmental Management**, v. 102, p. 184-192, 2012.

KUCA, M.; SZANIAWSKA, D. Application of microfiltration and ceramic membranes for treatment of salted aqueous effluents from fish processing. **Desalination**, v. 241, n. 1-3, p. 227-235, 2009.

KUPUSOVIC, T. ; MIDZIC, S.; SILAJDZIC, I.; BJELAVAC, J. Cleaner production measures in small-scale slaughterhouse industry: case study in Bosnia and Herzegovina. **Journal of cleaner production**, v. 15, n. 4, p. 378-383, 2007.

LUIZ, D. B. ; SILVA, G. S.; VAZ, E. A. C.; JOSÉ, H. J.; MOREIRA, R. F. P. M. Evaluation of hybrid treatments to produce high quality reuse water. **Water Science & Technology**, v. 63, n. 9, p. 2046-2051, 2011.

MALINOWSKI, A. **Aplicação de metodologia para a estruturação de diretrizes para o planejamento do reúso de água no meio urbano**. 2006. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Paraná, Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Palotina, PR.

MANETTI, A. G. S. **Avaliação do potencial de reúso da água industrial oriunda de uma indústria processadora de peixe utilizando Aphanothece microscopia Nágeli**. 2008. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) — Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS.

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

MIYAKI, H. ; ADACHI, S.; SUDA, K.; KOJIMA, Y. Water recycling by floating media filtration and nanofiltration at a soft drink factory. **Desalination**, v. 131, n. 1-3, p. 47-53, 2000.

MSHANDETE, A. ; KIVAIISI, A.; RUBINDAMAYUGI, M.; MATTIASSON, B. Anaerobic batch co-digestion of sisal pulp and fish wastes. **Bioresource Technology**, v. 95, n. 1, p. 19-24, 2004.

MURPHY, N. **Meat processing environmental impacts: environmental impacts from meat and fish processing**. [S.l.]: Waste Reduction Resource Center, 2006.

NALINI, J. R. **Ética ambiental**. 3. ed. Campinas, SP: Millenium, 2010.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Environmental Outlook to 2030**. [S.l.]: OECD Publishing, 2008.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 7 nov. 2018.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Directrices sanitárias sobre el reúso de aguas residuales em agricultura y acuicultura**. Genebra, 1989. (Relatório da OMS nº 778).

OSTRENSKY, A.; BORGUETTI, J. R.; SOTO, D. (ed.). **Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília, DF, 2008. 276 p.

PEREIRA, C. F. O. A ausência de marcos legais em matéria sanitária no Brasil: por uma bioética aplicada. **Fórum de Direito Urbano e Ambiental**, ano 9, n. 52, p. 18-23, jul./ago. 2010.

PROENCA, A. C.; NUNES, M. L.; BARATA, F. Clean technologies in sardine canning industry. **Proceedings of 30th WEFTA Plenary Meeting on the Faroe Islands**, p. 145-49, 2000.

RASO, J. **Update of the final report on wastewater reuse in the European Union**. Barcelona, Spain: TYPESA Consulting Engineers and Architects, 2013. Project: service contract for the support to the follow-up of the communication on water scarcity and droughts.

RIO DE JANEIRO. Lei nº 7599 de 24 de maio de 2017. Dispõe sobre a obrigatoriedade de indústrias situadas no estado do Rio de Janeiro instalarem equipamentos de tratamento e reutilização de água. **Diário Oficial do estado do Rio de Janeiro**, 2017.

ROUTLEDGE, E. A. B.; ZANETTE, G. B.; FREITAS, L. E. L.; FERREIRA, F. M.; LIMA, E. C. Ações e desafios para a consolidação das políticas de PD&I em pesca e aquicultura. **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 16, n. 32, p. 165-184, 2011.

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

SANTOS, E. A. **Implantação de ferramentas de gestão da qualidade dos alimentos em uma unidade de alimentação e nutrição institucional**: um estudo de caso. 2014. 161 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos) — Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG.

SOUSA, A. F. S. **Diretrizes para implantação de sistemas de reúso de água em condomínios residenciais no método APPCC**: análise de perigos e pontos críticos: estudo de caso Residencial Valville. Ed. rev. São Paulo: [s.n.], 2008. 176 p.

SOUZA, A. L. M.; GUIMARÃES, J. T.; SANTA BRIGIDA, A. I.; LUIZ, D. B.; FRANCO, R. M.; MESQUITA, E. F. M. Water management applied to the processing of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) and Dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in a fish cold storage warehouse in Rio de Janeiro, Brazil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 4, p. 1240-1248, 2018.

SOUZA, M. A.; VIDOTTI, R. M.; OLIVEIRA NETO, L. A. Redução no consumo de efluente gerado em abatedouro de tilápia do nilo através da implantação de conceitos de produção mais limpa (P+L). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 2, p. 289-296, 2008.

THRANE, M.; NIELSEN, E. H.; CHRISTENSEN, P. Cleaner production in Danish fish processing: experiences, status and possible future strategies. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 3, p. 380-390, 2009.

TIMOFIECSYK, F. R.; PAWLOWSKY, U. Minimização do uso de água na indústria de alimentos. **Brasil Alimentos**, v. 22, p. 25-28, 2003.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Cleaner production assessment in fish processing**. Paris, 2000. Disponível em: [www.unep.org/shared/publications/pdf/2481-CPfish.pdf](http://www.unep.org/shared/publications/pdf/2481-CPfish.pdf) Acesso em: 30. jul. 2021.

UTTAMANGKABOVORN, M.; PRASERTSAN, P.; KITTIKUN, A. H. Water conservation in canned tuna (pet food) plant in Thailand. **Journal of Cleaner Production**, v. 13, n. 6, p. 547-555, 2005.

VAN HA, T. V.; ANANTH, A. P.; VISVANATHAN, C.; ANBUMOZHI, V. Techno policy aspects and socio-economic impacts of eco-industrial networking in the fishery sector: experiences from An Giang Province. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 14, p. 1272-1280, 2009.

VASCONCELOS, A. V.; SILVA, M. R. **Avaliação físico-química e microbiológica da qualidade da água de pequenos laticínios da região de Francisco Beltrão/PR**. 2012. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão.

WAN ALWI, S.R. MANAN, Z. A.; SAMINGIN, M. H.; MISRAN, N. A holistic framework for design of cost-effective minimum water utilization network. **Journal of Environmental Management**, v. 88, n. 2, p. 219-252, 2008.