

*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 6

Gerenciamento hídrico e de resíduos em indústria de processamento de peixes

Estudo de caso (atum e sardinha)

Luiz Gustavo Gonçalves Rodrigues

Mirian Graciela Dalla Porta

Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz

Regina de Fátima Peralta Muniz Moreira

Ricardo Borghesi

Leandro Kanamaru Franco de Lima

Danielle de Bem Luiz

Introdução

A escassez de água e as mudanças climáticas são uma realidade. Por isso, desenvolver ações para proteger os recursos hídricos e aumentar o uso de energias renováveis são obrigatórias para qualquer tipo ou tamanho de indústria (José et al., 2013). Nos últimos anos, notou-se uma ampliação no setor da aquicultura e de processamento de pescado, o que contribuiu para um consumo elevado de água e de geração de efluentes (Alkaya; Demirer, 2016). Dessa forma, são necessários esforços para desenvolver processos mais limpos, que mantenham os níveis de produção, melhorem a gestão das fontes naturais e minimizem as emissões de poluentes (Uttamangkabovorn et al., 2005).

A indústria de alimentos é conhecida por seu alto uso de recursos hídricos e pela significativa geração de matéria orgânica em águas residuais. As indústrias processadoras de pescado apresentam alto consumo de água, o que está diretamente relacionado aos requisitos de segurança e saúde pública, ao tipo de produto processado, à escala de operação, à forma de processamento e ao grau de envolvimento da indústria com os conceitos de produção mais limpa e minimização do uso de água (Luiz et al., 2009). Em vista disso, as estratégias para reduzir o uso hídrico industrial estão ligadas ao desenvolvimento de operações que utilizam pequenos volumes de água durante o processamento e a limpeza, à aplicação do reúso e à reciclagem direta ou após o acondicionamento (Luiz et al., 2011).

Durante o processamento do pescado, grandes quantidades de efluente são gerados e estes são caracterizados, principalmente, por sua alta salinidade e seu alto teor de matéria orgânica e de nutrientes, principalmente nitrogênio (N) e fósforo (P). Além disso, estes efluentes apresentam uma grande variabilidade de composição, que dependem do período de produção, do tipo de produto e de processo utilizado (Cristovão et al., 2015; Campo et al., 2017). Em vista disso, há muita preocupação quanto aos potenciais impactos ambientais negativos decorrentes da disposição dos efluentes diretamente no meio ambiente (Feltes et al., 2010).

Assim, a remoção desses resíduos é de vital importância para minimizar o impacto ambiental desses efluentes nos ecossistemas. Entretanto, devido aos altos custos associados ao tratamento de efluentes, os setores industriais têm sido incentivados a realizarem projetos que incluam técnicas de minimização, reciclagem e reutilização da água (Marin-Morales, 2016). Essas ações fazem parte dos princípios das Tecnologias Limpas, que incluem tecnologias de eficiência energética, que não se limitam à reciclagem, bem como energias renováveis, como a eólica, solar, biomassa, hidrelétrica, biocombustíveis, tecnologia da informação, transporte verde, motores elétricos e química verde (Cumming et al., 2016).

Os resíduos sólidos gerados no beneficiamento de pescado (cabeça, cauda, vísceras, nadadeiras, coluna vertebral, escamas e restos de carne) podem representar 50 % ou mais da matéria-prima utilizada, variando conforme a espécie e o processamento (Feltes et al., 2010). Esses resíduos podem participar da elaboração de coprodutos para uso humano ou para uso de animais domésticos ou de criação. A geração de coprodutos evita que resíduos sejam lançados diretamente no ambiente, evitando impactos ambientais negativos decorrentes do descarte indevido (Afonso; Bórquez, 2002).

Entretanto, os coprodutos com composição rica em compostos orgânicos e inorgânicos, potencialmente nocivos ao meio ambiente, elevam o custo de tratamento de efluentes da indústria. Assim, a implementação de práticas que possibilitem a geração e o uso de coprodutos, além da recuperação de óleos e proteínas, contribuirão para que menos matéria orgânica esteja presente no efluente, reduzindo custos e insumos como energia, produtos químicos e entre outros custos envolvidos no tratamento para eliminação destes compostos.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi realizar um balanço hídrico em uma unidade de beneficiamento de pescado, bem como avaliar a viabilidade de ações para reduzir o consumo de água, promover a reciclagem, o reúso do recurso hídrico e o melhor aproveitamento dos resíduos sólidos gerados nessa indústria pesqueira.

Metodologia

O estudo foi conduzido no ano de 2014, em uma unidade industrial tida como modelo, localizada em um estado da região Sul do Brasil. A unidade industrial trabalhava 5 dias por semana, em dois turnos de trabalho de oito horas, com período de higienização da área de produção ao final de cada dia de trabalho. A indústria apresentava um quadro de aproximadamente 1.200 funcionários e beneficiava sardinha, atum, cavalinha, arenque e salmão. Eram processadas diariamente aproximadamente 300 t de pescado fresco ou congelado e gerados mais de 1.000 m³ de efluente por dia, oriundo das etapas do processamento.

As fases do processo envolviam: recebimento do pescado; estocagem em câmaras frias; descongelamento; evisceração; toailete, remoção de partes escuras, peles, ossos, cabeças, caudas e barbatanas; enchimento das latas, adição de salmoura como óleos e molhos; autoclavagem e estocagem.

Balanço hídrico

As determinações do uso real de água, pontual e global, no processamento de sardinhas e atuns, foram realizadas utilizando hidrômetros ultrassônicos (*Hydrus, Diehl Metering, Alemanha*), analógicos (*Genebre, Brasil*) e dados do consumo médio de água de alguns equipamentos e processos fornecidos pela empresa. As medições foram realizadas baseadas nos macro e microfluxos de água industrial, considerando turnos e setores do processamento do pescado durante um período de 33 dias. Foram identificados e analisados sete macrofluxos e oito microfluxos, as etapas de processamento, higienização de equipamentos e pisos, água para produção de gelo e vapor, torre de resfriamento e outros. As leituras dos hidrômetros instalados nos pontos selecionados foram feitas imediatamente antes e ao final de cada turno de processamento da indústria. O resultado do uso hídrico nesses pontos foi obtido por diferença entre os valores aferidos entre uma leitura e a subsequente.

O cálculo do balanço hídrico foi feito considerando o consumo de água por unidade de massa de matéria-prima (sardinha e atum). Neste cálculo foram obtidos valores relacionados aos macro e microfluxos da empresa e os resultados foram expressos em m³/t de matéria-prima, conforme a Equação 1:

[Equação 1]

$$V = \frac{H_f - H_i}{mp}$$

em que:

V = uso de água por unidade de massa de produto processado (volume/massa: m³/t).

H_i = leitura do hidrômetro no início do processamento (m³).

H_f = leitura do hidrômetro no final do processamento (m³).

mp = quantidade de produto processado (t).

Efluente sólido

Os resíduos sólidos gerados no sistema de tratamento de efluentes da indústria foram avaliados na expectativa de uma possível produção de coprodutos. A empresa tem uma produção diária média de 270 t de produtos processados, sendo gerados, em média, 100 t/dia de resíduos sólidos, provenientes dos processamentos de sardinha e atum. Essa etapa do estudo foi realizada em duas partes.

- Na primeira, os resíduos sólidos gerados foram identificados e classificados.
- Na segunda, foi realizada a quantificação dos resíduos gerados durante todo o processamento industrial, subdivididos por setores e quantificados por métodos volumétricos, por inventários e por contagens realizadas de, no mínimo, três lotes diferentes de matéria-prima.

Para a identificação, quantificação e qualificação dos resíduos foram realizadas visitas bimestrais na empresa no período de um ano, a fim de realizar o acompanhamento da rotina de atividades. Posteriormente, as informações da produção diária eram colhidas pela equipe do controle de qualidade da empresa.

Para a estimativa da geração do material residual, foi determinado, por balanço de massa, o rendimento desses resíduos na linha de processamento. Para isso, a cada bimestre um lote composto por 10 monoblocos plásticos foi utilizado para pesagem de, aproximadamente, 10 kg de pescado em cada monobloco. Na sequência, os peixes foram submetidos ao beneficiamento de rotina da indústria para conhecimento dos pesos dos resíduos. Com os dados do rendimento foi calculada a estimativa da geração total de resíduos no período de estudo, utilizando os valores da matéria-prima para o processamento, fornecidos pela indústria.

Na linha de processamento foram colhidas amostras do resíduo gerado durante a produção industrial. Essas amostras foram trituradas em moedores de carne (CAF 98 Inox) e armazenadas em recipientes isotérmicos para posterior envio ao laboratório de análises químicas. A umidade foi definida por método gravimétrico, em estufa a 105 °C, até peso constante. O teor de matéria mineral foi definido pelo método gravimétrico, após incineração em forno mufla a 550 °C. O teor de proteína bruta foi definido pelo método Dumas e o extrato etéreo foi definido após extração com éter de petróleo pelo método de Soxhlet. As análises de umidade, proteína bruta, matéria mineral e extrato etéreo foram realizadas sob a padronização do Compêndio Brasileiro de Nutrição Animal (Association of Official Analytical Chemists, 1995, 2000, 2007). O perfil de aminoácidos foi determinado por cromatografia líquida de alta performance (HPLC), com base no método proposto por White et al. (1986).

A composição em ácidos graxos foi obtida com base na metodologia da Association of Official Analytical Chemists (2005). Durante a análise, foi adicionado ácido pirogálico com o intuito de minimizar a degradação oxidativa dos ácidos graxos. O triglicéride undecanóico (C11:0) foi adicionado como padrão interno. A gordura foi extraída com a utilização de éter e metilada em ésteres metílicos de ácidos graxos (*fatty acid methyl esters* – FAME), através da reação com trifluoreto de boro (BF₃) em metanol. Os FAME foram medidos quantitativamente por cromatografia gasosa capilar (Coluna capilar SP2560 100 m x 0,25 mm), mediante a utilização de padrão interno C11:0. A gordura total foi calculada como a soma de todos os ácidos graxos e expressa como triglicéride

equivalente. As gorduras saturadas e monoinsaturadas foram calculadas com a soma de seus respectivos ácidos graxos; as gorduras monoinsaturadas incluem somente a forma cis. A energia bruta foi determinada por meio de bomba calorimétrica (IKA modelo 5000, Staufen, Alemanha).

Resultados e discussão

Balanços hídricos

Uma média de aproximadamente 2.500 m³/dia de água potável foi consumida pela empresa. No período de medições, a quantidade média diária de pescado processado pela empresa foi de aproximadamente 243 t de sardinha fresca ou congelada e 72 t de atum fresco ou congelado. Ademais, houve dias de maior processamento de pescado fresco do que congelado. Na Tabela 1 estão apresentados os resultados médios do consumo de água diário e pela massa total de matéria-prima, nos macro e microfluxos do processamento de sardinhas e atuns enlatados.

De maneira geral, o maior consumo médio de água foi identificado na etapa de higienização de toda a linha de beneficiamento (sardinha + atum) ao final de cada dia de trabalho (aproximadamente 562 m³). Essa etapa, somada ao consumo utilizado na lavagem de carrinhos e recipientes, representou quase um terço do consumo total de água aferido na empresa do período (Tabela 1), o que mostra a grande quantidade de água destinada para limpeza e higienização de forma geral na indústria. Diversos autores também relataram que a etapa de higienização está relacionada ao alto consumo de água potável nas indústrias processadoras de pescado (Uttamangkabovorn et al., 2005; Thrane; Nielsen; Christensen, 2009; Ölmez, 2014).

Em relação ao macrofluxo de processamento de pescado, a soma dos volumes médios de água/dia (m³/dia) utilizado nas etapas de recepção dos pescados (no cais da empresa) e de descongelamento das matérias-primas representou cerca de 11 % do uso médio do total da indústria (Tabela 1). Ainda nesse macrofluxo, as etapas de salmoura/remoção de resíduos, limpeza das matérias-primas (antes do enchimento das latas) e enxague final das latas de sardinha significaram 7 %, 14 % e 13 %, respectivamente, do consumo médio geral avaliado na indústria. No processamento de atuns não ocorrem as etapas de salmoura/remoção de resíduos e limpeza da matéria-prima antes do enchimento das latas, isso justifica os maiores consumos médios de água (m³/dia) do processamento de sardinhas (carro-chefe da indústria).

Tabela 1. Resultados médios do consumo de água e do volume total consumido de água pela massa total de matéria-prima nos macro e microfluxos no processamento de sardinhas e atuns enlatados.

Macrofluxo	Microfluxo	Consumo médio de água/dia (m ³ /dia)		Consumo água/dia/MP (m ³ /dia.t ⁻¹)	
		Sardinha	Atum	Sardinha	Atum
	Refeitório/Vestiários femininos	113,24		0,49	2,96
Processamento de pescado	Recepção/descongelamento	151,59	66,65	0,68	0,79
	Evisceração	56,58	30,43	0,24	0,41
	Pré-cozimento	-	2,93	-	0,04
	Resfriamento por aspersão	-	25,21	-	0,34
	Salmoura/remoção de resíduos	139,45	-	0,59	-
	Limpeza da MP antes enchimento	273,99	-	1,17	-
	Enchimento das latas ⁽¹⁾	0,29	1,05	1,21x10 ⁻³	0,01
	Limpeza das latas lacradas	248,31	14,83	1,06	0,20
Limpeza de carrinhos e recipientes	10,72	2,68	0,05	1,47	
Água para caldeiras ⁽¹⁾	216		0,70	0,70	
Fábrica de gelo	34,12		0,15	-	
Higienização da linha ⁽²⁾	385,35	176,17	1,81	5,48	
Torre de resfriamento ⁽²⁾	47,18		0,22	1,47	
Total		1.949,59		7,16	13,87

MP: Matéria-prima.

⁽¹⁾ Valor obtido por cálculo.⁽²⁾ Medição do consumo em 24 dias.

Conforme supracitado, o consumo médio de água potável captado por toda a empresa, durante o período de medições, foi de aproximadamente 2.500 m³/dia. Esse valor difere do consumo médio total observado na Tabela 1 (1.949,59 m³/dia), devido ao uso de água em pontos não identificados e não computados nos macro e microfluxos da empresa, como, por exemplo, nos usos do setor administrativo, vestiário masculino, barreiras sanitárias e outros pontos sem equipamentos de medição (desperdícios). Essa diferença é responsável por aproximadamente 22 % de todo o uso de água na indústria, apontando a necessidade de treinamento dos funcionários e adoção de medidas de redução de uso de água.

A Tabela 1 apresenta o consumo relativo de água, ou seja, de alguns setores pela quantidade de matéria-prima processada (m^3t^{-1} de matéria-prima). Como na indústria existem pontos comuns ao processamento de sardinha ou de atum, o consumo de água nessas etapas foi obtido pela razão do volume de água em cada setor, pela soma da quantidade de matéria-prima de atum e sardinha processados.

Nota-se que os maiores consumos de água por massa de matéria-prima foram verificados para o beneficiamento de atuns em lata, o que está relacionado à maior quantidade de sardinhas que de atuns enviados para beneficiamento: 243 t de sardinha fresca ou congelada e 72 t de atum fresco ou congelado. O estudo de Murphy (2006) descreve que a razão de água consumida por unidade de massa de produto processado decresce rapidamente com o aumento do volume de produção, isto é, uma pequena indústria processadora de pescado irá gastar mais água por kg de matéria-prima do que uma indústria com maior produção. Isso pode ser atribuído ao fato de que a maior quantidade de água consumida em um entreposto é destinada à limpeza e higienização da indústria e dos equipamentos.

A implementação de práticas de *cleaner production*, aliada às práticas de manipulação e fabricação adequadas pela mão de obra empregada na indústria, reduzirá o uso de água sem que haja perda da qualidade do produto final. Em vista disso, são recomendáveis os projetos de modificações nos equipamentos e nas tecnologias. Como exemplo, pode-se citar modificações no procedimento de remoção de resíduos sólidos no beneficiamento de sardinhas que utiliza água junto com sistema pneumático por novos processos de remoção utilizando vácuo, limpeza a alta pressão em todos os locais da empresa e higienização a seco de pisos e superfícies.

Ademais, capacitação e treinamento dos funcionários contribuem para a redução do uso de água em etapas de limpeza e reúso de recurso hídrico não potável em etapas e processos sem contato com o processamento dos alimentos (José et al., 2013; Olmez, 2014). Segundo o estudo de Uttamangkabovorn et al. (2005) feito em uma planta beneficiadora de atuns enlatados na Tailândia, após um treinamento de funcionários da linha de produção o consumo de água apresentou uma redução de 14 % na etapa de higienização de pisos e equipamentos.

Efluentes sólidos

A Tabela 2 mostra os tipos e a descrição dos resíduos oriundos da planta processadora, além da estimativa da quantidade mensal e o destino dado ao resíduo pela empresa. Pelos resultados foi possível observar que as vísceras corresponderam ao maior percentual tanto para a sardinha quanto para o atum.

Tabela 2. Identificação dos resíduos sólidos oriundos do processamento de sardinha e atum.

Tipo de Resíduo	Descrição	Estimativa. t mês ⁻¹	Destino
Resíduo de peixe inteiro, cabeça e cauda de sardinha	Material descartado por equipamentos de descabeçamento e remoção da cauda de sardinhas	1.143,00	Farinha e óleo de pescado
Vísceras de sardinha	Material removido por sucção nas evisceradoras da linha de produção de sardinhas	348.040,00	Farinha e óleo de peixe
Escamas de sardinha	Material residual removido no setor de descamação (sardinhas e cavalinhas)	0,634	Não há
Vísceras e pele do filé sardinha	Resíduo removido na lavagem da sardinha pós-depilação	27.170,00	Farinha e óleo de pescado
Carcaça de sardinha	Cabeça, cauda e espinhaço de sardinhas pré-cozidas no enlatamento do filé	14.060,00	Farinha e óleo de pescado
Cabeça, cauda e espinhaço de atum	Material residual gerado no toailete do atum	142.2102,00	Farinha e óleo de peixe
Esquírolas ósseas de atum	Material residual gerado da moagem e separação do atum ralado em equipamento de desossa	2.497,00	Não há
Vísceras de atum	Material residual retirado manualmente antes do cozimento e processamento	32.889,84	Farinha e óleo de peixe
Lodo de centrífugas	Lodo originário do flotador juntamente com o sangue coagulado e a cal calcítica	19,80	Farinha de peixe

O destino de quase todo o resíduo sólido da indústria vai para a fabricação de farinhas, geralmente empregadas em rações animais. Essa transformação de resíduos orgânicos em farinhas de peixes representa uma excelente opção de renda para aumentar a lucratividade de algumas indústrias de processamento (Boscolo; Feiden, 2007; Bastos et al., 2014).

É válido agregar alternativas tecnológicas ao tratamento de resíduos com possíveis usos em fármacos, produção de biocombustível, fertilizantes, produtos químicos, iscas e artesanatos. Assim, uma indústria processadora de pescado obtém ganhos na implantação de gerenciamento ambiental por causa da sinergia entre três principais ações: uso consciente da água, melhor utilização do pescado e aproveitamento dos efluentes e resíduos sólidos. Dentre os ganhos destaca-se: a redução do consumo de água e de energia, redução da emissão de poluentes e resíduos sólidos orgânicos (quantificados pela DQO) nos efluentes, redução do consumo de energia, produção de coprodutos comestíveis ou não de resíduos.

As Tabelas 3 e 4 apresentam os dados de caracterização físico-química dos resíduos do processamento da sardinha e atum. Os resíduos provenientes do processamento de atuns apresenta-

ram maior percentual de proteína. Por outro lado, os resíduos de sardinha apresentaram médias maiores do teor de lipídios, principalmente para cabeça e cauda. Notou-se grande quantidade de cálcio e fósforo em ambos os materiais. Conseqüentemente, é possível estabelecer uma relação positiva para o aproveitamento desse material, direcionando-o para a nutrição animal.

Tabela 3. Caracterização físico-química de resíduos da indústria de processamento de sardinha.

Parâmetros ⁽¹⁾	Cabeça e cauda	Vísceras	Escamas
Umidade (%)	75,67±0,93	75,78±6,38	3,68±3,15
Proteína bruta (%)	13,63±2,66	9,89±4,33	25,88±11,28
Extrato etéreo (%)	4,21±0,31	13,23±2,23	4,21±3,32
Energia bruta (cal/g)	4.636±96,17	8.249±2.282,54	Nr
Matéria mineral (%)	5,64±2,07	2,02±0,92	12,61±5,56
Cálcio (%)	1,57±0,62	Nr	4,61±1,98
Fósforo (%)	0,84±,037	Nr	1,92±0,85

⁽¹⁾ Resultados obtidos de análises realizadas em três amostras colhidas em diferentes épocas do ano e em triplicata.
Nr – não realizado.

Tabela 4. Caracterização físico-química de resíduos da indústria de processamento de atum.

Parâmetros ⁽¹⁾	Cabeça e cauda	Vísceras	Esquírolas ósseas
Umidade (%)	35,41±26,97	76,57±2,91	4,71±0,69
Proteína bruta (%)	19,99±2,43	16,97±1,14	30,37±7,95
Extrato etéreo (%)	8,66±7,86	3,52±1,22	3,68±1,59
Energia bruta (cal/g)	1631,43±160,90	3270±1653,28	Nr
Matéria mineral (%)	16,55±3,83	3,16±2,07	34,22±10,79
Cálcio (%)	5,51±1,66	Nr	11,56±3,07
Fósforo (%)	2,71±,0,94	Nr	5,93±1,66

⁽¹⁾ Resultados obtidos de análises realizadas em três amostras colhidas em diferentes épocas do ano e em triplicata.
Nr – não realizado.

A Tabela 5 apresenta o perfil de ácidos graxos para os resíduos de cabeça, cauda e vísceras de sardinhas e atum. A quantidade de poli-insaturados presentes nas vísceras de sardinhas foi maior que aquelas presentes no atum. O ácido graxo palmítico (C16:0) foi predominante no material colhido do entreposto, independentemente do tipo de resíduo, corroborando com os tipos de ácidos graxos mais encontrados em pescado. Além disso, a respeito dos ácidos graxos Ômega 3, os valores encontrados para o ácido docosahexaenoico (DHA, C22:6n-3), foram maiores que os do ácido eicosapentaenoico (EPA, C20:5n-3), o que confirma os achados apresentados por outros autores para outras espécies de peixes (Andrade, 1995; Ramos Filho et al., 2008, 2010).

Tabela 5. Composição de ácidos graxos em amostras de resíduos da indústria de processamento de sardinha e atum.

Ácidos graxos (%)	Sardinha		Atum	
	Cabeça e cauda	Vísceras	Cabeça e Cauda	Vísceras
(C6:0)	Ne	Ne	0,01±0,00	Ne
(C8)	Ne	0,01±0,00	Ne	Ne
(C12)	0,01±0,00	0,01±0,00	0,01±0,01	Ne
(C14:0)	0,38±0,16	1,24±0,20	0,65±0,42	0,12±0,06
(C15:0)	0,07±0,03	0,18±0,02	0,15±0,09	0,04±0,01
(C16:0)	1,28±0,33	3,31±0,74	2,62±1,56	0,94±0,08
(C17:0)	0,06±0,02	0,15±0,03	0,13±0,7	0,05±0,01
(C18:0)	0,30±0,09	0,71±0,22	0,55±0,23	0,55±0,22
(C20:0)	0,02±0,01	0,06±0,02	0,04±0,02	0,01±0,00
(C21:0)	0,01±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00	Ne
(C22:0)	0,01±0,00	0,02±0,01	0,02±0,01	0,01±0,00
(C23:0)	Ne	0,01±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00
(C24:0)	0,02±0,01	0,02±0,01	0,04±0,01	0,02±0,01
(C14:1)	0,01±0,00	0,03±0,01	0,03±0,01	Ne
(C16:1)	0,24±0,20	0,98±0,26	0,43±0,30	0,12±0,05
(C18:1n9c)	0,33±0,07	1,15±0,77	1,40±0,93	0,33±0,06

Continua...

Tabela 5. "Continuação".

Ácidos graxos (%)	Sardinha		Atum	
	Cabeça e cauda	Vísceras	Cabeça e Cauda	Vísceras
(C20:1)	0,04±0,02	0,13±0,04	0,16±0,12	0,03±0,01
(C22:1n9)	0,01±0,00	0,02±0,01	0,02±0,02	Ne
(C24:1)	0,03±0,00	0,06±0,02	0,06±0,05	0,05±0,02
(C18:2n6c)	0,08±0,01	0,73±0,97	0,15±0,13	0,07±0,04
(C18:3n6)	0,01±0,00	0,02±0,02	0,01±0,00	Ne
(C18:3n3)	0,06±0,03	0,17±0,12	0,07±0,07	0,03±0,03
(C20:2)	0,02±0,01	0,03±0,00	0,02±0,02	0,01±0,00
(C20:3n3)	0,01±0,00	0,01±0,01	0,01±0,02	Ne
(C20:3n6)	0,00±0,00	0,03±0,02	0,01±0,00	Ne
(C20:4n6)	0,10±0,04	0,19±0,15	0,13±0,14	0,16±0,09
(C22:6n3)	0,85±0,36	1,69±0,69	1,16±1,54	1,05±0,68
(C20:5n3)	0,51±0,22	1,50±0,59	0,46±0,60	0,41±0,29
Total poli-insaturadas	1,63±0,64	4,44±0,96	2,03±2,53	1,74±1,09
Total monoinsaturadas	0,69±0,19	2,36±0,94	1,95±1,01	0,51±0,06
Total saturadas	2,17±0,61	5,72±1,12	4,23±2,42	1,54±0,18
Total insaturadas	2,33±0,49	6,80±1,23	3,97±3,36	2,25±1,14

Ne – não encontrado.

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados da composição em aminoácidos dos resíduos analisados. Entre os aminoácidos não essenciais, o ácido glutâmico e a glicina foram os encontrados em maiores concentrações. A lisina, leucina e arginina foram os aminoácidos essenciais encontrados também em maiores concentrações. No geral, os resíduos de atum apresentaram maiores concentrações de aminoácidos.

Tabela 6. Composição de aminoácidos em amostras de resíduos da indústria de processamento de sardinha e atum

Aminoácidos (%)	Sardinha		Atum	
	Cabeça e cauda	Vísceras	Cabeça e Cauda	Vísceras
Alanina	0,86±0,26	0,61±0,29	1,40±0,17	1,04±0,13
Arginina	0,61±0,23	0,17±0,08	1,27±0,14	0,54±0,45
Ácido aspártico	0,99±0,49	0,81±0,34	1,38±0,43	1,37±0,07
Glicina	1,10±0,50	0,63±0,26	1,97±0,66	1,15±0,16
Isoleucina	0,50±0,09	0,43±0,20	0,65±0,18	0,72±0,09
Leucina	0,97±0,26	0,70±0,31	0,99±0,84	1,29±0,08
Ácido glutâmico	1,59±0,66	1,24±0,55	2,02±0,35	2,22±0,23
Lisina	0,78±0,45	0,45±0,18	1,35±0,33	0,80±0,47
Cistina	0,21±0,10	0,15±0,04	0,22±0,05	0,32±0,13
Metionina	0,39±0,14	0,19±0,11	0,47±0,06	0,48±0,05
Fenilalanina	0,50±0,16	0,38±0,15	0,72±0,12	0,58±0,09
Tirosina	0,33±0,17	0,14±0,13	0,58±0,16	0,34±0,30
Treonina	0,45±0,20	0,41±0,17	0,78±0,09	0,80±0,08
Prolina	0,63±0,30	0,48±0,12	1,20±0,25	0,86±0,13
Valina	0,64±0,11	0,56±0,22	0,94±0,19	0,91±0,15
Histidina	0,46±0,27	0,32±0,17	0,82±0,20	0,59±0,06
Serina	0,44±0,24	0,35±0,16	0,82±0,04	0,82±0,08
Taurina	0,18±0,04	0,20±0,10	0,27±0,05	0,70±0,11
Soma dos aminoácidos (%)	11,62±4,25	8,21±3,36	18,21±1,64	15,54±0,29

As Tabelas 7 e 8 apresentam as análises do lodo da centrífuga *dewatering*, utilizado como alternativa para a elaboração de coprodutos. Foi encontrado alto percentual de lipídios e proteínas, com presença de aminoácidos essenciais e alta concentração de gorduras saturadas e insaturadas.

Tabela 7. Análise físico-química do lodo da centrífuga *dewatering* colhido de uma indústria de processamento de sardinha e atum.

Análise físico-química	Atum
Cabeça e cauda (Composição centesimal)	
Umidade (%)	67,93±1,59
Proteína bruta (%)	10,46±1,65
Extrato etéreo (%)	13,96±7,93
Matéria mineral (%)	3,08±0,47
Energia bruta (cal/g)	1.280,50±1.136,32
Aminoácidos (%)	
Alanina	0,58±0,11
Arginina	0,36±0,16
Ácido Aspártico	0,67±0,37
Glicina	0,50±0,19
Isoleucina	0,36±0,04
Leucina	0,70±0,22
Ácido Glutâmico	0,47±0,45
Lisina	0,47±0,21
Cistina	0,11±0,01
Metionina	0,23±0,08
Fenilalanina	0,39±0,12
Tirosina	0,28±0,08
Treonina	0,37±0,15
Prolina	0,36±0,16
Valina	0,46±0,04
Histidina	0,35±0,08
Serina	0,33±0,18
Taurina	0,04±0,02
Soma dos aminoácidos (%)	7,35±2,50

Tabela 8. Composição de ácidos graxos do lodo da centrífuga *dewatering* colhido de uma indústria de processamento de sardinha e atum.

Ácidos graxos	Valor (%)
(C12)	0,03±0,02
(C14:0)	0,96±0,72
(C15:0)	0,15±0,11
(C16:0)	3,36±1,68
(C17:0)	0,11±0,05
(C18:0)	0,70±0,22
(C20:0)	0,04±0,01
(C22:0)	0,03±0,01
(C23:0)	0,01±0,00
(C24:0)	0,01±0,00
(C16:1)	0,74±0,45
(C18:1n9c)	2,15±0,00
(C20:1)	0,12±0,08
(C22:1n9)	0,01±0,00
(C24:1)	0,05±0,02
(C18:2n6c)	2,66±0,86
(C18:3n3)	0,02±0,01
(C20:2)	0,02±0,01
((C20:4n6)	0,19±0,21
(C22:6n3)	1,33±1,49
(C20:5n3)	1,19±1,41
Total poli-insaturadas	2,74±0,00
Total monoinsaturadas	2,84±0,87
Total saturadas	5,37±2,79
Total insaturadas	8,60±5,15

As Figuras 1 a 9 ilustram os resíduos do processamento de atuns e sardinhas.



Foto: Luiz Gustavo Gonçalves Rodrigues.

Figura 1. Resíduo de peixe inteiro, cabeça e cauda de sardinha durante processamento industrial. Material descartado da máquina de descabeçamento e remoção da cauda de sardinhas.

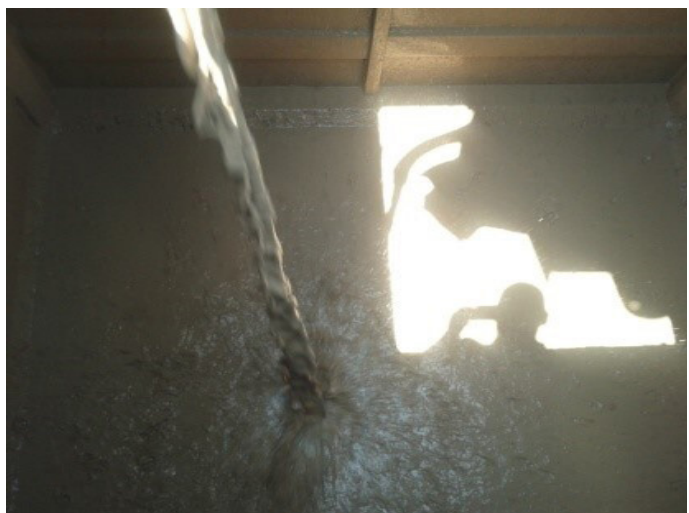


Foto: Luiz Gustavo Gonçalves Rodrigues.

Figura 2. Resíduo de vísceras de sardinha durante processamento industrial. Material removido por sucção nas evisceradoras da linha de produção de sardinhas.



Foto: Luiz Gustavo Gonçalves Rodrigues.

Figura 3. Material residual removido da descamação (sardinhas e cavalinhas).



Foto: Luiz Gustavo Gonçalves Rodrigues.

Figura 4. Visceras e pele do filé de sardinha. Resíduo removido na lavagem da sardinha pós-depilação.



Foto: Luiz Gustavo Gonçalves Rodrigues.

Figura 5. Carcaça, cabeça, cauda e espinhaço de sardinhas pré-cozidas para o processo de enlatamento do filé.



Foto: Luiz Gustavo Gonçalves Rodrigues.

Figura 6. Cabeça, cauda e espinhaço de atum. Material residual gerado no toalete do produto.



Foto: Luiz Gustavo Gonçalves Rodrigues.

Figura 7. Esquirolas ósseas de atum. Material residual gerado da moagem e separação do atum ralado em máquina desossadeira no processamento do produto.



Foto: Luiz Gustavo Gonçalves Rodrigues.

Figura 8. Vísceras de atum. Material residual retirado manualmente antes do cozimento e processamento do produto.



Foto: Luiz Gustavo Gonçalves Rodrigues.

Figura 9. Lodo da centrífuga *dewatering*, originário do flotor, juntamente com o sangue coagulado e a calcítica.

Conclusão

Com a análise do balanço hídrico realizado durante um mês na unidade industrial piloto, verificou-se uma diferença de 22 entre o volume real captado e o consumido em cada etapa do beneficiamento. A aplicação da metodologia de gerenciamento hídrico pode reduzir o consumo de água por meio da implementação de medidas de redução do consumo.

Nesse balanço hídrico, verificou-se que o maior consumo de água referente ao processamento de pescado na indústria na etapa de higienização ao final do dia trabalhado. Observou-se também que os maiores consumos de água por massa de matéria-prima processada foram destinados ao beneficiamento de atuns em lata. Dessa forma, a implementação de práticas de *cleaner production*, aliada às práticas adequadas de manipulação e fabricação pela mão de obra da indústria, reduzirá o uso de água sem que haja perda na qualidade do produto final.

Os resíduos sólidos produzidos pela unidade industrial apresentaram alto valor nutricional, apontando a relevância do desenvolvimento de tecnologias que garantam produtos de alta qualidade e com maior valor agregado. Assim, para que a sustentabilidade do setor seja consolidada, é necessário gerir os resíduos do beneficiamento para garantir seu melhor reaproveitamento. O conhecimento da composição química de cada resíduo demonstrou algumas diferenças nutricionais importantes, permitindo explorar várias alternativas que visem agregar valor, gerar coprodutos e reduzir os resíduos gerados no beneficiamento e industrialização desta matéria-prima.

Referências

- 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, p. 29-45, jan. 2002.
- ALKAYA, E.; DEMIRER, G. N. Minimizing and adding value to seafood processing wastes. **Food and Bioproducts Processing**, v. 100, p. 195-202, out. 2016.
- ANDRADE, A. D.; RUBIRA, A.; MATSUSHITA, M.; SOUZA, N. E. Omega 3 fatty acids in freshwater fish from South Brazil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 72, p. 1207-1210, out. 1995.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16. ed. [S.l.: s.n.], 1995.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Methods of analysis of association of official analytical chemists**. [S.l.: s.n.], 2000.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 18. ed. Gaithersburg, MA: AOAC International, 2005.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. [S.l.: s.n.], 2007.
- BASTOS, S. C. TAVARES, T.; PIMENTA, M. E. de S. G.; LEAL, R.; FABRÍCIO, L. F.; PIMENTA, C. J.; NUNES, C. A.; PINHEIRO, A. C. M. Fish filleting residues for enrichment of wheat bread: chemical and sensory characteristics. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, p. 2240-2245, 2014.
- BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A. **Industrialização de tilápias**. Toledo: GFM Gráfica & Editora, 2007.
- CAMPO, R.; CARRERA-FERN, P.; BELLA, G. **Frontiers in wastewater treatment and modelling**. [S.l.: s.n.], 2017.
- CRISTOVÃO, R. O.; BOTELHO, C. M.; MARTINS, R. J. E.; LOUREIRO, J. M.; BOAVENTURA, R. A. R. Fish canning industry wastewater treatment for water reuse: a case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 87, n. 6, p. 669-677, 2015.
- CUMMING, D.; HENRIQUES, I.; SADORSKY, P. "Cleantech" venture capital around the world. **International Review of Financial Analysis**, v. 44, p. 86-97, mar. 2016.
- FELTES, M. M. C.; CORREIA, J. F. G.; BEIRÃO, L. H.; BLOCK, J. M.; NINOW, J. L.; SPILLER, V. R. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p. 669-677, 2010.
- JOSÉ, H. J.; MOREIRA, R. F. P. M.; LUIZ, D. B.; VIRMOND, E.; GENENA, A. K.; ANDERSEN, S. L. F.; SENA, R. F. de; SCHORÖDER, H. F. Water and wastewater management and biomass to energy conversion in a meat processing plant in brazil: a case study. In: MUZZALUPO, I. (ed.). **Food Industry**. Manhattan: InTech, 2013.
- LUIZ, D. B.; GENERA, A. K.; JOSÉ, H. J.; MOREIRA, R. F. P. M.; SCHRÖDER, H. F. Tertiary treatment of slaughterhouse effluent: degradation kinetics applying UV radiation or H₂O₂/UV. **Water Science and Technology**, v. 60, n. 7, p. 1869-1874, 2009.
- 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 and Technology**, v. 63, n. 9, p. 2046-2051, 2011.
- MARIN-MORALES, M. A. **Water reuse: safety and applications**. [S.l.: s.n.], 2016.

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

OLMEZ, H. Water consumption, reuse and reduction strategies in food processing. **Sustainable Food Processing**, p. 1-15, 2014.

RAMOS FILHO, M. M.; RAMOS, M. I. L.; HIANE, P. A.; SOUSA, E. M. T. de. Nutritional value of seven freshwater fish species from the Brazilian pantanal. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 87, p. 1461-1467, 2010.

RAMOS FILHO, M. M.; RAMOS, M. I. L.; HIANE, P. A.; SOUZA, E. M. T. de. Perfil lipídico de quatro espécies de peixes da região pantaneira de Mato Grosso do Sul. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 361-365, 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, p. 380-390, 2009.

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

WHITE, J.; HART, R.; FRY, J. An evaluation of the Waters Pico-tag system for the amino-acid-analysis of food materials. **Journal of Automatic Chemistry**, v. 8, p. 170-177, 1986.