

EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO ATRAVÉS DE EVAPORADORES EM CALDO RESULTANTE DO COZIMENTO DE CARNES

DOI: 10.19177/rgsa.v9e32020403-423

Marcos Francisco Fernandes¹

Ivete de Fátima Rossato²

Jairo Afonso Henkes³

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi analisar a eficiência na remoção de nitrogênio e fósforo através de um sistema de evaporadores do tipo casco e tubo em paralelo com um evaporador de placas que somados compõem 5 efeitos, no aproveitamento do caldo resultante da operação de cozimento de carnes, de uma indústria processadora de carnes localizada na região da Campanha do Rio Grande do Sul. O efluente gerado na produção de carne enlatada, por exemplo, a operação de cozimento da carne é feita em cozinhas contínuas e contato direto com a água, sendo o aquecimento de forma indireta através de camisas de vapor. O caldo resultante deste cozimento é rico em gordura, proteína e fragmentos de carne e portanto, rico em fósforo e nitrogênio. O produto resultante da evaporação do caldo, extrato de carne, é um produto valorizado no mercado internacional com alto valor nutricional amplamente utilizado por várias indústrias de alimentos. O aproveitamento do caldo, que poderia ser destinado para o efluente líquido, recebe uma destinação mais nobre e adequada e economicamente viável. O sistema da um destino ecologicamente correto para em média 1,9 kg de nitrogênio e 0,5 kg de fósforo por tonelada produzida por dia com uma eficiência na recuperação de nitrogênio de 83,98 % e de 101,45 % no fósforo (o valor superior a 100 % talvez se justifique porque foram considerados valores médios, somados a possíveis erros na amostragem e ou análise já que volume de caldo é muito maior comparado ao de produto acabado.

Palavras-chave: Nitrogênio. Fósforo. Evaporação. Extrato de Carne.

¹ Tecnólogo em Gestão Ambiental. (Unisul, 2020). E-mail: marcosfranciscofernandes@gmail.com

² Doutora em Engenharia de Produção (UFSC, 2002), Mestre em Engenharia de Produção (UFSC, 1996). Licenciada em Química/UFSC (1987), Engenheira Química (UFSC, 1993). E-mail: ivete.rossato@unisul.br

³ Doutorando em Geografia (UMinho, 2019). Mestre em Agroecossistemas (UFSC, 2006). Especialista em Administração Rural (UNOESC, 1997). Engenheiro Agrônomo (UDESC, 1986). Professor dos Cursos de Ciências Aeronáuticas, Administração, Engenharia Ambiental, do CST em Gestão Ambiental e do Programa de Pós Graduação em Gestão Ambiental da Unisul. E-mail: jairohenkes333@gmail.com

EFFICIENCY IN THE REMOVAL OF NITROGEN AND PHOSPHORUS THROUGH EVAPORATORS IN BREATH RESULTING FROM MEAT COOKING

ABSTRACT

The objective of the present work was to analyze the efficiency in the removal of nitrogen and phosphorus through a system of hull and tube evaporators in parallel with a plate evaporator that together make up 5 effects, in the use of the broth resulting from the meat cooking operation, from a meat processing industry located in the region of the Rio Grande do Sul Campaign. The effluent generated in the production of canned meat, for example, the meat cooking operation is carried out in continuous kitchens and direct contact with water, being the indirect heating through steam jackets. The broth resulting from this cooking is rich in fat, protein and meat fragments and therefore, rich in phosphorus and nitrogen. The product resulting from the evaporation of the broth, meat extract, is a product valued in the international market with high nutritional value widely used by several food industries. The use of the juice, which could be destined for liquid effluent, receives a more noble and adequate and economically viable destination. The system provides an ecologically correct destination for an average of 1.9 kg of nitrogen and 0.5 kg of phosphorus per ton produced per day with an efficiency in nitrogen recovery of 83.98% and 101.45% in phosphorus (the a value greater than 100% may be justified because average values were considered, added to possible errors in sampling and / or analysis since the volume of broth is much greater compared to that of the finished product).

Keywords: Nitrogen. Phosphor. Evaporation. Meat Extract.

1 INTRODUÇÃO

O setor cárneo nacional, após alto investimento nos elos da cadeia produtiva, sofreu acelerada expansão na criação e conseqüentemente no aumento do despejo de resíduos provenientes das indústrias de processamento de carne (PACHECO,2008).

O Brasil possui um do maior rebanho bovino comercial do mundo sendo um dos países líderes nas exportações mundiais de carne, correspondendo a 33% deste comércio (ANUALPEC, 2010).

Os efluentes industriais oriundos do processamento de carnes são caracterizados por seu alto teor de proteína, a qual é responsável pela alta concentração de nutrientes, principalmente nitrogênio em suas diferentes formas. O nitrogênio orgânico presente nestes efluentes é degradado principalmente à amônia, a qual não é oxidada em condições anaeróbicas. A descarga de efluentes contendo altas concentrações de amônia é indesejável, pois pode causar uma excessiva demanda de oxigênio nos corpos receptores, levando à eutrofização do meio. Além disso, pode proporcionar um aumento sensível do pH dos corpos hídricos, tornando-os tóxicos para muitas vidas aquáticas.

A indústria processadora de carnes tem uma grande significância econômica bem como na balança comercial do Brasil. Devido suas características intrínsecas, o processamento de carne requer um volume considerável de água potável e muito disso se transforma em demanda química de oxigênio de alta resistência gerando efluentes líquidos contaminados por nutrientes. Os componentes nutrientes deste tipo de efluente podem ocasionar crescimentos biológicos excessivos em águas receptoras ocasionando a eutrofização. Nitrogênio e fósforo macronutrientes presentes em valores significativos no efluente de indústrias processadoras de carne são os principais responsáveis pela eutrofização.



As águas residuárias da indústria de carnes além de apresentarem alta carga orgânica, possuem concentrações relevantes de nutrientes eutrofizantes como nitrogênio e fósforo.

O controle do teor de nitrogênio e fósforo é um requerimento legal para este tipo de indústria e, adicionalmente o destino ecologicamente correto de efluentes e resíduos é um requisito que agrega valor as indústrias que procedem desta forma. É com este enfoque que o presente trabalho tem como objetivo analisar a eficiência na remoção de nitrogênio e fósforo através do sistema de aproveitamento do caldo resultante da operação de cozimento de carnes, de uma indústria processadora de carnes localizada na região da Campanha do Rio Grande do Sul.

O processo empregado prevê a evaporação do caldo resultante da operação de cozimento através de um conjunto de evaporadores casco e tubo e placas que gera um produto acabado, extrato de carne, com grande valor e aceitação no mercado internacional possibilitando a destinação mais nobre e adequada sob o ponto de vista ambiental de quantidades consideráveis de nitrogênio e fósforo que

então deixam de ir para o efluente líquido. O trabalho avalia as quantidades de nitrogênio e fósforo recuperadas por tonelada produzida e a eficiência na recuperação destes, com uma breve descrição e análise dos parâmetros físico-químicos de nitrogênio e fósforo no caldo de cozimento bruto e no produto final após tratamento do caldo.

2 PROCESSO DE REMOÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO ATRAVÉS DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DO EXTRATO CARNES

A diversidade das características dos resíduos da indústria de carnes, de suas fontes e volumes, exigem estudos preliminares para orientar seu tratamento. Os resíduos quando não tratados podem se comportar como focos de proliferação de insetos, roedores e de agentes infecciosos (PARDI et al., 2006).

Os nutrientes que compõem os efluentes resultantes do processamento de carnes podem resultar em crescimento biológico excessivo nos corpos receptores. A eutrofização tem ocasionado uma série de deterioração em muitos lagos e rios ao redor do mundo. Nitrogênio amoniacal atua como um nutriente primário que pode estimular o fitoplâncton e o crescimento de plantas (ORHON e ARTAN, 1994 apud THAYALAKUMARAN, 2002).

Nitrato é também um nutriente importante, que em quantidades excessivas pode induzir o crescimento prolífico. O florescer de algas ocorre se a concentração de nitrogênio inorgânico e fosforo excede respectivamente os valores de 0,3 mg L⁻¹ e 0,01 mg L⁻¹ (METCALF; EDDY, 1991 apud THAYALAKUMARAN, (2002)).

A decomposição de plantas aquáticas e fitoplâncton resultam em odor, sedimento e esgotamento do oxigênio dissolvido. A depleção de oxigênio dissolvido afeta a respiração de peixes, animais aquáticos bentônicos e o crescimento das plantas associadas. Essa asfixia da aeróbia aquática resulta em perdas econômicas para a indústria pesqueira e em biodiversidade nos ecossistemas aquáticos (THAYALAKUMARAN, 2002).

De acordo com Biassi (2014) apud Pacheco (2008), as características dos efluentes frigoríficos são: alta carga orgânica; alto conteúdo de gordura; variações de pH devido ao uso de agentes de limpeza ácidos e básicos; concentrações de nitrogênio, fósforo e sal; e alta carga de DQO e DBO;

O nitrogênio e o fósforo são de difícil remoção dos efluentes em sistemas convencionais de tratamento biológico de efluentes o que dificulta o atendimento às exigências do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Esse problema pode ser agravado caso a diluição do efluente no corpo receptor seja baixa (MOTA; VON SPERLING, 2009)

Alguns processos podem gerar efluentes líquidos específicos. Na produção de carne enlatada, por exemplo, a operação de cozimento da carne pode ser feita pelo seu contato direto com água quente ou com vapor, antes do seu acondicionamento nas latas. Isto produz águas residuais contendo gordura, proteína e fragmentos de carne (PACHECO, 2008).

Avaliando o sistema de tratamento de efluentes da empresa em estudo, constata-se que por se tratar de uma indústria de alimentos destinados a alimentação humana o reaproveitamento de resíduos sólidos ou líquidos é restrito.

Em função disso a empresa procura dar uma destinação para os resíduos quando ainda são considerados aptos para consumo humano. Um exemplo disto é o caldo do cozimento das carnes (possui um elevado teor de nitrogênio e fósforo), é coletado na saída das cozinhas contínuas, passada através de uma peneira estática com malha de retenção de 2 mm, com a finalidade de separar os sólidos (partículas de carne). As partículas de carne separadas na peneira são então adicionadas ao processo normal, isto é, são integralmente aproveitadas através da adição como carne cozida ao produto cuja composição requer o cozimento das carnes para sua preparação.

A fase líquida (caldo) após passar na peneira estática é bombeada diretamente aos tanques de decantação. Nestes tanques, o caldo é fervido durante aproximadamente 60 minutos a temperatura em torno de 96 °C e após, deixado em repouso por 30 minutos para decantação.

Após a decantação, três fases são formadas: gordura, sólidos em suspensão, e líquida. A camada de sólidos e gordura são bombeadas para um separador (*decanter-3* fases) para separação dos sólidos, o líquido ainda existente e a gordura seguem para uma centrífuga aonde é feita a separação da gordura e da parte líquida. A parte líquida resultante é enviada para filtragem, que é feita em filtro prensa.

Depois de filtrado o caldo, é enviado para o esterilizador, onde é esterilizado (3,2 minutos a 125 °C). O caldo esterilizado com cerca de 1,5 % de sólidos é

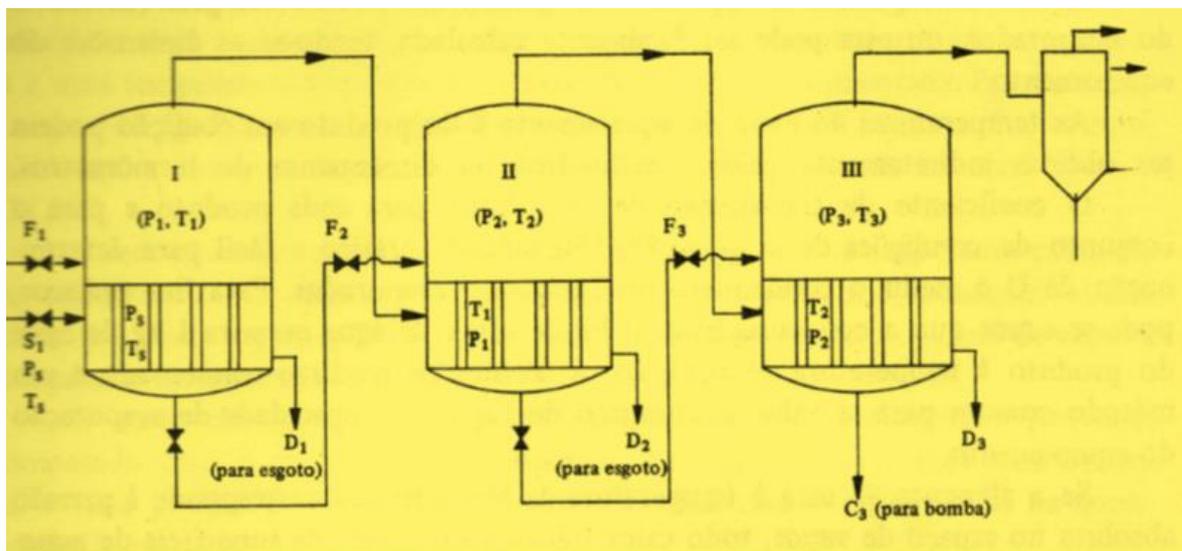
transferido para um evaporador do tipo casco e tubo de três efeitos seguido por um evaporador a placas de 2 efeitos. Ao sair dos evaporadores o caldo está com uma concentração de sólidos de 60 %. Após é transferido para um finalizador a vácuo, onde é concentrado até 80 % de sólidos. Com esta concentração o produto está pronto e é embalado em baldes, pesados e hermeticamente fechados.

De acordo com Gava (1979, p. 205), a reutilização do calor do vapor produzido em um evaporador por outro operando a uma temperatura mais baixa é então a base do projeto de evaporação de múltiplo-efeito, ou seja, o princípio de evaporação de múltiplo-efeito é uma troca sucessiva de calor latente entre o vapor e o líquido a ser concentrado.

Como resultado desse efeito sucessivo, o vapor primário evapora aproximadamente o seu próprio peso de água. Este vapor, por sua vez, passa como vapor de aquecimento para o segundo efeito e evapora uma quantidade adicional de água ligeiramente menor que o seu próprio peso.

Os evaporadores no sistema de múltiplo-efeito podem ser colocados sucessivamente até que toda diferença de temperatura disponível tenha sido usada. Nesse ponto, não havendo "força motriz" adicional para transferir o calor, a adição de um outro evaporador na série torna-se desnecessária, a menos que se aumente a pressão do vapor fornecido ao primeiro efeito, como se observa na figura 1, a seguir.

Figura 1 – Princípio de operação de evaporador de múltiplo efeito



Fonte: GAVA, 1979.

É utilizado como quarto e quinto efeitos, um evaporador de placas, idealizado pela APV, usa o sistema de recompressão mecânica dos vapores. É um

ção a gorduras hidrogenadas vem aumentando gradativamente de acordo com os dados obtidos junto a empresa pesquisada.

Considerando ainda os dados disponibilizados, apesar do processo acima descrito, empregado para eliminar o que seria a maior fonte geradora de nitrogênio e fósforo para o efluente líquido, ainda resta uma quantidade razoável de nitrogênio e fósforo proveniente principalmente do efluente gerado pelo rigoroso processo de higienização feito diariamente e, em função disto adicionalmente, todo o efluente líquido, passa por um sistema de tratamento que inclui: tratamento primário (separador decantador contínuo de 3 fases e sistema de flotação contínuo) e tratamento secundário (3 lagoas de estabilização – anaeróbica, facultativa e facultativa terciária / polimento).

De acordo com Pacheco (2008, pg. 52), um sistema típico de tratamento de efluentes líquidos do setor possui as seguintes etapas:

- *Tratamento primário*: para remoção de sólidos grosseiros, suspensos sedimentáveis e flotáveis, principalmente por ação físico-mecânica. Geralmente, empregam-se os seguintes equipamentos: grades, peneiras, para remoção de sólidos grosseiros; na sequência, caixas de gordura (com ou sem aeração) e/ou flotores (ar dissolvido ou eletro flotação), para remoção de sólidos sedimentáveis, em suspensão e emulsionados – sólidos mais finos ou menores;
- *Equalização*: realizada em um tanque de volume e configuração adequadamente definidos, com vazão de saída constante e com precauções para minimizar a sedimentação de eventuais sólidos em suspensão, por meio de dispositivos de mistura. Permite absorver variações significativas de vazões e de cargas poluentes dos efluentes líquidos a serem tratados, atenuando picos de carga para a estação de tratamento. Isto facilita e permite otimizar a operação da estação como um todo, contribuindo para que se atinja os parâmetros finais desejados nos efluentes líquidos tratados;
- *Tratamento secundário*: para remoção de sólidos coloidais, dissolvidos e emulsionados, principalmente por ação biológica, devido à característica biodegradável do conteúdo remanescente dos efluentes do tratamento primário, após equalização. Nesta etapa, há ênfase nas lagoas de estabilização, especialmente as anaeróbicas. Assim, como possibilidades de processos biológicos anaeróbios, pode-se citar: as lagoas anaeróbicas (bastante utilizadas), processos anaeróbios de contato, filtros anaeróbios e digestores anaeróbios de fluxo ascendente. Com relação a processos biológicos aeróbios, pode-se ter processos aeróbios de filme (filtros biológicos e biodiscos) e processos aeróbios de biomassa dispersa (lodos ativados – convencionais e de aeração prolongada, que inclui os valos de oxidação). Também é bastante comum observar o uso de lagoas fotossintéticas na sequência do tratamento com lagoas anaeróbicas. Pode-se ter, ainda, tratamento anaeróbio seguido de aeróbio.
- *Tratamento terciário (se necessário em função de exigências técnicas e legais locais)*: realizado como “polimento” final dos efluentes líquidos provenientes do tratamento secundário, promovendo remoção suplementar de sólidos, de nutrientes (nitrogênio, fósforo) e de organismos patogênicos. Podem ser utilizados sistemas associados de nitrificação-desnitrificação, filtros e sistemas biológicos ou físico-químicos (ex: uso de coagulantes para remoção de fósforo).

Grande parte dos produtos produzidos na empresa em referência, é submetido a um processo de cozimento em água fervente em cozinhas contínuas com aquecimento através de camisas de vapor. Considerando a disponibilidade de nitrogênio e fósforo em quantidades razoáveis no caldo resultante da operação de cozimento das carnes, ao realizar o aproveitamento deste caldo, que quantidade de nitrogênio e fósforo são reaproveitadas por dia?

De acordo com ROOS e BECKER (2012, p. 864),

O desenvolvimento sustentável seria o desenvolvimento a partir de uma lógica que satisfaça as necessidades do presente, do nosso tempo vivido, sem comprometer a capacidade de satisfazer as necessidades das gerações futuras, de nossos filhos, netos, etc.

O aproveitamento do caldo, que poderia ser destinado para o efluente líquido, recebe uma destinação mais nobre e adequada gerando um retorno econômico ao sistema de gerenciamento ambiental da organização, valorizando-o e possibilitando novos investimentos na área.

Conforme Generoso (2001) apud Pierre; Araújo, (2017, pg. 87), ponderou,

(...)independente da origem, todo resíduo poderá ter seu descarte minimizado, mediante a análise abrangente de suas características, do potencial e das consequências do uso, pois se corretamente manejado pode subsidiar a produção de alimentos, melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo e apresentar excelente potencial para reciclagem energética.



3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 CAMPO DE ESTUDO

A presente pesquisa é explicativa, pois utiliza as variáveis teor de nitrogênio e fósforo para então explicar qual a real situação e eficiência do sistema de aproveitamento do caldo de cozimento das carnes. As pesquisas explicativas, na maioria das investigações do campo das ciências naturais, valem-se quase exclusivamente de experimentos, pois procuram investigar fatores causais ou contribuintes para a ocorrência de certos fenômenos. (GIL, 2012 apud MENDONÇA, 2014).

A pesquisa busca compreender a eficiência do sistema de aproveitamento do caldo de cozimento da empresa em questão, com relação aos níveis de nitrogênio e fósforo. Os níveis de nitrogênio e fósforo serão determinados quantitativamente antes e após tratamento. A determinação destes valores permitirá a definição em relação a eficiência do tratamento.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados serão obtidos através da análise quantitativa de amostras coletadas antes (caldo bruto) e após o tratamento do caldo. As amostras serão coletadas de segunda-feira a sexta-feira, durante duas semanas e as variáveis analisadas serão nitrogênio e fósforo.

As análises físico-químicas serão realizadas no laboratório da empresa pesquisada e a metodologia a ser empregada na determinação dos parâmetros analisados estão abaixo listados nos quadros 1 e 2

Quadro 1: Metodologia utilizada na determinação dos parâmetros analisados.

Amostra	Analito	Metodologia
Caldo Bruto	Nitrogênio Total	AOAC 981.10
	Fósforo	AWWA, SMEWW 22 ^o ed., 2017 Método 4500-PE
Produto resultante	Nitrogênio Total	AOAC 981.10
	Fósforo	EN ISO 11885,

Fonte: Laboratório da Empresa pesquisada (2019).

Quadro 2 – Instrumentos de coleta de dados

Instrumento de coleta de dados	Universo pesquisado	Finalidade do Instrumento
Documentos de produção e qualidade	Manual de produção de extrato de carne; APPCC extrato de carne; Relatórios de produção;	Obter informações relacionadas ao processo de produção e quantidades produzidas.
Documentos laboratório da empresa	Análises laboratoriais;	Obter informações sobre os resultados analíticos pesquisados no caldo bruto e produto acabado.

Fonte: Dos autores adaptado de CAVALCANTI; MOREIRA (2008).

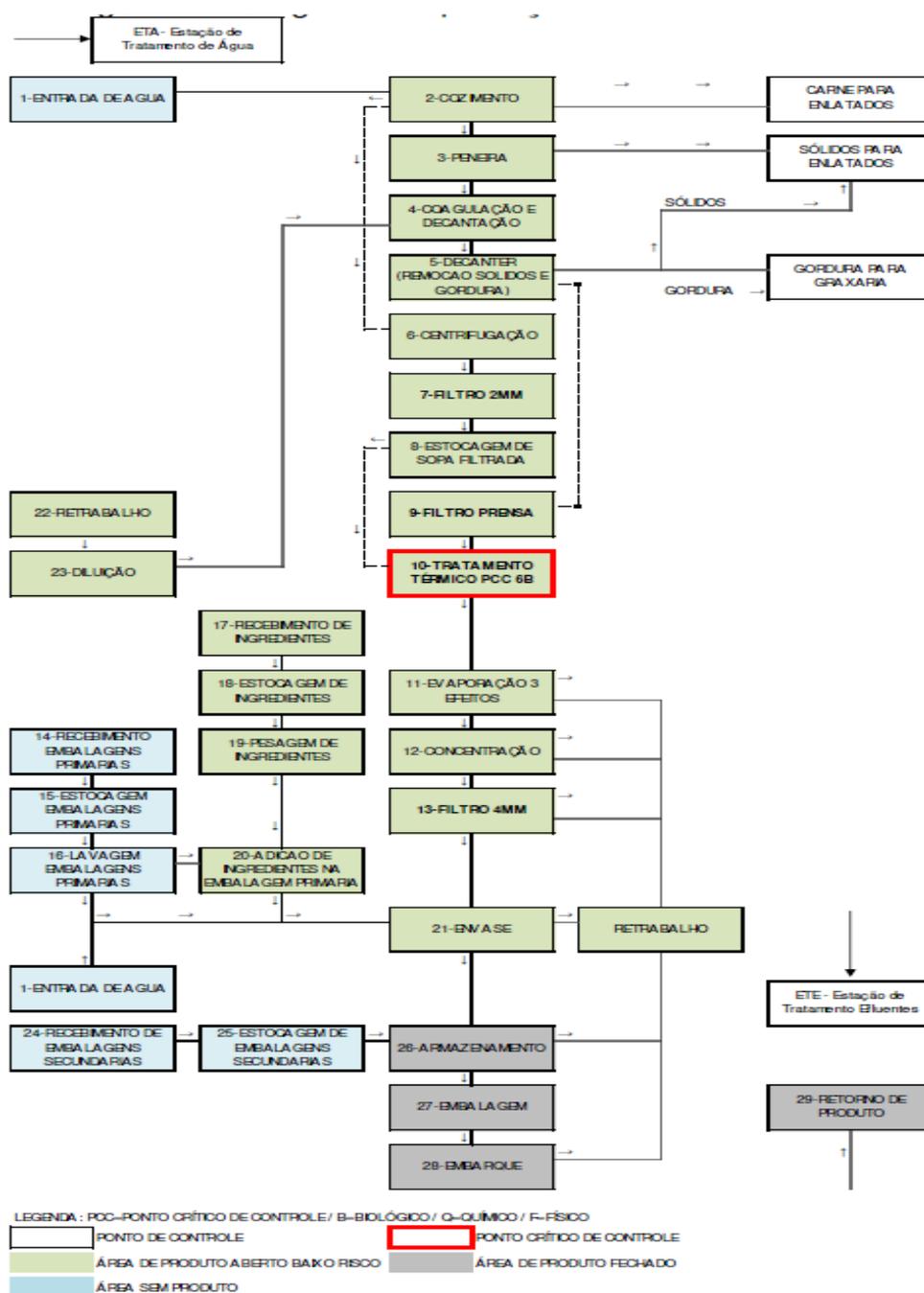
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO



A amostra do caldo bruto resultante do cozimento das carnes utilizadas em determinados tipos de produto tais como: Corned Beef e Roast Beef in Gravy entre outros. No momento do cozimento utiliza-se duas partes de água para uma parte de carne (2:1), o que gera um volume considerável de caldo por dia. Este caldo contém em torno de 1,5 % de sólidos totais e para obtenção do produto final, extrato de carne, é evaporado até concentração de 80 % de sólidos (Laboratório da Empresa, 2019) O fluxograma de produção do extrato de carne é explicitado na figura 1:

Figura 1 - Fluxograma de Produção de Extrato de Carne



Fonte: Documento do Sistema de Gestão da Qualidade – DSGSAU 006.2. (2019).

Durante o período em que foi efetuado o monitoramento de nitrogênio e fósforo, foi produzida uma determinada quantidade do produto final - o extrato de carne, demonstrada na Quadro 3, a seguir:

Quadro 3- Produção de extrato

Data de Produção	Quantidade Produzida de produtos geradores de caldo Ton / dia
12/09/2019	76,574
13/09/2019	98,765
17/09/2019	103,364
18/09/2019	96,925
19/09/2019	103,431
23/09/2019	86,664
24/09/2019	102,991
25/09/2019	94,424
27/09/2019	91,351
30/09/2019	83,079
Média diária	93,757

Fonte: Controle de Produção da Empresa Pesquisada (2019).

Analisando as quantidades produzidas do extrato de carne, percebe-se uma variação acentuada, que decorre em função do programa de produção com previsão de maior ou menor quantidade de produtos, que necessitam de cozimento prévio, com consequente geração de caldo.



Os resultados obtidos durante o monitoramento do caldo bruto e do produto final são demonstrados na Quadro 4, a seguir:

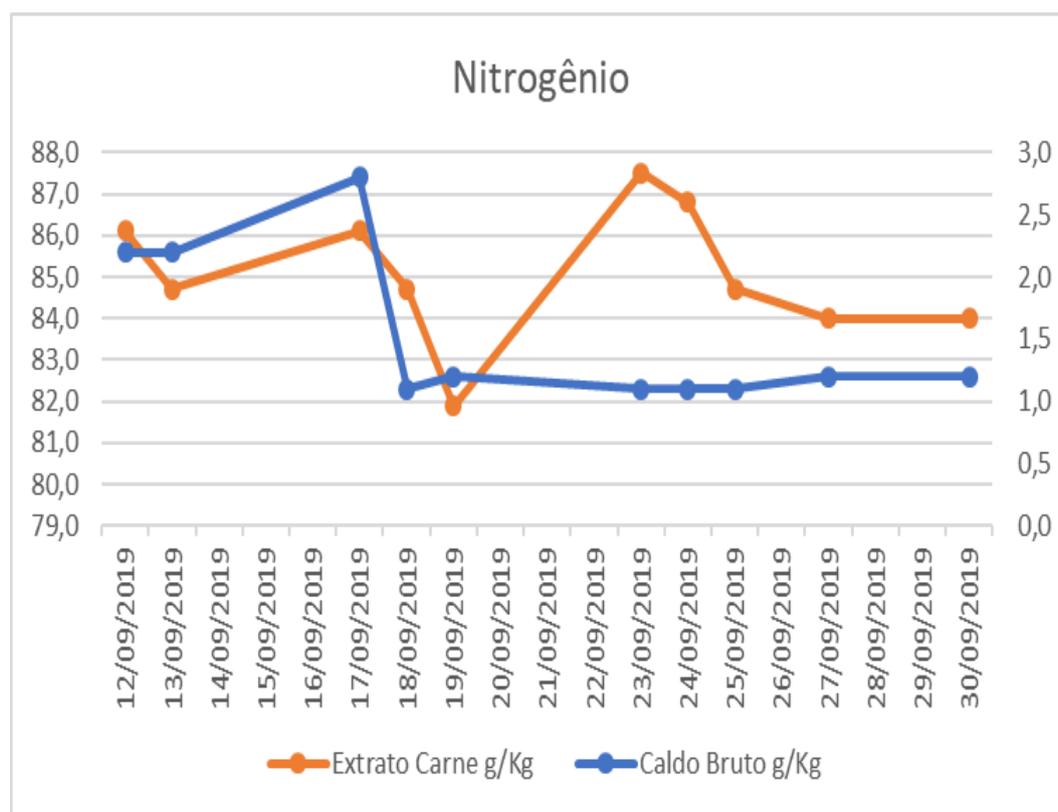
Quadro 4– Valores de nitrogênio

Data de Produção	Teor de Nitrogênio	
	Caldo Bruto g/ Kg	Produto Acabado g/Kg
12/09/2019	2,2	86,1
13/09/2019	2,2	84,7
17/09/2019	2,8	86,1
18/09/2019	1,1	84,7
19/09/2019	1,2	81,9
23/09/2019	1,1	87,5
24/09/2019	1,1	86,8
25/09/2019	1,1	84,7
27/09/2019	1,2	84,0
30/09/2019	1,2	84,0

Fonte: Dos autores baseado nos resultados analíticos do Laboratório da Empresa Pesquisada (2019).

A seguir na figura 2 demonstra-se os valores obtidos ao longo do período, de forma gráfica, para facilitar a visualização:

Figura 2- Valores de nitrogênio, caldo bruto e produto final



Fonte: Resultados analíticos Laboratório da Empresa Pesquisada (2019).



Como pode ser observado pelos dados da tabela 3 e visualizado na figura 2, os valores de nitrogênio para o caldo bruto tiveram um valor médio de 1,52 g/Kg com um desvio padrão de 0,63, tendo como valor máximo 2,8 g/Kg e valor mínimo 1,1 g/Kg. Em relação ao nitrogênio no extrato de carne, o valor médio obtido foi de 85,05 g/Kg com um desvio padrão de 1,62, tendo como valor máximo 86,8 g/Kg e valor mínimo de 81,9 g/Kg.

Esta variação pode ser explicada em função do tipo de produto e consequentemente matéria prima empregada. No entanto testes neste sentido deverão ser efetuados para identificar a causa real. No Quadro 5 estão demonstrados os valores de fósforo obtidos.

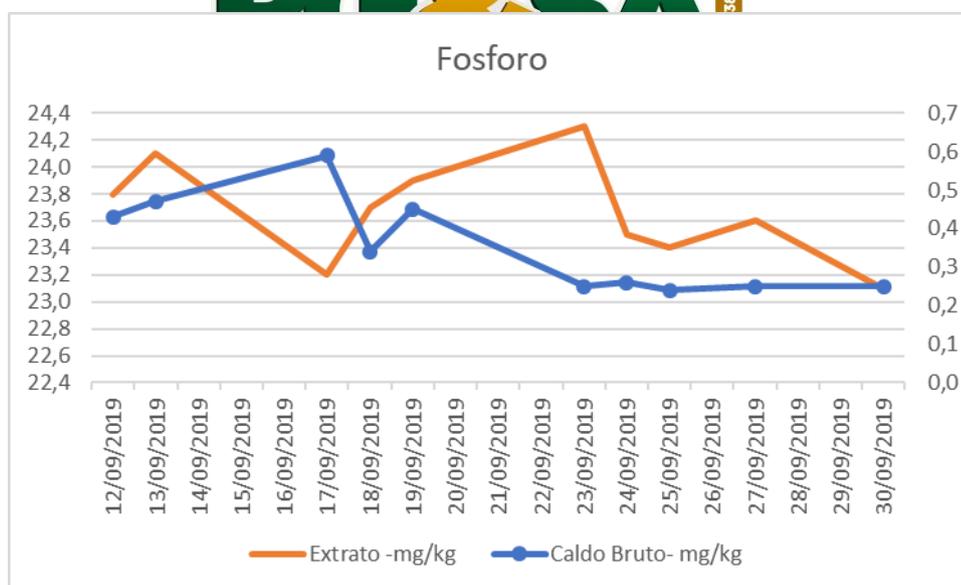
Quadro 5– Valores de fósforo

Data de Produção	Teor de Fósforo	
	Caldo Bruto g/ Kg	Produto Acabado g/Kg
12/09/2019	0,43	23,8
13/09/2019	0,47	24,1
17/09/2019	0,59	23,2
18/09/2019	0,34	23,7
19/09/2019	0,45	23,9
23/09/2019	0,25	24,3
24/09/2019	0,26	23,5
25/09/2019	0,24	23,4
27/09/2019	0,25	23,6
30/09/2019	0,25	23,1

Fonte: Dos autores, baseado nos resultados analíticos do Laboratório da Empresa Pesquisada (2019).

Os valores obtidos estão demonstrados graficamente na Figura 3, a seguir, para facilitar a visualização:

Figura 3 – Valores de fósforo no caldo bruto e produto acabado



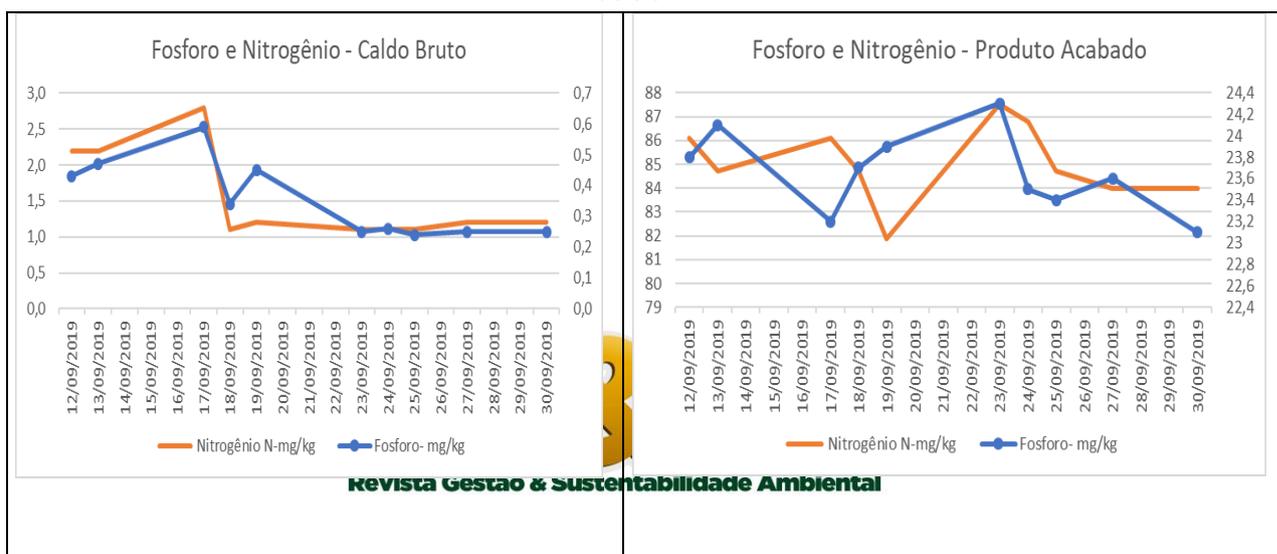
Fonte: Resultados analíticos Laboratório da Empresa Pesquisada (2019).

A exemplo do que foi demonstrado em relação ao nitrogênio, observando os dados demonstrados na tabela 4 e visualizados na figura 3, observa-se que os valores de fósforo para o caldo bruto tiveram um valor médio de 0,35 g/Kg com um desvio padrão de 0,12, tendo como valor máximo 0,59 g/Kg e valor mínimo 0,24

g/Kg. Já para o extrato, o valor médio foi de 23,66 g/Kg com um desvio padrão de 0,38, tendo como valor máximo 24,3 g/Kg e valor mínimo 23,1g/Kg.

Novamente percebe-se uma variação, a exemplo do que ocorre em relação ao nitrogênio, e ao colocar os valores de nitrogênio e fósforo no mesmo modo gráfico, como demonstrado na Figura 4, verifica-se que estes valores são, resguardando-se sua diferença real, diretamente proporcionais o que mais evidencia que a fonte de ambos, a matéria prima e sua variação, pode ser a maior causa.

Figura 4- Valores de fósforo e nitrogênio agrupados em caldo bruto e produto acabado



Fonte: Resultados analíticos Laboratório da Empresa Pesquisada (2019).

Considerando os valores médios obtidos tanto para o nitrogênio como para o fósforo e as quantidades de extrato produzido por dia podemos quantificar a quantidade destes por tonelada de carne processada e que foram retirados do efluente líquido através do aproveitamento do caldo de cozimento, como se observa no Quadro 6.

Quadro 6- Quantidade de nitrogênio e fósforo removidas do efluente por tonelada produzida

Data de Produção	Quantidade de produto gerador de caldo produzida Ton / dia	Quantidade de extrato de carne produzida Ton / dia	Quantidade de N removida do efluente kg/Ton de extrato produzida*	Quantidade de N removida do efluente kg/Ton Produzida /dia	Quantidade de P removida do efluente kg/Ton de extrato produzida*	Quantidade de P removida do efluente kg/Ton Produzida /dia
12/09/2019	76,574	1,91	164,5	2,1	45,5	0,6
13/09/2019	98,765	1,44	122,0	1,2	34,7	0,4
17/09/2019	103,364	1,96	168,8	1,6	45,5	0,4
18/09/2019	96,925	1,75	148,2	1,5	41,5	0,4
19/09/2019	103,431	1,88	154,0	1,5	44,9	0,4
23/09/2019	86,664	2,13	186,4	2,2	51,8	0,6
24/09/2019	102,991	2,11	183,1	1,8	49,6	0,5
25/09/2019	94,424	2,54	215,1	2,3	59,4	0,6
27/09/2019	91,351	2,43	204,1	2,2	57,3	0,6
30/09/2019	83,079	2,39	200,8	2,4	55,2	0,7
Média diária	93,757	2,05	172,2	1,9	48,5	0,5

Fonte: Dos autores, baseado nos resultados analíticos do Laboratório da Empresa Pesquisada (2019).

Nota*: Para cálculo da quantidade de N e P removidos do efluente por Kg/Ton de extrato produzida foi utilizado os dados das tabelas 3 e 4.

Como se vê demonstrado na tabela 5 acima, a quantidade média diária de nitrogênio e fósforo removidos do efluente líquido são respectivamente: 1,9 Kg e 0,5 Kg, ou seja, para cada tonelada de produto potencialmente gerador de caldo, 1,9 Kg de nitrogênio e 0,5 Kg de fósforo são removidos do efluente e a eles é dado um destino mais nobre e com maior valor agregado.

5.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Considerando a situação analisada, onde demonstra-se que o processo utilizado remove do efluente em média 1,9 kg de nitrogênio por tonelada produzida por dia e, 0,5 kg de fósforo por tonelada produzida por dia. Baseando-se nos dados de produção de itens que requerem pré-cozimento das carnes, e portanto, geram caldo com concentrações significativas de nitrogênio e fósforo, e considerando que são produzidos em média 130 toneladas/dia (superior ao período amostrado), pode se constatar que o processo retira do efluente 247 kg de nitrogênio e 65 kg de fósforo por dia de produção. Uma quantidade bastante significativa que deixa de ser efluente e passa a ser um produto com alto valor agregado.

Por outro lado ao se levar em consideração os dados históricos do Laboratório da Empresa pesquisada, nos quais o caldo tem uma concentração média ini-

cial de 1,5 % de sólidos totais e depois do processo de evaporação o produto final obtido tem uma concentração média de 80 % de sólidos totais, e considerando este nível de concentração nos teores do nitrogênio e fósforo, pode se comparar este com o teor de nitrogênio e fósforo do produto final e então determinar a eficiência do sistema. A partir desta equação obteve-se os seguintes resultados:

Considerando o valor médio de nitrogênio e fósforo no caldo inicial, corrigindo para o mesmo teor de sólidos e considerando o nível de concentração (de 1,5 % para 80 %) seria calculado o valor máximo de nitrogênio e fósforo a ser obtido no produto acabado, como descrito na Quadro 7.

Quadro 7– Valores máximos a serem obtidos no produto acabado

Componente	Valores médios no caldo g/kg	Valores médios do caldo ajustados para a mesma base de sólidos g/kg ¹	Valores máximos a serem obtidos no produto acabado g/kg ²
Nitrogênio	1,52	1,9	101,27
Fósforo	0,35	0,43	23,32

Fonte: Dos autores, baseado nos resultados analíticos do Laboratório da Empresa Pesquisada (2019).

Nota¹: Valores ajustados para a mesma % de sólidos do produto final (Concentração base original x 100)/% sólidos).

Nota²: Valores obtidos considerando concentração de sólidos de 1,5 % no caldo inicial para 80 % no produto final.

Baseado nos valores obtidos e demonstrados na tabela 6, podemos calcular a eficiência do processo em relação a recuperação de nitrogênio e fósforo utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Eficiência} = ((\text{Valor produto acabado} \times 100) / \text{Valor máximo produto acabado})$$

Considerando o valor médio de nitrogênio obtido para o produto acabado de 85,05 g/kg e calculando a eficiência na recuperação de nitrogênio temos uma eficiência de 83,98 % na recuperação de nitrogênio. Em relação ao fósforo, considerando o valor médio obtido no produto acabado de 23,66 g/kg e calculando a eficiência na recuperação de fósforo temos uma eficiência de 101,45 %, ou seja não houve perda, o valor superior a 100 % talvez se justifique porque foram considerados valores médios, somados a possíveis erros na amostragem e ou análise já que o volume de caldo é muito maior comparado ao de produto acabado.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado com o processo empregado, baseado em um evaporador de múltiplos efeitos, para remoção de nitrogênio e fósforo do caldo resultante da operação de cozimento de carnes, demonstrou uma eficiência satisfatória em relação ao nitrogênio e excelente em relação ao fósforo.

Foi demonstrado que o processo retira do efluente 1,9 kg de nitrogênio e 0,5 kg de fósforo por tonelada de produto gerador de caldo produzida o que equivale para a média histórica de 130 toneladas produzidas por dia, a remoção de 247 kg de nitrogênio e 65 kg de fósforo por dia, que são direcionadas para um produto nobre e com maior valor agregado.

Os resultados apresentados demonstram que o sistema é eficiente, no entanto existe oportunidade de melhorias, por isto sugere-se que a Empresa pesquisada faça uma investigação nos evaporadores, principalmente em relação a microvazamentos, que podem estar ocasionando esta perda de eficiência, além da perda por volatilização (análise de nitrogênio na saída do condensador).

Como mencionado anteriormente, os resultados apresentados podem ser considerados satisfatórios e a partir da proposta de melhoria é possível sugerir uma melhora significativa na eficiência de recuperação do nitrogênio. Se houver um aumento da eficiência de 83,98 % para 90 % haverá um aumento estimado do nitrogênio removido de 83,98 g/kg para 91,14 g/kg.

Esta proposta demonstra-se viável pois a redução da perda de componentes, no caso testado o nitrogênio, aumentará com melhoria na eficiência dos evaporadores com conseqüente redução no consumo de energia (vapor) por tonelada evaporada. Além disto, haverá um incremento estimado na quantidade de nitrogênio removido do efluente de 247 kg por dia para 264 kg por dia.

REFERÊNCIAS

BIASSI, Brendown F. **Tratamento de efluente de matadouro e frigorífico de suínos em reator batelada de eletrofloculação**. Medianeira: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014, 43 p.

FLORES, Angelita M., HENKES, Jairo A. (revisão e atualização de conteúdo). **Guia para elaboração do estudo de caso em gestão ambiental**. Livro didático. Palhoça: Unisul Virtual, 2010, 80 p.

GAVA, Altanir J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Editora Nobel S.A., 1979, 284 p.

GRASSI, Patrícia. **Avaliação da remoção de nitrogênio e fósforo da estação de tratamento de efluentes de um abatedouro avícola**. Frederico Westphalen: UFSM, 2014, 78 p. Disponível em: http://w3.ufsm.br/frederico/images/TCC_final_PATR%C3%83_CIA_GRASSI.pdf. Acesso em 12 ago. 2019.

MACHADO, Cristiane Salvan et al. **Trabalhos acadêmicos na Unisul: apresentação gráfica**. Palhoça: Ed. Unisul, 2012.

MENDONÇA, Ana W. **Metodologia para estudo de caso**. Livro didático. Palhoça: UnisulVirtual, 2014, 99 p.

MOTA, Francisco S.B.M.; VON SPERLING, Marcos. **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 430 p. Disponível em: https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_2.pdf . Acesso em 12 ago. 2019.

PACHECO, Jose W. F. **Guia técnico ambiental de frigoríficos – industrialização de carnes (bovina e suína)** – São Paulo: CETESB, 2008. 85 p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wp-content/uploads/sites/20/2013/11/frigorifico.pdf> .Acesso em 12 ago. 2019.

PEARSON, Alan M. **Extracts**. Corvallis, Oregon, USA: Oregon State University, p. 6. Article reproduced from Encyclopaedia of food science, food technology and nutrition. Copyright 1993, Academic Press.

PEARSON, Alan M. **Meat extracts. The encyclopedia of food sciences and nutrition**. 2. ed. Amsterdam: Elsevier Science Ltd, 2003. 6000 p.

PIERRE, Fernanda C., ARAUJO, Silvia M. F. **Tratamento de resíduos em frigorífico de bovino corte**, Botucatu: Tekhne e Logos, v.8, n.4, dezembro, 2017. 81 a 93 p. Disponível em: <http://www.fatecbt.edu.br/seer/index.php/tl>. Acesso em 20 ago. 2019.

RAUEN, Fábio José. **Roteiros de investigação científica**. Tubarão: Unisul, 2002.

REZA, Maryam. **Simultaneous removal of ammonia and phosphorous from wastewater in a continuous flow vertical bioreactor**. Waterloo: 2017. 203 p. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Simultaneous-Removal-of-Ammonia-and-Phosphorus-from-Reza/4fbb392fd2b5a5fa78312cb1235b57b5fa338685>. Acesso em 20 ago. 2019.

ROOS, Alana., BECKER, Elsbeth L. S. **Educação ambiental e sustentabilidade**. Santa Maria: Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental, V. 5, n. 5, 2012, p. 857-866.

SPERLING, Marcos von. **Wastewater characteristics treatment and disposal**. London: V. 1, IWA Publishing, 2007, 304 p.

THAYALAKUMARAN, Nagalingam. **Treatment of meat processing wastewater for carbon, nitrogen and phosphorus removal in a sequencing batch reactor**. Palmerston North: Massey University, 2002, 239 p. Disponível em: <https://mro.massey.ac.nz/bitstream/handle/10179/2075/02/whole.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2019.

