



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

HELIMAR RABELLO

**PROPOSTA SUSTENTÁVEL PARA USO DAS CINZAS DA QUEIMA
DO LODO PRIMÁRIO PROVENIENTE DA CALDEIRA DE UM
FRIGORÍFICO AVÍCOLA**

**VITÓRIA
2019**

HELIMAR RABELLO

**PROPOSTA SUSTENTÁVEL PARA USO DAS CINZAS DA QUEIMA
DO LODO PRIMÁRIO PROVENIENTE DA CALDEIRA DE UM
FRIGORÍFICO AVÍCOLA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Silva Filho

VITÓRIA
2019

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

R114p Rabello, Helimar, 1966-
Proposta sustentável para uso das cinzas da queima do lodo primário proveniente da caldeira de um frigorífico avícola / Helimar Rabello. - 2019.
97 f.: il.

Orientador: Gilson Silva Filho.

Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Água Residuária. 2. Efluente. 3. Reúso. 4. Sustentabilidade. 5. Abatedouro. I. Filho, Gilson Silva. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. III. Título.

CDU: 628



CENTRO TECNOLÓGICO/UFES



PPGES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL | UFES

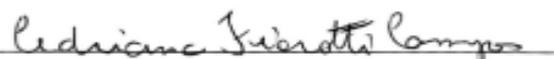
Ata da centésima segunda (102ª) Sessão de Defesa de Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (PPGES) do Centro Tecnológico (CT) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), do aluno **Helimar Rabello**, candidato ao grau de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (Modalidade Profissional).

Às 10 horas do dia onze de outubro de dois mil e dezenove (11/10/2019), no auditório do CT VI, da Universidade Federal do Espírito Santo, o Prof. D.Sc. Gilson Silva Filho, presidindo a sessão, deu início aos trabalhos apresentando ao público presente o candidato e a banca examinadora da dissertação, composta pelos seguintes membros: Prof. D.Sc. Gilson Silva Filho - Orientador - PPGES/CT/UFES, Profª. D.Sc. Adriana Fiorotti Campos - Examinadora Interna - PPGES/CT/UFES, e Profª. D.Sc. Cíntia Cristina Lima Teixeira - Examinadora Externa - CUSC/ES. O Sr. Presidente da banca examinadora passou, em seguida, a palavra ao candidato que, em trinta minutos, apresentou a dissertação de mestrado intitulada **Proposta Sustentável para Uso das Cinzas da Queima do Lodo Primário Proveniente da Caldeira de um Frigorífico Avícola**. Dando prosseguimento aos trabalhos de defesa da dissertação, O Sr. Presidente convidou os membros titulares da banca examinadora a tomarem assento à mesa para procederem aos comentários e arguição do candidato, passando a palavra aos membros da banca, um a um, iniciando os comentários de arguição do candidato com os examinadores externos. Após O Sr. Presidente ter feito seus comentários sobre o trabalho, franqueou a palavra ao público presente. Findada a arguição, O Sr. Presidente convidou a banca examinadora a se reunir em separado para deliberação do resultado final. Ao retornar, o Sr. Presidente informou ao público presente que a referida dissertação havia **APROVADA**. O Sr. Presidente da sessão alertou que o candidato somente terá direito ao título de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável após entrega da versão final de sua dissertação, em papel e meio digital, à secretaria do Programa, com as correções apontadas e registradas no Parecer Único da Banca Examinadora (em anexo), além de ajustes na formatação do trabalho conforme as normas da ABNT e da UFES e revisão da língua portuguesa, e ainda cumpridos todos os trâmites e demais requisitos exigidos pelo Regulamento do PPGES. Por fim, declarou encerrada a sessão e eu, Prof. D.Sc. Gilson Silva Filho, lavrei a presente ata que será assinada pelos membros da banca examinadora e pelo mestrando.

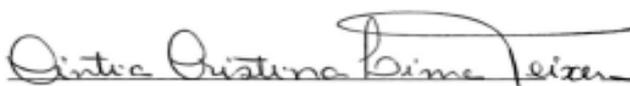
Vitória - ES, 11 de outubro de 2019.



Prof. D.Sc. Gilson Silva Filho
Orientador – PPGES / CT / UFES



Profª. D.Sc. Adriana Fiorotti Campos
Examinadora Interna – PPGES / CT / UFES



Profª. D.Sc. Cintia Cristina Lima Teixeira
Examinadora Externa – CUSC/ES



Helimar Rabello
Mestrando

DEDICATÓRIA

A Deus. Aos meus pais, que sempre foram exemplo para minha vida, trabalhando arduamente para formar todos os filhos. A meus irmãos e irmã. A meu orientador e amigo Gilson Silva Filho. A minha querida amiga, e motivo de exemplo, Cintia Lima Teixeira. A meus alunos. A meu companheiro Raphael Paiva de Oliveira e a todos os que estiveram diretamente envolvidos nesta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer profundamente a todas as pessoas que me apoiaram e incentivaram para que esta etapa chegasse ao fim.

Agradeço...

A Deus, por todas as bênçãos em minha vida.

A minha família, que sempre foi a minha base.

Ao meu companheiro amado, Raphael Paiva de Oliveira.

Aos meus sócios que souberam ter paciência durante este processo.

A minha amiga Marinalva Altoé Colli, que sempre me motivou com palavras incentivadoras.

A minha querida amiga, e motivo de exemplo, Cintia Cristina Lima Teixeira.

Ao professor Doutor Gilson Silva Filho o meu grande agradecimento, por sua paciência, confiança e incentivo.

À Companhia de Alimentos UNIAVES.

À Habitatil Consultoria, pelo apoio, incentivo e flexibilidade de horário.

À Luciene da Silva Viana, por todos os sorrisos apaziguadores e pela gentileza em formatar e corrigir esta dissertação.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável PPGES-UFES, que muito contribuiu para o aprimoramento de meus conhecimentos.

Aos membros da banca: à Examinadora Externa Professora Dra. Cíntia Cristina Lima Teixeira e à examinadora Interna Professora Dra. Adriana Fiorotti Campos, por terem aceitado o convite e partilhado com sabedoria, profissionalismo e atenção as considerações e contribuições na minha pesquisa. Estiveram presentes em minha qualificação e na apresentação da Dissertação.

Ao professor Otoniel de Aquino Azevedo, pelas discussões e apoio durante a pesquisa.

Ao Centro universitário São Camilo Espírito Santo, que oportunizou esta trajetória da minha vida.

A meus alunos orientandos: Fagner Pereira Desidério, Michaela Picoli Scolforo Gouvêa, Lara Francisca Polonini Valiatti e Caio Henrique Ungarato Fiorese.

Ao técnico de laboratório, Eduardo Ferreira Neves, que muito me ajudou na montagem dos equipamentos e análises.

A todos os amigos que de alguma forma torceram e participaram para que eu conseguisse chegar com êxito ao fim desta empreitada.

A todos colaboradores do PPGES, pelo atendimento e agilidade.

Muito Obrigado!

*“A menos que modifiquemos à nossa maneira de pensar,
não seremos capazes de resolver os problemas causados
pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”
(Albert Einstein).*

RESUMO

As águas residuárias de abatedouro de aves contêm sangue, vísceras, excrementos, gorduras, substâncias contidas no trato digestivo de animais, caracterizando um efluente com elevada concentração de matéria orgânica. Esses resíduos geram um volume elevado de lodo durante o tratamento do efluente por flotação. Esse lodo é queimado em caldeira junto com cavacos de madeira, gerando, como resíduo final, cinzas. Este trabalho visou analisar a possibilidade de uso do lodo e das cinzas como fertilizante e propor o reaproveitamento do resíduo da combustão, as cinzas, evitando que esse material seja conduzido para aterro. Para isso, foi realizada a caracterização físico-química do lodo e da cinza e proposto o uso das cinzas como material filtrante para a fumaça da caldeira, como forma de otimizar seu uso. O uso da queima do lodo frigorífico primário juntamente com o cavaco se mostrou satisfatória, ocorrendo redução de 95% de volume do lodo. O uso das cinzas resultante da combustão dos cavacos e do lodo como material filtrante foi significativamente eficaz na alcalinização da fumaça emitida pela chaminé da caldeira. O uso das cinzas nas áreas de pastagem e de restauração ambiental da empresa, que conhecidamente possuem acidez elevada, poderá ser efetuado, porém análises periódicas quanto à fertilidade e nível de acidez dos solos dessas áreas devem ser implementadas, garantindo assim maior sustentabilidade do processo.

Palavras-chave: Abatedouro. Água Residuária. Efluente. Reúso. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The poultry slaughterhouse wastewater contains blood, offal, excrement, fat, substances contained in the digestive tract of animals, characterizing an effluent with a high concentration of organic matter. These residues generate a high volume of sludge during flotation effluent treatment. This sludge is burned in a boiler along with wood chips generating ashes final residue. This work aimed to analyze the possibility of using sludge and ashes as fertilizer and to propose the reuse of the combustion residue, the ashes, avoiding that this material is taken to landfill. For this purpose, the physicochemical characterization of the sludge and ash was performed and the use of ashes as a filter material for boiler smoke was proposed as a way to optimize its use. The use of primary refrigerant sludge burning along with the chip proved satisfactory in terms of sludge volume reduction, with a 95% reduction in its volume. The use of ash from the combustion of chips and sludge as a filter material was significantly effective in alkalizing the smoke emitted by the boiler chimney. The use of ashes in the company's pasture and environmental restoration areas, which are known to have high acidity, may be carried out, but periodic analyzes of the fertility and soil acidity levels of these areas should be implemented thus ensuring greater process sustainability.

Keywords: Poultry. Slaughterhouse. Slaughtering Refrigerator. Wastewater treatment. Reuse. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Empresa UNIAVES.	40
Figura 2 – Mapa do Espírito Santo para indicação da empresa UNIAVES.	41
Figura 3 – Lodo úmido e seco, liberado do secador rotacional.	42
Figura 4 – Depósitos de cavaco da empresa.	43
Figura 5 – Cinzas ao saírem da caldeira.	43
Figura 6 – Pesagem da amostra.	47
Figura 7 – Mufla utilizada para incineração.	47
Figura 8 – Peneiramento das cinzas após a trituração.	48
Figura 9 – Soluções teste e aferição do pHmetro.	49
Figura 10 – Mufla vedada com caulim e tubo de vidro usado como chaminé e como filtro.	50
Figura 11 – Dispositivos utilizados para a execução do experimento de queima, passagem de fumaça e averiguação do pH.	51
Figura 12 – Tubo de vidro com e sem as cinzas.	52
Figura 13 – Mufla e material totalmente incinerado em 5 minutos.	53
Figura 14 – Análise do pH da água filtrada, suspensão de água com dois gramas de cinzas, com auxílio do pHmetro.	54
Figura 15 – Amostras de água resultante da filtração depois e antes de passarem pelo filtro.	54
Figura 16 – Amostra de lodo e cavaco incinerada.	72
Figura 17 – Resultado do pH das cinzas antes de serem usadas como filtro.	75
Figura 18 – Imagem do Google Earth com áreas de pastagem e de restauração indicadas para aplicação das cinzas obtidas da queima do lodo e cavaco na caldeira do frigorífico em questão.	77
Figura 19 – Imagem dos Kitassatos com água usados no processo de análise da fumaça sem o filtro e com o filtro de cinzas.	79

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Crescimento de alojamento de matrizes de aves de corte no Brasil, de 2007 a 2017.	24
Gráfico 2 – Aumento da produção de carne de frango no Brasil, de 2007 a 2017, milhões de toneladas.	25
Gráfico 3 – Referente ao aumento do consumo de carne no Brasil - quilo por habitante de 2007 até 2017.	25
Gráfico 4 – Aumento da receita com exportações de carne de aves no Brasil de 2007 até 2017.	26
Gráfico 5 – Aumento do faturamento do setor produtivo de aves no ES, de 2007 a 2017.	27

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo entre abordagem convencional e abordagem consciente para a produção sustentável pelo frigorífico.....	23
Quadro 2 – Parâmetros e símbolos químicos analisados na amostra de lodo coletado.	44
Quadro 3 – Padrões ou níveis nutricionais para cada parâmetro, exceto SB,n e H+Al.	45
Quadro 4 – Padrões ou níveis nutricionais para soma de bases trocáveis (H+Al)...	45
Quadro 5 – Massas em gramas das cinzas, avaliadas a cada 20 minutos, durante o processo de secagem da amostra.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Substâncias inorgânicas no solo e seus limites.	38
Tabela 2 – Caracterização físico - química das cinzas em natura.	74
Tabela 3 – Classes de interpretação para acidez ativa do solo (pH).	74
Tabela 4 – Valores encontrados de pH das cinzas antes de serem usadas como material filtrante.....	75
Tabela 5 – Valores encontrados de pH da fumaça com e sem filtro.	78
Tabela 6 – Anova para a comparação dos valores de pH para a fumaça da queima do lodo e cavaco na proporção da Caldeira.....	78
Tabela 7 – Análise comparativa Post-hoc entre o pH da fumaça para os distintos tratamentos.	78
Tabela 8 – Valores encontrados de pH das cinzas antes e depois de serem usadas como material filtrante.....	80
Tabela 9 – Anova para a comparação dos valores de pH para a cinza utilizada como filtro.	80
Tabela 10 – Análise comparativa Post-hoc entre o pH da cinza para os distintos tratamentos.	81

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal
AVES – Associação dos Avicultores do Espírito Santo
BANDES – Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CPT – Cobertura Parcial Temporária
CTC – Capacidade de Troca Catiônica
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CO₂ – Dióxido de Carbono
DAG – Decagrama
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Proteína Animal
FeCl₃ – Cloreto Férrico
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
HAP – Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos
HPAs – Hidrocarbonetos Poliaromáticos
LFP – Lodo Frigorífico Primário
KG – Quilograma
KCL – Cloreto de Potássio
MOS – Matéria Orgânica do Solo
NBR – Norma Brasileira Registrada
PCBs – Policlorodibenzodioxinas
PH – Potencial Hidrogeniônico
PCDD/F – Furanos
PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos
SB – Soma de Bases Trocáveis
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SINDIAVIPAR – Sindicato das Indústrias de Produtos Avícolas do Estado do Paraná
UBABEF – União Brasileira de Avicultura Produtores e Exportadores de Frangos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1 JUSTIFICATIVA.....	19
1.2 OBJETIVOS.....	21
1.2.1 Objetivo Geral	21
1.2.2 Objetivos Específicos.....	21
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1 SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA DE AVES DE CORTE	22
2.2 AVICULTURA DE CORTE NO BRASIL.....	23
2.3 AVICULTURA DE CORTE NO ESPÍRITO SANTO	26
2.4 GERAÇÃO DE LODO PRIMÁRIO DE FRIGORÍFICO	28
2.5 O LODO PRIMÁRIO DE FRIGORÍFICO COMO ADUBO E COADJUVANTE NA MELHORIA DO SOLO	29
2.5.1 Desvantagem do uso do lodo frigorífico primário como adubo e coadjuvante na melhoria do solo.....	31
2.6 O LODO COMO COADJUVANTE NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	32
2.6.1 Desvantagens do uso do lodo como coadjuvante na eficiência energética	32
2.7 GERAÇÃO DE CINZAS (BIOCHAR)	33
2.8 UTILIZAÇÃO DAS CINZAS (BIOCHAR) COMO CONDICIONADOR DE SOLO..	33
2.8.1 Desvantagens do uso das cinzas (biochar) como condicionador de solo	36
2.9 LEGISLAÇÃO	37
2.9.1 Legislação para o lodo	38
2.9.2 Destinação e uso de cinzas na agricultura.....	39
3. METODOLOGIA.....	40
3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DA PESQUISA	40
3.2 COLETA DAS AMOSTRAS	42
3.2.1 Coleta das amostras de lodo	42
3.2.2 Coleta de cavaco de eucaliptos.....	42
3.2.3 Coleta de cinzas.....	43

3.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUIMICAMENTE DO LODO PRIMÁRIO DO FRIGORÍFICO.....	44
3.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA CINZA (BIOCHAR) GERADA E OBTIDA DIRETAMENTE DA CALDEIRA A PARTIR DA QUEIMA DO LODO E CAVACO.....	46
3.4.1 Para o pH das cinzas da caldeira	49
3.4.2 Metodologia para se conhecer o pH da fumaça gerada na caldeira	50
3.4.3 Metodologia para se testar o uso das cinzas como corretivo para o pH da fumaça e alteração do pH das cinzas amostras de lodo	52
3.4.4 Metodologia para se testar o pH das cinzas após serem usadas como filtro para a fumaça	53
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÃO QUANTO AOS DADOS OBTIDOS NAS ANÁLISES DO LODO	55
4.1.1 Publicação	55
4.2 QUEIMA DO LODO E REDUÇÃO DE MASSA.....	72
4.3 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA CINZA OBTIDA DIRETAMENTE DA CALDEIRA	73
4.4 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO DA FUMAÇA ORIUNDA DA QUEIMA DO LODO COM CAVACO.....	77
4.5 TESTE REFERENTE AO USO DAS CINZAS COMO CORRETIVO PARA O POTENCIAL HIDROGENIÔNICO COMO PROPOSIÇÃO DO USO E TRATAMENTO EFICAZ DESTE RESÍDUO E DESTINAÇÃO FINAL.....	80
5. CONCLUSÕES.....	83
6. RECOMENDAÇÕES	85
REFERÊNCIAS.....	85

1. INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira tem apresentado altos índices de crescimento. Seu bem principal, o frango, conquistou os mais exigentes mercados. O país se tornou o terceiro produtor mundial e líder em exportação (SINDIAVIPAR, 2015) e também assumiu o posto de maior exportador de frangos desde 2004 (ANIMAL BUSINESS BRASIL, 2018). A carne de frango brasileira está presente em mais de 140 países (UBABEF, 2016).

Segundo Animal Business Brasil (2018), a avicultura - e sua cadeia produtiva- é um dos mais importantes agronegócios no Brasil. O setor evoluiu de uma atividade de subsistência e fornecedora de esterco para a agricultura, nos anos de 1930 a 1940, para uma indústria com alto nível de tecnologia, alicerçada em pesquisas genéticas, nutrição e manejo. Isso pela forma de gerenciamento de integração da cadeia produtiva avícola baseada no sistema de parcerias entre indústria, tecnólogos e produtores rurais (PINOTTI; PAULILLO, 2006).

Em 2014, cerca de 1,56 bilhões de aves foram abatidas no estado do Paraná, representando 32,26% no cenário brasileiro (SINDIAVIPAR, 2015). Os estados do sul do país estão na liderança da produção de aves de corte. Segundo a Associação Brasileira De Proteína Animal (2018), a cadeia produtiva da avicultura, em 2017, gerou 3,5 milhões de empregos em todo o país. É uma área em constante e rápido desenvolvimento na indústria agroalimentar e gera quantidades expressivas de resíduos, o que caracteriza um desafio constante quanto à sua reciclagem (MIERZWA-HERSZTEK *et al.*, 2016).

No final do processo de beneficiamento da cadeia produtiva, estão os abatedouros modernizados que garantem a qualidade do produto desde a chegada das aves no local onde serão abatidas até a expedição do produto (CPT, 2014). No processo de abate, há impactos ao meio ambiente, pois são utilizadas grandes quantidades de água, gerando uma série de resíduos e águas residuárias com elevada carga orgânica, sendo o sangue o principal componente (BEUX, 2005; GARCIA, 2016).

Os abatedouros de aves geram grandes quantidades de efluentes líquidos com elevada concentração de poluentes, e o sangue é considerado o componente mais

problemático e complexo, o que dificulta o tratamento eficiente do efluente como forma de reduzir os impactos ambientais (MORÉS, 2006).

Segundo Pinto e outros (2015), devido à complexidade da composição dos efluentes industriais, faz-se necessária a associação de diversos níveis de tratamento para a obtenção da qualidade requerida pelos padrões de lançamento do efluente.

Uma forma eficaz de tratamento do efluente é a coagulação seguida de flotação. A flotação é um processo físico-químico complexo e inúmeras variáveis afetam sua eficiência, sendo o tamanho das bolhas e o tamanho das partículas as que causam maior impacto no processo (SENA, 2005). Esse processo eleva a eficiência da remoção de matéria orgânica, óleos e graxas da água por meio da adição de coagulantes e coadjuvantes de coagulação, seguida da adesão dessas partículas às bolhas do flotador. Porém, essa forma de tratamento gera uma grande quantidade de lodo residual a ser tratado para sua destinação adequada (VIRMOND, 2007).

Uma das formas para reduzir o volume do lodo gerado é o tratamento térmico, e uma opção para o tratamento térmico do lodo é a pirólise, que é definida como a decomposição térmica da matéria orgânica com oferta limitada de oxigênio, a qual forma subprodutos úteis, como o líquido denominado bio-óleo e o sólido denominado biochar (VIEIRA NETO, 2012). Segundo Meneghini e Proinelli (2015), a queima do lodo primário em condições favoráveis pode contribuir significativamente na produção de energia por meio de combustão em caldeira à lenha. Por esse motivo, seu principal uso é como combustível em fornalhas (BARBIERI *et al.*, 2013).

Contudo, o volume de cinzas emitido da queima do lodo com a lenha é elevado e necessita de descarte controlado pelo elevado teor de potássio e sódio e ferro presentes na cinza. Isso gera um custo elevado para o frigorífico de aves com a destinação correta da cinza, para que não seja depositada diretamente no ambiente e possa causar poluição ambiental local.

Nesse sentido, a busca de formas mais eficazes de tratar os resíduos do abate como forma de otimizar e aproveitar a energia disponibilizada pelos resíduos no processo produtivo, reduzindo o impacto ambiental ocasionado pelo descarte incorreto no ambiente, bem como reduzir os custos do tratamento dos resíduos por empresas especializadas, pode melhorar o desempenho financeiro, bem como a imagem

comercial da empresa e a redução da poluição ambiental. Além disso, por meio da cinza, pode disponibilizar nutrientes para plantas cultivadas e amenizar, sustentavelmente, os gases ácidos liberados ao ambiente.

1.1 JUSTIFICATIVA

A relação do homem contemporâneo com o meio ambiente ocorre a partir da concepção da natureza como dádiva, em que esta é provedora e encontra-se disponível por toda sua existência (CASSOL; QUINTANA, 2012). Nesse sentido, a sustentabilidade deve ser incorporada no processo de produção empresarial, muitas vezes influenciado e estimulado por pressões oriundas da sociedade civil ou perdas relacionadas a questões socioambientais (RIBEIRO, 2006).

Philippi (2001) afirmou que o conceito de sustentabilidade para uma sociedade sustentável é não colocar em risco os recursos naturais como o ar, a água, o solo e a vida vegetal e animal, dos quais a vida em sociedade depende. Valle (2002) apresenta a produção sustentável como uma peça fundamental para o desenvolvimento sustentável da sociedade. A produção sustentável é obtida pela gestão ambiental, um conjunto de procedimentos com o intuito de reduzir e controlar os impactos de um empreendimento sobre o meio ambiente, gerando uma abordagem consciente na produção (VALLE, 2002).

Nesse contexto, no que se refere a abatedouros, faz-se necessário um eficiente plano de gestão ambiental, com ênfase na geração de resíduos sólidos, evitando assim maiores impactos ao meio ambiente. Os resíduos sólidos provenientes dos abatedouros de aves são compostos principalmente por fragmentos de vísceras, músculo, gordura, osso, sangue e penas, que, além de apresentarem alto potencial poluente, também podem ser fonte de transmissão de doenças (BEUX, 2005; ORRICO JUNIOR; ORRICO; LUCAS JUNIOR, 2010; SUNADA, 2011), além de focos de proliferação de insetos, produzirem odores desagradáveis e, quando lançados em rios e lagos, devido ao alto conteúdo de resíduos orgânicos, caracterizam uma poluição hídrica intensa (SENA, 2005).

O Brasil dispõe de rebanhos com importante representatividade mundial, considerando-se bovinos, suínos e aves, principalmente em virtude da sua extensão

territorial e capacidade produtora de grãos. Nesse cenário, a avicultura de corte brasileira é reconhecida como uma das mais desenvolvidas do mundo, com índices de produtividade excepcionais (SUNADA, 2011).

Proporcionalmente ao crescimento acelerado no setor avícola, houve um aumento na geração de efluentes provenientes do abate desses animais, que são altamente poluentes e, se dispostos de maneira inadequada, podem levar a sérios problemas ambientais (GARCIA, 2016).

A empresa selecionada para a pesquisa possui como uma de suas condicionantes ambientais promover destinação final adequada a seus resíduos. Os resíduos finais do processo de tratamento de efluentes da empresa são o lodo frigorífico primário e as cinzas geradas pela queima do lodo com cavacos de madeira na caldeira. São geradas 30 toneladas de lodo e 720 kg de cinzas semanalmente (UNIAVES, 2019).

Se o frigorífico tivesse que enviar o lodo para o aterro definitivo, o que não é recomendável devido à redução de vida útil do aterro, seriam gastos oito mil reais por mês, 96 mil ao ano. Isso foi resolvido com a utilização do lodo no processo produtivo. Porém, o resultado da utilização da queima do lodo gera uma cinza formada pelo lodo e madeira, o biochar. Esse material ainda será enviado para o aterro com um custo de dois mil reais mês, gerando um custo anual de 24 mil reais. Além desses aspectos, o uso de aterros sanitários está com os dias contados em razão da aplicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei n. 12.305/2010), que restringe a utilização de aterros sanitários para resíduos últimos, ou seja, que não são passíveis de reuso ou reciclagem. Isso leva à busca de soluções viáveis do ponto de vista econômico para a destinação do lodo frigorífico primário e dos produtos gerados pelo tratamento primário do lodo em alguns frigoríficos (BRASIL, 2010).

Nesse sentido, este trabalho pode ser justificado pela economia da empresa com a redução de custos devido à compra de madeira para queima na caldeira e à utilização das cinzas nas áreas da própria empresa, além de reduzir os impactos gerados pela fumaça emitida pela chaminé da caldeira.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a possibilidade de uso do lodo frigorífico primário e de cinzas geradas a partir de sua combustão, juntamente com cavacos, como forma de propor o uso integral dos resíduos do processo produtivo de um frigorífico dentro da própria empresa.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar físico-quimicamente o lodo frigorífico primário.
- Caracterização físico-química da cinza obtida diretamente da caldeira.
- Proposição do uso e tratamento eficaz das cinzas e destinação final.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA DE AVES DE CORTE

A transformação de matéria prima em bens materiais traz como consequência a geração de resíduos (MAXEY, 1978). O sistema de criação e de abates de aves de corte é um setor que abrange várias etapas e com potencial de geração de diversos tipos de impactos ambientais, sobretudo na fase de abate, devido à geração de efluentes com elevada carga orgânica (MAXEY, 1978). Porém, quando bem geridos, esses efluentes podem gerar impactos positivos tanto na área social quanto ambiental. O volume médio de água consumido anualmente pelas indústrias de processamento de carnes em nível mundial é de 62 milhões de metros cúbicos (SROKA, KAMINSKI, BOHDZIEWICZ, 2004).

Krasny e Delia (2014) afirmam que iniciativas de sustentabilidade proliferam nos campos universitários nos Estados Unidos, Europa e África nas últimas décadas, focando a reciclagem, uso de energia e redução nas emissões de carbono. No Brasil, essas iniciativas de tratamento dos resíduos de frigoríficos também têm sido observadas, sobretudo devido às condicionantes ambientais das empresas (SUNADA, 2011). Em contrapartida, é considerada uma das atividades mais promissoras de renda e emprego, devido às longas cadeias de produção até o abate (SANTOS FILHO, 2012). A geração de emprego e renda promove a inserção social da população, reduzindo as desigualdades e a exposição às situações de vulnerabilidade, principalmente dos jovens (DUPAS, 2016).

O frigorífico em questão possui um sistema de gestão ambiental implantado desde sua criação e revisado anualmente. O Quadro 1 apresenta um comparativo entre a abordagem convencional e a abordagem consciente no tratar de temas importantes para a produção sustentável, seguida pelo frigorífico, e demonstra diferença entre a abordagem convencional e a consciente no tocante à produção, sendo que atualmente o mercado de importadores de carne exigem uma produção com abordagem consciente.

Quadro 1 – Comparativo entre abordagem convencional e abordagem consciente para a produção sustentável pelo frigorífico.

TEMAS	ABORDAGEM CONVENCIONAL	ABORDAGEM CONSCIENTE
Lucro	Assegurar lucro transferindo ineficiências para o preço do produto.	Assegurar lucro controlando custos e eliminando ou reduzindo perdas, fugas, ineficiências (ecoeficiência).
Resíduo	Descartar os resíduos de maneira mais fácil e econômica.	Valorizar os resíduos e maximizar a reciclagem; destinar corretamente os resíduos não recuperáveis.
Investimentos	Protelar investimentos em proteção ambiental.	Investir em melhoria do processo e da qualidade ambiental dos produtos.
Legislação	Cumprir a lei no que seja essencial, evitando manchar a imagem já conquistada pela empresa.	Adiantar-se às leis vigentes e vindouras, projetando uma imagem avançada da empresa.
Meio Ambiente	Meio ambiente é um problema.	Meio ambiente é uma oportunidade.

Fonte: Valle (2002).

Nota: Adaptado pelo autor.

2.2 AVICULTURA DE CORTE NO BRASIL

A avicultura brasileira apresentou elevados índices de crescimento, e o frango, conquistou os mais exigentes mercados (GARCIA, 2016). A atividade avícola no Brasil está mais concentrada nas regiões Sul e Sudeste que, juntas, são responsáveis por 75% do volume total da produção do país. As duas regiões possuem características econômicas que facilitam sua liderança na avicultura, sobretudo na oferta de insumos básicos e assistência técnica (SEBRAE, 2018).

A cadeia produtiva de frangos de corte no Brasil tem vantagens competitivas devido ao rápido ciclo produtivo, ao fato de ter a possibilidade de uma estrutura organizacional verticalizada e tecnológica. Além de a proteína ser de baixo custo, atrai consumidores de diferentes classes sociais (RECK; SCHULTZ, 2016).

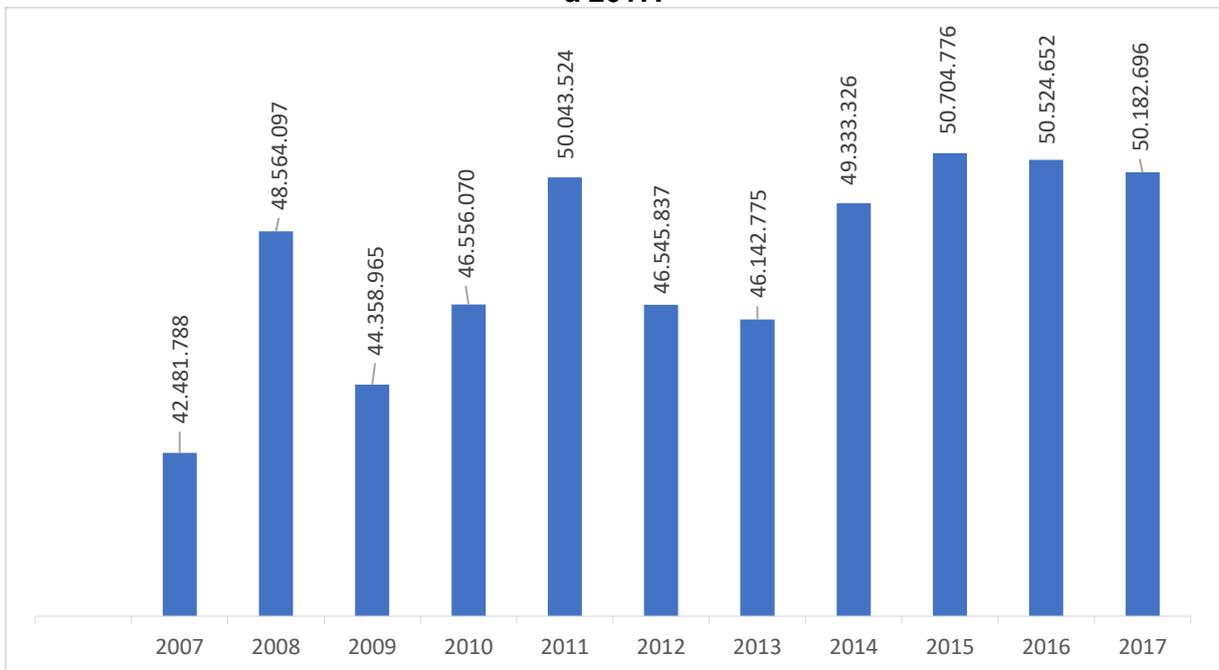
A incorporação das novas tecnologias possibilita a melhoria nos sistemas de produção e controle, a redução dos custos de energia e matéria-prima, a diversificação da matriz energética e a variedade de produtos industrializados oferecidos (ESPÍNDOLA, 2012). Schimidt e Silva (2018) afirmam que os grandes avanços no desenvolvimento de novas tecnologias no setor avícola converteram o Brasil em um dos maiores produtores e exportadores de carne de frango a nível mundial.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2018) afirmou que o desempenho da produção de aves em 2018 foi de 48.426.232 matrizes de corte

alojadas durante o ano de 2018, com uma produção de 12,9 milhões de toneladas produzidas, garantindo assim o 2º lugar mundial. Em termos de exportação, o Brasil exportou 4,1 milhões de toneladas, mantendo assim o 1º lugar mundial. Porém, ocorreu uma queda na produção nacional de 5,1% em relação a 2017, como também ocorreu queda na exportação de 5,1 % em relação a 2017.

Segundo o relatório anual de 2017 da Associação Brasileira de Proteína Animal-ABPA (2018), que traz um comparativo ano a ano de 2007 a 2017, houve um aumento no alojamento das matrizes de corte de 42.381.788 aves em 2007 para 50.182.696 aves em 2017, como demonstra o Gráfico 1 a seguir apresentado.

Gráfico 1 – Crescimento de alojamento de matrizes de aves de corte no Brasil, de 2007 a 2017.

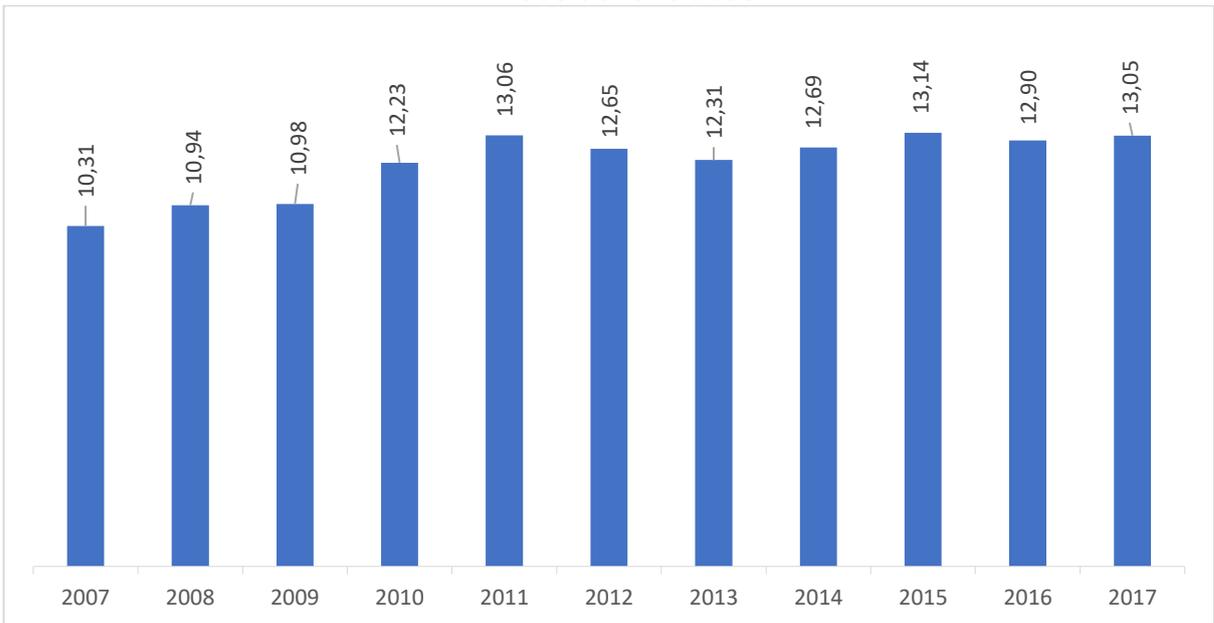


Fonte: Associação Brasileira de Proteína Animal-ABPA (2018).

Nota: Adaptado pelo autor.

Referente ao aumento na produção de carne de frango, a produção passou de 10,31 milhões de toneladas em 2007 para 13,05 milhões de toneladas em 2017, como demonstra o Gráfico 2 abaixo.

Gráfico 2 – Aumento da produção de carne de frango no Brasil, de 2007 a 2017, milhões de toneladas.

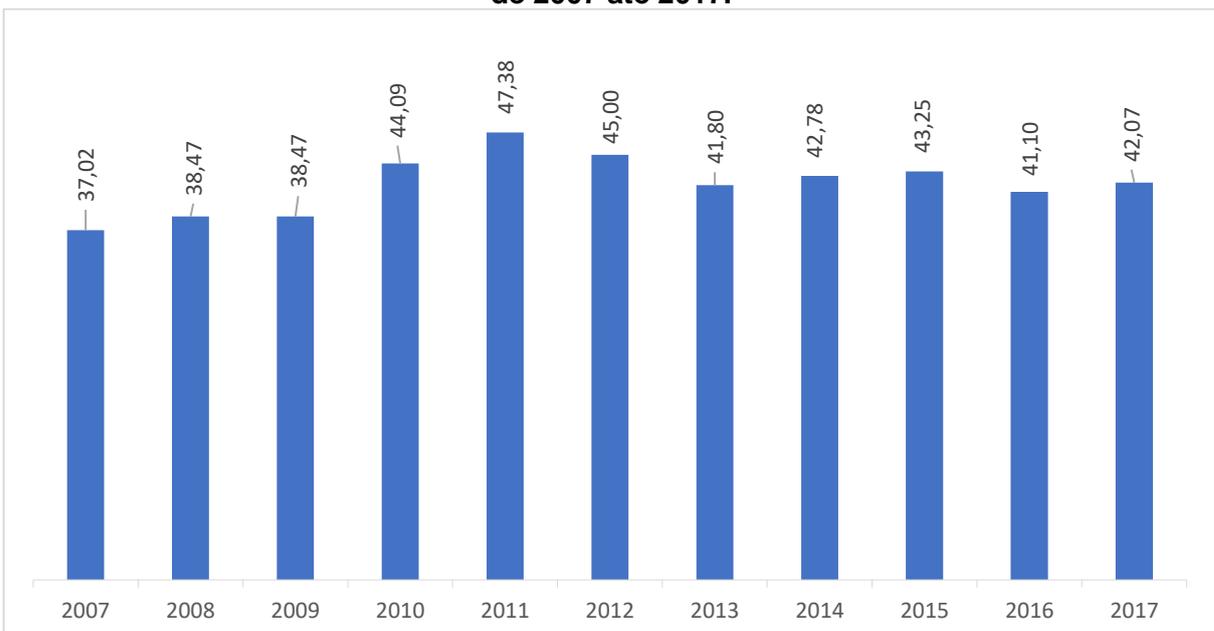


Fonte: Associação Brasileira de Proteína Animal-ABPA (2018).

Nota: Adaptado pelo autor.

O Relatório anual de 2018 referente aos dados de produção de 2017 trazem ainda que ocorreu um aumento no consumo de carne de frango per capita do brasileiro de 37,2 quilos por habitante em 2007 para 42,07 quilos por habitante em 2017 - um aumento de 5,05 quilos por habitante, conforme Gráfico 3.

Gráfico 3 – Referente ao aumento do consumo de carne no Brasil - quilo por habitante de 2007 até 2017.



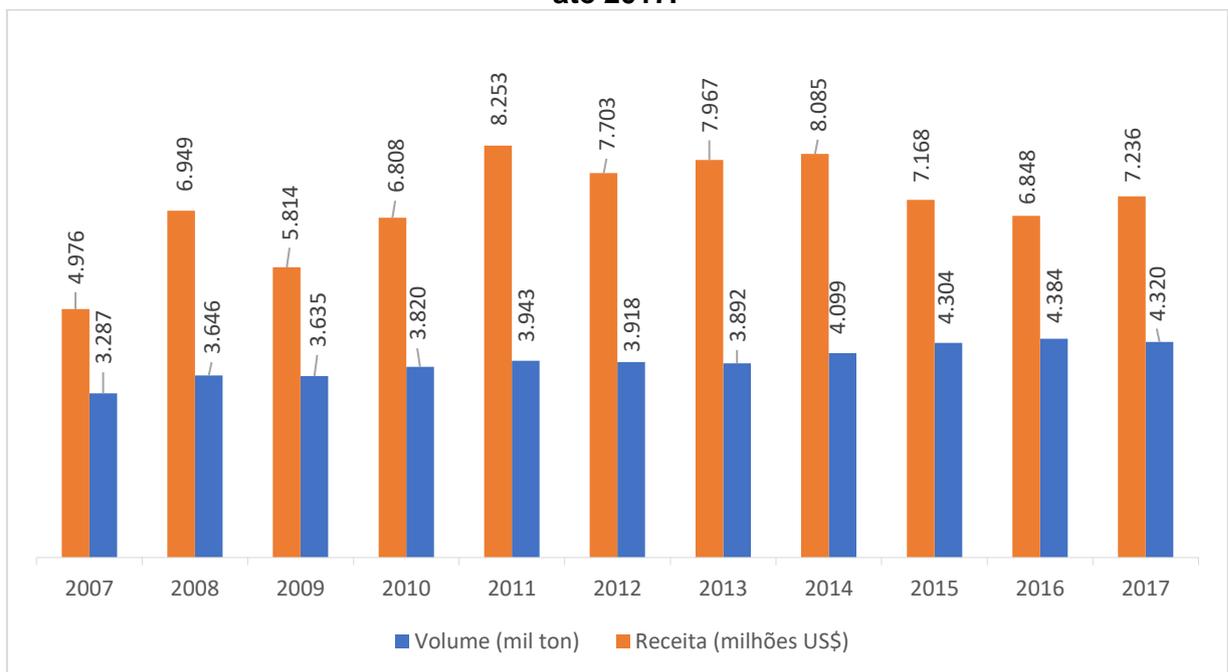
Fonte: Associação Brasileira de Proteína Animal-ABPA (2018).

Nota: Adaptado pelo autor.

As exportações brasileiras tiveram um crescimento de 1.033 mil toneladas no volume de exportações no período de 2007 a 2017, passando de 3.287 mil para 4.320 mil toneladas. Esse aumento representou o incremento de 4.023 milhões de dólares (ABPA, 2018).

No Gráfico 4, é possível registrar o aumento da receita com exportações da carne de frango, o que demonstra a importância dessa atividade para a economia nacional (ABPA, 2018).

Gráfico 4 – Aumento da receita com exportações de carne de aves no Brasil de 2007 até 2017.



Fonte: Associação Brasileira de Proteína Animal-ABPA (2018).

Nota: Adaptado pelo autor.

2.3 AVICULTURA DE CORTE NO ESPÍRITO SANTO

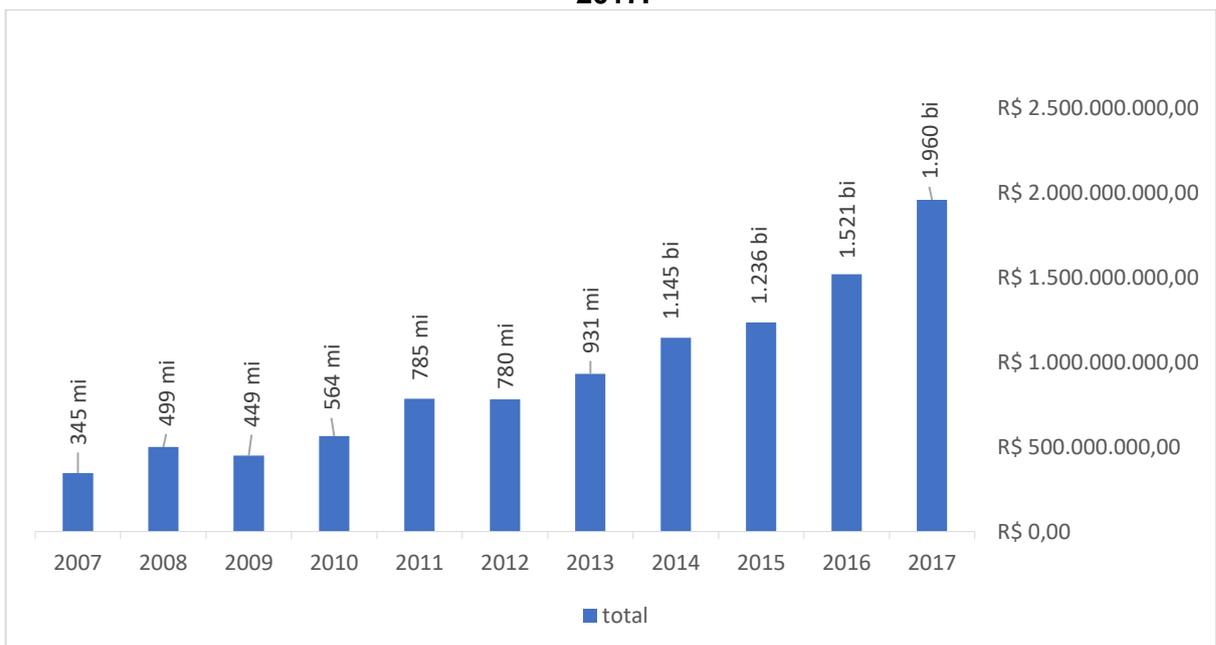
Conforme a Associação dos Avicultores do Espírito Santo (AVES, 2018), pode-se dizer que a avicultura é vital para o desenvolvimento e reestruturação de todo o setor agrícola capixaba. Desde sua profissionalização nos anos 1950 e 1960, a atividade tornou-se não apenas uma opção de geração de trabalho e renda no interior, mas também uma grande catalisadora da economia rural capixaba na medida em que seus resíduos e produção de insumos alimentam economicamente outros sub-setores também importantes, como a hortifruticultura, a indústria de embalagens e outros.

A atividade gera aproximadamente 25 mil empregos. Além desses empregos, o setor avícola capixaba contribui com a geração de renda para mais de 100 mil famílias em todo o Estado, principalmente por meio da agricultura, fruticultura e hortifruticultura, que utilizam grande quantidade de adubo orgânico o qual é produzido pelo setor avícola capixaba. Também o setor de transportes é beneficiado pela existência da avicultura. Hoje, são realizadas cerca de 25.000 cargas mensais de caminhões em caráter exclusivo, para o fretamento de longa distância no transporte de insumos, frango vivo, frango abatido, ovos e esterco (AVES, 2018).

Os resultados parciais do Censo Agropecuário (2017) mostram que, entre 2006 e 2017, a produção de aves no Espírito Santo (galinhas, galos, frangas e frangos) cresceu 115% (IBGE *apud* AVES, 2018). De acordo com dados do Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo (BANDES, 2018), o setor avícola capixaba recebeu quase R\$ 40 milhões em investimentos desde 2013, ano em que foi lançado o Programa de Avicultura da instituição, do qual a maioria dos recursos foi para capital de giro, empregado na aquisição de insumos para a produção.

O faturamento total do setor produtivo no ano de 2017 foi de R\$ 1,960 bilhões, movimentados pelos três segmentos: Postura Comercial, Frango de Corte e Coturnicultura - um crescimento de 468% na última década (Gráfico 5) (AVES, 2018).

Gráfico 5 – Aumento do faturamento do setor produtivo de aves no ES, de 2007 a 2017.



Fonte: Associação dos Avicultores do Espírito Santo-AVES (2018).

Nota: Adaptado pelo autor.

2.4 GERAÇÃO DE LODO PRIMÁRIO DE FRIGORÍFICO

Meneghini e Proinelli (2015) alertam que os resíduos frigoríficos gerados pelo tratamento de efluentes, provenientes dos processos de abate de frangos e suínos e industrialização de carnes, possuem altos custos de destinação para aterros. Seiffert (2000) afirma que, de acordo com a legislação, esse material precisa ter uma destinação ou disposição final adequada que não polua o meio ambiente, inviabilizando sua deposição diretamente em aterros sem o tratamento adequado. Bringhenti e outros (2018) afirmam que sua disposição em aterros aumenta o risco de instabilidade do maciço sanitário e diminui a vida útil desses aterros. Isso tem promovido pesquisas que visem a uma menor geração ou melhor aproveitamento desse material.

Pereira e Garcia (2017) afirmam que similarmente ao resíduo doméstico, a natureza da atividade industrial, como o tipo de processo produtivo e insumos utilizados, determina a composição do lodo. Em lodo de abatedouro, mesmo sem a contribuição de esgoto sanitário, são verificados altos níveis de contaminantes microbiológicos (MÉNDEZ-CONTRERAS *et al.*, 2009). Cammarota (2011) relata que o tratamento primário de efluentes tem como objetivo a remoção de sólidos existentes no efluente com o auxílio de aditivos como coagulantes e coadjuvantes de coagulação, seguida por adesão de partículas nas bolhas de ar que ascendem nos tanques de flotação. Após chegar à superfície do tanque, o Lodo Frigorífero Primário (LFP) permanece flutuando e é removido por raspagem por meio de pás e pode ser submetido à combustão direta (VIRMOND, 2007).

Os processos de flotação como tratamento primário são comumente utilizados em efluentes que apresentam alta carga de óleos e graxas suspensos, como é o caso dos abatedouros e indústrias de processamento de carnes, e têm por finalidade elevar a eficiência da remoção de matéria orgânica da água (SENA, 2005).

O lodo flotado é composto basicamente de Carbono, Oxigênio e Nitrogênio, devido ao seu processo de obtenção ser exclusivamente orgânico. No entanto, contribuem em sua formação algumas substâncias advindas do processo de tratamento físico-químico, como os coagulantes e coadjuvantes de coagulação (FERREIRA, 2016). Durante o processo de tratamento do efluente, é feita a adição de um agente

coagulante, de origem orgânica ou inorgânica, como o policloreto de alumínio, cloreto férrico ou sulfato de alumínio (MAGNAN, 2010).

Segundo Stanmore (2004), os elementos como o Cloro, que são utilizados no processo de higiene da indústria, podem ser encontrados no lodo flotado. Isso pode contribuir como elemento chave na formação de substâncias organocloradas. Em seu princípio ativo, o cloro irá formar emulsões para remoção dos sólidos, sendo que sua presença é detectada no efluente e não no lodo flotado. Dessa forma requerendo maior atenção ao teor de umidade do lodo flotado (JONHS, 1995).

Sena (2005) afirmou que poluentes como metais pesados, hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs), bifenilaspolicloradas (PCBs), policlorodibenzodioxinas e furanos (PCDD/F) também podem ser encontrados no lodo. Segundo Meneghini e Proinelli (2015), o lodo pode ser diretamente utilizado como fonte de energia térmica para o funcionamento de caldeiras devido ao seu elevado potencial calorífico de queima. Contudo, é importante a secagem do lodo, reduzindo sua umidade entre oitenta cinco a noventa por cento, antes de ser depositado na caldeira. Sena (2005) afirma que o cloreto férrico (FeCl_3) é o principal coagulante utilizado no tratamento primário de efluentes em frigoríficos. Esse elemento pode comprometer o processo de reutilização do lodo flotado como combustível, pois pode gerar gases tóxicos e ainda comprometer a câmara da caldeira.

2.5 O LODO PRIMÁRIO DE FRIGORÍFICO COMO ADUBO E COADJUVANTE NA MELHORIA DO SOLO

A partir do diagnóstico do lodo, sua disposição no solo, torna-se interessante, dentre alternativas de manejo do resíduo, a incineração e a utilização na recuperação de áreas degradadas, e na produção de substratos (ANDREOLI; SPERLING; FERNANDES, 2014).

Suthar e Singh (2008) afirmam que a disposição do lodo tem se tornado um tema relevante para a comunidade científica, devido ao elevado potencial de aplicação na agricultura tropical e na recuperação de solos de áreas degradadas. Contém altos teores dos principais nutrientes para as plantas, N e P, além de grande quantidade de matéria orgânica (FERREIRA; FAGEIRA; DIDONET, 2012). Destacam-se a melhoria

no estado de agregação das partículas do solo, com conseqüente diminuição da densidade e aumento na aeração e retenção de água (MELO; MARQUES, 2000).

Bettiol e Camargo (2000) destacam o potencial da utilização do lodo na agricultura, como condicionador das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, ou como substituto, pelo menos em parte, dos fertilizantes minerais atualmente utilizados. Análises referentes às propriedades químicas do solo também devem ser efetuadas.

Em alguns países desenvolvidos, a aplicação de lodo no solo ocorre há mais de 20 anos - em escala operacional com a destinação de grande parte do lodo gerado para plantações florestais (LIRA; GUEDES; SCHALCH, 2008). A aplicação de biossólidos como fertilizante tem sido uma opção comum para a disposição desses. mundialmente, devido ao seu alto teor de carbono orgânico e nutrientes, que podem melhorar a qualidade de solos para uso agrícola (GROTH *et al.*, 2016).

Estudos comprovam que a aplicação de lodo pode melhorar a qualidade do solo, com aumento dos teores de matéria orgânica, nitrogênio, magnésio e potássio (UNAL; KATKAT, 2009). Há melhorias também nos teores de fósforo, cálcio e capacidade de troca catiônica (CTC) (NASCIMENTO *et al.*, 2004). Mingorance e outros (2014) afirmam que também ocorrem melhorias nos teores de carbono orgânico total e nas atividades microbianas.

Segundo Heikkinen e outros (2004), o lodo frigorífico é constituído majoritariamente de compostos orgânicos de baixa estabilidade, dado que apresenta taxas máximas de decomposição na faixa de temperatura de aproximadamente 209 a 346°C.

Düring e Gäth (2002) fizeram várias considerações referentes aos benefícios agrônômicos e aos riscos da utilização de um material rico em nutrientes e em contaminantes. Suas considerações são de que a acumulação de contaminantes persistentes no solo agriculturável deve ser prevenida com introdução menor ou igual à velocidade da eliminação, e esse balanço não deve levar em consideração apenas o poluente, mas deve incluir os efeitos do melhoramento na sua composição do solo, que por sua vez determina a densidade de carga. Os nutrientes presentes em adubos orgânicos, especialmente o nitrogênio e o fósforo, possuem liberação mais lenta do que aqueles provenientes dos fertilizantes químicos, pois são dependentes da

mineralização da matéria orgânica, proporcionando disponibilidade ao longo do tempo, o que favorece muitas vezes seu aproveitamento (GLIESSMAN, 2000).

Gonzáles Fernandez e outros (2015) alertam que, para se utilizarem compostos orgânicos como condicionadores de solo e fertilizantes, suas propriedades físicas, biológicas, químicas, e grau de maturação devem ser levados em conta. Fiorese e outros (2018) afirmam que, para o cultivo de plantas em geral, o lodo frigorífico primário, apresenta boas concentrações de alguns nutrientes benéficos, porém, do ponto de vista funcional das plantas, seu uso dependerá dos padrões nutricionais exigidos em cada cultura.

Bittencourt, Aisse e Serrat (2017) afirmaram que em áreas agrícolas no Paraná onde foi empregada a aplicação do lodo, os agricultores tiveram uma redução média do custo com fertilizantes e corretivos de acidez do solo - de R\$443,28 por hectare.

2.5.1 Desvantagem do uso do lodo frigorífico primário como adubo e coadjuvante na melhoria do solo

Nem tudo são vantagens no uso do lodo para adubação orgânica. Lacerda e Silva (2014) afirmam que, como desvantagens, pode ser citada a baixa concentração de nutrientes nos materiais orgânicos, o que leva à necessidade de aumentar as quantidades do material para fornecer as quantidades requeridas pelas plantas, aumentando a mão de obra, concentração nos locais produtores e valores, não justificando o transporte para longas distâncias do local de produção.

Outro fator apontado por autores como Zanotto e outros (2006) e Gliessman (2000) é o risco da presença de metais pesados e agentes patogênicos em matéria orgânica proveniente de lodos industriais, e que altas quantidades de metais pesados, principalmente os resultantes do uso de coagulantes e auxiliares de floculação no tratamento (como Alumínio e Ferro), podem inviabilizar o uso agrícola do composto produzido. Uma avaliação da resposta biológica no composto para a verificação de possíveis efeitos deletérios nas plantas se faz necessário, pois a presença de substâncias tóxicas no composto pode reduzir ou inibir o processo de germinação das sementes (EL FELLS *et al.*, 2014). Sena (2009) afirmou que metais pesados, oriundos do processo de coagulação e flotação, podem ser encontrados no lodo frigorífico

primário. Entre esses metais estão os hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs), bifenilaspolicloradas (PCBs), policlorodibenzodioxinas e furanos (PCDD/F).

2.6 O LODO COMO COADJUVANTE NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Meneghini e Proinelli (2015) estudaram e evidenciaram a viabilidade técnica e econômica da aplicação do lodo frigorífico após passagem pelo secador rotacional como fonte de energia, por meio da sua co-combustão na caldeira como fonte de energia térmica, devido ao seu elevado poder calorífico, favorecendo, assim, a produção de vapor, aliado a uma significativa redução no consumo do combustível principal (NOGUEIRA, 2005).

Segundo Bridgwater (2003), o rendimento, a composição e as propriedades combustíveis do lodo dependem principalmente do projeto do reator a ser utilizado. Na Holanda, a participação desses combustíveis suplementares em processos de co-combustão aumentou consideravelmente, substituindo 14% do carvão (KAMPMAN; CROEZEN; KEIZER, 2003 *apud* HEINEKKEN *et al.*, 2004). A utilização do lodo em caldeiras é uma alternativa para a redução do impacto ambiental causado pelos efluentes derivados das indústrias de carnes, além da redução de custos para disposição final adequada (SENA, 2005).

2.6.1 Desvantagens do uso do lodo como coadjuvante na eficiência energética

Meneghini e Proinelli (2015) descrevem que quanto mais lodo misturado à lenha, maior é a ocorrência de problemas referentes à corrosão e à fusão das cinzas, o que pode acarretar danos à estrutura da caldeira, além de aumentar poluentes atmosféricos. Assim, análises referentes à porcentagem da quantidade do lodo seco a ser acrescentada na mistura com cavacos de madeiras (também resíduos do setor florestal produtor de madeiras) em caldeiras têm sido efetuadas, e os resultados mais eficientes seguidos.

Em seus experimentos, foram feitos testes de combustão com madeira de eucalipto e adição de LFP em três dosagens 10%, 15% e 20%. Os autores concluíram que a dosagem ideal seria de 15%, já que, com 20%, apesar de aumentar a eficiência de

combustão, também aumenta a concentração de CO₂ superior à permitida (MENEGHINI; PROINELLI, 2015). De acordo com os testes realizados quanto à viabilidade técnica e econômica da co-combustão de lodo frigorífico para geração de vapor, Meneghini, Proinelli e Pintro (2015) observaram que, quanto maior a porcentagem de lodo misturado à lenha, maior a ocorrência de problemas relacionados à fusão das cinzas com as paredes da caldeira e sua corrosão, o que afeta sua estrutura.

2.7 GERAÇÃO DE CINZAS (BIOCHAR)

De acordo com Vieira Neto (2012), uma opção para o tratamento térmico do lodo é a pirólise, que é a decomposição térmica da matéria orgânica com oferta limitada de oxigênio, em que se forma um subproduto útil como o sólido denominado biochar. Esse processo pode ser uma opção de tratamento e aproveitamento do lodo proveniente de abatedouro de aves (GARCIA, 2016). Gramíneas, cascas de grãos, resíduos de palha e estrume geralmente dão origem a biochar com elevado conteúdo em cinzas em contraste com os obtidos de material lenhoso (DIAS *et al.*, 2010). O teor de cinzas está relacionado ao conteúdo de nutrientes presentes no material. Esse componente do material é determinado após sua completa combustão, quando todos os elementos orgânicos são volatizados (ENDERS *et al.*, 2012). O biochar é um produto rico em carbono, obtido quando uma biomassa ou material orgânico sofre decomposição térmica sob a oferta limitada de oxigênio (LEHMANN; JOSEPH, 2009). Pode ser preparado a partir de várias matérias-primas orgânicas, como resíduos agrícolas e lodo (WANG; WANG, 2019).

2.8 UTILIZAÇÃO DAS CINZAS (BIOCHAR) COMO CONDICIONADOR DE SOLO

O biochar possui diferentes aplicações, podendo ser utilizado como condicionador de solos, agregando valor por meio do aumento do rendimento das culturas, redução dos custos de fertilizantes e também com a diminuição dos impactos ambientais sobre o solo e a água (LAIRD *et al.*, 2009). Lehman e Joseph (2009) afirmam que esse material pode ser uma excelente estratégia econômica e ambiental de aproveitamento de resíduos.

O biochar tem sido proposto como excelente alternativa para melhorar a fertilidade dos solos cultiváveis de baixa fertilidade natural (NOVOTNY *et al.*, 2007; MAIA; MADARI; NOVOTNY, 2011). O uso do biochar na agricultura tem sido muito eficaz. Além de atuar na fertilidade do solo, diminui a lixiviação dos nutrientes e da água no solo (LEHMANN, 2007; LEHMANN; JOSEPH, 2009). Wang e Wang (2019) afirmam que o biocarvão, como também é chamado o biochar, tem sido usado para remediação e melhoria de solo e também sequestro de carbono. Pereira (2019) relata que o biochar é rico em carbono estável, sendo uma das alternativas para a redução das emissões de gases estufa a longo prazo, além de melhorar as características químicas, físicas e biológicas dos solos.

A cinza vegetal é um resíduo proveniente da queima da madeira e do lodo que, dependendo de sua origem, pode apresentar elevados teores de Potássio, Fósforo, Cálcio e Magnésio, e pode ser utilizada como suplemento nutricional, dependendo do balanço apresentado pelo solo e das exigências da cultura (ZHANG; YAMASAK; NANZYU, 2002).

A reciclagem das cinzas reduz a necessidade do uso de fertilizantes comerciais, contribuindo com a redução da acidificação do solo e com o aumento do suprimento de cálcio e potássio para as plantas (SOFIATTI *et al.*, 2007). Bonfim-Silva e outros (2015a) argumentam que utilizando a cinza vegetal para fins de adubação do solo agrário se contribui para o desenvolvimento vegetal das plantas ali instaladas.

Porém, Mukone e outros (2013) alertam que o potencial e a eficácia do uso do biochar como fonte de alguns nutrientes variam conforme as características químicas do material que o compõe. Em sua composição, a cinza contém geralmente altas concentrações de cálcio e potássio.

A cinza vegetal tipicamente apresenta valores elevados de pH, concentração de nutrientes tais como fósforo, potássio, cálcio e magnésio e micronutrientes essenciais para o crescimento das plantas (ZHANG; YAMASAKI; NANZYU, 2002). Ferreira, Fageira e Didonet (2012) também observaram os efeitos positivos da cinza vegetal em solos do Cerrado. Os resultados apontaram para a melhoria significativa de algumas propriedades químicas como pH, potássio e magnésio. Bonfim-Silva e outros (2015a) verificaram aumento linear no pH do solo, sendo os valores elevados de 6,3

para 7,2 pela aplicação de 20 g dm⁻³ (aproximadamente 40 t ha) de cinza de madeira de eucalipto em um Latossolo do Cerrado, coletado em Rondonópolis Mato Grosso.

Bonfim-Silva e outros (2011a) observaram, estudando a cinza vegetal como corretivo do solo e fertilizante para capim marandu, que a utilização desse resíduo pode contribuir para a fertilidade do solo, principalmente em solos tropicais e de baixa fertilidade. Assim, presencia-se uma redução substancial de peso, associada essencialmente às perdas, sob formas gasosas, de água, carbono e nitrogênio, permanecendo nas cinza quantidades insignificantes desse último (OBERNBERGER; BRUNNER; BÄRNTHALER, 2006). A aplicação de cinza vegetal em Latossolo Vermelho Distrófico propiciou aumentos significativos em culturas de *Crotalaria juncea*, incrementando a produção de massa seca da parte aérea em 89,38% (BONFIM-SILVA *et al.*, 2011b).

Maeda, Silva e Cardoso (2008), estudando o efeito de cinza vegetal numa população de *Pínus taeda* em vasos, aplicaram doses equivalentes até 80 toneladas de cinzas em cambissolo. A aplicação das cinzas reduziu a acidez e o teor de alumínio e aumentou os teores de cálcio, magnésio, potássio e fósforo.

Lopes e outros (2005) afirmaram que pesquisas realizadas, incluindo experimentos em casa de vegetação e em condições de campo, têm demonstrado que a reciclagem dos nutrientes contidos na cinza vegetal por meio da exploração agrícola apresenta grande praticidade, mas é necessário conhecer a composição química desse resíduo e a dose adequada para cada cultura, evitando-se toxidez nutricional ou carência pelo excesso de alguns nutrientes como Cálcio e Magnésio, que competem significativamente pelos sítios ativos de absorção.

Em condições controladas e de campo, a reciclagem dos nutrientes contidos na cinza vegetal, por meio da exploração agrícola, apresenta grande praticidade. Porém, os autores também alertavam que era necessário conhecer a composição química desse resíduo e a dose adequada para cada cultura, evitando-se carência ou toxidez nutricional pelo excesso de alguns nutrientes (OSAKI; DAROLT, 1991). Bonfim-Silva e outros (2015b) verificaram resposta positiva de plantas de algodoeiro cultivar FMX 910, referente à aplicação de cinza de biomassa a um Latossolo Vermelho. Para PIVA e outros (2014), as cinzas podem servir de alternativa para uma adubação de fácil

acesso, geralmente com custo reduzido e alta contribuição sustentável ao meio ambiente.

Em relação a metais tóxicos, diversos trabalhos têm mostrado a eficácia do biochar na imobilização do cádmio, cobre, chumbo, arsênio e zinco, além de redução na biodisponibilidade e fitotoxicidade desses metais para as plantas (PARK *et al.*, 2011; BEESLEY; MARMIROLI, 2011). O biochar é considerado um material com uma bioadsorção eficaz. (CHEN *et al.*, 2018). Sua alta área superficial, porosidade e grupos funcionais proporcionam excelente capacidade de adsorção de metais pesados e poluentes orgânicos (KAVITHA *et al.*, 2018).

Liu, Liu e Zhang (2014) mostraram que apesar do biochar ter incrementado a concentração de metais tóxicos no solo, como resultado da maior adsorção desses metais, a presença do biochar tornou os metais indisponíveis para as plantas. Nesse sentido, o uso sustentável do biochar deve considerar a caracterização do material de sua composição e do local de aplicação, como as propriedades físico-químicas do solo e clima (VERHEIJEN; MONTANARELLA; BASTOS, 2012).

2.8.1 Desvantagens do uso das cinzas (biochar) como condicionador de solo

De acordo com Mukherjee e Lal, (2014), os experimentos que avaliam o biochar como condicionador do solo apresentam escassez na quantidade de dados em nível de campo para respostas do crescimento vegetal, para a qualidade do solo e no impacto ambiental. Os autores ainda comentam que as respostas do biochar como condicionador de solo são baseadas em um curto período de tempo e em estudos de laboratório ou casa de vegetação, sendo às vezes contraditórios.

A adição de biochar poderia também promover uma rápida perda de húmus da floresta e carbono do solo em alguns ecossistemas durante as primeiras décadas (WARDLE; NILSSON; ZACKRISSON, 2008), além de poder ter a presença de HAP (hidrocarbonetos aromáticos policíclicos) no biocarvão, o que pode ser um limitante para sua utilização como condicionador de solo (DE GRYZE *et al.*, 2010). No processo de produção de biocarvão, a pirólise também proporciona a formação de bio-óleos que podem apresentar pequenos níveis (HAP) (SOHI *et al.*, 2009). A potencial presença de metais pesados e outros elementos perigosos nos biocarvões podem

colocar em risco a sua utilização como condicionador de solo (BRACMORT, 2010; DE GRAYZE *et al.*, 2010). Wang e Wang (2019) afirmam que o biocarvão possui ampla perspectiva de aplicação em remediação ambiental, porém seu efeito, a longo prazo, junto à microbiota do solo, deve ser mais investigado.

2.9 LEGISLAÇÃO

A Lei Federal nº. 6.938/1981 (BRASIL, 1981), referente à política do meio ambiente, em seu artigo 2º, apresenta objetivos como: a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, bem como condições de desenvolvimento socioeconômico e dignidade humana.

O artigo 13 da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº.12.305/2010 (BRASIL, 2010), classifica os resíduos sólidos em duas classes, quanto à origem e periculosidade:

Art.13...

I – Quanto à origem:

[...]

f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;

[...]

h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

[...]

k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

II – Quanto à periculosidade:

a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;

b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea a.

Vale lembrar que a Lei nº. 12.305/2010 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que restringe a utilização de aterros sanitários para resíduos últimos, ou seja, que não são passíveis de reuso ou reciclagem (BRASIL, 2010).

2.9.1 Legislação para o lodo

A norma técnica NBR 10004/2004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), classifica os resíduos sólidos em níveis diferentes de periculosidade, envolvendo a identificação do processo ou atividade que o originou, seus constituintes e características, assim considerando possíveis riscos ambientais e a saúde pública. Os lodos provenientes dos tratamentos de águas são dispostos dentro dos critérios por ela definidos. A utilização do lodo de esgoto, vermicomposto e composto de lixo, devem atender aos parâmetros estabelecidos pelo Ministério de Agricultura, conforme anexo III da IN nº 25 e aos limites máximos fixados para contaminantes.

Os teores máximos de metais pesados permitidos no lodo de esgoto para uso agrícola, bem como as quantidades máximas que podem ser acumuladas no solo, são estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 375/2006. Essa Resolução estabelece limites para a aplicação de lodo de esgoto ou demais resíduos, os quais não devem ultrapassar os teores das substâncias inorgânicas, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Substâncias inorgânicas no solo e seus limites.

Substâncias inorgânicas	Teores limites (kg ha-1)
Arsênio (As)	30
Bário (Ba)	265
Cádmio (Cd)	4
Chumbo (Pb)	41
Cobre (Cu)	137
Cromo (Cr)	154
Mercúrio (Hg)	1,2
Molibdênio (Mo)	13
Níquel (Ni)	74
Selênio (Se)	13
Zinco (Zn)	445

Fonte: CONAMA 375/06 (2006).

Nota: Adaptado pelo autor.

A resolução CONAMA 375 define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.

2.9.2 Destinação e uso de cinzas na agricultura

A Lei nº. 12.305/2010 (BRASIL, 2010) institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que restringe a utilização de aterros sanitários para resíduos últimos, ou seja, que não são passíveis de reuso ou reciclagem. A política agrícola do Brasil é definida pela Lei nº. 8171/1991 (BRASIL, 1991).

Segundo essa lei, os principais instrumentos utilizados para a execução dessa política são: planejamento agrícola; pesquisa agrícola tecnológica; assistência técnica e extensão rural; proteção do meio ambiente, conservação e recuperação dos recursos naturais; defesa da agropecuária; informação agrícola; produção, comercialização, abastecimento e armazenagem; associativismo e cooperativismo; formação profissional e educação rural; investimentos públicos e privados; crédito rural; garantia da atividade agropecuária; seguro agrícola; tributação e incentivos fiscais; irrigação e drenagem; habitação rural; eletrificação rural; mecanização agrícola e crédito fundiário (BRASIL, 1991).

3. METODOLOGIA

3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada na Companhia de Alimentos UNIAVES e no Centro Universitário São Camilo, Espírito Santo. A empresa UNIAVES está situada sob as coordenadas 24k 2707703/UTM 7715353.44 (Figura 1), em Aracuí no município de Castelo, Espírito Santo (Figura 2).

Segundo a administração do frigorífico em questão, são gerados 950 empregos diretos e mais 350 indiretos, sem levar em conta os funcionários que trabalham no transporte das aves, nas fábricas de ração, nas granjas e no setor de produção de pintos. Todas as granjas são licenciadas, com áreas de reserva legal, áreas de nascente e matas ciliares recuperadas.

As granjas estão em um raio de 80 km do frigorífico, reduzindo assim o tempo de viagem dos caminhões, o que gera menor custo e menor geração de emissões de CO₂.

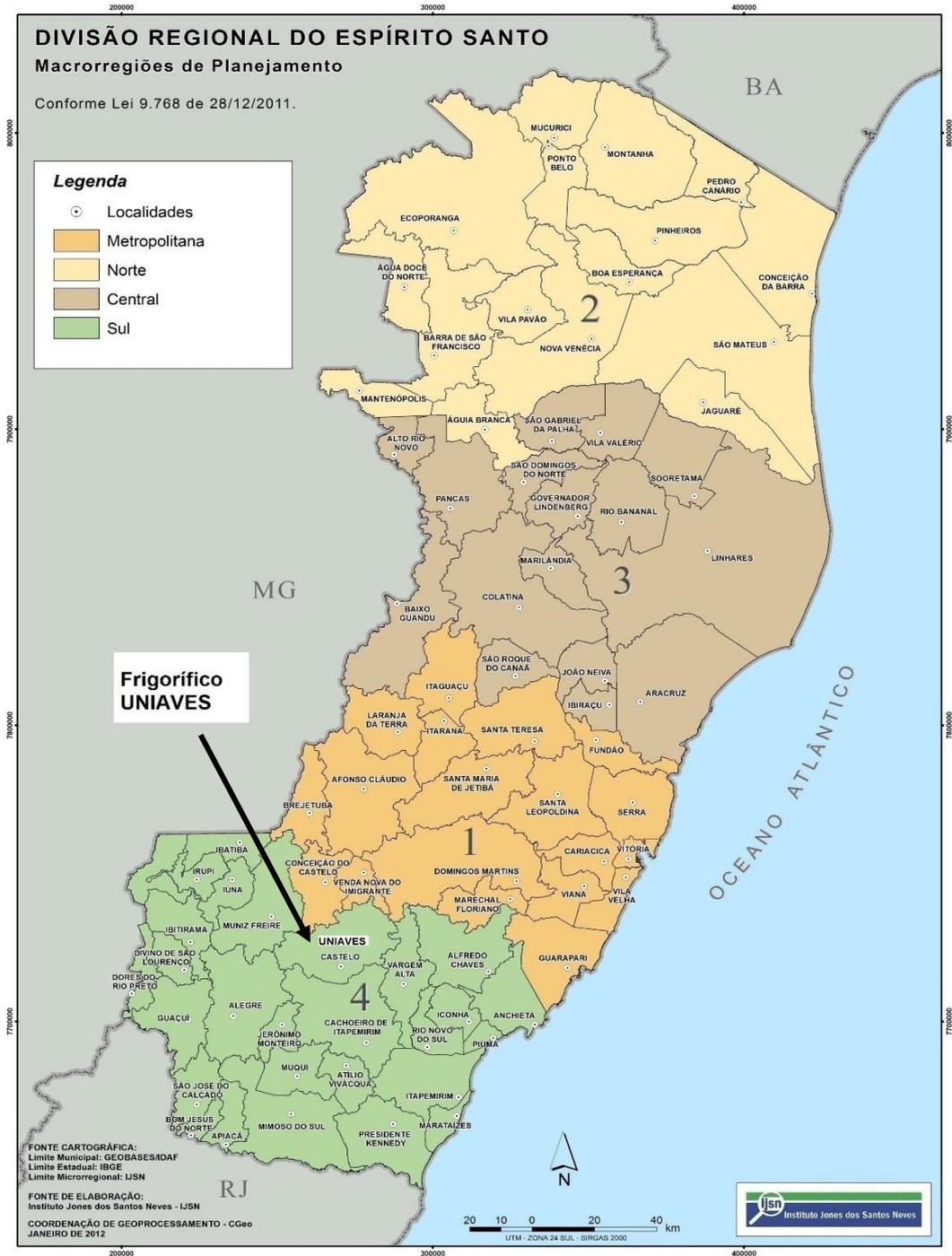
A empresa possui uma farinheira, que reaproveita os resíduos da produção como unhas, bicos, vísceras, sangue, penas e óleo. Esses materiais são beneficiados e viram matéria-prima para a produção de ração.

Figura 1 – Empresa UNIAVES.



Fonte: Google Earth (2019).
Nota: Adaptados pelo Autor.

Figura 2 – Mapa do Espírito Santo para indicação da empresa UNIAVES.



Fonte: Mapa (ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 2018).
 Nota: Adaptado pelo Autor.

O frigorífico possui uma capacidade instalada de abate de 100 mil aves por dia com um consumo diário de dois milhões e duzentos mil litros de água dia, gerando uma grande quantidade de efluente.

3.2 COLETA DAS AMOSTRAS

3.2.1 Coleta das amostras de lodo

As amostras de lodo foram coletadas diretamente na saída do secador rotacional pelo pesquisador. Foram coletados cinco quilos de material com auxílio de uma pá e recipiente plástico com tampa enroscável. A Figura 3 demonstra o lodo úmido e seco quando saem do secador rotacional.

Figura 3 – Lodo úmido e seco, liberado do secador rotacional.



NOTA:
1 – Lodo úmido.
2 – Lodo seco.

Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

3.2.2 Coleta de cavaco de eucaliptos

A amostra de cavaco foi coletada no depósito deste material ao lado da caldeira. Foram coletados e acondicionados em um saco de plástico com capacidade de 20 litros de volume. Após a coleta, o saco foi lacrado para que a amostra não perdesse sua umidade. A Figura 4 representa o depósito desse material na empresa.

Figura 4 – Depósitos de cavaco da empresa.



Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

3.2.3 Coleta de cinzas

As cinzas foram coletadas diretamente da caldeira após seu resfriamento, colocadas em um saco plástico com capacidade de dez litros; o saco foi lacrado para que a amostra não perdesse sua umidade e foi conduzido ao Laboratório de Engenharia do Centro Universitário São Camilo – ES. A Figura 5 evidencia as cinzas ao saírem da caldeira.

Figura 5 – Cinzas ao saírem da caldeira.



Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

3.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUIMICAMENTE DO LODO PRIMÁRIO DO FRIGORÍFICO

O material coletado foi seco no Laboratório de Engenharia do Centro Universitário São Camilo – ES. Foi colocado em estufa a 121°C durante o período de duas horas, revolvendo a amostra em intervalos de 30 minutos conforme recomendado por Andreoli (2011). Após a secagem, foi separado um quilo desse material e enviado ao laboratório de análise química de solos Raphael M. Bloise, da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), campus Alegre. Foram analisados: Potencial Hidrogeniônico; Fósforo; Potássio; Sódio; Cálcio; Magnésio; Capacidade de Troca Catiônica a pH7; Índice de Saturação em Bases; Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; Soma de Bases Trocáveis; Índice de Saturação em Alumínio; Nitrogênio e a Acidez Total ou Potencial (Quadro 2).

Quadro 2 – Parâmetros e símbolos químicos analisados na amostra de lodo coletado.

PARÂMETROS A SEREM ANALISADOS	SÍMBOLO
Potencial Hidrogeniônico	pH
Fósforo	P
Potássio	K
Sódio	Na
Cálcio	Ca
Magnésio	Mg
Alumínio	Al
Capacidade de Troca Catiônica a pH7	T
Índice de Saturação em Bases	V
Capacidade de Troca Catiônica Efetiva	t
Soma de Bases Trocáveis	SB
Índice de Saturação em Alumínio	m
Nitrogênio	N
Acidez Total ou Potencial	H+ Alumínio

Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

Os procedimentos empregados nas análises para quantificar os parâmetros desejados foram:

1- pH (por meio de relação solo-água); 2- fósforo (por extrator Mehlich-1 e determinação por colorimetria); 3- potássio e sódio (por extrator Mehlich-1 e espectrofotometria de chama); 4- cálcio e magnésio (com base em extrator KCl 1 mol L⁻¹ e determinação por espectrometria de absorção atômica); 5- alumínio (extrator KCl 1 mol L⁻¹ e determinação por titulometria); 6- acidez total (por extrator acetato de

cálcio 0,5 mol L⁻¹); 7- nitrogénio (pelo método kjeldahl por meio de digestão sulfúrica e destilação com arraste de vapor).

Após a obtenção dos valores dos parâmetros, os resultados foram analisados, conforme a legislação vigente, para possíveis aplicações para solos cultiváveis. Cada parâmetro foi estudado de forma específica, de acordo com suas concentrações ou valores exigidos para uso como fertilizante, ou correção de solo, além de consultas na literatura considerada, conforme apresentado nos Quadros 3 e 4.

Quadro 3 – Padrões ou níveis nutricionais para cada parâmetro, exceto SB,n e H+Al.

Elemento/Unidade	Descrição	Baixo	Médio	Alto
pH (acidez)	Potencial hidrogeniônico	< 5,0	5,0 – 1,0	> 6,0
Al (cmolc/dm ³)	Alumínio	< 0,5	0,5 – 1,0	> 1,0
Ca (cmolc/dm ³)	Cálcio	< 1,6	1,6 – 3,0	> 3,0
Mg (cmolc/dm ³)	Magnésio	< 0,4	0,4 – 1,0	> 1,0
K	Potássio	< 30	30 – 60	> 60
CTC (cmolc/dm ³)	Capacidade de troca catiônica efetiva	< 2,0	2,0 – 4,0	> 4,0
CTC a pH 7,0 (cmolc/dm ³)	Capacidade de troca catiônica a pH7	< 5,0	0,5 – 15	> 15
M (%)	Índice de saturação em alumínio	< 30,0	30,0– 50,0	> 50,0
V (%)	Índice de saturação em bases	< 50,0	50 – 70	> 70,0

Fonte: Fundação Procafé (2015).

Nota: Adaptado pelo autor.

Quadro 4 – Padrões ou níveis nutricionais para soma de bases trocáveis (H+Al).

Elemento/Unidade	Descrição	Baixo	Médio	Alto
H + Al (cmolc/dm ³)	Acidez total ou potencial	< 4,0	4,0 – 2,0	> 2,0

Fonte: Fundação Procafé (2015).

Nota: Adaptado pelo autor.

Para soma de bases trocáveis (SB) e nitrogénio (N), não foram adotadas tabelas de classificação e, por isso, seus valores foram enquadrados conforme pesquisas na literatura considerada, como em Cruz, Pereira e Figueiredo (2017), Embrapa (2010) e Grant (2001).

3.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA CINZA (BIOCHAR) GERADA E OBTIDA DIRETAMENTE DA CALDEIRA A PARTIR DA QUEIMA DO LODO E CAVACO

Para caracterização das cinzas, foi seguida a metodologia utilizada para a caracterização do lodo. Após coleta do material diretamente na fornalha do frigorífico, no Laboratório de Engenharia do Centro Universitário São Camilo – ES, foi efetuada uma secagem do resíduo em estufa a 121 °C de temperatura durante duas horas, revolvendo a amostra em intervalos de 30 minutos (ANDREOLI; SPERLING; FERNANDES, 2014). Após isso, uma amostra de 150 gramas foi separada e encaminhada ao laboratório de análise química de solos Raphael M. Bloise, da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), campus Alegre – Centro de Ciências Agrárias. Foram analisados: Potencial Hidrogeniônico; Fósforo; Potássio; Sódio; Cálcio; Magnésio; Capacidade de Troca Catiônica a pH7; Índice de Saturação em Bases; Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; Soma de Bases Trocáveis; Índice de Saturação em Alumínio; Nitrogênio e a Acidez Total ou Potencial.

Os procedimentos empregados nas análises para quantificar os parâmetros desejados foram os mesmos do Lodo Frigorífico Primário já descritos no item 3.3.

Os experimentos referentes à possibilidade de uso das cinzas como filtro para a fumaça da caldeira e posterior descarte como condicionador de solo foram realizados no Laboratório de Engenharia do Centro Universitário São Camilo – ES. Para tal, foi preparada uma amostra contendo o lodo proveniente do tratamento de efluentes da avicultura devidamente homogeneizada por uma maceração das partes grosseiras, usando um gral com pistilo de porcelana. Após a homogeneização da amostra, foi pesada (Figura 6) uma porção de 20,0008 g de lodo e 79,9862 g de cavaco, rejeito do beneficiamento madeireiro, obtendo 20% do resíduo sólido analisado e 80% de cavaco, com o intuito de simular o procedimento que ocorre na empresa. Para a pesagem, utilizou-se balança digital modelo Marte AD500. Posteriormente, essa amostra foi levada para a Mufla à temperatura de 600°C (temperatura da caldeira no frigorífico) durante uma hora e 30 minutos, tempo suficiente para incineração de todo o material.

Figura 6 – Pesagem da amostra.



Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

A amostra passou por processo de resfriamento e foi pesada novamente para indicar a massa final. A incineração ocorreu em forno Mufla com comando de controle digital com sete rampas e sete patamares 6.7L da marca ENGETOTUS (Figura 7).

Figura 7 – Mufla utilizada para incineração.



NOTA:

1 – Mufla aberta

2 – Lateral da mufla com sua marca

Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

As análises para as propriedades físicas e químicas da cinza foram baseadas em (EMBRAPA, 2011a). Para a preparação dessa amostra, foi preciso retirar a maior parte de umidade presente numa porção de massa conhecida dessa amostra. Para isso, levou-se à mufla aproximadamente 142,56g de amostra à 200°C, pesada de 20

em 20 minutos até sua estabilização. A amostra foi deixada na mufla durante uma hora e 40 minutos, tendo as seguintes massas anotadas (Quadro 5).

Quadro 5 – Massas em gramas das cinzas, avaliadas a cada 20 minutos, durante o processo de secagem da amostra.

Tempo	Massa de cinzas (g)
Início	218,45
20 minutos de secagem	217,65
40 minutos de secagem	216,87
60 minutos de secagem	216,25
1h e 20 minutos de secagem	216,23
1h 40 minutos de secagem	216,23

Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

Após a secagem em Estufa, a cinza foi colocada no Moinho de Bolas de porcelana com o objetivo de triturar o material grosseiro, visto que a cinza apresentava inicialmente uma granulometria maior que a desejada para a execução dos procedimentos analíticos que foram realizados. Após, o material foi peneirado para obtenção de uma granulometria homogênea (Figura 8).

Figura 8 – Peneiramento das cinzas após a trituração.



Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

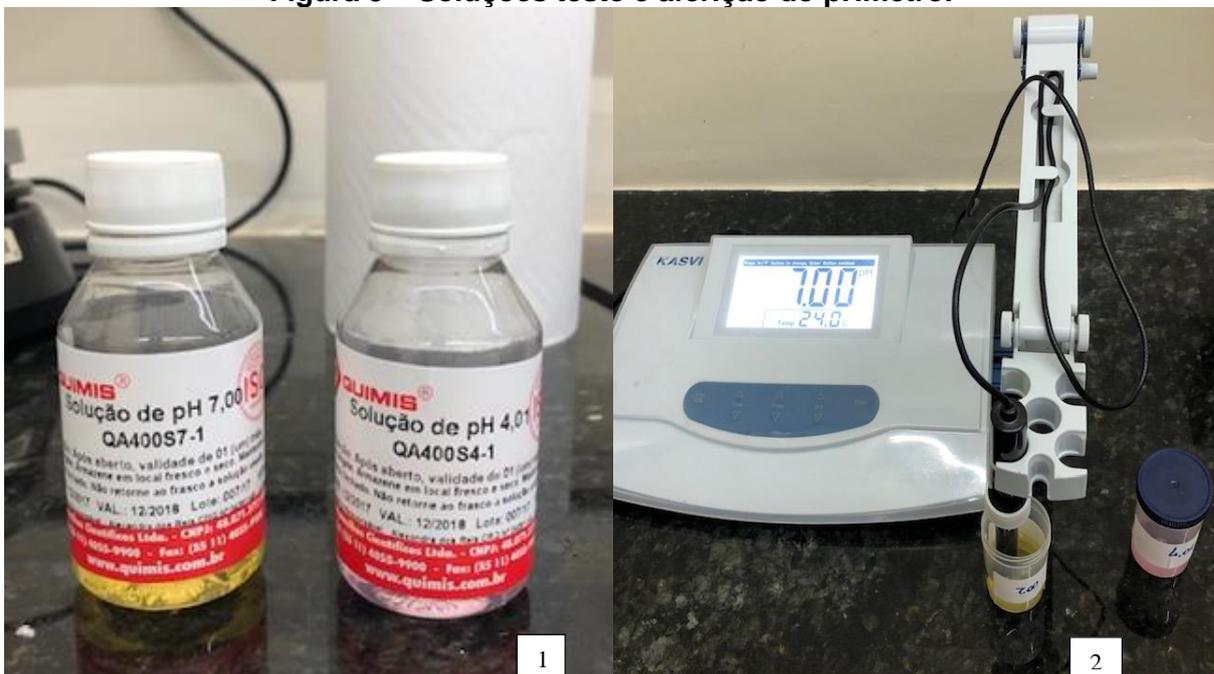
Para isso, foi utilizado um conjunto de duas peneiras sobrepostas a superior com malha de 20mm e a inferior com malha de 2mm.

3.4.1 Para o pH das cinzas da caldeira

Utilizou-se metodologia adaptada da EMBRAPA (2011). As cinzas utilizadas para esse processo foram oriundas do processo de homogeneização e de peneiramento, descritos anteriormente. Foram pesados 2g de cinzas e em um Becker de 100ml, depois foi adicionado 50 ml de água destilada com pH conhecido. Agitou-se e deixou-se em repouso por 24h, tempo suficiente para que os íons presentes na amostra de cinzas pudessem se dissolver na água. Após esse tempo, filtrou-se a amostra, com o auxílio de um filtro de papel, com o objetivo de retirar os sólidos suspensos não solúveis em água.

A água resultante do processo de filtragem foi analisada com o uso de um pHmetro da marca Kasvi. Para calibração do aparelho, foram utilizadas solução de pH 7,00 e de pH 4,01 da marca Quimis (Figura 9) antes de seu uso para as análises. Todos os testes foram realizados em triplicatas.

Figura 9 – Soluções teste e aferição do pHmetro.



NOTA:

1 – Soluções teste

2 – pHmetro sendo testado

Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

O pHmetro foi testado antes de cada uso durante todo o processo deste trabalho, para calibração do aparelho. Com o pHmetro já calibrado, a água contendo o material das cinzas diluído, já filtrada, foi levada ao pHmetro para o conhecimento do pH das cinzas

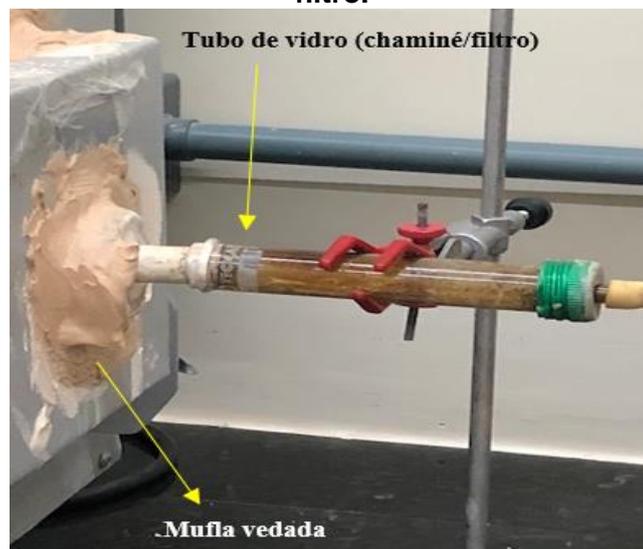
oriundas da caldeira do frigorífico. Além do teste com o pHmetro, também foi utilizada a fita indicativa de pH para uma avaliação qualitativa deste.

3.4.2 Metodologia para se conhecer o pH da fumaça gerada na caldeira

Na idealização de que a cinza alcalina poderia neutralizar a fumaça ácida e assim disponibilizar os nutrientes potássio e sódio na forma de sal, mais facilmente absorvível pelas plantas, foi avaliado o valor do pH da fumaça. Para isso, um experimento em escala reduzida foi produzido no Laboratório de Engenharia do Centro Universitário São Camilo – ES. O experimento foi realizado por meio da queima de cavacos e lodo em uma proporção de mistura igual à utilizada na empresa e recomendada por certos autores, como Meneghini e Proeinelli (2015), que foi 80% de cavaco e 20% de lodo frigorífico primário.

Para o experimento, foram utilizados a mufla digital, dois pedaços de mangueira de ½”, cada um com 40cm, um tubo de vidro (para simular a chaminé) (Figura 10), kitassatos e bomba a vácuo.

Figura 10 – Mufla vedada com caulim e tubo de vidro usado como chaminé e como filtro.



Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

Essa queima foi produzida em forno Mufla com comando de controle Digital com sete rampas e sete patamares 6.7L. da marca ENGETOTUS. A fumaça resultante dessa queima teve sua passagem forçada com o uso de uma bomba a vácuo. A fumaça foi

conduzida por um tubo de vidro com 25 cm de comprimento por 2cm de diâmetro (Figura 10). Vazio, esse tubo foi ligado a uma mangueira que conduz até o Kitassato com 100ml de água; do Kitassato sai uma outra mangueira ligada à bomba a vácuo Primate.

A água destilada presente no Kitassato possui o pH já previamente conhecido em 6,36. Após o tempo de passagem de cinco minutos de fumaça pelo Kitassato, a bomba foi desligada e o pH da água aferido com o uso de pHmetro, sendo possível assim conhecer o pH da fumaça. As Figuras 11 e 12 são do tubo de vidro que representa a chaminé de saída da fumaça da mufla e do experimento. A figura 11 demonstra todos os equipamentos utilizados, excluindo-se o pHmetro.

Para que a maior quantidade possível de fumaça passasse pelo experimento, a mufla foi vedada com uma massa formada por caulim e água (Figura 11). O experimento foi conduzido com nove repetições.

Figura 11 – Dispositivos utilizados para a execução do experimento de queima, passagem de fumaça e averiguação do pH.



Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

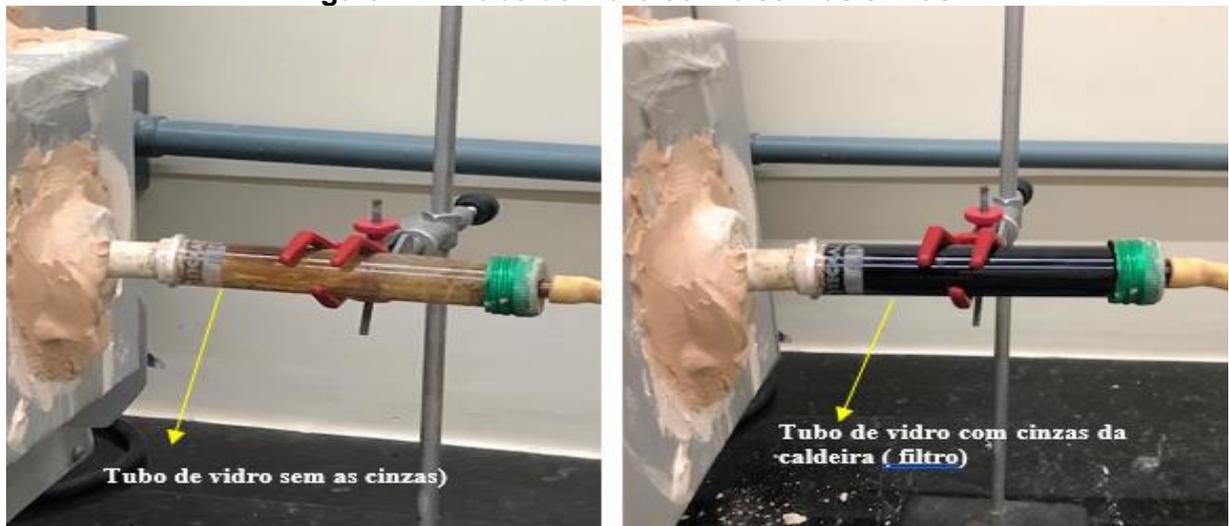
Pode-se observar a mufla vedada com a mistura de caulim e água. Isso funcionou como vedação da fumaça, a qual possuía apenas a abertura ligada ao tubo de vidro como único caminho.

3.4.3 Metodologia para se testar o uso das cinzas como corretivo para o pH da fumaça gerada pela queima do lodo e cavacos

Para tal, foi utilizado o experimento descrito no item anterior. A diferença é que o tubo de vidro por onde saía a fumaça da mufla foi preenchido com 130 gramas das cinzas da caldeira. O tempo de queima foi o mesmo do procedimento anterior de cinco minutos de queima, sendo que nessa etapa a fumaça passa pelo filtro de cinzas e depois no Kitassato com 100ml de água destilada com pH já conhecido de 6,36. Após o desligamento da bomba, a água presente no Kitassato foi levada ao pHmetro e seu pH averiguado.

Foram realizados dois tratamentos: 1- pH da água após a fumaça ter passado pelo filtro com 130g de cinzas; 2- pH da água após a fumaça ter passado pelo filtro sem as cinzas (Figura 12); e 3- como controle, o pH da água antes do processo ser iniciado foi avaliado em cada repetição. Após, o pH da água entre os tratamentos foram comparados. O experimento contou com nove repetições por tratamento. A imagem a seguir (Figura 12) demonstra o tubo de vidro sem as cinzas e depois com as cinzas fazendo o papel do filtro.

Figura 12 – Tubo de vidro com e sem as cinzas.

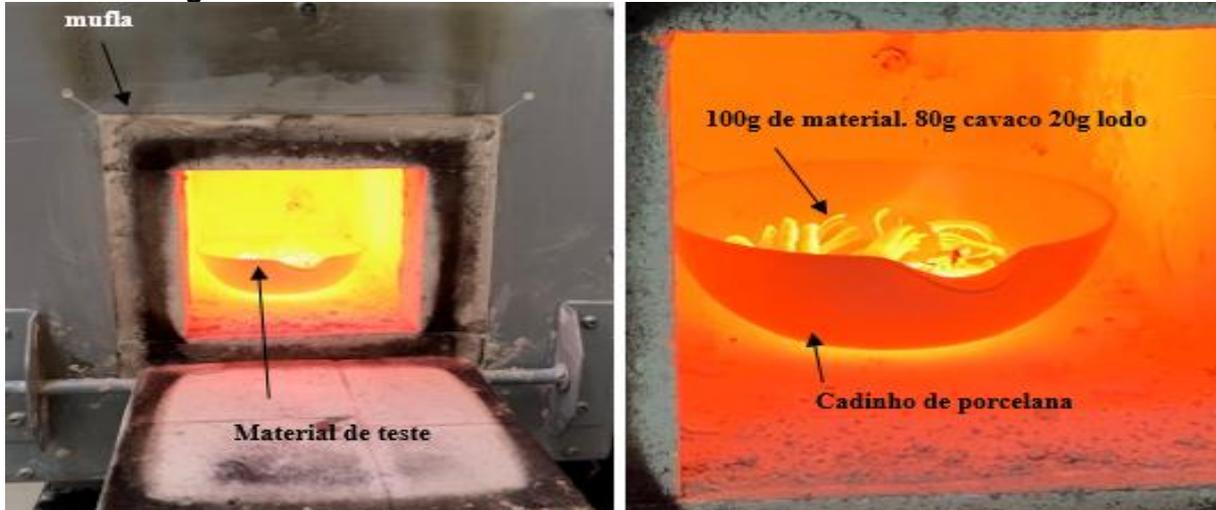


Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

Os testes consistiram em marcar o tempo total para a queima e produção de fumaça do material levado à mufla a 600°, temperatura igual à da caldeira do frigorífico. Em todas as repetições, após 5 minutos, não havia mais a produção de fumaça. Sendo assim, o tempo de 5 minutos foi estipulado como tempo de queima dos experimentos.

A Figura 13 é do material na mufla após 5 minutos, notando-se que o material já foi totalmente incinerado e não há mais a produção de fumaça significativa.

Figura 13 – Mufla e material totalmente incinerado em 5 minutos.



Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

3.4.4 Metodologia para se testar o pH das cinzas após serem usadas como filtro para a fumaça

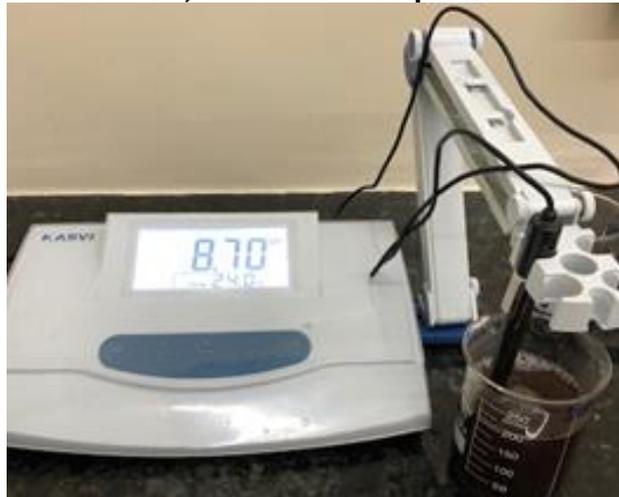
Nessa fase, as cinzas usadas como filtro de fumaça, para cada repetição do experimento, foram analisadas a fim de se saber se houve alteração do pH das cinzas e de quanto foi essa alteração.

Para tanto, repetiu-se o procedimento descrito para o pH das cinzas da caldeira. Foram realizadas nove repetições para a cinza do filtro, após a passagem da fumaça. As cinzas do filtro eram vertidas em um cadinho de porcelana e misturadas manualmente por um minuto. Após isso, dois gramas desse material foram retirados e colocados em um Becker de 100 ml, no qual se adicionou 50ml de água destilada com pH conhecido. A solução era misturada com bastão de vidro por um minuto e mantida em repouso por 24 horas - tempo suficiente para que os íons presentes na amostra de cinzas pudessem se dissolver na água.

Decorridas as 24 horas, cada uma das amostras com a água contendo a suspensão das cinzas foi filtrada com o auxílio de um filtro de papel (filtro marca Melitta), tendo como objetivo retirar os sólidos suspensos não solúveis em água. A água resultante

do processo de filtragem foi analisada com o uso de um pHmetro da marca Kasvi. Para calibração do aparelho, foram utilizadas soluções de pH 7,00 e de pH 4,01 da marca Quimis. A Figura 14 representa o procedimento de análise da água filtrada que estava com as cinzas.

Figura 14 – Análise do pH da água filtrada, suspensão de água com dois gramas de cinzas, com auxílio do pHmetro.



Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

Para avaliar se houve alteração no pH das cinzas da caldeira antes e depois de serem usadas como filtro, amostras de cinzas da caldeira passaram pelo mesmo processo citado acima e depois a água resultante do processo de filtração foi levada ao pHmetro para aferir seu potencial Hidrogeniônico e assim comparar com as usadas no filtro.

Na Figura 15, é possível evidenciar duas amostras de água resultantes desse processo, sendo a da esquerda a de cinzas usadas como filtro e, a da direita, de cinzas em natura, como produzidas na caldeira.

Figura 15 – Amostras de água resultante da filtração depois e antes de passarem pelo filtro.



Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÃO QUANTO AOS DADOS OBTIDOS NAS ANÁLISES DO LODO

Um dos resultados já obtidos com este trabalho foi a publicação de um artigo referente à caracterização do lodo e seus possíveis usos. Essa publicação foi na Revista Brazilian Journal of Development, Curitiba, volume 5, n. 1, p. 664-678, de janeiro de 2019, ISSN 2525-8761, apresentada na íntegra. Disponível em: <http://www.brjd.com.br/index.php/BRJD/article/view/981/861>. Essa revista possui qualificação no Webqualis B2.

4.1.1 Publicação¹

Análise de macronutrientes de resíduos sólidos provenientes da avicultura para possíveis aplicações como fertilizante de plantas

Analysis of macronutrients of solid residues from poultry for possible applications as plant fertilizer

Recebimento dos originais: 16/11/2018

Aceitação para publicação: 19/12/2018

Caio Henrique Ungarato Fiorese

Graduando em Engenharia Ambiental Instituição: Centro Universitário São Camilo (ES) – Brasil
Endereço: Rua Alvino Marques, nº 195, Vila Barbosa, Castelo/ES. E-mail: caiofiorese@hotmail.com

Fagner Pereira Dezidério

Graduando em Engenharia Ambiental Instituição: Centro Universitário São Camilo (ES) – Brasil
Endereço: Rua Pedro Américo, nº 82, Paraíso, Cacheiro de Itapemirim/ES. E-mail: wajui@hotmail.com

Helimar Rabello

Mestrando em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, PPGES/CT/UFES Instituição: Centro Universitário São Camilo (ES) – Brasil
Endereço: Rua William Rose, nº 168, Centro, Vargem Alta/ES. E-mail: helimarbio@hotmail.com

¹ Artigo publicado na Revista Brazilian Journal of Development em janeiro de 2019. Os Títulos, Figuras e Tabelas **não** compõem o Sumário, Listas de Ilustrações e Referências.

Adriana Fiorotti Campos

Doutora em Planejamento Energético – COPPE / UFRJ Departamento de Economia - UFES
Mestrado profissional em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, PPGES/CT/UFES. Endereço:
Avenida Fernando Ferrari, nº 514, Goiabeiras, Vitória/ES.
E-mail: afiorotti@yahoo.com

Michaela Picoli Scolforo Gouvêa

Graduanda em Engenharia Ambiental Instituição: Centro Universitário São Camilo (ES) – Brasil
Endereço: Rua Waldemar Teixeira da Vitória, nº 22, Aracuí, Castelo/ES. E-mail:
michaelapicoli@hotmail.com

Lara Francisca Polonini Valiati

Graduanda em Engenharia Ambiental Instituição: Centro Universitário São Camilo (ES) – Brasil
Endereço: Rua Oenes Taylor, nº 135, Monte Aghá 1, Piúma/ES E-mail: laravaliati@hotmail.com

Gilson Silva Filho

Doutor em Ecologia e Recursos Naturais -UENF
Departamento de Engenharia CT/UFES Instituição: Centro Universitário São Camilo-ES Mestrado
profissional em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, PPGES/CT/UFES. Endereço: Rua São
Camilo de Lellis, nº 01, Paraíso, Cachoeiro de Itapemirim/ES.
E-mail: silva.filho.gilson@gmail.com

Otoniel de Aquino Azevedo

Mestre em Ciências Naturais - UENF Departamento de Engenharia
Instituição: Centro Universitário São Camilo-ES
Mestrado profissional em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, PPGES/CT/UFES. Endereço:
Rua São Camilo de Lellis, nº 01, Paraíso, Cachoeiro de Itapemirim/ES.
E-mail: otoazevedo@gmail.com

RESUMO

O objetivo do estudo foi realizar a análise de macronutrientes de uma amostra de resíduos de uma indústria avícola, bem como verificar seu tratamento, sua destinação como possível fertilizante ecológico de solos cultiváveis e sugestões para futuros estudos. Uma amostra do resíduo sólido, após a secagem, foi coletada, gerada pela indústria de abate e comércio de aves. A breve descrição de seu sistema de tratamento de efluentes foi feita. A amostra foi enviada para um laboratório de análise de macronutrientes, onde os valores dos parâmetros foram determinados para serem posteriormente caracterizados e enquadrados de acordo com pesquisas da literatura. O sistema de tratamento consiste em tanques de estocagem, homogeneização e secagem (onde o lodo seco é processado), lagoa anaeróbica e facultativa. Os valores estimados para a indústria avícola não foram uniformes para aplicação em plantas, com excesso ou deficiência na maioria dos parâmetros. No entanto, apresentou níveis excepcionais, como o nitrogênio, e são aplicáveis em culturas baseadas em alguns parâmetros. No ponto de vista funcional das plantas, a aplicação desse fertilizante depende dos padrões nutricionais exigidos. Melhor balanço nutricional do resíduo, bem como estudos experimentais sobre a aplicação destes em diferentes espécies de plantas e viabilidade econômica são sugestões para estudos futuros.

Palavras-chave: Fertilizante ecológico; Indústria avícola; Sustentabilidade; Tratamento de efluentes de aves.

ABSTRACT

The study objective was to perform the macronutrient analysis of a sample of residues from a poultry industry, as well as verify its treatment, its destination as a possible ecological fertilizer of cultivable soils and suggestions for future studies. A sample of the solid residue, after drying, was collected, generated by slaughtering industry and poultry trade. The brief description of its effluent treatment system was made. The sample was sent to a macronutrient analysis laboratory, where the values of the parameters were determined to be later characterized and framed according to research in the literature. The treatment system consists of racking, homogenization and drying tanks (where the dry sludge is processed), anaerobic and facultative pond. The estimated values for the poultry industry were not completely uniform for application in plants, with excess or deficiency in most parameters. However, it presented exceptional levels, such as nitrogen, and are applicable in crops based on some parameters. In the functional point of view of the plants, the application of this fertilizer depends on the required nutritional standards. Better nutrient balance of the residue, as well as experimental studies on the application of the same in different plant species and economic viability are suggestions for future studies.

Keywords: Ecological fertilizer; Poultry industry; Sustainability; Treatment of poultry effluents.

1 INTRODUÇÃO

Juntamente com o aumento nos índices produtivos da avicultura, cresce também a quantidade de resíduos provenientes do abate de aves, o que é motivo de preocupação para agroindústria. Além disso, a avicultura, em sua abordagem específica, gera consideráveis volumes e cargas de resíduos que, por sua vez, podem impactar determinado ambiente, quando disponibilizado de forma indevida.

Para amenizar esse problema, existem diversas formas para o tratamento dos resíduos da avicultura, que podem ser físicos, químicos e biológicos. Nesse contexto, tratamento aeróbio e anaeróbio, compostagem e tanques de adensamento são alguns tipos de estratégias nas quais ocorre o processamento desses resíduos.

Os sistemas de tratamento de efluentes, em indústrias como a de avicultura, possuem capacidade de reduzir consideravelmente contaminantes químicos e microbiológicos. Contudo, a destinação correta desses resíduos é uma obrigatoriedade das empresas, sendo que estas possuem a exigência em se enquadrarem nas leis e normas ambientais para terem sua atividade devidamente licenciada.

Em algumas indústrias, o resíduo possui como destinação final uma empresa coletora, devidamente credenciada em sua atividade. Porém, os custos como, por exemplo, o transporte do material, em certos casos pode inviabilizar a produtividade e lucratividade do empreendimento. Dessa forma, a reutilização desse resíduo é de extrema importância, tanto para a indústria de avicultura quanto para a economia local, além de trazer grandes benefícios para o meio ambiente como, por exemplo, economia no consumo de recursos naturais e melhoria na qualidade do solo e da água.

O objetivo deste estudo foi fazer uma análise de macronutrientes de uma amostra de resíduos oriundos de uma indústria avícola, bem como fazer uma breve descrição do seu sistema de tratamento, sua destinação como possível fertilizante ecológico de solos cultiváveis e sugestões para futuros estudos.

2 REVISÃO

A escassez dos recursos naturais tem levado a leis ambientais cada vez mais rígidas, e os custos envolvidos com o uso desses recursos vêm se tornando mais crescentes no setor industrial, levando as indústrias a buscar alternativas que minimizem esses custos, procurando dessa forma reduzir os impactos ambientais (MENEZES; RAMOS, 2010).

Devido à crescente produção brasileira, a produção de resíduos das indústrias de abate e processamento de frango tem aumentado muito, principalmente, entre outros fatores, devido ao acréscimo na utilização de água potável durante as atividades e ao aperfeiçoamentos na legislação quanto à melhoria da higiene (OLIVEIRA, 2011), sendo que o aumento da quantidade de resíduos e do uso da água culmina na elevação de poluente e em maior dispersão do resíduo no meio ambiente.

O Brasil dispõe de rebanhos com importante representatividade mundial, considerando-se bovinos, suínos e aves, principalmente em virtude da sua extensão territorial e capacidade produtora de grãos. Nesse cenário, a avicultura de corte brasileira é reconhecida como uma das mais desenvolvidas do mundo, com índices de produtividade excepcionais (SUNADA, 2011). Ainda de acordo com Sunada (2011), os abatedouros se inserem como agroindústrias, cujos resíduos oriundos são

vísceras de animais abatidos, pedaços de carne, sangue e outros materiais, sendo todos capazes de receberem tratamento biológico.

A atividade avícola no Brasil está mais concentrada nas regiões Sul e Sudeste que, juntas, são responsáveis por 75% do volume total da produção do país. As duas regiões possuem características econômicas que facilitam sua liderança na avicultura, sobretudo na oferta de insumos básicos e assistência técnica (SEBRAE, 2008).

Em relação à produção de carne de frango, os principais resíduos gerados no processo de abate são vísceras não comestíveis, penas, sangue, cabeças, peles, gorduras, ossos e carcaças desclassificadas. Eles são descartados por não servirem para o consumo humano e ao comércio (PADILHA *et al.*, 2005). Depois do período de engorda, os frangos são encaminhados para frigoríficos e abatedouros, onde são abatidos e enviados para comercialização, sejam como frangos inteiros ou como cortes (SEBRAE, 2008). Gargia (2016) afirma que esse processo provoca impactos ao meio ambiente, pois, durante o abate, são utilizados grandes volumes de água, além de gerar uma série de resíduos e águas residuárias com elevada carga orgânica.

A adubação orgânica tem sido uma das alternativas de adubação do solo e nutrição de plantas mais utilizada como substituto de fertilizantes químicos; possui vantagens na melhoria das condições físicas e químicas do solo por meio da incorporação de matéria orgânica (SOUZA, 1998).

Fertilizantes são substâncias minerais ou não minerais, de origem natural ou sintética, que são capazes de dar às plantas um ou mais nutrientes essenciais a seu desenvolvimento. O uso de fertilizantes proporciona o aumento da produção agrícola, desde que eles sejam aplicados da forma adequada e nas quantidades técnicas recomendadas para correção de deficiências nutricionais do solo e da cultura correspondente (CRUZ; PEREIRA; FIGUEIREDO, 2017).

De acordo com a Norma Brasileira (NBR) 10.004 (BRASIL, 2004), são denominados resíduos sólidos os resultantes de atividades industriais, domésticas, agrícolas, entre outras, incluindo os lodos das Estações de Tratamento de Efluentes (ETE's), resíduos gerados em equipamentos e instalações de controle da poluição, cujas

particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

A resolução CONAMA nº 375, de 29 de agosto de 2006, define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de efluente e seus produtos derivados, e dá outras providências (BRASIL, 2006).

Práticas adequadas de manejo dos resíduos são essenciais para que a indústria avícola cresça e se desenvolva sob as condições de restrições legais atualmente existentes. As operações de produção de frangos e poedeiras geram, anualmente, um grande volume de resíduos sob forma de esterco, efluentes, camas de aves e aves mortas. Além de seu uso como fertilizante orgânico, o esterco de aves pode ser usado em cultivos hortícolas, de fruteiras, florestas e como componente orgânico para composição de solo destinado à jardinagem (SEIFFERT, 2000). O autor também destaca níveis de nitrogênio, fósforo e potássio presentes no resíduo avícola, suficientes para atender consideráveis demandas.

Conforme Montagna (2017), os resíduos apresentam algumas características em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, que, se destinados de forma incorreta, podem apresentar riscos à saúde pública, provocando mortalidade, aparecimento de doenças e riscos ao meio ambiente quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.

Uma preocupação decorrente desse resíduo é quanto há presença de microorganismos com elevado potencial patogênico, como *Salmonellas*, *Staphylococcus* e *Clostridium*, que podem estar presentes nas carcaças dos animais e, assim, irão compor o efluente gerado com o abate (SALMINEN; RINTALA, 2002). Os usos industriais com maior potencial de aproveitamento do resíduo em áreas de concentração significativa de indústrias são as torres de resfriamento, caldeiras, a construção civil, irrigação de áreas verdes e processos industriais (BRAGA *et al.*, 2005).

O principal destino adotado, pelos produtores, para esses resíduos, relaciona-se à sua composição e capacidade de suprir de nutrientes o solo e as plantas. Estudos

comprovam que a aplicação de lodo pode melhorar a qualidade do solo, com aumento dos teores de matéria orgânica, nitrogénio, magnésio e potássio (UNAL; KATKAT, 2009). Há melhorias também nos teores de fósforo, cálcio e capacidade de troca catiônica (CTC) (NASCIMENTO *et al.*, 2004), além do carbono orgânico total e da atividade microbiana (MINGORANGE *et al.* 2014). No entanto, o volume de nutrientes adicionado ao solo deve equivaler-se ao retirado pelas plantas em um determinado tempo, de maneira que não haja deficiências nem excessos (BADO, 2006). A utilização desses resíduos na agricultura, por exemplo, além de ter uma importância ambiental expressiva, surge como uma opção extremamente viável para o aumento da produtividade das culturas (GONÇALVES *et al.*, 2018).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho se baseou em uma pesquisa experimental acerca da análise de parâmetros químicos do resíduo sólido gerado por uma empresa de avicultura e de suas possíveis aplicações no seu reúso, com base nos parâmetros considerados. Primeiramente, foi realizada uma pesquisa técnica na empresa, cuja atividade é a avicultura. Nela, são realizadas atividades como, por exemplo, abate e comercialização de frangos. A empresa tem, em seus adeptos, um sistema de tratamento do efluente produzido. A visita técnica ocorreu com auxílio de técnicos da empresa responsáveis pelos setores de produção industrial e processamento dos resíduos. Nela, foram avaliados os seguintes quesitos:

- 1- Tipo do efluente gerado e seu processo de tratamento.
- 2- Destinação do resíduo depois de passar pelas etapas do tratamento.

Após essa etapa, foi coletada uma amostra do resíduo seco, depois de passar por uma das etapas de tratamento, conforme mostra a figura 1.

Figura 1. Resíduo coletado.



Fonte: Os Autores, 2018.

Posteriormente, foi feita uma secagem do resíduo em estufa a 121 °C de temperatura durante o período de duas horas, revolvendo a amostra em intervalos de 30 minutos (ANDREOLI; SPERLING; FERNANDES, 2014). Após esse tempo, foi encaminhado o equivalente a 1.000 g do resíduo tratado para o laboratório de análise química de solos Raphael M. Bloise, da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), campus Alegre – Centro de Ciências Agrárias. Nesse local, foram avaliados os seguintes parâmetros: potencial hidrogeniônico (pH), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), capacidade de troca catiônica a pH 7 (T), índice de saturação em bases (V), capacidade de troca catiônica efetiva (t), soma de bases trocáveis (SB), índice de saturação em alumínio (m), nitrogênio (n) e acidez total ou potencial (H + Al).

De acordo com o laboratório, os equipamentos e procedimentos utilizados para quantificar os parâmetros foram, para cada um: 1- pH (por meio de relação solo-água); 2- fósforo (por extrator Mehlich-1 e determinação por colorimetria); 3- potássio e sódio (por extrator Mehlich-1 e espectrofotometria de chama); 4- cálcio e magnésio (com base em extrator KCl 1 mol L⁻¹ e determinação por espectrometria de absorção atômica); 5- alumínio (extrator KCl 1 mol L⁻¹ e determinação por titulometria); 6- acidez total (por extrator acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹); 7- nitrogênio (pelo método Kjeldahl por meio de digestão sulfúrica e destilação com arraste de vapor). No entanto, o parâmetro matéria orgânica não foi analisado, devido à insuficiência dos equipamentos no momento das análises. Todos os dados foram agrupados em tabelas, para melhor análise.

Posteriormente, após a obtenção dos valores dos parâmetros, os resultados foram analisados conforme à legislação vigente, para possíveis aplicações para solos cultiváveis. Cada parâmetro foi estudado de forma bem específica, de acordo com suas concentrações ou valores exigidos para uso como fertilizante, conforme apresentado nas tabelas 1 e 2, além de consultas na literatura considerada. Para soma de bases trocáveis (SB) e nitrogênio (n), não foram adotadas tabelas de classificação e, por isso, seus valores foram enquadrados conforme pesquisas na literatura considerada.

Tabela 1. Padrões ou níveis nutricionais para cada parâmetro, exceto SB, n e H+Al.

Elemento/Unidade	Descrição	Baixo	Médio	Alto
pH (acidez)	Potencial hidrogeniônico	< 5,0	5,0 - 6,0	> 6,0
Al (cmol _c dm ⁻³)	Alumínio	< 0,5	0,5 - 1,0	> 1,0
Ca (cmol _c dm ⁻³)	Cálcio	< 1,6	1,6 - 3,0	> 3,0
Mg (cmol _c dm ⁻³)	Magnésio	< 0,4	0,4 - 1,0	> 1,0
K	Potássio	< 30	30 - 60	> 60
CTCe (cmol _c dm ⁻³)	Capacidade de troca catiônica efetiva	< 2,0	2,0 - 4,0	> 4,0
CTC a pH 7,0 (cmol _c dm ⁻³)	Capacidade de troca catiônica a pH 7	< 5,0	5 - 15	> 15
m (%)	Índice de saturação em alumínio	< 30,0	30,0 - 50,0	> 50,0
V (%)	Índice de saturação em bases	< 50,0	50 - 70	>70,0

Fonte: Adaptado de Embrapa (2015).

Tabela 2. Padrões ou níveis nutricionais para soma de bases trocáveis (H + Al).

Elemento/Unidade	Descrição	Baixo	Médio	Alto
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	Acidez total ou potencial	> 4,0	4,0 - 2,0	< 2,0

Fonte: Adaptado de Fundação Procafé (2015).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema de tratamento da empresa estudada possui as seguintes descrições, coletadas na pesquisa de campo:

O tipo de efluente gerado é constituído por óleo, gordura e lodo, sendo que este é composto por excesso de matéria orgânica. Com relação ao sistema de tratamento, primeiramente, o resíduo das aves é separado do efluente por meio de grades (gradeamento). Em seguida, com a separação, o efluente é encaminhado para um tanque homogeneizador, onde é homogeneizado por meio da inserção de

floculantes. No final dessa etapa, há formação de uma camada de espuma que, como é menos densa, é retirada do restante do efluente com auxílio de uma pá gigante que fica na parte superior do tanque. Essa pá retira o excesso de matéria orgânica que, por sua vez, vai para um tanque de secagem através de seu transporte em tubulações, formando o chamado “lodo”. O resíduo seco, coletado para o estudo deste trabalho, apresenta essas etapas de processamento.

Nas demais partes do sistema, o efluente, depois de separado do resíduo, é levado para uma lagoa anaeróbia. Esse local, juntamente com a lagoa facultativa, constitui na parte final do sistema de tratamento. O efluente tratado é despejado em um rio que passa próximo à empresa. O material gerado serve como matéria-prima para fabricação de vários produtos como batom, ração para animais, protetor solar e tintas. Porém, com relação ao lodo, a indústria arca com despesas para que uma empresa faça serviços de coleta e transporte desse resíduo para um aterro.

Os valores dos parâmetros considerados nas análises de macronutrientes estão na tabela 3.

Tabela 3. Resultados dos parâmetros analisados.

PH	Fósforo (P)	Potássio (K)	Sódio (Na)	Cálcio (Ca)	Magnésio (Mg)	Alumínio (Al)
4,98	4,84 mg dm ⁻³	399,00 mg dm ⁻³	181,00 mg dm ⁻³	6,85 Cmolc dm ⁻³	1,07 Cmolc dm ⁻³	1,6 Cmolc dm ⁻³
H + Al	Soma de bases trocáveis (SB)	Capacidade de troca catiônica efetiva (t)	Capacidade de troca catiônica a pH 7 (T)	Índice de saturação em bases (V)	Índice de saturação em alumínio (m)	Nitrogênio (N)
51,23 Cmolc dm ⁻³	4,84 Cmolc dm ⁻³	11,34 Cmolc dm ⁻³	60,97 Cmolc dm ⁻³	15,97%	14,11%	4,90 dag kg ⁻¹

Fonte: O autor (2015).

O valor do pH foi classificado como baixo, ficando, assim, abaixo do que é recomendado para adubação, que seria um pH de caráter mais neutro. Os solos agrícolas brasileiros, na maioria, apresentam média a alta acidez, o que traz como consequência a baixa produtividade das culturas (VELOSO *et al.*, 1992). Dessa forma, o teor de pH encontrado no resíduo avícola não favorece uma boa produtividade, para determinado cultivo, portanto, sua aplicação não exerce melhoria em relação a esse parâmetro, quando aplicado em um solo.

Assim como o pH, o valor de fósforo também foi baixo. As limitações na disponibilidade de fósforo no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de fósforo a níveis adequados (GRANT *et al.*, 2001). No resíduo analisado, a disponibilidade dessa substância é muito baixa para suprir uma considerável demanda de uma planta.

Quanto ao potássio, este apresentou resultado muito alto para sua aplicação agrícola. De acordo com Embrapa (2003), a agricultura orgânica é um sistema produtivo que possibilita o uso de fontes alternativas de potássio.

O potássio é um dos macronutrientes mais utilizados pelas plantas, perdendo apenas para o nitrogênio, sendo que altos rendimentos implicam em maior necessidade de potássio pela cultura. Os solos brasileiros, em geral, apresentam carência dessa substância (EMBRAPA, 2003). No resíduo estudado, o índice de potássio é excepcional para suprir sua deficiência em solos cultiváveis.

Assim como o parâmetro explicado anteriormente, foi observado um valor muito elevado para o cálcio. Essa substância promove a redução da acidez do solo, melhora o crescimento das raízes, aumento da atividade microbiana e da disponibilidade de nutrientes. Além disso, diminui a toxidez do alumínio (Al), cobre (Cu) e manganês (Mn). Plantas que apresentam altos teores de cálcio resistem melhor à toxidez desses elementos (AGROLINK, 2016). O resíduo apresentou valor elevado para o cálcio, sendo importante na aplicação em solos para minimizar a toxicidade de algumas substâncias químicas e na maior fertilidade.

Com relação ao magnésio, este foi um parâmetro determinado em quantidade alta. De acordo com Cakmak e Yazici (2010), o magnésio possui várias funções quando absorvido pelas plantas como, por exemplo, fixação fotossintética do dióxido de carbono, síntese proteica e formação de clorofila. Ainda segundo os autores, muitos processos fisiológicos e bioquímicos nas plantas são afetados pela falta de magnésio, provocando prejuízos no crescimento e na produção. Dessa forma, o teor de magnésio encontrado no resíduo é satisfatório na fertilização, contribuindo, assim, em um melhor funcionamento do organismo das plantas.

O alumínio é um dos principais fatores acidificantes, especialmente em solos de regiões tropicais, sendo que, em geral, seu conteúdo é muito maior na raiz do que em outras partes da planta. Sua absorção pela planta ocorre principalmente em sua forma mais tóxica (RIBEIRO; VILELA, 2007). A presença de alumínio no solo pode inibir o crescimento radicular e influenciar a disponibilidade de outros nutrientes e processos, como a mineralização da matéria orgânica (EMBRAPA, 2015). Conforme o índice de alumínio encontrado, sua quantidade determinada foi alta, entretanto, não satisfatória. O alumínio, por contribuir na acidez de um solo, pode acarretar problemas semelhantes aos provocados pelo pH, como, por exemplo, prejuízos na produtividade vegetal.

Quanto mais baixo for o pH, mais elevado é o valor da acidez total ou parcial ($H + Al$) que, por sua vez, é utilizada para o cálculo da capacidade de troca catiônica e da saturação por bases (EMBRAPA, 2015). O resultado encontrado em relação a esse parâmetro foi extremamente baixo, contrariando a ideia exposta por Embrapa (2015), pois o valor do pH também foi baixo. Para o $H + Al$, a condição de menores níveis é a mais adequada (FUNDAÇÃO PROCAFÉ, 2015), portanto, no resíduo analisado, esse parâmetro não está em conformidade para aplicação em cultivos.

A soma de bases trocáveis (SB) reflete a soma de cálcio, magnésio, potássio e, se for o caso, também o sódio. Essa soma dá uma indicação do número de cargas negativas dos colides que está ocupado por bases. Além disso, permite calcular a porcentagem de saturação de alumínio e a de bases da CTC efetiva (LOPES; GUILHERME, 2004). Esse parâmetro, ao contrário dos demais descritos nos parágrafos anteriores, não possui uma classificação específica, uma vez que o valor da soma de bases trocáveis é utilizado para estimar outros parâmetros.

A capacidade de troca catiônica (CTC) é definida como a quantidade de íons eletropositivos que um solo pode reter em determinadas condições (VAN RAIJ; KÜPPER, 1966), sendo um dado a ser considerado no manejo da adubação. Em solos de baixa CTC, o parcelamento do nitrogênio e potássio é necessário para evitar perdas por lixiviação (EMBRAPA, 2015). Os valores obtidos para as capacidades de troca catiônica efetiva e a pH 7 foram classificados como altos, em decorrência dos elevados valores obtidos para os parâmetros nitrogênio e potássio.

O índice de saturação por bases (v) é a proporção da capacidade de troca catiônica ocupada pelas bases (EMBRAPA, 2015). Esse índice é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade e do solo, sendo que $v \geq 50\%$ indica solos férteis e $v < 50\%$ indica solos pouco férteis (EMBRAPA, 2010). O resíduo estudado apresentou valor baixo desse parâmetro, indicando que não há grande fertilidade. Dessa forma, sua aplicação em solos não iria contribuir para um aumento de saturação por bases das áreas cultivadas.

Quando a saturação por alumínio (m) é alta, ou seja, maior ou igual a 50%, o solo é ácido, ou seja, pobre em cálcio, mas com alto teor de alumínio tóxico para as raízes (PRADO; CARVALHO, 2018). No caso do resíduo analisado, o valor de m foi inferior a 30%, ou seja, baixo, indicando índice de cálcio elevado, como já foi discutido neste trabalho.

O nitrogênio, para as plantas, é importante, entre outros fatores, para estimar o crescimento das raízes, ajudar na absorção de cálcio e cumprir função estrutural e participativa em processos metabólicos (RIBEIRO; VILELA, 2007). Como não há um número específico de teores de nitrogênio para as plantas, caracterizar esse valor é um procedimento mais complexo. Dessa forma, é relevante comparar os teores de nitrogênio em outras fontes de adubação orgânica com àquela considerada neste trabalho. A tabela 5 mostra, em detalhes, a porcentagem de nitrogênio presente em alguns adubos minerais orgânicos.

O valor encontrado no resíduo analisado foi de $4,9 \text{ dag kg}^{-1}$ ou 4,9%. Comparando com os demais fertilizantes da tabela, foi o teor de nitrogênio mais elevado. Isso pode ser importante para alguns cultivos, entretanto, é relevante entender os padrões nutricionais de cada espécie, para que não haja excesso de nitrogênio. Ribeiro e Vilela (2007) destacam os prejuízos do excesso de nitrogênio na planta, os quais podem ser: aumento da fase vegetativa, atraso no florescimento e redução da frutificação.

De maneira geral, é importante frisar que os valores estimados para o resíduo da indústria avícola não estão totalmente regulares, havendo excesso ou carência, na maioria dos parâmetros. A aplicação desse material como fertilizante, do ponto de vista ambiental, é recomendada, pois ajuda na reciclagem de um recurso que traria

problemas ambientais severos, caso não fosse destinado de forma adequada, de acordo com a norma ABNT NBR 10.004 (BRASIL, 2004).

A aplicação do resíduo como fertilizante agrícola é mais recomendada em situações em que há pouca fertilidade do solo de um local, com déficit de alguns nutrientes como nitrogênio e fósforo, desde que não seja em grandes quantidades. A avicultura pode impactar a água de várias maneiras como, por exemplo, quando não há um tratamento e destinação adequados do resíduo (EMBRAPA, 2011). Dessa forma, o resíduo tem relevante importância para uso como fertilizante ecológico, apesar de necessitar ainda de estudos mais profundos acerca do comportamento das plantas com o uso desse material.

Tabela 5. Teores médios de nitrogênio para alguns adubos orgânicos.

Adubo orgânico	Teores médios de nitrogênio
Bagaçó/cana	1,07%
Palha/café	1,37%
Esterco bovino	1,27%
Esterco equino	1,44%
Esterco ovino	2,13%
Composto	1,37%
Vermicomposto	1,87%

Fonte: Martins (2006).

5 COMENTÁRIOS FINAIS

No cultivo de plantas, o resíduo apresenta boas concentrações de alguns nutrientes benéficos. Contudo, teores vistos em outros nutrientes não são favoráveis às plantas como, por exemplo, pH e alumínio. O sistema de tratamento da indústria afeta nos valores dos macronutrientes, pois ajuda a reduzir microorganismos patogênicos e na secagem do resíduo. Há desequilíbrio na quantidade de macronutrientes no resíduo, o que afeta a disponibilidade de nutrientes no solo. Do ponto de vista funcional das plantas, a aplicação desse adubo depende dos padrões nutricionais exigidos, sobretudo com relação ao nitrogênio. Um dos grandes desafios para futuras pesquisas sobre esse resíduo da empresa está relacionado ao balanceamento dos nutrientes, além de estudos experimentais sobre a aplicação desse resíduo em diferentes espécies de plantas e análise de viabilidade econômica.

REFERÊNCIAS

AGROLINK. **Cálcio**. 2016. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/calcio_361447.html. Acesso em: 8 mai. 2018.

ANDREOLI, C. V. **Resíduos sólidos do saneamento**: processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

BADO, C. **Gestão de resíduos resultantes da produção de frangos de corte**. 2006. 63f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Resíduos sólidos**: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71p.

BRASIL. Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgotos gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 30 ago. 2006. Seção 1, p. 141-146.

CAKMAK, I.; YAZICI, A. M. Magnésio: um elemento esquecido na produção agrícola. **BetterCrops**, v. 94, n. 2, p. 23-25, 2010.

CRUZ, A. C.; PEREIRA, F. dos S.; FIGUEREDO, V. S. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro. **BNDES Setorial**, n. 45, p. 137-187, 2017.

EMBRAPA. **A importância estratégica do potássio para o Brasil**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. 27p.

EMBRAPA. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26p.

EMBRAPA. **Manejo ambiental na avicultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. 221 p.

EMBRAPA. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13p.

FUNDAÇÃO PROCAFÉ. **Padrões referenciais**. 2018. Disponível em: <http://www.fundacaoprocafe.com.br/laboratorio/solos-e-folhas/padroes-referenciais>. Acesso em: 15 maio 2018.

GARCIA, N. N. 2016. **Uso do lodo de flotor de abatedouro de aves na produção de biochar**. 2016. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

GONÇALVES, J. C. *et al.* Análise socioambiental da geração de resíduos da atividade agrícola e sucroenergética. **Educação Ambiental em Ação**, n. 62, 2018.

GRANT, C. A. *et al.* A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, n. 95, set. 2001.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Interpretação de análise de solo: conceitos e aplicações**. Lavras: ANDA, 2004. 50p.

MARTINS, A. G. **Adubação orgânica ou não, eis a questão**. 2006. Disponível em: <https://www.cafepoint.com.br/noticias/tecnicas-de-producao/adubacao-organica-ou-nao-eis-a-questao-31999n.aspx>. Acesso em: 23 maio 2018.

MENEZES, N.; RAMOS, G. **A importância do tratamento de efluentes orgânicos e industriais como mecanismo de reaproveitamento de água em indústrias: análise do programa das bactérias Moura em Belo Jardim**. 2010. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2010/II-001.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2018.

MINGORANCE, M. D. *et al.* Stabilized municipal sewage sludge addition to improve properties of an acid mine soil for plant growth. **Journal of Soils and Sediments**, v. 14, n. 4, p. 703-712, 2014.

MONTAGNA, T. B. **Levantamento e análise de técnicas para disposição e tratamento de dejetos de suínos e de aves em estabelecimentos rurais familiares**. 2017. 157f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2017.

NASCIMENTO, C. W. A. *et al.* Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, p. 385-392, 2004.

OLIVEIRA, A. R. de M. **Biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro avícola**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2011.

PLANTE CERTO. **Tabelas de interpretação**. Disponível em: http://www.plantecerto.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=54&Itemid=84. Acesso em: 5 maio 2018.

PRADO, H. do; CARVALHO, J. P. de. **Solos e ambientes de produção para o agricultor**. Disponível em: http://www.pedologiafacil.com.br/artig_7.php. Acesso em: 9 maio 2018.

RIBEIRO, D. O.; VILELA, L. A. F. **Nutrientes**. Mineiros: s.e., 2007. 54p.

SANTOS, N. M.; MALHEIROS, R.; TAVEIRA, R. Z. Disposição adequada de resíduos orgânicos gerados no setor de avicultura de produção de frangos de corte por meio da compostagem. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO*

AMBIENTAL, 8., 2017, Campo Grande. **Gestão ambiental...** Campo Grande: UCDM, 2017.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Cadeia produtiva da avicultura: cenários econômicos e estudos setoriais.** Recife, 2008.

SEIFFERT, N. F. **Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental.** 2000. Disponível em: http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/anais/anais65_seiffert.pdf. Acesso em: 27 abr. 2018.

SUNADA, N. S. **Efluente de abatedouro agrícola: processos de biodigestão anaeróbia e compostagem.** 2011. 75f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2011.

UNAL, M.; KATKAT, A.V. The effects of food industry sludge on soil properties and growing of maize (*Zea mays* L.). **Journal of Food Agriculture & Environment**, v. 7, n. 2, p. 435-440, 2009.

VAN RAIJ, B.; KÜPPER, A. Capacidade de troca de cátions em solos. **Boletim Científico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo**, v. 25, n. 30, p. 327-336, 1966.

VELOSO, C. A. C. *et al.* Efeito de diferentes materiais no pH do solo. **Scientia Agrícola**, v. 49, n. 1, p. 123-128, 1992.

4.2 QUEIMA DO LODO E REDUÇÃO DE MASSA

A massa do composto, antes da incineração, era de 100g. A amostra passou pelo processo de incineração na mufla e foi pesada posteriormente ao processo de resfriamento, atingindo uma massa final de 5,495g. Com isso, conseguiu-se obter o percentual de redução da massa de rejeitos (cavaco e lodo) nas proporções que são submetidas nas caldeiras da Empresa.

A redução foi de 94,492% de massa, ou seja, para cada tonelada de composto, obtêm-se 55,08 kg como resíduo final em forma de cinzas, demonstrando assim uma eficiência referente à redução de massa encaminhada para a destinação final. Segundo Menezes, Gerlach e Menezes (2000), o processo de incineração geralmente apresenta capacidade superior a 90% de redução de volume. Portanto, nota-se que o resultado obtido em laboratório foi satisfatório, já que a redução da massa da amostra foi de 94,492% (Figura 16).

Figura 16 – Amostra de lodo e cavaco incinerada.



Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, Lei 12.305/2010, Art. 3º, Inciso VII, define a disposição final ambientalmente adequada da seguinte maneira: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Andreoli, Sperling e Fernandes (2014) afirmam que a temperatura é um dos fatores mais indicados quanto à capacidade de promover a desinfecção do lodo.

Levando em consideração que a amostra em estudo foi submetida a uma temperatura de 600°C durante uma hora e 30 minutos, por meio do processo de incineração, pode-se afirmar que a possibilidade da eliminação dos patógenos é real, reduzindo e/ou eliminando, assim, o risco de doenças. Contudo, a queima de material orgânico emite gases poluentes causadores do efeito estufa, que podem ser tóxicos à população, como o monóxido de carbono e os óxidos de nitrogênio e enxofre (SOUZA *et al.*, 2008).

Segundo Moura (2004), os resíduos sempre significam desperdícios quando gerados de maneira anormal ou desnecessária. A solução mais recomendada consiste em gerenciar, de forma integrada e adequada, o processo produtivo e, assim, o problema dos resíduos. A sequência das soluções pode ser manuseada da seguinte forma: prevenção, reutilização, reciclagem, uso como combustível, incineração e disposição em aterros sanitários.

Os resultados obtidos neste trabalho vêm ao encontro do que Moura (2004) afirma referente à reciclagem e reutilização do lodo como combustível para caldeira, juntamente com o cavaco; que por meio da incineração reduz o volume do resíduo para a disposição final, gerando menores despesas para o frigorífico.

Segundo Strauch e Albuquerque (2008), a incineração de resíduos como tratamento, ao eliminar características de periculosidade, permite a recuperação da energia contida no resíduo. A opção de incineração deve ser considerada quando houver uma quantidade elevada de rejeitos e uma longa distância até o aterro, como é o caso em questão.

4.3 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA CINZA OBTIDA DIRETAMENTE DA CALDEIRA

O valor do pH obtido foi considerado alto, 9,78 (Tabela 2), ficando acima do que é recomendado para uso como condicionador na adubação de solos, que seria um pH de caráter mais neutro, em torno de 5,5 a 6,0 (Tabela 3), como afirmam Ribeiro; Guimaraes e Alvares (1999) e EMBRAPA (2015). Porém, Veloso e outros (1992)

afirmam que os solos agrícolas brasileiros, na maioria, apresentam média a alta acidez, o que traz como consequência a baixa produtividade das culturas. Dessa forma, o uso das cinzas poderia ser considerado em casos específicos de solos muito ácidos.

Os resultados da caracterização das cinzas apresentaram a presença de nutrientes benéficos, como potássio, fósforo, magnésio e cálcio, porém o teor de cálcio foi considerado baixo, magnésio médio e bom para o cultivo, potássio e fósforo elevados. Quanto à possibilidade do uso das cinzas em natura como coadjuvante na melhoria do solo, os resultados apontaram que as concentrações estão em desacordo com o recomendado por EMBRAPA (2015).

Tabela 2 – Caracterização físico - química das cinzas em natura.

Resultado da Caracterização físico-química das cinzas em natura						
PH	Fósforo (P)	Potássio (K)	Sódio (Na)	Cálcio (Ca)	Magnésio (Mg)	Alumínio (Al)
9,78	759,46 mg dm ⁻³	779,00 mg dm ⁻³	109,00 mg dm ⁻³	0,61 Cmolc dm ⁻³	0,52 Cmolc dm ⁻³	0,0 Cmolc dm ⁻³
H + Al	Soma de bases trocáveis (SB)	Capacidade de troca catiônica efetiva (t)	Capacidade de troca catiônica a pH 7 (T)	Índice de saturação em bases (V)	Índice de saturação em alumínio (m)	Matéria Orgânica g/Kg
0,0 Cmolc dm ⁻³	3,60 Cmolc dm ⁻³	3,60 Cmolc dm ⁻³	3,60 Cmolc dm ⁻³	100,00	0,0	0,0

Fonte: Laboratório de Solos CCAE-UFES "Raphael M. Bloise". Centro de Ciências Agrárias (UFES, 2019).

Nota: Adaptado pelo Autor.

Tabela 3 – Classes de interpretação para acidez ativa do solo (pH).

Classificação química						
Acidez muito elevada	Acidez elevada	Acidez média	Acidez fraca	Neutra	Alcalinidade fraca	Alcalinidade elevada
< 4,5	4,5 -5,0	5,1 – 6,0	6,1 – 6,9	7,0	7,1 – 7,8	> 7,8
Classificação agrônômica						
Muito baixo	Baixo	Bom	Alto	Muito Alto		
< 4,5	4,5 – 5,4	5,5 – 6,0	6,1 – 7,0	>7,0		

Fonte: Ribeiro, Guimaraes e Alvarez (1999).

Nota: Adaptado pelo autor.

No Laboratório de Engenharia do Centro Universitário São Camilo – ES, foram feitas análises para se conhecer o pH das cinzas e comparar com o resultado obtido pelo laboratório Raphael M. Bloise da Universidade Federal de Alegre.

Foram efetuadas nove análises para se obter o pH das cinzas da caldeira. Por meio da metodologia de maceração, peneiramento, dissolução de dois gramas de cinzas em 50ml de água destilada por 24 horas e uso de pHmetro, foram obtidos os resultados explicitados na tabela 4 e figura 17.

Tabela 4 – Valores encontrados de pH das cinzas antes de serem usadas como material filtrante.

Data	Temp. água p análise pH	pH água inicial	pH da água com a cinza após 24 horas
28/06/2019	25°	6,37	9,78
28/06/2019	25°	6,35	9,78
28/06/2019	25°	6,36	9,77
04/07/2019	25°	6,36	9,78
04/07/2019	25°	6,35	9,78
04/07/2019	25°	6,36	9,78
08/07/2019	25°	6,36	9,77
08/07/2019	25°	6,36	9,78
08/07/2019	25°	6,36	9,78

Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

Após todas as análises, chegou-se a um valor médio aproximado de pH para as cinzas de 9,78, obtidas diretamente da caldeira, o que Riberio; Guimarães e Alvarez (1999) e EMBRAPA (2015) classificam como uma alcalinidade elevada, conforme Tabela 3. A Figura 17, a seguir apresentada, demonstra uma das amostras sendo testada no pHmetro.

Figura 17 – Resultado do pH das cinzas antes de serem usadas como filtro.



Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

Segundo Riberio; Guimarães e Alvarez (1999), uma alcalinidade acima de 7,8 deve ser considerada elevada e, portanto, deve-se ter cautela quanto a ações referentes ao uso e descarte de materiais com pH similares a esses valores (Tabela 3). Porém, Silva (2003) afirma que o pH não deve ser considerado como um fator limitante quanto ao uso de materiais no tocante ao seu incremento a solos e compostagem, já que ocorre a autorregulação resultante das atividades microbianas em processo de compostagem e que o pH mais favorável para a maioria das atividades microbianas em atividades de compostagem é de 6,0 a 7,5 para bactérias e entre 5,5 e 8 para fungos. Santos (2007), trabalhando com produtos de compostagem de resíduos orgânicos, também afirma que o valor ótimo para pH é compreendido entre o intervalo de 5 a 8.

A cinza de resíduos vegetais apresenta valores de pH elevados, corroborando os resultados deste trabalho, além de serem bons condicionadores de solo, aumentando o rendimento de diversas culturas e de reduzir custos com fertilizantes (ZHANG; YAMASAH; NANZYU, 2002; LAIRD *et al.*, 2009). Chenlu Fu e outros (2020) afirmam que a estrutura porosa da cinza apoia e hospeda partículas finas de matéria orgânica, sendo assim bom condicionante de solo.

Em análises de solo realizadas com amostras obtidas em áreas de pastagem, durante a formulação do projeto de fertirrigação dessas áreas, foi encontrado um pH de 4,9, considerada uma acidez elevada segundo Riberio; Guimarães e Alvarez (1999) e Embrapa (2011a). Portanto, o adicionamento das cinzas oriundas da caldeira poderia ser considerado como um fator de melhoria do pH dessas áreas e consequentemente de melhor condicionamento do solo.

A empresa em questão possui 38 hectares de áreas de restauração ambiental, estando, atualmente, em estágio secundário, além de 15 hectares de pastagem (Figura 18).

Figura 18 – Imagem do Google Earth com áreas de pastagem e de restauração indicadas para aplicação das cinzas obtidas da queima do lodo e cavaco na caldeira do frigorífico em questão.



Fonte: Google Earth (2019).

Nota: Adaptados pelo Autor.

Essas áreas poderiam ser usadas como local para a deposição final das cinzas, o que geraria uma economia à empresa quanto à disposição dessas cinzas em aterros. Verheijen, Montanarella e Bastos (2012) afirmam que, para o uso sustentável desse material, deve-se considerar a sua composição e também a composição do solo a ser utilizado.

4.4 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO DA FUMAÇA ORIUNDA DA QUEIMA DO LODO COM CAVACO

O pH da fumaça gerada no forno mufla, simulando o processo que ocorre na caldeira do frigorífico, foi em média de 4,68. Esse valor representa uma acidez elevada, sendo o fator que mais frequentemente está associado à corrosão de caldeiras e chaminés (MOURA; URTIGA FILHO 2011). As cinzas geradas pela queima do lodo (20%) e cavaco (80%) alcalinizaram a fumaça emitida durante a incineração ou processo de tratamento do lodo. A cinza foi utilizada simulando um filtro que pode ser produzido e colocado nas chaminés das caldeiras de frigoríficos de aves. O filtro

de cinzas no experimento alterou o pH da fumaça de 4,68 para 8,62, ou seja, a fumaça deixou de ter uma acidez elevada para significativamente se tornar fracamente alcalina, como demonstra a Tabela 5.

Tabela 5 – Valores encontrados de pH da fumaça com e sem filtro.

Data	Temp. água p análise pH	pH água inicial	Tempo queima minutos	pH fumaça sem filtro	pH fumaça com filtro
28/06/2019	25°	6,37	5	4,69	8,62
28/06/2019	25°	6,35	5	4,68	8,63
28/06/2019	25°	6,36	5	4,73	8,68
04/07/2019	25°	6,36	5	4,70	8,65
04/07/2019	25°	6,35	5	4,71	8,66
04/07/2019	25°	6,35	5	4,74	8,69
08/07/2019	25°	6,34	5	4,62	8,56
08/07/2019	25°	6,34	5	4,67	8,60
08/07/2019	25°	6,35	5	4,74	8,68

Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

Os valores do pH entre os tratamentos foram testados em termos comparativos pela análise de variância sob 5% de significância, sendo possível evidenciar que os valores de pH foram significativamente distintos (Tabela 6).

Tabela 6 – Anova para a comparação dos valores de pH para a fumaça da queima do lodo e cavaco na proporção da Caldeira.

Fonte de Variação	gl	SQ	QMR	F	p
Tratamento	2	70.578	35.289	30910	0,0000
Resíduos	25	0.027	0.001		
TOTAL	27	70.605			

Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

É possível evidenciar ainda que tanto a redução do pH da água pela acidez da fumaça (4.69), obtida da queima, quanto a redução da acidez da fumaça pelo filtro (8.64) são significativamente distintas (Tabela 7).

Tabela 7 – Análise comparativa Post-hoc entre o pH da fumaça para os distintos tratamentos.

Tratamento	Valor médio de pH*
Fumaça com filtro	8.64 a
Água pura	6.35 b
Fumaça	4.69 c

NOTA: (*) Mesma letra na coluna não apresenta diferença estatisticamente pelo teste de Tukey, sob 5% de significância.

Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

Quanto à neutralização do pH da fumaça da caldeira, os experimentos demonstraram resultados positivos observados na Tabela 8, já que a fumaça passou de acidez elevada para fracamente alcalina. Isso reduz a emissão de fumaça ácida para a atmosfera, o que poderia contribuir para a possível formação de chuvas mais ácidas na região. Além disso, a alcalinidade da fumaça pelas cinzas indica que estas foram acidificadas, proporcionando as reações de formação de sais de potássio e de sódio, que são facilmente absorvidos pelas plantas, favorecendo ainda mais a utilização das cinzas na área da empresa.

Apesar deste trabalho não ter avaliado itens como partículas totais em suspensão na fumaça. Com o uso do filtro, foi observada uma redução visual de partículas em suspensão, por meio da mudança de coloração e grande presença de partículas na água utilizada nos Kitassatos (Figura 19). Com base nessa observação, foi possível perceber que o filtro de cinzas, além de agir alterando o pH da fumaça e das próprias cinzas, também reduz as partículas em suspensão presentes na fumaça.

Figura 19 – Imagem dos Kitassatos com água usados no processo de análise da fumaça sem o filtro e com o filtro de cinzas.



Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

Vale lembrar que a empresa atualmente possui um sistema de filtro em sua chaminé e suas emissões se encontram dentro dos padrões exigidos pelos órgãos ambientais.

4.5 TESTE REFERENTE AO USO DAS CINZAS COMO CORRETIVO PARA O POTENCIAL HIDROGENIÔNICO COMO PROPOSIÇÃO DO USO E TRATAMENTO EFICAZ DESTE RESÍDUO E DESTINAÇÃO FINAL

Quanto aos resultados das análises para se testar a redução da alcalinidade das cinzas da caldeira, após seu uso como material filtrante da fumaça, obteve-se uma redução no pH, em média, de 9,82 para 8,73 - uma redução média de 1,05 pontos, como pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 8 – Valores encontrados de pH das cinzas antes e depois de serem usadas como material filtrante.

Data	Temp. água p análise pH	pH água inicial	pH inicial da cinza da caldeira	pH final da cinza da caldeira (utilizada como filtro)
28/06/2019	25°	6,37	9,78	8,68
28/06/2019	25°	6,35	9,78	8,71
28/06/2019	25°	6,36	9,77	8,69
04/07/2019	25°	6,36	9,78	8,87
04/07/2019	25°	6,35	9,78	8,85
04/07/2019	25°	6,35	9,78	8,72
08/07/2019	25°	6,34	9,77	8,70
08/07/2019	25°	6,34	9,78	8,70
08/07/2019	25°	6,35	9,78	8,69

Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

Porém, apesar de ter havido uma redução na alcalinidade das cinzas, essa redução não se mostrou tão expressiva, já que a redução de 1,05 ainda mantém a alcalinidade média em 8,73, o que, segundo EMBRAPA (2015), ainda é elevada. Contudo, por meio da análise de variância ANOVA, estatisticamente essa alteração no pH se mostrou significativa conforme (Tabela 9). Esse resultado foi apoiado pelo teste Tukey sob 5% de significância (Tabela 10).

Tabela 9 – Anova para a comparação dos valores de pH para a cinza utilizada como filtro.

Fonte de Variação	gl	SQ	QMR	F	p
Tratamento	2	55.494	27.747	15583	0,0000
Resíduos	25	0.043	0.002		
TOTAL	27	55.537			

Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

Tabela 10 – Análise comparativa Post-hoc entre o pH da cinza para os distintos tratamentos.

Tratamento	Valor médio de pH*
Cinza caldeira	9.77 a
Cinza utilizada como filtro	8.73 b
Água pura	6.35 c

NOTA:

(*) Mesma letra na coluna não apresenta diferença estatisticamente pelo teste de Tukey, sob 5% de significância.

Fonte: Elaborado e Adaptado pelo autor.

Esses resultados indicam que as cinzas podem ser utilizadas como filtros para neutralizar a acidez da fumaça emitida pela caldeira durante a queima de lodo e cavaco e ainda serem disponibilizadas no solo como forma de fornecerem mais facilmente os sais de potássio e de sódio, que são facilmente absorvidos pelas plantas.

Entretanto, a empresa possui 38 hectares de áreas em estágio secundário de regeneração, considerado como capoeirões. Essas áreas possuem um solo com pH naturalmente baixo, com solos ácidos. Nesses solos, poderia ser depositada a cinza como forma de correção da acidez e de disponibilização de nutrientes para as plantas. Como afirmam Rodrigues e outros (2010), que encontraram solos com média de pH em 3,85 uma acidez muito elevada, esses resultados foram obtidos em áreas de capoeirões. Miranda, Canellas e Nascimento (2007) obtiveram resultados semelhantes analisando áreas de fragmentos de Mata Atlântica em estágio secundário.

Além das áreas em estágio de regeneração secundário (capoeirões), a empresa também possui áreas de pastagem com pH de 4,9, considerada uma acidez elevada segundo Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999) e Embrapa (2011b). Essas duas áreas, as de restauração e as de pastagem, poderiam ser utilizadas para a deposição dessas cinzas, ajudando assim na correção do pH desses solos notadamente ácidos. Segundo Ribeiro e outros (2015), cinzas de origem vegetal possuem quantidades razoáveis de macro e micronutrientes, além de características de corretivo de acidez, tendo assim potencial para sua utilização na adubação e correção na acidez do solo. Isso reduziria o gasto anual em vinte e quatro mil reais ao ano com o envio de cinzas para o aterro. Vale salientar que a empresa teria essa economia com a produção atual de 90 mil frangos dia. Porém, a produção irá passar para 160 mil frangos dia

em 2021, após a finalização da obra de ampliação em andamento, o que aumentará a geração de lodo e de cinzas.

Outra possibilidade para o uso das cinzas seria a mistura ao produto final da composteira. A empresa possui uma composteira com 290 m² para o tratamento do lodo do fundo das lagoas e do material sobrenadante (em sua maioria vegetação flutuante). O pH mínimo para um composto, segundo a legislação vigente, é de 6,0 (BRASIL, 2009). Sendo assim, após análises do pH final do composto, pode-se averiguar a possibilidade da adição das cinzas a esse composto, enriquecendo-o, e sua utilização como adubo orgânico nas áreas da própria empresa.

5. CONCLUSÕES

Quanto à caracterização do lodo frigorífico primário, este apresenta concentrações de alguns nutrientes benéficos, porém há a ocorrência de concentrações de outros fatores não favoráveis, como pH e alumínio.

O valor do pH foi classificado como baixo, 4,98, ficando, assim, abaixo do que é recomendado para adubação, que seria um pH de caráter mais neutro. A presença de alumínio no solo pode inibir o crescimento radicular e influenciar a disponibilidade de outros nutrientes e processos, como a mineralização da matéria orgânica. O resultado obtido também foi considerado alto - $1,6 \text{Cmolc dm}^{-3}$.

Quanto à possibilidade, como adubo ou corretivo de solo, de uso desse material, este apresentou alguns nutrientes benéficos, como nitrogénio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio. Porém, em concentrações não ideais. A aplicação desse material em algum tipo de solo dependerá dos padrões nutricionais exigidos em cada cultura, sobretudo com relação ao nitrogénio. Um dos grandes desafios para o uso desse resíduo como coadjuvante na melhoria do solo está relacionado ao balanceamento dos nutrientes e o acréscimo de calcáreo, além de estudos experimentais sobre a aplicação do resíduo em diferentes espécies de plantas, além de análise referente à viabilidade econômica.

A incineração do lodo frigorífico primário juntamente com o cavaco se mostrou satisfatória quanto à redução do volume do resíduo e redução do risco de contaminação da população por patógenos. Contudo, o risco de poluição do ar é elevado.

A caracterização das cinzas apresentou concentrações de alguns nutrientes benéficos, mas há a ocorrência de concentrações de outros fatores não favoráveis como pH, que obteve um resultado de 9,78, considerado alto, acima do ideal, já que o pH ideal para a maioria das culturas agrícolas seria entre 5,5 e 7,5.

Quanto à possibilidade do uso das cinzas em natura como coadjuvante na melhoria do solo, os resultados apontaram a presença de nutrientes favoráveis como potássio, fósforo, magnésio e cálcio. Todavia, o teor de cálcio foi considerado baixo, magnésio médio, bom para o cultivo, e potássio e fósforo elevados.

O processo de incineração do lodo foi eficiente para a eliminação do alumínio, pois na análise para a caracterização deste foi encontrado um valor considerado elevado, de $1,6 \text{Cmolc dm}^{-3}$, e no resultado de caracterização das cinzas o teor de alumínio foi considerado 0 (zero).

As cinzas da queima de (20%) lodo e (80%) de cavaco alcalinizaram a fumaça emitida no processo de tratamento do lodo, aumentando seu pH. Nesse processo, as cinzas também tiveram seu pH reduzido, demonstrando resultados positivos para ambos os resíduos. No tocante à redução da alcalinidade das cinzas, o resultado final ficou abaixo do esperado, porém estatisticamente houve redução significativa. O uso das cinzas da caldeira como material filtrante para a fumaça se mostrou satisfatório, já que a alteração do pH da fumaça aumenta a vida útil da caldeira e reduz a emissão de poluentes na atmosfera.

As cinzas podem ser utilizadas como filtros para neutralizar a acidez da fumaça emitida pela caldeira durante a queima de lodo e cavaco e, ainda, devido à redução de seu pH, serem disponibilizadas no solo como forma de fornecer mais facilmente os sais de potássio e de sódio, que são facilmente absorvidos pelas plantas. Sendo assim, as cinzas podem ser utilizadas diretamente em algumas áreas da empresa como pastagens e áreas de recuperação como condicionador do solo e correção de pH ácido.

6. RECOMENDAÇÕES

Estudos mais aprofundados referente à viabilidade econômica, a longo prazo, do uso dos resultados aqui apresentados são recomendados, bem como o monitoramento do solo das pastagens e áreas de recuperação quanto ao pH, principalmente pela deposição das cinzas e sua relação com a disponibilidade de nutrientes quando de sua adição nessas áreas ao longo do tempo.

Recomenda-se, também, a construção de filtros em tamanho real com as cinzas, para serem usados na chaminé da caldeira e testar sua eficiência na adsorção dos gases de combustão. Recomenda-se, ainda, manter por maior tempo o contato da fumaça com as cinzas para avaliar se aumenta a redução do pH da cinza, melhorando ainda mais a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

REFERÊNCIAS

- AGROLINK. **Cálcio**. Site [online], 2016. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/fertilizantes /calcio _361447.html. Acesso em: 8 maio 2018.
- ANDREOLI, C. V. **Resíduos sólidos do saneamento**: processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: ABES, 2011. 282p.
- ANDREOLI, C. V.; SPERLING, M. V.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos**: Tratamento e disposição final. 2.ed. v. 6. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, Companhia de Saneamento do Paraná, 2014. Cap. 11. p. 465-483. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias).
- ANIMAL BUSINESS BRASIL. **Sociedade Nacional de Agricultura**. 2018. Disponível em: <https:// animalbusiness. com.br/negocios-e-ercado/negocios/avicultura-brasileira-uma-industria-que-produz-proteina-e-divisas/>. Acesso em: set. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004.2004** – Resíduos Sólidos – Classificação. Rio Janeiro, 2004.
- ABPA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual 2017**. São Paulo, 2018. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf>. Acesso em: fev. 2019.
- ASSOCIAÇÃO DOS AVICULTORES DO ESPÍRITO SANTO (AVES), 2018. Espírito Santo. 2019. Disponível em: http://www.associacoes.org.br/images/ PERFIL_ AVICULTURA CAPIXABA_2017_-_2018.pdf. Acesso em: 12 mar. 2019.
- BANDES. Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo. 2018. Safra ES. Disponível em: <https://www.safras.com.br/avicultura/cadeia-produtiva-frango-corte-tem-apoio-programa-avicultura-bandes>. Acesso em: 26 fev. 2019.
- BARBIERI, L.; ANDREOLA, F.; LANCELLOTTI, I.; TAURINO, R. Management of agricultural biomass wastes: Preliminary study on characterization and valorization in clay matrix bricks. **Waste Management**, [S. l.], v.33, n.11, p. 2307-2315, nov. 2013.
- BEESELEY, L.; MARMIROLI, M. The immobilisation and retention of soluble arsenic, cadmium and zinc by biochar. **Environmental Pollution**, EUA, v. 159, n. 2, p. 474-80, 2011.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. **Embrapa Meio Ambiente**, Jaguariúna-SP, 2000. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1020940/1/2005AA073.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2017.
- BEUX, S. **Avaliação do tratamento de efluente de abatedouro em digestores anaeróbios de duas fases**. 2005. 98 f. Dissertação (Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da

Universidade Estadual de Ponta Grossa. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa-PR, 2005.

BITTENCOURT, S.; AISSE, M. M.; SERRAT, B. M. Management of agricultural use of sewage sludge: case study of Paraná state, Brazil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. [S./], v.22, n.6, p.1129-1139, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522017000601129&script=sci_arttext. Acesso em: 20 out. 2019.

BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; CABRAL, C. E. A.; VALADARES, E. M.; GOLDONI, G. Características morfológicas e estruturais de capim-marandu adubado com cinza vegetal em Latossolo Vermelho do Cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.7, n. 2, p.1-9, 2011a.

BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; GUIMARÃES, S. L.; POLIZEL, A. C. Desenvolvimento e produção de cortalária juncea, adubada com cinza vegetal. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.7, n.13, 2011b.

BONFIM-SILVA, E. M.; FREITAS, D. C.; BATISTA, E. R.; LIMA, M. A. Wood ash as corrective of soil pH and as fertilizer in ornamental sunflower cultivation. **African Journal of Agricultural Research**, [S. /], v. 10, n. 33, p. 3253-3264, 2015a.

BONFIM-SILVA, E. M.; CARVALHO, J. M. G.; PEREIRA, M. T. J.; SILVA, T. J. A. Cinza vegetal na adubação de plantas de algodoeiro em Latossolo Vermelho do cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 523-533, 2015b.

BRINGHENTI, J. R.; BOSCOV, M. E. G.; PIVELL, R. P.; GUNTHER, W. M. R. Co-disposal of sewage sludge in Brazilian sanitary landfills: Technical considerations and minimal criteria for application. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. [S./], v.23, n.5, p.891-899, 2018.

BRACMORT, K. Biochar: examination of an emerging concept to mitigate climate change. **Congressional Research Service Report**, [S./], 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S1980-5098201800020087500005&lng=en. Acesso em: 21 jan. 2019.

BRASIL. **Decreto-lei nº. 8.171**, de 17 de janeiro de 1991. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8171.htm. Acesso em: 15 jul. 2015.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 25**, de 23 de julho de 2009. Disponível em: <http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/IN%20MAPA%2025%202009.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2019.

BRASIL. **Lei n 12.305**, de 2 de agosto de 2010 Política nacional de resíduos sólidos [recurso eletrônico]. 2 ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara,2010.

BRASIL. **Lei nº 6.938** de 31 de agosto de 1981: Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, 1981.

BRASIL, **Lei N° 12.305** de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos

Sólidos (PNRS).

BRIDGWATER, A. V. Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass. **Chemical Engineering Journal**. [S. l.], v.91, n.2-3, p.87-102, 2003.

CAKMAK, I.; YAZICI, A. M. Magnésio: um elemento esquecido na produção agrícola. **BetterCrops**, [S. l.], v. 94, n. 2, p. 23-25, 2010.

CAMMAROTA, M. C. Notas de Aula – Tratamento de Efluentes Líquidos – EQB – 485. **Engenharia do Meio Ambiente**. Universidade Federal do Rio de Janeiro Escola de Química. Rio de Janeiro. 2011.

CASSOL, P. B.; QUINTANA, A. M. A contribuição da bioética na preservação ambiental e na saúde. **Revista Monografias Ambientais**. Santa Maria: UFSM, v.10, n.10, p.2235-2240, out./dez. 2012.

CPT. CENTRO de PRODUÇÕES TÉCNICAS. **Etapas sobre o abate de frango**. Viçosa, MG. 2014. Disponível em: <http://www.cpt.com.br/cursos-avicultura/artigos/etapas-do-abate-de-frango>. Acesso em: 28 set. 2018.

CENSO AGROPECUÁRIO 2017. Resultados Preliminares. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE**. Rio de Janeiro, 2017. v.7. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro_2017_resultados_preliminares.pdf. Acesso em: 30 set. 2018.

CENTRO UNIVERSITÁRIO SÃO CAMILO ESPÍRITO SANTO. Laboratório de Engenharia. Cachoeiro de Itapemirim, 2019.

CHEN, C.; WANG, B.; XIN, J.; SUN, P.; Wu, D. Adsorption behavior and mechanism of Cr(VI) by modified biochar derived from *Enteromorpha prolifera*. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, [S.l.], v. 164, p.440-447, nov. 2018.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, **Resolução nº 375** de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=506>. Acesso em: 18 nov. 2018.

COMPANHIA DE ALIMENTOS UNIAVES. Aracuí. Castelo, 2019.

CRUZ, A. C.; PEREIRA, F. dos S.; FIGUEREDO, V. S. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro. **BNDES Setorial**, n. 45, p. 137-187, 2017.

DE GRUYSE, S., CULLEN, M., DURSCHINGER, L., LEHMANN, J., BLUHM, D.; SIX, J. Evaluation of the opportunities for generating carbon offsets from soil sequestration of biochar. **Terra Global Capital**, San Francisco, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S1980-5098201800087500013&lng=en. Acesso em: 21 jan. 2019.

DIAS, B. O.; SILVA, A. C.; HIGASHIKAWA, S. F.; ROIG, A.; SÁNCHEZ-MONEDERO, A. M. Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: Effect on organic matter degradation and humidification. **Bioresource Technology**, [S. l.], v. 101, n. 4 p. 1239-1246, 2010.

DUPAS, G. O Mito do Progresso. **Novos Estudos: Cebrap**, n 77. 2016. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/deaconti/o-mito-doprogresso>. Acesso em: 16 maio. 2018

DÜRING, R. A; GÄTH, S. Utilization of municipal organic wastes in agriculture: where do we stand, where will we go?. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, [S.l.], v.165, p.544-556. 2002.

EL FELS, L.; ZAMAMA, M.; EL ASLI, A.; HAFIDI, M. Assesment of biotransformation of organic matter during co-composting of sewage sludge-lignocelulosic waste by chemical, FTIR analyses, and phytotoxicity tests. **International Biodeterioration & Biodegradation**, [S. l.], v. 87, p. 128–137, 2014.

EMBRAPA. **Estatísticas / Desempenho da Produção**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas>. Acesso em: 19 ago.2019.

EMBRAPA. **A importância estratégica do potássio para o Brasil**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. 27p.

EMBRAPA. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26p.

EMBRAPA. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13p.

EMBRAPA. **Manejo ambiental na avicultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011a. 221 p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011b. 230p.

ENDERS, A.; HANLEY, K.; WHITMAN, T.; JOSEPH, S.; LEHMANN, J. Characterization of biochars to evaluate recalcitrance and agronomic performance. **Bioresource Technology**, [S.l.], v. 114, p.644-653, jun. 2012.

ESPÍNDOLA, C. J. Trajetórias do progresso técnico na cadeia produtiva de carne de frango do Brasil. **Revista Geosul**, Florianópolis, v. 27, n. 53, p. 89-113, jan./jul. 2012.

ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Espírito Santo em Mapas. Ago. 2018. [online]. Disponível em: http://www.es.gov.br/InvistaES/paginas/es_em_mapas.aspx. Acesso em: 15 abr. 2019.

FERREIRA, A. **Estudo de viabilidade técnica e econômica da utilização do lodo flotado proveniente do tratamento de efluentes de um frigorífico de aves como biomassa para produção de vapor**. 2016. 117f. Dissertação (Mestrado) – Programa

de Pós-Graduação em Tecnologias de Bioprodutos Agroindustriais, do Setor de Palotina. Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2016.

FERREIRA, E. P. B.; FAGEIRA, N. K.; DIDONET, A. D. Chemical properties of na Oxisol under organic manegement as influenced by application of sugarcane bagasse ash. **Revista Ciência Agrônômica**, [S.l.], v. 23, p. 228-236, 2012.

FIGOIRESE, C. H. U.; GOLVEA, M. P. S.; VALIATTI, L. F. P.; FILHO, G. S.; AZEVEDO, O. A.; DEZIDÉRIO, F. R.; RABELLO, H.; CAMPOS, A. F. Análise de macronutrientes de resíduos sólidos provenientes da avicultura para possíveis aplicações como fertilizante de plantas. **Brasilian Journal of Development**, [S. l.], v.5, 2018.

FU, C.; ZHANG, H.; XIA, M.; LEI, W.; WANG, F. The single/co-adsorption characteristics and microscopic adsorption mechanism of biochar-montmorillonite composite adsorbent for pharmaceutical emerging organic contaminant atenolol and lead ions. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, [s.l.], v. 187, p.1-8, jan. 2020.

FUNDAÇÃO PROCAFÉ. **Padrões referenciais**. 2015. Disponível em: <http://www.fundacaoprocafe.com.br/laboratorio/solos-e-folhas/padroes-referenciais>. Acesso em:15 maio. 2018.

GARCIA, N. N. **Uso do lodo de flotor de abatedouro de aves na produção de biochar**. 2016, 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Ambiental do Departamento Acadêmico de Ambiental (DAAMB). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture**. Boca Raton: Lewis Publishers, 2000. 357p.

GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, J.J., GALEA, Z., ÁLVAREZ, J.M., HORMAZA, J.I., LÓPEZ, R. Evaluation of composition and performance of composts derived from guacamole production residues. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v.147, p. 132-139. 2015.

GOOGLE EARTH. [online], jun. 2019. Disponível em: <https://www.google.com.br/earth/>. Acesso em: 20 jun. 2019.

GRANT, C. A. *et al.* A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agrônômicas**, [S. l.], n. 95, set. 2001.

GROTH, V.A.; CARVALHO-PEREIRA, T.; SILVA, E.M.; NIEMEYER, J.C. Ecotoxicological assesment of biosolids by microcosms. **Chemosphere**, [S. l.], v. 161, p. 342-348, 2016.

HEIKKINEN, J. M.; HORDIJK, J.C.; DE JONG, W.; SPLIETHOFF, H. Thermogravimetry as a tool to classify waste components to be used for energy generation. **Journal of Analytical end Applied Pyrolysis**, [S.l.], v. 71, n. 2, p.883-900, jun. 2004.

JOHNS, M. R. Developments in wastewater treatment in the meat processing industry: A review. **Bioresource Technology**, [S.l.], v. 54, n. 3, p.203-216, jan. 1995.

KAVITHA, B.; PULLAGURALA, V.; KIM, B.; LEE, S.S.; PANDEY, S. K.; KIM, K. Benefits and limitations of biochar amendment in agricultural soils: A review. **Journal of Environmental Management**, v. 227, p.146-154. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327424608_Benefits_and_limitations_of_biochar_amendment_in_agricultural_soils_A_review. Acesso em: 01 out. 2019.

KRASNY, M. E.; DELIA, J. Campus sustainability and natural area stewardship: student involvement in adaptive comanagement. **Ecology and Society**, v. 19, n. 3, p.1-10, 2014.

LACERDA, J. J. J.; SILVA, D. R.G. Fertilizantes orgânicos: usos, legislação e métodos de análise. **Boletim Técnico Universidade Federal de Lavras Departamento de Ciência do Solo. nº 96**. Editora UFLA. Lavras-MG. 2014.

LAIRD, D. A.; BROWN, R. C.; AMONETTE, J. E.; LEHMANN, J. Review of the pyrolysis platform for coproducing bio-oil and biochar. **Biofuels, Bioproducts And Biorefining**, [S.l.], v. 3, n. 5, p.547-562, set. 2009.

LEHMANN, J. Bio-energy in the black. **Frontiers in Ecology And The Environment**, [S.l.], v. 5, n. 7, p.381-387, set. 2007.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Biochar for environmental management: science and technology.: **Earthscan**, New York, 2009. 404p.

LIRA, A. C. S.; GUEDES, M. C.; SCHALCH, V. Reciclagem de lodo de esgoto em plantação de eucalipto: carbono e nitrogênio. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.l.], v. 13, n. 2, p.207-216, jun. 2008.

LIU, T.; LIU, B.; ZHANG, W. Nutrients and heavy metals in biochar produced by sewage sludge pyrolysis: Its application in soil amendment. **Polish Journal of Environmental Studies**, [S.l.], v. 23, n. 1, p. 271-275, 2014.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Interpretação de análise de solo: conceitos e aplicações**. Lavras: ANDA, 2004. 50f.

LOPES, F. F. M.; LIMA, R. L. S.; ALBUQUERQUE, R. C.; SILVA, M. I. L.; BELTRÃO, N. E. M. Uso de Fertilizante de Cinza Vegetal e Lodo de Esgoto Para a Produção do Algodoeiro 'cv. RUBI'. Parte 1. Variáveis de Crescimento. *In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO*, 5., 2005. Salvador. **Anais[...]** Salvador: EMBRAPA, 2005. p.1-6.

MAEDA, S.; SILVA, H. D.; CARDOSO, C. Resposta de *Pinus taeda* à aplicação de cinza de biomassa vegetal em Cambissolo Húmico, em vaso. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.56, p.43-52, jan./jun. 2008.

MAGNAN, R. B. **Análise da viabilidade técnica e financeira da substituição do coagulante cloreto férrico por policloreto de alumínio durante o processo físico-químico no tratamento de efluente de abatedouro avícola.** 2010. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – curso de Engenharia Ambiental. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2010.

MAIA, C. M. B. F.; MADARI, B. E.; NOVOTNY, E. H. Advances in biochar research in Brazil. **Dynamic soil, Dynamic plant**, Edição Especial 1, n.5, p.53-58, set. 2011.

MAXEY, M. N. Hazards of solid waste management: bioethical problems, principles, and priorities. **Environmental Health Perspectives**, [S.l.], v. 27, p.223-230, dez. 1978.

MELO, W.J.; MARQUES, M.O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. *In*: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto.** Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.109-141.

MÉNDEZ-CONTRERAS, J. M.; ATENODORO, J.; CHAMPIÓN, F. A; VALLEJO-CANTÚ, N. A.; ALVARADO-LASSMAN, A. Inativação de alta concentração de patógenos em lodo da indústria de alimentos aplicados na terra. **Water SA**, Pretoria, v. 35, n. 4, p. 371-377, jul. 2009.

MENEGHINI, C.; PROINELLI, R. Análise de viabilidade da queima de lodo frigorífico em uma caldeira à lenha. **Unoesc & Ciência - ACET**, Joaçaba, Edição Especial, p. 7-14, jun. 2015.

MENEGHINI, C.; PROINELLI, R. F.; PINTRO, D. A. B. Avaliação técnica e econômica da co-combustão de lodo frigorífico primário para geração de vapor. 6., 2015. *In*: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 5., 2015, Porto Alegre. **Anais[...]** Porto Alegre: Instituto Brasileiro de Estudos ambientais-IBEAS, 2015.

MENEZES, R. A. A.; GERLACH, J. L.; MENEZES, M. A. Estágio atual da incineração no Brasil. *In*: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LIMPEZA PÚBLICA, 7., 2000, Curitiba. **Anais[...]** Curitiba: ABLP, 2000.

MIERZWA-HERSZTEK, M.; GONDEK, K.; BARAN, A. Effect of poultry litter biochar on soil enzymatic activity, ecotoxicity and plant growth. **Applied Soil Ecology**, [S. l.], v. 105, p. 144-150, 2016.

MINGORANCE, M. D.; OLIVA, S. R.; VALDÉS, B.; GATA, F. J. P; LEIDI, E. O.; GUZMÁN, I.; PEÑA, A. Stabilized municipal sewage sludge addition to improve properties of an acid mine soil for plant growth. **Journal of Soils and Sediments**, [S.l.], v. 14, n. 4, p. 703-712. 2014.

MIRANDA, C. C.; CANELLAS, L. P.; NASCIMENTO, T. M.; Caracterização da matéria orgânica do solo em fragmentos de mata atlântica e em plantios abandonados de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v. 31, p.905-916, 2007.

MORÉS, S. Avaliação de parâmetros físico e químicos do efluente de uma grande indústria frigorífica de aves. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado) – Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2006.

MOURA, L. A. A. **Qualidade e gestão ambiental**. 4 ed. São Paulo: Editora Juarez de Oliveira, 2004.

MOURA, J. P.; URTIGA FILHO, S.L. **Prevenção de corrosão em caldeiras**. 2011. Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2011_2/caldeiras/index.htm. Acesso em: 18 jul. 2019.

MUKHERJEE, A.; LAL, R. The biochar dilemma. **Soil Research**, Camberra, v. 52, n. 3, p. 217-230, jan. 2014.

MUKONE, F. N. D; ZHANG, X; SILVA, L. C. R; SIX, J; PARIKH, S.J. Use of chemical and physical characteristics to investigate trends in biochar feedstocks. **Journal of agricultural and food chemistry**, Washington, v. 61, p. 2196-2204, 2013.

NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, D. A. S.; MELO, E. E. C.; OLIVEIRA, A. B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v. 28, n. 2, p. 385-392. 2004.

NOGUEIRA, L. A. H. **Eficiência energética no uso de vapor**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005. 196p.

NOVOTNY, E. H.; DEAZEVEDO, E. R. de; BONAGAMBA, T. J.; CUNHA, T. J. F.; MADARI, B.E.; BENITES, V. de M.; HAYES, M.H.B. Studies of the Compositions of Humic Acids from Amazonian Dark Earth Soils. **Environmental Science & Technology**, [S.l.], v. 41, n. 2, p.400-405, jan. 2007.

OBERNBERGER, I.; BRUNNER, T.; BÄRNTHALER, G. Chemical properties of solid biofuels –significance and impact. **Biomass and Bioenergy**, [S.l.], v.30, n. 11, p.973-982, 2006.

ORRICO JUNIOR, M.A.P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR, J. Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves. **Engenharia Agrícola**, [S. l.], v.30, n.3, p.538-545, 2010.

OSAKI, F.; DAROLT, M. R. Estudo da qualidade de cinzas vegetais para uso como adubos na região metropolitana de Curitiba. **Revista Setor Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 11, n. 1. 1991.

PARK, J. H.; CHOPPALA, G. K.; BOLAN, N. S.; CHUNG, J. W.; CHUASAVATHI, T. Biochar reduces the bioavailability and phytotoxicity of heavy metals. **Plant And Soil**, [S.l.], v. 348, n. 1-2, p.439-451, ago. 2011.

PEREIRA, A. C. A.; GARCIA, M. L. Efeitos da disposição de lodo de estações de tratamento de efluentes (ETE) de indústria alimentícia no solo: estudo de

caso. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 3, p. 531-538, maio. 2017.

PEREIRA, J. R. C. Potencial do Biocarvão para a produção de milho e melhoria da qualidade do solo. Universidade de Pernambuco. **Programa de pós-graduação ciência e tecnologia ambiental para o semiárido**. Petrolina - PE. 2019. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1107756/1/Dissertacao.Pereira.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2019.

PHILIPPI, L. S. A Construção do Desenvolvimento Sustentável. In.: **Educação Ambiental: Questões Ambientais – Conceitos, História, Problemas e Alternativa**. Coordenação-Geral: Ana Lúcia Tostes de Aquino Leite e Naná Mininni-Media. Brasília: MMA (Ministério do Meio Ambiente), 2001.

PINOTTI, R. N.; PAULILLO, L. F. O. A estruturação da rede de empresas processadoras de aves no estado de Santa Catarina: governança contratual e dependência de recursos. **Gestão & Produção**, [S.l.], v.13, n.1, p.167-177, jan./abr. 2006.

PINTO, L. A. M.; PINTO, M. M.; BOVO, J.; MATEUS, G. A. P.; TAVRES, F. O.; BAPTISTA, A. T. A.; HIRATA, A. K.; Environmental aspects of slaughtering poultry: a review. **Revista UNINGÁ Review**, [S.l.], v.22, n.3, p.44-50, abr./ jun. 2015.

PIVA, R.; BOTELHO, V. R.; MULLER, L. M. M.; AYUB, A. R.; ROMBOLA, D. A.; Adubação de manutenção em videiras cv. Bordô utilizando-se cinzas vegetais e esterco bovino em sistema orgânico. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, [S.l.], v.9, n.2, p.219-224, 2014.

PRADO, H. do.; CARVALHO, J. P. de. **Solos e ambientes de produção para o agricultor**. [online], 2019. Disponível em: http://www.pedologiafacil.com.br/artig_7.php. Acesso em: 9 maio 2019.

RECK, A. B.; SCHULTZ, G. Aplicação da metodologia multicritério de apoio à decisão no relacionamento interorganizacional na cadeia da avicultura de corte. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [S.l.], v. 54, n. 4, p. 709-728, dez. 2016.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25- 32.

RIBEIRO, D. O.; VILELA, L. A. F. **Nutrientes**. Mineiros: S.E., 2007. 54p.

RIBEIRO, G. **Os homens que não copiavam. Adiante: Inovação para Sustentabilidade**. São Paulo: FGV-CES, n. 4, abr. 2006.

RIBEIRO, R. M.; AMENDOLA, E. C.; ANDRADE, V. H. F.; MIRANDA, B. P. Utilização de cinza vegetal para calagem e correção de solos – um estudo de caso para a região metropolitana de Curitiba (RMC). **Revista Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 2, n. 3, p. 115-124, ago. 2015.

RODRIGUES, A. B. C.; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; SCARAMUZZA, J. F.; ROCHA, F. Atributos químicos em solo sob floresta nativa e capoeira. **UNciencia**, [S.l.], v.14, n. 1, 2010.

SANTOS FILHO, J. I. A Sustentabilidade Econômica e Social da Produção de Frangos e Suínos em Santa Catarina e no Brasil. *In*: II ANISUS-CONGRESSO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL, 2., 2012, Chapecó-SC. **Anais[...]** Chapecó-SC, 2012. p. 94-105. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/937676/1/0000002116Jonas.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2018.

SANTOS, J. L. D. Caracterização físico-química e biológica em diferentes laboratórios de produtos obtidos a partir da compostagem de resíduos orgânicos biodegradáveis. 2007. **Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada)** – Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2007.

SCHMIDT, N. S.; SILVA, C. L. Pesquisa e Desenvolvimento na Cadeia Produtiva de Frangos de Corte no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [S.l.], v. 56, n. 3, p.467-482, set. 2018.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Cadeia produtiva da avicultura: cenários econômicos e estudos setoriais**, 2018.

SEIFFERT, N. F. Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental. *In*: PROCEEDINGS DO SIMPÓSIO SOBRE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA, 2000, **Anais[...]** Concórdia-SC: Embrapa Suínos e Aves, 2000. Disponível em: <http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/anais/anais_65_seiffert.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2019.

SENA, R. F. **Avaliação da biomassa obtida pela otimização da flotação de efluentes da indústria de carnes para geração de energia**. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

SENA, R. F. **Tratamento de efluentes da indústria de processamento de carnes utilizando flotação por ar dissolvido e processos de oxidação avançada**. 123 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

SILVA, M. E. F. **Co-compostagem de resíduos avícolas e de resíduos florestais: um estudo na região de Viseu**. 2003. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2003.

SINDIAVIPAR. Sindicato das Indústrias de Produtos Avícolas do Estado do Paraná (Curitiba). **Estatística do abate de frangos, ano 2015**. 2015. Disponível em: <<http://www.sindiavipar.com.br/index.php?modulo=8&acao=detalhe&cod=1001>>. Acesso em: 10 out. 2018.

SOFIATTI, V.; LIMA, R. L. S.; GOLDFARD, M.; BELTRÃO, N. E. M. Cinza de madeira e lodo de esgoto como fonte de nutrientes para o crescimento do algodoeiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v.7, n.1, p.144-152, 2007.

SOHI, S.; LOPES-CAPEL. E.; KRULL. E.; BOL.R. Biochar, climate change and soil: a review to guide future research. Camberra: **CSIRO Land and Water Science Report**, 2009. Disponível em: <http://www.feasta.org/wp-content/uploads/2009/03/csiro-biochar-climate-change-and-soil-report-feb-20091.pdf>. Acesso em:10 jan.2019.

SOUZA, V. P.; TOLEDO, R.; HOLANDA, J. N. F.; VARGAS, H.; FARIA Jr., R. T. Análise dos gases poluentes liberados durante a queima de cerâmica vermelha incorporada com lodo de estação de tratamento de água. **Cerâmica**, 54, p.351-355. 2008.

SROKA, E.; KAMINSKI, W.; BOHDZIEWICZ, J. Biological treatment of meat industry wastewater. **Desalination**, [S./], v. 162, p.85-91, mar. 2004.

STANMORE, B. R. The formation of dioxins in combustion systems. **Combustion And Flame**, [S./], v. 136, n. 3, p.398-427, fev. 2004.

STRAUCH, M.; ALBUQUERQUE, P. P. **Resíduos**: Como lidar com recursos naturais. Editora OIKOS Ltda, 2008.

SUNADA, N. S. **Efluente de abatedouro agrícola**: processos de biodigestão anaeróbia e compostagem. 2011. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2011.

SUTHAR, S.; SINGH, S. Vermicomposting of domestic waste by using two epigie earthworms (*Perionyx excavatus* and *Perionyx sansibarius*). **Environmental Science & Technology**, [S./], v. 5, n.1, p.99-106, 2008.

UBABEF. União Brasileira de Avicultura. **Relatório anual 2016**. 2017. Disponível em: <https://pt.engormix.com/Searcher/?qr=relatorio%20anual#gsc.tab=0&gsc.q=relatório%20anual&gsc.page=1>. Acesso em: 8 nov. 2017.

UNAL, M.; KATKAT, A.V. The effects of food industry sludge on soil properties and growing of maize (*Zea mays* L.). **Journal of Food Agriculture & Environment**, [S. /], v. 7, n. 2, p. 435-440. 2009.

UNIAVES. COMPANHIA DE ALIMENTOS UNIAVES, 2019. Disponível em: <http://www.uniaves.com.br/>. Acesso em: 10 jan. 2019.

VALLE, C. E. **Qualidade Ambiental**: ISO 1400. 11. ed. São Paulo: Senac, 2002. 205p.

VAN RAIJ, B.; KÜPPER, A. Capacidade de troca de cátions em solos. **Boletim Científico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo**, v. 25, n. 30, p. 327-336, 1966.

VELOSO, C.A.C.; BORGES, A.L.; MUNIZ, A.S.; VEIGAS, I.A. J.M. Efeito de diferentes materiais no pH do solo. **Scientia Agricola**, [s.l.], v. 49, n.1, p.123-128, 1992.

VERHEIJEN, F. G. A.; MONTANARELLA, Luca; BASTOS, Ana Catarina. Sustainability, certification, and regulation of biochar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.], v. 47, n. 5, p.649-653, maio. 2012.

VIEIRA NETO, D. **Estudo da pirólise de lodo sanitário, visando sua valorização energética**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Santa Catarina, 2012.

VIRMOND, E. Aproveitamento do lodo de tratamento primário de efluentes de um frigorífico como fonte de energia. Dissertação de mestrado. **Universidade Federal de Santa Catarina**, UFSC, Florianópolis, SC, Brasil. 2007.

WARDLE, D. A.; NILSSON, M. C.; ZACKRISSON, O. Fire-derived charcoal causes loss of forest humus. **Science**, New York, v. 320, p. 629, maio. 2008.

WANG, J.; WANG, S. Preparation, modification and environmental application of biochar: A review. **Journal Of Cleaner Production**, [S.l.], v. 227, p.1002-1022, ago. 2019.

ZANOTTO, D. I.; BELLAVAR, C.; COLDEBELLA, A.; SCHEUERMANN, G. N.; CUNHA JUNIOR, A.; AJALA, L.C. **Comunicado Técnico 440**: Flotador de efluentes de frigorífico de suínos e aves - 1. Composição química. Concórdia-SC: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. Laboratório de Solos CCAE-UFES "Raphael M. Bloise". Vitória: Centro de Ciências Agrárias-UFES, 2019.

ZHANG, F. S.; YAMASAKI, S.; NANZYU, M. Waste ashes for use in agricultural production: I. Liming effect, contents of plants nutrients and chemical characteristics of some metals. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v.1, n. 3, p.215- 225, fev. 2002.