

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CONSERVAÇÃO E
MANEJO DE RECURSOS NATURAIS – NÍVEL MESTRADO

EDILSON ROBERTO DAMETTO JUNIOR

DIGESTATO DE ABATEDOURO FRIGORÍFICO DE AVES COMO
BIOFERTILIZANTE PARA PLANTAS DE FEIJÃO

CASCVEL-PR

JULHO/2023

EDILSON ROBERTO DAMETTO JUNIOR

DIGESTATO DE ABATEDOURO FRIGORÍFICO DE AVES COMO
BIOFERTILIZANTE PARA PLANTAS DE FEIJÃO

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Conservação e Manejo de Recursos Naturais – Nível Mestrado, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Silvio César Sampaio
Coorientador: Prof. Dr. Leandro Fleck
Coorientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Zanão Júnior

Área de Concentração: Ciências Ambientais

CASCAVEL-PR
JULHO/2023

Ficha Catalográfica

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Dametto Junior, Edilson Roberto

DIGESTATO DE ABATEDOURO FRIGORÍFICO DE AVES COMO
BIOFERTILIZANTE PARA PLANTAS DE FEIJÃO / Edilson Roberto

Dametto Junior; orientador Silvio Cesar Sampaio;
coorientador Leandro Fleck. -- Cascavel, 2023.

56 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Cascavel) --
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências
Biológicas e da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Conservação
e Manejo de Recursos Naturais, 2023.

1. Reuso de água. 2. Tratamento de efluentes. 3.
Fertilização. I. Sampaio, Silvio Cesar, orient. II. Fleck,
Leandro, coorient. III. Título.

EDILSON ROBERTO DAMETTO JUNIOR

**DIGESTATO DE ABATEDOURO FRIGORÍFICO DE AVES COMO
BIOFERTILIZANTE PARA PLANTAS DE FEIJÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Conservação e Manejo de Recursos Naturais em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Conservação e Manejo de Recursos Naturais, área de concentração Ciências Ambientais, linha de pesquisa Monitoramento e manejo de ambientes antropizados, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
Leandro Fleck  LEANDRO FLECK
Data: 19/07/2023 10:42:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS)

Documento assinado digitalmente
Tiago Zoz  TIAGO ZOZ
Data: 19/07/2023 10:47:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS)

Documento assinado digitalmente
Fabiana Gisele da Silva Pinto  FABIANA GISELE DA SILVA PINTO
Data: 19/07/2023 11:11:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Cascavel, 19 de julho de 2023

Aprovado em: 19 de julho de 2021

Local da defesa: remota síncrona, por meio de chamada de videoconferência.

"Ecologia sem luta de classes é jardinagem."

(Chico Mendes).

AGRADECIMENTOS

A minha família, em especial aos meus pais Edilson e Teresinha, meu irmão Henrique e minha companheira Thaís, que sempre acreditaram no meu trabalho e dedicação.

Ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Conservação e Manejo de Recursos Naturais – Nível Mestrado e a Universidade Estadual do Oeste do Paraná- UNIOESTE.

A meus coorientadores professor Dr. Leandro Fleck, e Dr. Luiz Antônio Zanão Júnior pela disponibilidade, paciência e ensinamentos durante toda minha trajetória.

A meu orientador Dr. Silvio Cesar Sampaio por aceitar conduzir o meu trabalho de pesquisa.

Ao Laboratório de Saneamento da UNIOESTE e Polo de Pesquisa do IDR de Santa Tereza do Oeste pela disponibilidade de uso do espaço e equipamentos.

A todas as pessoas e colegas de curso, que dedicaram de sua disponibilidade e conhecimentos para alguma etapa de minha pesquisa, em especial à professora Dra. Fabiana Gisele da Silva Pinto, Dra. Natalia Pereira, professor Dr. Tiago Zoz, Msc. Edna Aparecida de Andrade, professor Dr. Felipe Martins Damaceno, Msc. Eliandra Rodio, Marcia Cruz e Edison Barbosa da Cunha.

A todos que torceram por mim nessa jornada, obrigado.

RESUMO

Os fertilizantes mineirais, utilizados em larga escala nas culturas agrícolas de todo o mundo, apresentam toxicidade elevada e baixa capacidade de biodegradação se utilizados de forma inadequada, impactando solo, água, atmosfera e consequentemente os seres vivos. Dentre as alternativas que podem ser benéficas ao manejo das culturas, o uso de biofertilizantes pode fornecer produtos de qualidade para consumo humano, associado a manutenção do ecossistema do solo e redução do risco de poluição ambiental. O uso de biofertilizantes oriundos de esterco animal e de efluentes de agroindústrias têm sido utilizados como fonte de macro e micronutrientes para as plantas, agregando valor a esses passivos ambientais. Nesse contexto, a pesquisa teve como objetivo avaliar a influência de diferentes dosagens de biofertilizante de efluente de frigorífico de aves no crescimento inicial da cultura do feijão, em alternativa aos fertilizantes mineirais convencionais. O experimento foi desenvolvido no Instituto de Desenvolvimento Rural – IDR, polo regional de pesquisa de Santa Tereza do Oeste, sendo utilizado Latossolo Vermelho eutroférico. A partir do delineamento experimental DBC - Delineamento em Blocos Casualizados, foi realizado a aplicação de dois digestatos como biofertilizantes, além do controle, e tratamento adicional de adubação química com fertilizante composto de Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK) de formulação 10-30-10. Para promoção do equilíbrio nutricional para a cultura, definiu-se a quantidade de biofertilizante aplicado a partir da concentração de nitrogênio total de 56,6 mg/L e 37,5 mg/L respectivamente, tendo o fertilizante mineral concentração de 56,6 mg/l de nitrogênio total. Nessas condições, para parâmetros fitométricos, verificou-se resultados semelhantes de caule, altura, número de folhas, clorofila, e massa seca da parte aérea em todos os tratamentos. Para parâmetros de análise foliar, observou-se nos tratamentos com biofertilizantes efeito de diluição de massa, resultando no aumento desproporcional da biomassa das plantas em relação a concentração de nutrientes. Os resultados obtidos demonstraram que a utilização de digestato de frigorífico de aves como biofertilizante para a cultura do feijão-comum pode ser uma alternativa aos fertilizantes minerais. Tal como influenciar novos estudos à pesquisa com diferentes doses de biofertilizantes provenientes de outras fontes na nutrição de plantas.

Palavras-chave: Reúso de água; tratamento de efluentes; fertilização.

POULTRY SLAUGHTERHOUSE DIGESTATE AS BIOFERTILIZER FOR COMMON BEAN PLANTS

ABSTRACT

Mineral fertilizers, used extensively for agricultural crops around the world, have high toxicity and low biodegradation capacity if used improperly, affecting soil, water, the atmosphere and therefore living beings. Among the alternatives that can be beneficial to crop management, the use of biofertilizers can provide quality products for human consumption, associated with the maintenance of the soil ecosystem and reducing the risk of environmental pollution. The use of biofertilizers derived from animal manure and agroindustrial effluents have been used as a source of macro and micronutrients for plants, adding value to these environmental liabilities. In this context, this research aims to evaluate the influence of different dosages of biofertilizer from poultry slaughterhouse effluent on the initial development of the bean crop, as an alternative to conventional chemical fertilizers. The experiment was developed at the Instituto de Desenvolvimento Rural - IDR, regional research center of Santa Tereza do Oeste, using eutroferric Red Latosol. Using the experimental design RBD - Randomized Block Design in a factorial scheme, two digestates were applied as biofertilizers, in addition to the control, and an additional treatment of chemical fertilization with NPK fertilizer of 10-30-10 formulation. To promote a nutritional balance for the crop, the amount of biofertilizer applied was defined based on the total nitrogen concentration of 56.6 mg/l and 37.5 mg/l, respectively, with the mineral fertilizer having a total nitrogen concentration of 56.6 mg/l. Under these conditions, for phytometric parameters, similar results of stem, height, number of leaves, chlorophyll, and dry mass of the aerial part were verified in all treatments. For leaf analysis parameters, a mass dilution effect was observed in the biofertilizer treatments, resulting in a disproportionate increase in plant biomass in relation to nutrient concentration. The results obtained demonstrated that the use of digestate from poultry manure as a biofertilizer for common bean culture can be an alternative to mineral fertilizers. Such as to influence new studies to research with different doses of biofertilizers from other sources in the nutrition of plants.

Keywords: Water reuse; effluent treatment; fertilization.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 Fertilizantes minerais	10
2.2 Biofertilizantes	11
2.3 Reúso de águas residuárias na agricultura	12
2.3.1 Legislação brasileira	15
2.4 Indústria de abate de aves	16
2.4.1 Efluentes da indústria de abate de aves	17
2.5 Feijão Comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	18
3 OBJETIVOS	20
3.1 Objetivo Geral	20
3.2 Objetivos Específicos	20
4 MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 Área de Estudo	20
4.2 Coleta e caracterização do efluente	21
4.3 Caracterização físico-química do solo	23
4.4 Delineamento experimental e plantio	24
4.4.1 Análise das plantas	25
4.5 Análise estatística	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1 Caracterização dos efluentes da ETE	27
5.2 Análise de pH, sólidos totais, DQO e DBO	28
5.3 Nitrogênio e fósforo	31
5.4 Caracterização dos biofertilizantes	34
5.5 Análise das plantas	35
6 CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	42

1. INTRODUÇÃO

O uso inadequado de fertilizantes minerais e a falta de capacidade de biodegradação, levam a sua acumulação e percolação no solo, resultando em alterações negativas em relação à estrutura, fertilidade e capacidade de retenção de água.

Pela crescente demanda de recursos naturais e otimização do uso de fertilizantes tradicionais, os biofertilizantes despontam como alternativa não tóxica e de grande potencial na agricultura, sendo uma fonte barata, ecológica e renovável de nutrientes para as plantas em comparação aos produtos químicos sintetizados.

A prática da utilização de efluentes como biofertilizantes permite que recursos hídricos de melhor qualidade sejam utilizados para fins mais nobres. Seu uso na agricultura pode fornecer produtos de qualidade para consumo humano, associado a manutenção do ecossistema do solo e redução do risco de poluição ambiental. Com isso, devido a elevada concentração de matéria orgânica, o efluente de frigorífico de aves pode possibilitar após tratamento biológico, o reúso de água na agricultura.

O feijão (*Phaseolus vulgaris*) é um alimento de grande valor econômico e nutricional, servindo como importante fonte de proteína e micronutrientes. Em comparação a produção de proteínas de origem animal, as proteínas vegetais implicam em um impacto ambiental consideravelmente menor.

Estudos com foco no uso de biofertilizantes de esterco animal em consórcio com fertilizantes minerais (MARTINS *et al.*, 2015; DA SILVA *et al.*, 2017; SAIKIA *et al.*, 2018; DASH *et al.*, 2019), têm demonstrado eficiência na produção da cultura do feijão. Ademais, resíduos gerados em agroindústrias podem desempenhar um papel de fertilização para diversas culturas (PEREIRA *et al.*, 2015; BRESSAN *et al.*, 2019; MAHMUD *et al.*, 2021; ROMANIW *et al.*, 2021), como fonte de macro e micronutrientes para as plantas, agregando valor a esses passivos ambientais.

Tendo em vista o importante papel do Brasil na produção e exportação de carnes de aves, em paralelo as recorrentes crises hídricas, o presente estudo tem como objetivo o reúso de efluente gerado em um frigorífico de aves como biofertilizante no crescimento inicial da cultura do feijão, em alternativa aos fertilizantes minerais convencionais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fertilizantes minerais

Com a chegada de novas tecnologias agrícolas de produção, como maquinários, agrotóxicos e fertilizantes, e com a promessa de acabar com a fome mundial, nas décadas de 1960 e 1970 surgiu o conceito de Revolução Verde. Esse modelo de produção trouxe ganhos econômicos substanciais a uma parcela dos produtores rurais, em grande parte latifundiários, que aumentaram sua concentração de terras em detrimento dos pequenos produtores (OCTAVIANO, 2010).

O aumento da produção agrícola a partir da Revolução Verde se deve, em grande parte, pelo desenvolvimento e aplicação de fertilizantes minerais na lavoura. Esses insumos têm como origem produtos oriundos da petroquímica e mineração. Dentre eles, com destaque para os comumente conhecidos NPK, os fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos, que disponibilizam os nutrientes de maior demanda para as plantas (DIAS *et al.*, 2006).

Contudo, em 2022, houve uma mudança na conjuntura tradicional do agronegócio. Com a guerra da Rússia e Ucrânia, evidenciou-se o cenário de dependência do Brasil em relação ao suprimento de fertilizantes pela Rússia (CARDOSO *et al.*, 2022). O país importa 85% da sua demanda de fertilizantes, e, devido a esse contexto de instabilidades, associado aos recorrentes problemas climáticos, tem ocorrido um aumento no preço dos alimentos, sendo este um dos impactos diretos no aumento da insegurança alimentar (BRASIL, 2021; CHIAPPINI, 2022).

Além disso, o uso inadequado de fertilizantes minerais resulta em danos para o solo, alterando sua capacidade de funcionamento, a partir de indicadores físicos, químicos e biológicos. O excesso de aplicação desses nutrientes tende a acidificar a crosta do solo, impactar negativamente os serviços ecossistêmicos, favorecer o ataque de pragas, e incrementar o efeito de eutrofização nos corpos d'água (KHAN *et al.*, 2014; OZLU *et al.*, 2018; PAHALVI *et al.*, 2021;). Com isso, um grande desafio para a sustentabilidade agrícola é conciliar a conservação da prestação de serviços ecossistêmicos com a otimização dos rendimentos agrícolas (KRASILNIKOV *et al.*, 2022).

Para Sharma *et al.* (2017), a gradual substituição do uso de fertilizantes minerais e pesticidas convencionais, é de essencial importância para diminuição de impactos ambientais resultantes das práticas de monoculturas tradicionais. Com o intuito de atingir esse ponto, torna-se fundamental a vontade política para investimentos em pesquisa, disponibilização de subsídios e incentivo aos agricultores para o uso de fertilizantes orgânicos e biofertilizantes em substituição a fertilização química (WANG *et al.*, 2018).

2.2 Biofertilizantes

Perante a necessidade de preservação dos solos e mitigação de pragas e doenças agrícolas, surge a demanda da promoção e implementação de técnicas alternativas na agricultura, de forma a garantir sua viabilidade em diferentes aspectos (DE MEDEIROS *et al.*, 2006).

Como alternativa aos fertilizantes minerais, os biofertilizantes são produtos resultantes da biodigestão de compostos orgânicos e minerais de origem animal, vegetal ou industrial. Podem possuir composição complexa e variável, contendo microrganismos vivos de metabolismo aeróbico e anaeróbico, que, quando presentes na rizosfera ou inoculados em sementes, impulsionam o crescimento da planta, atuando na disposição de macro e micronutrientes (SILVA, *et al.*, 2007; DA SILVA *et al.*, 2019).

O interesse pela produção de biofertilizantes a partir de subprodutos da agropecuária, indústria ou de resíduos dispostos no ambiente têm se tornado objeto de estudo para a preservação da produtividade de diversas culturas, em diferentes sistemas agrícolas. Pesquisas com biomassa de algas (NEKVAPIL *et al.*, 2021), hidrolisado de resíduos de penas de frango (BHARI *et al.*, 2021), vermicomposto de lodo ativado de estação de tratamento de efluentes suínos misturado com esterco bovino ou suíno (XIE *et al.*, 2016), resíduos de abate de aves misturados com lodo de esgoto, resíduos agrícolas, papelão, pó de madeira, composto ativado (ASSES *et al.*, 2019), e efluente tratado de abatedouro de aves (ARAUJO *et al.*, 2019) são alguns exemplos de valoração de resíduos como biofertilizantes.

No que diz respeito à legislação sobre biofertilizantes no Brasil, a instrução normativa nº 61 estabelece: “regras sobre definições, exigências, especificações,

garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura” (BRASIL, 2020).

Para Silva (2021), a norma aprimora o mecanismo legal para a concessão de registros desses produtos, agilizando procedimentos e aprimorando seus parâmetros de composição, classificando o tipo de biofertilizante de acordo com a matéria-prima empregada, de forma a acompanhar a evolução tecnológica dos últimos anos, tornando-se um grande passo para uma abrangência maior do uso biofertilizantes na produção agrícola brasileira.

Com a evolução das pesquisas e legislações, aliado aos avanços tecnológicos e engajamento de produtores rurais em práticas de manejo sustentáveis, os biofertilizantes vem sendo desenvolvidos e utilizados de forma a reaproveitar subprodutos que muitas vezes são descartados (DE MEDEIROS *et al.*, 2006). Essa estratégia se torna-se uma alternativa incentivada para a produção agrícola, por atender a demanda integrada de nutrientes das culturas, e aumentar a fertilidade e saúde do solo ao disponibilizar microrganismos na rizosfera (GIRI *et al.*, 2019).

2.3 Reúso de águas residuárias na agricultura

De acordo com a resolução nº 232, de março de 2022 (BRASIL, 2022), são considerados usos consuntivos da água o abastecimento humano, o abastecimento animal, a indústria, a mineração, a irrigação e a termoeletricidade.

Para acompanhamento e estabelecimento de políticas de recursos hídricos, é feita a realização de estudos específicos e o cadastramento dos usuários para elaboração dos dados de porcentagem de uso de água no país. Com uma crescente demanda de água no Brasil, a agricultura tradicionalmente tem o maior destaque dentre os usos consuntivos. Nessa categoria, houve um aumento na retirada de água nos últimos vinte anos, saltando de 640 para 965 m³/s, representando 50% do total de uso da água em 2021, conforme demonstra a figura 1 (ANA, 2022).

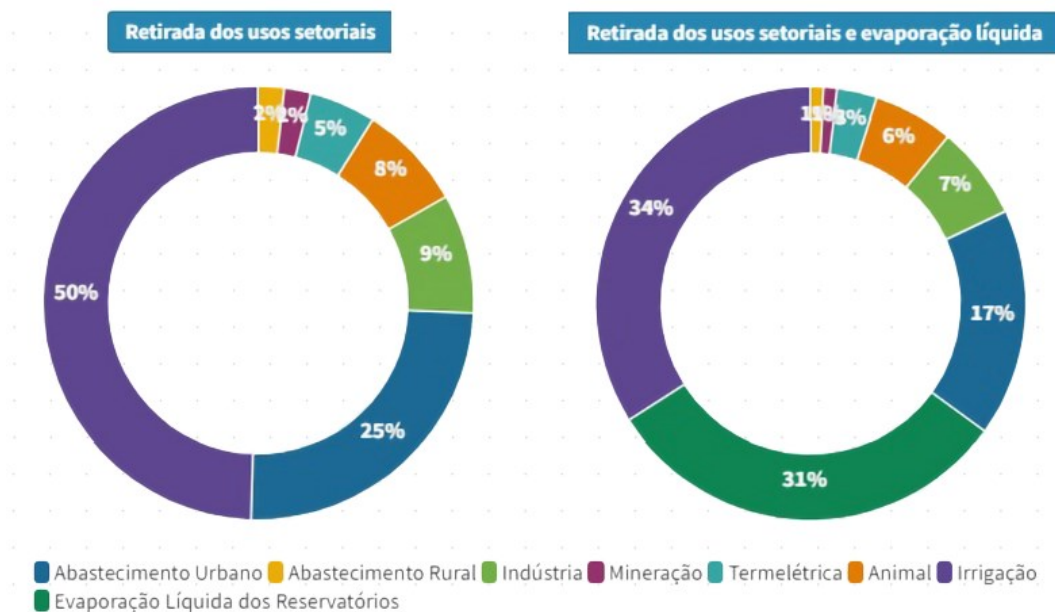


Figura 1 – Representação da porcentagem dos usos consuntivos da água no Brasil.
Fonte: ANA, 2022.

Com a escassez da água de ordem global sendo cada vez mais presente, e, impactando negativamente na produção agrícola, o reúso de águas de qualidade inferior se torna um importante instrumento de gestão ambiental (BARROS *et al.*, 2015).

Alternativas para diminuir ou substituir a demanda hídrica têm sido estudadas e aplicadas. Técnicas para transformar águas de baixa qualidade, que usualmente estariam sendo dispostas em corpos d'água, tornam-se opção para diversos usos, tais como: limpeza urbana, lavagem de veículos, irrigação paisagística e, principalmente, na agricultura (MOURA *et al.*, 2020).

Historicamente, obras de saneamento e o reúso de águas residuárias para fins agrícolas vem sendo aplicado e aperfeiçoado. Registros indicam que há 5000 anos, os minoicos desenvolveram sistemas de captação de esgoto para descarte em rios, lagos, e para irrigação e fertilização do solo (TZANAKAKIS *et al.*, 2014). No século V a.C, na Grécia antiga, além da captação de esgoto e águas pluviais, pequenas cisternas eram usadas para abastecer uma extensa rede de canais de irrigação, muitas delas servindo de bacias de decantação para cisternas maiores (ANGELAKIS *et al.*, 2018). Apesar de não haver registros atuais, Angelakis *et al.* (2018) supõem que, além da necessidade de se dar um destino aos resíduos, a utilização de dejetos humanos e animais como fertilizantes ocorreu pela

observação do desenvolvimento mais acelerado das plantas em contato, tendo como finalidade de uso, sustentar o modo de vida agrário.

Independente da diminuição do progresso de conhecimento e tecnologias de manejo da água nos tempos medievais na Europa, nas américas os Astecas realizavam práticas agrícolas localizadas nas chinampas, ou jardins flutuantes. Devido a limitação de terras produtivas, as chinampas foram construídas como ilhas artificiais em pântanos, lagos rasos ou planícies de irrigação, usando resíduos orgânicos para fertilização das culturas ali plantadas (LHOMME *et al.*, 2002).

Após grandes epidemias em diversas regiões do mundo, no século XIX, as práticas de saneamento ressurgiram, melhorando as condições de saúde e bem-estar das sociedades (ANGELAKIS *et al.*, 2018). No final do século XVIII, com o crescimento das grandes cidades na Europa e Estados Unidos, o surgimento de 'fazendas de esgoto' possibilitaram o reuso dos efluentes domésticos gerados como fertilizantes para culturas de consumo, prática está ainda utilizada em diversas localidades até os dias atuais (TZANAKAKIS *et al.*, 2014).

Com o surgimento de importantes inovações tecnológicas no século XX, e sua constante evolução chegando ao século XXI, as estações de tratamento de efluentes (ETEs) se tornaram a principal forma de tratamento e destinação final dos efluentes domésticos (INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION *et al.*, 2013). Contudo, com as constantes crises hídricas no contexto global, estudos têm trazido alternativas de uso de águas residuárias na agricultura de diferentes fontes, associado a técnicas e tecnologias para busca da valoração e aperfeiçoamento do resíduo de forma segura e sustentável. Estudos para tratamento de efluentes utilizando processo biológico de crescimento suspenso com pós-ozonização (EGBUIKWEM *et al.*, 2020), sistema de tratamento terciário extensivo e híbrido (LICCIARDELLO *et al.*, 2018), osmose-nanofiltração (CORZO *et al.*, 2018), e diferentes sistemas de wetlands construídos (DIAS *et al.*, 2020; TORRENS *et al.*, 2020; HDIDOU *et al.*, 2021) têm sido investigados de forma a abrir as possibilidades de tratamento para posterior reuso na agricultura.

Tendo em vista as diferenças e constantes evoluções na dinâmica de tratamento de efluentes, se torna necessário o conhecimento prévio das águas que serão usadas como fertilizantes na agricultura. A caracterização física, química e biológica dos efluentes, a composição do solo a ser utilizado, e a necessidade

hídrica e nutricional da cultura a ser plantada, são fatores primordiais para alcançar a eficiência da produção alinhada a proteção do ambiente e seus recursos naturais (KALAVROUZOTIS *et al.*, 2011).

2.3.1 Legislação brasileira

Frente aos desafios impostos pela crescente escassez hídrica, o uso de processos físicos, químicos e biológicos para tratamento de águas de reúso são tipicamente difundidos. Porém, a garantia da qualidade para a prática de reúso requer políticas públicas para regulamentação (DE ALMEIDA *et al.* 2011).

No Brasil, o reúso de águas não é regulamentado a nível federal. A norma ABNT nº 13.969, de 1997 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997) se torna a referência mais utilizada perante a classificação de qualidade da água de reúso, partindo de seu grau de tratamento sendo classificada como:

Classe 1: Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes: turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 200 NMP/100 mL; sólidos dissolvidos totais inferior a 200 mg/L; pH entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L.

Classe 2: lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes: turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 mL, cloro residual superior a 0,5 mg/L.

Classe 3: reúso nas descargas dos vasos sanitários: turbidez inferior a 10, coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100 mL. Normalmente, as águas de enxágue das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão;

Classe 4: Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. Coliforme fecal inferior a 5 000 NMP/100 mL e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L. As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

Apesar de apresentar valores limitantes para alguns parâmetros, eles não se encontram em concordância total com as legislações vigentes para

balneabilidade — Resolução CONAMA nº 274 (BRASIL, 2001) — e potabilidade — Portaria de Consolidação nº 5 de 2017 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017).

Para Moura et al. (2020), faz-se necessária a elaboração de uma legislação específica compreendendo parâmetros de qualidade, e orientações de uso para garantia da saúde dos manipuladores. Tendo em vista que, por ser uma norma e não uma lei, atualmente implementar tais orientações é facultativo.

2.4 Indústria de abate de aves

A carne de frango é a proteína animal mais consumida no Brasil, com produção de 14,329 milhões de toneladas e consumo per capita de 45,39 kg anuais (ABPA, 2022). Tal consumo se destaca com ampla vantagem frente as carnes bovinas (27,8%) e suínas (16,7%) (CONAB, 2022; ABPA, 2022). Essa relevância no consumo de carne de frango pelos brasileiros fomenta a criação de plantas industriais e aumento da produção através da modernização dos processos produtivos, sendo o Paraná o estado que mais abate frangos, compreendendo 35,54% da produção nacional (PINTO et al., 2015; ABPA, 2022).

Em 2021, obteve-se o recorde de produção de produtos oriundos de frangos de corte, abastecendo o mercado interno com 67,83% do montante, movimento contrário ao consumo de carne bovina, devido a sua alta nos preços (ABPA, 2022; DO BRASIL, 2022). Tal fato se explica por ser a mais barata das proteínas animais, aliada a inflação crescente dos alimentos no país (BETHÔNICO, 2022).

No processo produtivo das indústrias de abate de aves, a fim de prover a garantia da qualidade, utiliza-se grandes quantidades de água. Os usos de água em um frigorífico se destacam na lavagem de veículos e gaiolas, evisceração, escalda, resfriamento, e limpeza do espaço físico. A quantidade de água depende do tipo de unidade, equipamentos disponíveis e procedimentos operacionais (SCHUEROFF, 2014). Com isso, ao final do abate e processamento, geram-se resíduos sólidos e efluentes com elevada carga de matéria orgânica e de nutrientes (MÓDENES, 2017).

Portanto, técnicas de diminuição da geração, reúso de águas e tratamento final desses resíduos têm sido fundamentais para a diminuição de passivos

ambientais, cumprimento das leis e a busca da sustentabilidade nas indústrias (PINTO *et al.*, 2015).

2.4.1 Efluentes da indústria de abate de aves

No processo produtivo de uma indústria de abate de aves, o volume de água gasto em média para cada ave pode variar de 5 a 20 litros, em que ao final das etapas, se tem uma geração de efluente proporcional a quantidade de aves abatidas no dia (FIGUEIREDO *et al.*, 2007; OLIVEIRA, 2011).

Dentre as características físico-químicas do efluente, destacam-se a elevada presença de proteínas e lipídeos, sendo responsáveis pelos altos valores de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), óleos e graxas, sólidos totais e nitrogênio (DORS, 2006). Resíduos de sangue e pedaços de carne, além de compostos de produtos de limpeza também são grandes fontes de fósforo, podendo ser fosfatos orgânicos e inorgânicos (MITTAL *et al.*, 2006).

Tendo em vista o necessário tratamento desses efluentes a fim de atender as legislações ambientais pertinentes, como a Resolução CONAMA nº 430 (BRASIL, 2011) de ordem federal, a caracterização desses passivos torna-se fundamental para a elaboração e construção das estações de tratamento de efluentes (PAULINO, 2006). Através da utilização de sistemas integrados, pode-se manipular os parâmetros presentes, buscando realizar sua remoção ou valorização através de processos químicos, físicos e biológicos (OLLER *et al.*, 2011).

Ao longo dos anos, várias tecnologias para tratamento de efluentes de abatedouros têm sido pesquisadas, porém, ainda se evidencia uma dominância nos sistemas de tratamento aeróbio e anaeróbio (MEIRAMKULOVA *et al.*, 2020). Estudos com uso de técnica de eletrocoagulação (MÓDENES *et al.*, 2017; ZAREI *et al.*, 2018), codigestão anaeróbica com lodo de efluente em biorreatores (LATIFI *et al.*, 2019) e uso de reator anaeróbio de leiteo fluidizado e reator biológico aeróbio de leiteo móvel (ARDESTANI *et al.*, 2019), são alguns exemplos de tecnologias avançadas para tratamento dos efluentes de abatedouros de aves.

2.5 Feijão Comum (*Phaseolus vulgaris*)

Nas últimas décadas, a indústria de alimentos tem estabelecido um padrão de oferta de produtos diversificados e ultraprocessados, semiprontos, ou de fácil preparo. Esses alimentos, demandados em massa possuem alto valor energético, e são ricos em sódio, açúcar e gordura (FERREIRA *et al.*, 2018). Tais produtos, sendo priorizados na dieta, têm papel fundamental na deterioração generalizada do perfil nutricional da alimentação, tendo entre outras consequências, o desequilíbrio na oferta de nutrientes e a ingestão excessiva de calorias (BRASIL, 2005; LOUZADA, 2015).

Em oposição a esse padrão de consumo, a crescente de pessoas que buscam uma alimentação equilibrada e saudável, com destaque para hábitos alternativos como o vegetarianismo e veganismo, vêm sendo difundidas por estilo de vida ou recomendação médica (FERREIRA *et al.*, 2018).

Alimentos *in natura*, como frutas, verduras, raízes, tubérculos e ovos são obtidos diretamente de plantas ou de animais e são adquiridos sem nenhuma alteração. O feijão, enquadra-se como alimento minimamente processado, onde através de processos industriais são realizadas a limpeza, classificação e o empacotamento, não alterando, nem adicionando substâncias químicas a sua constituição. No Brasil, o feijão é um dos principais alimentos da dieta alimentar da classe trabalhadora e camadas de baixa renda, e seu consumo varia de região, condição financeira, tipo, cor, e outros aspectos culturais (BRASIL, 2014; FERREIRA *et al.*, 2021).

O consumo do feijão, assim como o arroz, mandioca, batata, entre outros vegetais, com destaque à produção orgânica, estimula a agricultura familiar e fomenta a economia local, favorecendo a solidariedade, biodiversidade e diminuição dos impactos ambientais da produção e distribuição dos alimentos (BRASIL, 2014).

Do ponto de vista comercial, os pulses (feijão, ervilha, grão de bico, fava etc.) têm ganhado evidência por serem alimentos ricos em micronutrientes, como potássio, magnésio, folato, ferro e zinco, além de serem fontes de proteínas com impacto ambiental significativamente inferior em relação a fontes animais (COELHO, 2021).

O feijão é uma cultura de ciclo curto, afetada por riscos ambientais, bioestresse, e políticas governamentais (COÊLHO, 2021). Segundo a Food and Agriculture Organization – FAO, a nível mundial, o Brasil figura como terceiro maior produtor, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Principais países produtores de feijão (em toneladas).

Países	2016	2017	2018	2019
Índia	5.890.000	6.340.000	6.220.000	5.846.622
Mianmar	5.084.012	5.338.216	5.592.419	5.310.000
Brasil	2.621.267	3.046.079	2.916.365	2.906.508
Estados Unidos	1.301.950	1.291.240	1.108.120	932.220
China	1.205.694	1.333.855	1.337.552	1.310.003
Tanzânia	1.191.766	1.428.434	1.096.930	1.197.489
México	1.088.767	1.183.868	1.196.156	879.404
Uganda	809.640	1.012.406	940.323	979.789
Quênia	728.160	846.000	837.000	747.000
Etiópia	869.847	825.423	563.922	485.547
Selecionados	20.791.103	22.645.521	21.808.787	20.728.186
Outros	8.164.150	8.849.928	8.174.229	8.186.622
Mundo	28.955.253	31.495.449	29.983.016	28.914.808

Adaptado de: FAOSTAT (2021).

Porém, apesar do destaque na produção mundial, o feijão não está entre as culturas mais comercializadas internacionalmente, sendo a que possui maior redução estimada de área de plantio, dando espaço para commodities de exportação, como o milho e a soja. Tal redução, principalmente no Brasil, tem sido resultado da diminuição nas pesquisas, atenuação do fortalecimento da produção agrícola para o mercado interno, e baixo fomento à agricultura familiar (G1, 2021). Para Souza (2022), o baixo interesse na produção desse alimento pode gerar impactos na cultura alimentar especialmente da população mais vulnerável, e, como consequência, os recorrentes aumentos de preços amplificam as condições para aparecimento de doenças como diabetes, hipertensão, entre outros males relacionados à alimentação.

A cultura do feijão é altamente exigente em qualidade do solo e em nutrientes, especialmente nitrogênio, fósforo e potássio. Tradicionalmente, o uso de fertilizantes minerais pode aumentar a produtividade e a rentabilidade da cultura baseada na análise de solo, demanda da planta, potencial da cultivar e no retorno econômico. Além disso, o manejo adequado da fertilidade do solo deve considerar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, bem como o histórico da área e o sistema de produção (CARVALHO *et al.*, 2023).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência de diferentes dosagens de biofertilizante de efluente de frigorífico de aves no crescimento inicial da cultura do feijão, como alternativa aos fertilizantes minerais convencionais.

3.2 Objetivos Específicos

- Identificar na literatura recente os principais estudos relacionados a reuso de águas residuárias na agricultura;
- Verificar a influência dos micronutrientes do biofertilizante no crescimento das plantas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O projeto foi desenvolvido em três locais distintos. Para as análises físico-químicas do efluente foi utilizado o Laboratório de Saneamento Ambiental da UNIOESTE. Para as análises físico-químicas do solo, plantio do feijão, análise fitométrica foi utilizada a estrutura do Instituto de Desenvolvimento Rural – IDR, polo regional de pesquisa de Santa Tereza do Oeste, localizado nas coordenadas geográficas latitude 25°03'08"S, longitude 53°37'59" com altitude de 749 metros.

A análise fitométrica de tecido vegetal foi realizada no Laboratório de Solos e Tecidos Vegetais do IDR, polo Londrina.

4.2 Coleta e caracterização do efluente

Os efluentes utilizados foram coletados no sistema de tratamento de efluentes de um abatedouro e frigorífico de aves da Região Oeste do Paraná. A coleta foi realizada na saída de nove pontos do sistema secundário de tratamento (Figura 2), sendo três lagoas anaeróbias, quatro lagoas aeradas, um decantador e uma lagoa de polimento.

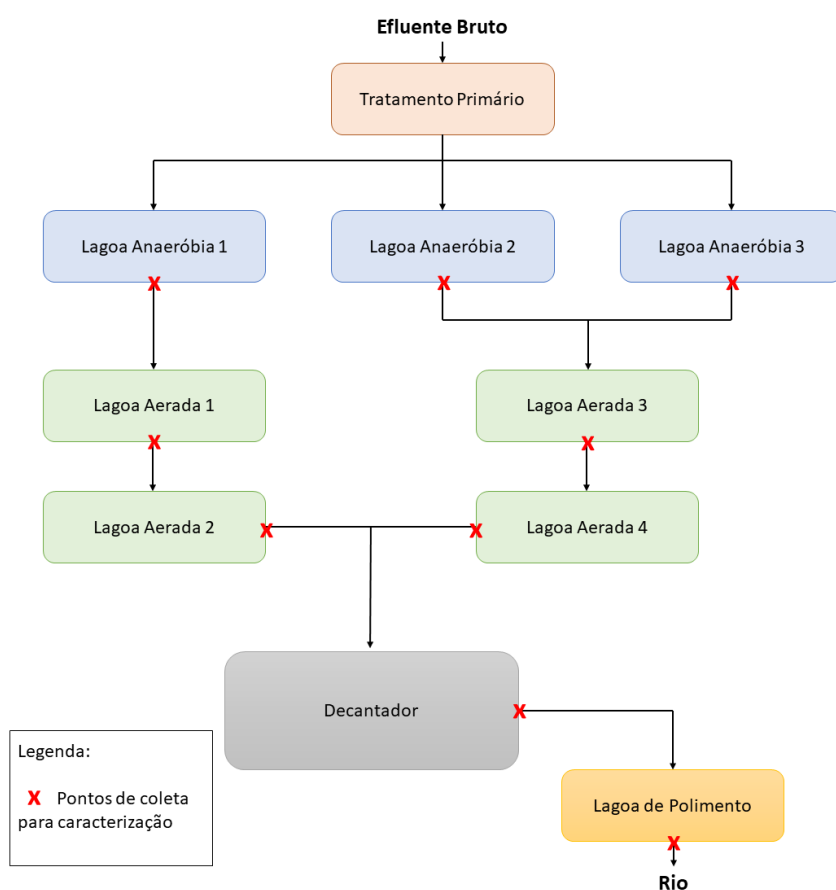


Figura 2 - Esquema representativo da estação de tratamento de efluentes do frigorífico de aves no oeste do Paraná.
 Fonte: Autoria própria (2021).

Após a coleta, o efluente foi caracterizado física e quimicamente no laboratório de Saneamento Ambiental da UNIOESTE, conforme os parâmetros citados na Tabela 2, de forma a evidenciar e selecionar os dois pontos de coleta

que melhor atendem as características para reúso como biofertilizante na agricultura.

Tabela 2: Parâmetros físico-químicos avaliados e respectivas metodologias

Parâmetro	Metodologia
pH	EMBRAPA, 2009
Condutividade	2510 A – APHA, 2012
Sólidos Totais (ST), Fixos (STF) e Voláteis (STV)	2540 B – APHA, 2012
DQO – Demanda Química de Oxigênio	5220 D - APHA, 2012
DBO ₅ – Demanda Bioquímica de Oxigênio	38409 T 52 - DIN, 1987
Nitrogênio Total	Metcalf & Eddy, 2003
Nitrogênio Orgânico	4500 Norg - APHA, 2012
Nitrogênio Amoniacal	4500-NH3 C - APHA, 2012
Nitrito	4500 -NO2-B APHA, 2012
Nitrato	4500 -NO3-B APHA, 2012
Fósforo	RUZICKA <i>et. al</i> , 1975
Cádmio	EMBRAPA, 2009
Cromo	EMBRAPA, 2009
Cobre	EMBRAPA, 2009
Manganês	EMBRAPA, 2009
Níquel	EMBRAPA, 2009
Chumbo	EMBRAPA, 2009
Zinco	EMBRAPA, 2009
Cálcio	EMBRAPA, 2009
Potássio	EMBRAPA, 2009
Magnésio	EMBRAPA, 2009

Fonte: Autoria própria (2021).

Após a caracterização dos efluentes, definiu-se os pontos Lagoa Anaeróbia 1 e Lagoa Aerada 1 para uma segunda coleta a partir da maior concentração de nitrogênio total dentre as nove amostras. Com a segunda coleta, e nova caracterização dos dois efluentes, estipulou-se suas concentrações e definiu-se a dosagem para aplicação em campo.

4.3 Caracterização físico-química do solo

O solo utilizado foi o Latossolo Vermelho eutroférico, caracterizado no laboratório de solos do Instituto de Desenvolvimento Rural – Polo Regional de Santa Tereza do Oeste – PR.

Foram realizadas análises químicas conforme Tabela 3, seguindo as metodologias de Pavan *et al.* (1992), a fim de caracterizar o solo e avaliar sua fertilidade em relação ao fertilizante mineral e biofertilizantes.

Tabela 3 – Caracterização química do solo utilizado nas parcelas do experimento

Parâmetro	Unidade de medida	Concentração
pH	CaCl ₂	5,40
Fósforo (P)	Mg/dm ³	11,52
Potássio (K)	cmolc/dm ³	0,51
Cálcio (Ca)	cmolc/dm ³	4,01
Magnésio (Mg)	cmolc/dm ³	1,12
Alumínio (Al)	cmolc/dm ³	0
Acidez Potencial (H+Al)	cmolc/dm ³	3,97
Soma de bases (SB)	cmolc/dm ³	5,64
Capacidade de troca de cátions (CTC)	cmolc/dm ³	9,61
CTC Efetiva	cmolc/dm ³	5,64
Saturação por bases (V)	%	58,69
Saturação por alumínio (M)	%	0
Carbono (C)	g/dm ³	21,4
Teor de matéria orgânica	g/dm ³	36,27
Índices de saturação da CTC	Ca%	41,72
Índices de saturação da CTC	Mg%	11,65
Índices de saturação da CTC	K%	5,32
Índices de saturação da CTC	H%	41,31
Índices de saturação da CTC	Al%	0,00
Relações entre as bases	Ca/Mg	3,58
Relações entre as bases	Ca/K	7,84
Relações entre as bases	Mg/K	2,19
Relações entre as bases	(Ca+Mg)/K	10,03
Relações entre as bases	K/ $\sqrt{(Ca+Mg)}$	0,23

Fonte: Autoria própria (2022)

4.4 Delineamento experimental e plantio

O delineamento experimental definido para o estudo foi o DBC – Delineamento em Blocos Casualizados, que utiliza os princípios da repetição, casualização e do controle local, para que sejam formados os blocos com parcelas homogêneas.

O estudo se estruturou em seis tratamentos, sendo duas dosagens diferentes para cada um dos dois biofertilizantes definidos previamente. Além do controle, e tratamento adicional de adubação química com fertilizante NPK de formulação 10-30-10, sendo base de comparação por ser um fertilizante tradicional para adubação da cultura do feijão.

Foram realizadas quatro repetições para cada tratamento, totalizando 24 parcelas divididas em quatro blocos, conforme ilustrado na Figura 4. A parcela experimental foi formada por um vaso preenchido com 1 dm³ de solo e duas plantas por vaso.

A fim de promover o equilíbrio nutricional para a cultura, definiu-se a quantidade de biofertilizante aplicado a partir da necessidade de nitrogênio, devido a ser o nutriente mais demandado para síntese de proteínas e essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Para as dosagens D1 e D2, a concentração de nitrogênio total correspondeu a 37,5 mg/L e 56,6 mg/L respectivamente, tendo o fertilizante mineral concentração de 56,6 mg/L de nitrogênio total. A princípio buscou-se aplicar uma concentração de 75 mg/L para a dosagem D2, porém, devido a capacidade de campo do solo ser excedida com a aplicação dessa dosagem, definiu-se a concentração máxima de 56,6 mg/L. A aplicação dos biofertilizantes no solo foi realizada no dia 0 e dia 20 a partir do plantio das sementes.

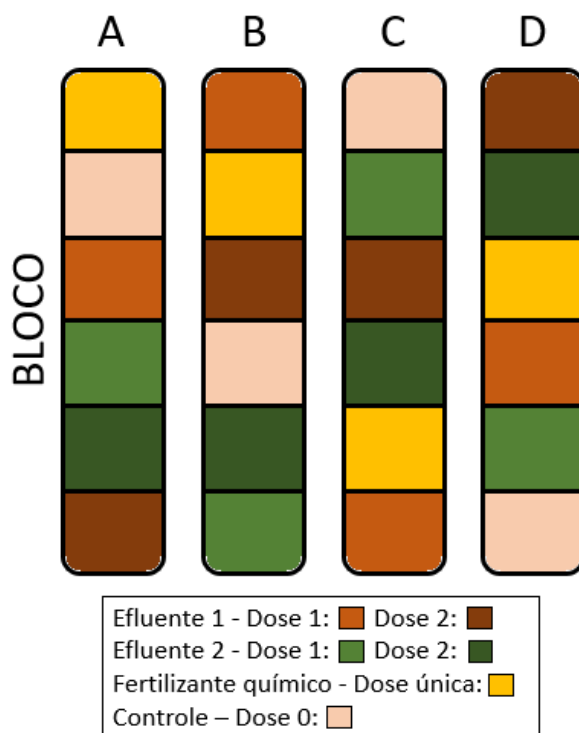


Figura 4: Representação da disposição dos blocos e parcelas de solo definidos para adubação
 Nota: Dose 0: 0 mg/L de nitrogênio. Dose 1: 37,5 mg/L de nitrogênio. Dose 2: 56,6 mg/L de nitrogênio. Dose única: 56,6 mg/L de nitrogênio.
 Fonte: Autoria própria (2021).

Após a aplicação dos seis tratamentos, realizou-se a semeadura com 5 sementes do feijão de cultivar IPR Curió, e posterior raleio para 2 plantas por parcela, a fim de eliminar as mudas excedentes e manter as de melhor qualidade para posterior análise. Observou-se o crescimento inicial das plantas por 45 dias até sua colheita, representado pela fase vegetativa.

4.4.1 Análise das plantas

Com a remoção das plantas do solo após 45 dias, foram realizados os referentes ensaios de análises fitométricas: altura das plantas, diâmetro do caule, número de trifólios, comprimento da raiz, e matéria seca da parte aérea e da raiz (EMBRAPA, 2009; Pavan, 1992).

Na sequência, foram analisados os teores de macro e micronutrientes, conforme Tabela 4. Antes da realização das análises, foi realizado o preparo das amostras. Para tal, a parte aérea foi separada da raiz, lavada com água destilada, colocada em saco de papel, seca em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C por

72 horas, e então triturada em moinho tipo *Wiley*, com peneira de 0,84 mm. (EMBRAPA, 2009).

Tabela 4 - Análises foliares realizadas nas plantas de feijão após processamento da biomassa.

Parâmetro	Metodologia
Nitrogênio	EMBRAPA (2009)
Fósforo	
Potássio	
Cálcio	
Magnésio	
Cobre	
Zinco	
Boro	
Manganês	

Fonte: Autoria própria (2021).

Após o preparo das amostras, realizou-se a digestão úmida, e posterior destilação – titulação (Kjeldahl) para determinação de nitrogênio. Para os demais elementos, realizou-se a digestão seca, e posterior determinação da concentração de fósforo e boro por espectrofotometria, determinação de potássio por fotometria de chama, e determinação de cálcio, magnésio, cobre, zinco e manganês por espectrofotometria de absorção atômica (EMBRAPA, 2009).

4.5 Análise estatística

Com a obtenção dos dados, foi realizada a análise estatística com nível de significância de 95% para avaliação dos diferentes tratamentos como biofertilizantes para o plantio do feijão.

Os dados de caracterização de efluentes foram avaliados por meio de estatística descritiva. Os dados referentes às análises fitométricas e foliares foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e comparação de médias pelo teste de Fisher (LSD), a fim de representar a variância combinada de todos os grupos analisados.

O *software* estatístico utilizado foi o Statistica 12.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização dos efluentes da ETE

O efluente utilizado no estudo foi coletado na saída das lagoas de tratamento secundário de uma agroindústria de abate de aves situada no município de Cascavel-PR.

Em indústrias de abate de aves, observam-se características importantes e em comum na composição do efluente bruto, como: sangue, fezes, óleos e graxas, penas, vísceras, pedaços de carne, entre outros materiais não decompostos (OLIVO, 2006). Tais resíduos com alta carga orgânica, devem passar por um tratamento preliminar, composto por barreiras físicas, a fim de buscar a remoção de sólidos em suspensão grosseiros e gorduras (METCALF & EDDY, 2016). Para controle e monitoramento da eficiência da ETE, a indústria realiza testes quinzenais de pH, DQO e DBO₅.

O estudo não teve como foco avaliar o efluente bruto e as etapas do tratamento primário. Para fins de reúso na agricultura, esses compostos não degradados podem gerar diversas consequências para o solo, destacando-se o selamento superficial, limitação do crescimento e morte de plantas, contaminação dos lençóis freáticos, eutrofização de águas superficiais, e a salinização do solo (MATOS *et al.*, 2017). Para um reúso adequado com fins agrícolas, segundo a Braga *et al.* (2014), o efluente deve possuir características que promovam a nutrição das cultivares, considerando a demanda de água, manejo da irrigação e drenagem do solo.

Devido à grande capacidade de abate do frigorífico e, conseqüente geração de efluentes com alta carga orgânica, após a etapa de tratamento primário, a ETE está disposta em nove lagoas de estabilização, sendo três lagoas anaeróbias, quatro aeróbias, uma lagoa de decantação e uma lagoa de polimento.

5.2 Análise de pH, sólidos totais, DQO e DBO

Após a caracterização do efluente de todas as lagoas de tratamento secundário, pôde-se observar diferentes características físico-químicas em cada etapa, conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Dados de caracterização dos efluentes coletados para pH, sólidos totais, DQO e DBO.

Etapa	pH	Sólidos			DQO	DBO ₅
		Totais	Fixos	Voláteis		
Unidade		mg/L ⁻¹	mg/L ⁻¹	mg/L ⁻¹	mg O ₂ /L ⁻¹	mg/L
Lagoa Anaeróbia 1	7,2	880,00	436,67	443,33	286,71	240
Lagoa Anaeróbia 2	6,67	600,00	323,33	276,67	193,47	60
Lagoa Anaeróbia 3	6,16	643,33	313,33	330,00	852,91	700
Lagoa Aerada 1	7,05	846,67	430,00	416,67	128,31	100
Lagoa Aerada 2	6,47	833,33	503,33	330,00	147,41	70
Lagoa Aerada 3	7,29	870,00	430,00	440,00	424,89	280
Lagoa Aerada 4	7,35	826,67	430,00	396,67	283,34	280
Decantador	7,18	933,33	473,33	460,00	142,92	140
Lagoa de Polimento	7,25	966,67	453,33	513,33	141,80	85

Fonte: Autoria própria (2022).

Nota: (pH) potencial hidrogeniônico; (DQO) demanda química de oxigênio; (DBO₅) demanda bioquímica de oxigênio.

Em relação ao pH, o efluente manteve-se perto da neutralidade em todas as lagoas, variando de 6,16 a 7,35. Esses valores são ideais para garantia da eficácia do tratamento biológico, onde a maior parte das bactérias atingem sua fase ótima perto da neutralidade, além de diminuir os riscos de afetar negativamente a vida aquática após a disposição final do efluente (VON SPERLING, 2014).

Para sólidos totais, o efluente apresentou altos valores que se mantiveram ao longo da ETE, indicando baixa eficiência de remoção. A presença da lagoa de decantação após as lagoas aeradas não conseguiu diminuir a concentração de sólidos, aumentando 3,57% os sólidos totais e 11,59% os voláteis, indicando baixa eficiência e possível aumento de matéria orgânica. Tais valores contribuíram para se obter na lagoa de polimento as maiores concentrações de sólidos da ETE. Para Nunes (2008), a concentração de sólidos totais de um efluente é um dos principais

parâmetros para estudos de dimensionamento e definição dos tipos de tratamentos empregados em uma ETE.

Os parâmetros DQO e DBO₅ apresentaram valores muito superiores na lagoa Anaeróbia 3 (DQO 852,91 mg O₂/L⁻¹ / DBO₅ mg/L⁻¹ 700), em comparação à 1 e 2.

A avaliação da concentração de DQO e DBO₅ nos efluentes de abatedouros de aves são de essencial importância para determinação do impacto que o efluente trará ao corpo hídrico, devido à sua alta carga orgânica. Nesse contexto, torna-se essencial o uso de tratamentos anaeróbios no tratamento secundário (BOGÉA *et al.* 2022).

Porém, na maioria dos casos a redução da DQO e DBO₅ nas lagoas anaeróbias não é suficiente, necessitando da utilização de lagoas aeradas para complementar o tratamento. A partir da inclusão de oxigênio de forma forçada, os microrganismos aeróbios decompõem a matéria orgânica solúvel, além de possibilitar através da floculação, posterior separação desses compostos na lagoa de decantação (GEHLING, 2017).

Portanto, para fins de monitoramento, faz-se importante também a observação da relação DQO/DBO₅, conforme cita Von Sperling (2014). Para o efluente estudado, observa-se uma relação DQO/DBO₅ média de 1,59 nas lagoas, indicando elevada condição de degradabilidade do efluente, tendo apenas o efluente da Lagoa Anaeróbia 2 média fração biodegradável, conforme a tabela 6.

Tabela 6 - Relação DQO/DBO₅ dos efluentes coletados na ETE.

Etapa	Índice de DQO/DBO₅
Lagoa Anaeróbia 1	1,19
Lagoa Anaeróbia 2	3,22
Lagoa Anaeróbia 3	1,22
Lagoa Aerada 1	1,28
Lagoa Aerada 2	2,11
Lagoa Aerada 3	1,52
Lagoa Aerada 4	1,01
Decantador	1,02
Lagoa de Polimento	1,67

DQO/DBO₅ baixa (<2,5): Elevada fração biodegradável – Indicado tratamento biológico; DQO/DBO₅ intermediária (de 2,5 a 4,0): Média fração biodegradável – Indicado testes para validar tratamento

biológico; DQO/DBO₅ elevada (>4,0): Baixa fração biodegradável – Indicado a utilização de tratamentos físico-químicos.

Fonte: Autoria própria (2023).

Nos estudos de Hasan *et al.* (2018), e Thebaldi *et al.* (2011) ao avaliarem efluentes de abatedouros de suínos e bovinos, respectivamente, também puderam observar elevada fração biodegradável, devido à alta carga orgânica dos efluentes característicos de indústrias de abate.

Na saída da lagoa de polimento os resultados de lançamento para DQO e DBO₅ são 141,8 e 85, respectivamente. Em comparação a outros estudos em estações de tratamento de efluentes de abatedouros frigoríficos de aves, observa-se uma grande variação nos valores de lançamento do efluente tratado.

Rodrigues *et al.* (2016), verificaram valores de DQO de 194 a 290, e DBO de 106 a 116 em um tratamento secundário composto por reator anaeróbio de manta de lodo ascendente (UASB) seguido de filtro anaeróbio. Os autores concluíram que o sistema apresentou boa eficiência de remoção de cargas orgânicas com baixo custo de implantação.

Jesus (2018), ao caracterizar uma planta de efluentes de um abatedouro e frigorífico de aves do oeste do Paraná, observou valores de lançamento de 31 a 239 para DQO. O autor constatou uma baixa eficiência na remoção do parâmetro (23,72%) no tratamento secundário composto de três lagoas anaeróbias. Valor resultado do baixo tempo hidráulico, e consequente dificuldade de sedimentação e degradação dos sólidos pelos microrganismos anaeróbios.

Em uma ETE composta por um sistema de flotação por ar dissolvido (DAF), um (UASB), uma lagoa aerada facultativa, e um sistema DAF químico, Del Nery *et al.* (2016), observaram altas taxas de remoção para DQO ($97,9 \pm 1,0\%$) e DBO₅ ($98,6 \pm 1,0\%$), com valores de lançamento médios de 85 e 29 mg/L, respectivamente. Os autores ressaltam que a alta eficiência na remoção dos parâmetros é resultado de um elevado custo do sistema, onde a utilização da aeração mecânica na lagoa aerada como pós-tratamento de reatores UASB aumenta significativamente eficiência e o custo de energia elétrica no tratamento do efluente.

Tais diferenças de valores de lançamento dependem de diversas variáveis além do tipo de indústria e das matérias primas utilizadas. Para Giordano (2004), a

redução de perdas no processo, otimização do arranjo, controle e manutenção da estação, e a busca de investimentos em técnicas e tecnologias modernas são fatores que refletem na qualidade de lançamento do efluente final.

5.3 Nitrogênio e fósforo

Para o parâmetro Nitrogênio, caracterizou-se as formas amoniacal, nitrito, nitrato, orgânico e total. Para o elemento fósforo, foi caracterizado na forma de fósforo total. A estatística descritiva dos parâmetros para cada lagoa consta na tabela 7.

Tabela 7 – Dados da concentração de nitrogênio e fósforo total dos efluentes das respectivas lagoas.

Lagoa	Nitrogênio					Fósforo Total
	Amoniacal	Nitrito	Nitrato	Orgânico	Total	
Unidade	mg/L ⁻¹	mg/L ⁻¹	mg/L ⁻¹	mg/L ⁻¹	mg/L ⁻¹	mg/L ⁻¹
Lagoa Anaeróbia 1	128,8	0,6	0,0	22,4	151,8	2,04
Lagoa Anaeróbia 2	118,7	0,2	0,0	4,5	123,4	2,19
Lagoa Anaeróbia 3	111,4	0,0	0,0	14,6	126,0	2,04
Lagoa Aerada 1	73,9	24,1	134,1	15,7	247,8	1,43
Lagoa Aerada 2	48,2	10,9	60,3	2,2	121,6	1,73
Lagoa Aerada 3	90,2	0,1	0,1	41,3	131,7	1,88
Lagoa Aerada 4	80,6	0,1	0,1	42,5	123,3	6,28
Decantador	73,9	11,2	41,7	21,3	148,1	2,19
Lagoa de Polimento	73,9	12,6	64,7	12,9	164,1	1,43

Fonte: Autoria própria (2022).

Pode-se observar a predominância de nitrogênio na forma amoniacal no início do tratamento secundário, nas lagoas anaeróbias. Devido a introdução de matéria orgânica rica em nitrogênio orgânico, onde é hidrolisado à amônia gasosa (NH₃) e quase todo convertido a amônia ionizada (NH₄⁺), por conta do pH do meio se encontrar em torno de 6 a 7 (HOCKING, 1985; KUNZ *et al.*, 2019).

Nas subsequentes lagoas aeradas, ocorre o processo de nitrificação, através da ação de bactérias autotróficas nitrificantes que convertem a amônia a nitrito (NO₂⁻) e nitrato (NO₃⁻). Observa-se uma grande variação dos valores dessas duas formas de nitrogênio nas quatro lagoas. Nas lagoas aeradas 1 e 2, posteriores à lagoa anaeróbia 1 tem-se uma atividade nitrificante alta, com a diminuição do

nitrogênio amoniacal do meio. Já nas lagoas aeradas 3 e 4, observa-se apesar da diminuição do nitrogênio amoniacal, a ausência das formas nitrito e nitrato.

Metcalf & Eddy (2016) relatam que para realização da nitrificação, as bactérias nitrificantes necessitam de oxigênio para oxidar a amônia, a fim de convertê-la em água ácida, nitrito e energia, e por fim converter o nitrito mais oxigênio em nitrato e energia.

Na figura 5 pode-se observar a variação das formas de nitrogênio ao longo do fluxo de lagoas. No decantador e na lagoa de polimento, percebe-se a estabilização da forma amoniacal, e altos valores para nitrito e nitrato. De acordo com a resolução CONAMA 430/2011, o limite máximo de lançamento para nitrogênio amoniacal é de 20 mg/L, estando o efluente final muito acima do limite, com concentração de 73,9 mg/L. Além disso, a lagoa aerada 1 apresentou um pico na concentração de nitrato, o qual pode ser atribuído à elevada eficiência do processo de nitrificação, decorrente da incorporação artificial de oxigênio e da subsequente oxidação da amônia a nitrito e deste a nitrato. (KUNZ *et al.*, 2019). Contudo, pode-se constatar que o sistema secundário de tratamento não foi projetado para remoção de nitrogênio do efluente final, apenas realizar a alteração das formas através da oxidação de seus compostos.

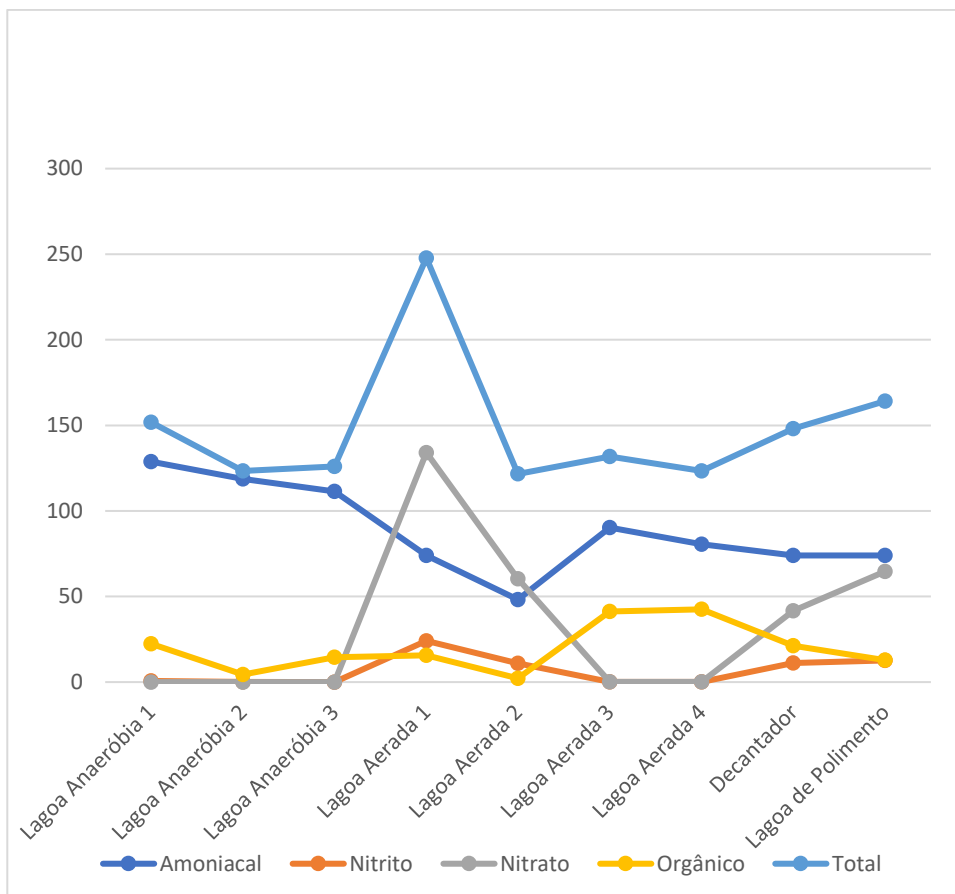


Figura 5 – Concentração das diferentes formas de nitrogênio (em mg/L⁻¹) referente a cada lagoa da estação de tratamento
Fonte: Autoria própria (2023)

Para a completa remoção do nitrogênio do efluente final, o sistema poderia ser projetado para trabalhar com um reator anóxico, e uma fonte externa de carbono, a fim de realizar o processo de desnitrificação (NUNES, 2014). Para ocorrer a desnitrificação no meio com ausência de oxigênio, bactérias heterotróficas desnitrificantes consomem matéria orgânica e nitrato, removendo o oxigênio da molécula e liberando o nitrogênio na forma gasosa N₂ para a atmosfera (METCALF; EDDY, 2016).

A elevada concentração desses compostos no solo, tal qual sua infiltração e percolação até as águas subterrâneas, além da disposição direta em ambientes aquáticos lânticos ou lóticos pode causar problemas ambientais como eutrofização e toxicidade aquática (HAUCK et al., 2016). Do ponto de vista de saúde pública, os diferentes estados de oxidação do nitrogênio podem possuir um poder carcinogênico e mutagênico, e causar doenças como a “síndrome do bebê azul”,

caracterizado pela deficiência na oxigenação sanguínea e consequente cianose (SILVA, 2016; KUNZ et al., 2019).

No parâmetro fósforo, os processos de remoção do nutriente podem ser físicos, químicos e biológicos, onde em quase todos os processos é convertido em uma fração sólida (KUNZ *et al.*, 2019). Geralmente, para sistemas que contam com um tratamento terciário, utiliza-se processos químicos, devido ao baixo custo e uma alta eficiência de remoção.

5.4 Caracterização dos biofertilizantes

Observa-se na tabela 8 a caracterização dos dois efluentes, que foram coletados novamente e empregados como biofertilizantes. São indicados como Efluente 1, o material coletado da Lagoa Anaeróbia 1, e como Efluente 2, o material coletado da Lagoa Aerada 1. Observa-se valores físico-químicos próximos para os dois biofertilizantes, contudo, destaca-se uma diferença maior nas suas cargas orgânicas, representado pela DQO e DBO₅, e a alta concentração de ferro no Efluente 1, oriunda dos processos industriais e possivelmente pela adição de coagulantes químicos compostos pelo metal (BRANDT et al., 2016).

Tabela 8 – Caracterização físico-química dos efluentes selecionados como biofertilizantes

(continua)

Parâmetro	Efluente 1 – Lagoa	Efluente 2 – Lagoa
	Anaeróbia 1	Aerada 1
pH	7,55	7,24
Sólidos Totais (mg/L ⁻¹)	526,67	573,33
Sólidos Fixos (mg/L ⁻¹)	326,67	310,00
Sólidos Voláteis (mg/L ⁻¹)	200,00	263,33
DQO (mg/L ⁻¹)	240,23	106,94
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	125	70
Nitrogênio Amoniacal (mg/L ⁻¹)	99,7	93
Nitrito (mg/L ⁻¹)	0,1	0,1
Nitrato (mg/L ⁻¹)	0,2	0,2
Nitrogênio Total (mg/L ⁻¹)	100,0	100,0
Fósforo Total (mg/L ⁻¹)	2,25	1,80

(conclusão)

Ca (mg/L ⁻¹)	15,74	25,93
Cd (mg/L ⁻¹)	ND	ND
Cr (mg/L ⁻¹)	0,05	0,05
Cu (mg/L ⁻¹)	1,05	ND
Fe (mg/L ⁻¹)	736,67	217,12
K (mg/L ⁻¹)	51,53	58,73
Mg (mg/L ⁻¹)	15,49	12,10
Mn (mg/L ⁻¹)	1,88	0,19
Ni (mg/L ⁻¹)	0,15	ND
Pb (mg/L ⁻¹)	ND	ND
Zn (mg/L ⁻¹)	6,96	24,74

Fonte: Autoria própria (2023)

5.5 Análise das plantas

Com a remoção das plantas ao final da fase vegetativa, observa-se nas tabelas 9 e 10 os resultados das análises fitométricas.

Tabela 9 – Parâmetros fitométricos das plantas para dimensões e contagem de trifólios.

Tratamento	Caule (cm) ± C.V. (%)	Comprimento da raiz (cm) ± C.V. (%)	Altura (cm) ± C.V. (%)	Número de trifólios ± C.V. (%)
E1 D1	3,63 ± 13,21	24,03 ± 21,36 B	18,26 ± 12,69	6,88 ± 10,91
E1 D2	3,63 ± 13,21	27,24 ± 9,25 B	20,15 ± 4,18	7,38 ± 15,03
E2 D1	3,88 ± 6,45	29,26 ± 11,08 AB	17,71 ± 11,93	6,88 ± 12,42
E2 D2	4,00 ± 0,00	32,84 ± 15,16 A	17,91 ± 28,18	6,75 ± 14,18
NPK	4,38 ± 10,94	27,41 ± 8,06 AB	19,38 ± 18,91	8,00 ± 17,68
TESTEMUNHA	3,50 ± 11,66	24,23 ± 11,72 B	18,09 ± 10,35	7,00 ± 5,83

Fonte: Autoria própria (2023)

Nota: Ausência de letras na mesma coluna indicam que não houve diferença entre os tratamentos pelo Teste de Fisher (LSD) ($p \leq 0,05$)

Foi possível observar características semelhantes nos parâmetros de fitométricos de caule, altura, número de folhas, clorofila, e massa seca parte aérea em todos os tratamentos, indicando que os biofertilizantes promoveram um desenvolvimento semelhante ao fertilizante mineral e amostra testemunha (Tabelas 9 e 10). Por outro lado, para comprimento de raiz é possível observar diferenças estatísticas para o tratamento E2D2 quando comparado aos demais tratamentos, demonstrando um maior crescimento de raiz para o mesmo.

Tabela 10 – Parâmetros fitométricos de massa e clorofila.

Tratamento	Massa seca raiz (g) ± C.V. (%)	Massa seca parte aérea (g) ± C.V. (%)	Massa seca total (g) ± C.V. (%)	Clorofila ± C.V. (%)
E1 D1	0,54 ± 7,30 B	1,86 ± 17,26	2,40 ± 15,30 C	39,23 ± 8,34
E1 D2	0,72 ± 15,84 B	2,34 ± 4,60	3,05 ± 3,51 AB	39,13 ± 8,64
E2 D1	0,57 ± 14,10 B	2,00 ± 16,61	2,57 ± 12,76 BC	39,81 ± 10,92
E2 D2	0,63 ± 23,14 B	2,26 ± 14,83	2,89 ± 13,78 ABC	38,97 ± 12,29
NPK	0,95 ± 18,76 A	2,47 ± 18,12	3,42 ± 23,10 A	45,80 ± 2,86
TESTEMUNHA	0,65 ± 16,79 B	1,89 ± 6,09	2,53 ± 2,35 BC	43,30 ± 5,57

Fonte: Autoria própria (2023)

Nota: Ausência de letras na mesma coluna indicam que não houve diferença entre os tratamentos pelo Teste de Fisher (LSD) ($p \leq 0,05$)

Apesar do parâmetro isolado de massa seca de raiz apresentar diferença no tratamento NPK comparado aos demais tratamentos, ao realizar a soma com a parte aérea e classificá-las como massa seca total é possível observar que o mesmo só se diferiu dos tratamentos de E1 D1, E2 D1 e Zero. Tal fator demonstra massa total similar as plantas tratadas com NPK e os biofertilizantes E1 e E2 na segunda dosagem (E1 D2 e E2 D2).

O nitrogênio é o elemento mais absorvido pela cultura, e a necessidade durante todo o ciclo é elevada, havendo uma absorção constante do nutriente, onde a fase de maior demanda ocorre entre 35 e 50 dias após a emergência da planta, coincidindo com o período de florescimento (ROSOLEM et al., 1994; HAAG et al., 1967).

Para Leal et al. (2008), a falta de nitrogênio no desenvolvimento da cultura resulta na diminuição de parâmetros fitométricos como número de folhas, matéria seca, altura da planta, diâmetro do caule e área foliar.

Além da adubação química e orgânica, destaca-se que o solo utilizado possui boas características químicas, auxiliando na disponibilidade de nitrogênio e outros micronutrientes a partir do seu teor de matéria orgânica (CRUSCIOL et al., 2007). Ao analisar o desenvolvimento da cultivar IPR Curió em função da aplicação de adubação nitrogenada em um sistema de plantio direto, Muller et al. (2015) puderam observar que o teor de matéria orgânica adequado no solo é capaz de suprir a necessidade das plantas, onde quanto maior a concentração, maior a taxa de mineralização e disponibilidade do N no solo.

Em relação aos teores de nitrogênio, na Tabela 11 verifica-se que nos tratamentos testemunha e NPK, obteve-se o valor médio mais alto para nitrogênio, havendo diferença significativa quando comparado aos biofertilizantes. Apesar da alta disponibilidade de do íon amônio (NH_4^+) contido no biofertilizante, a absorção desse nutriente depende da atividade microbiana do solo, que pode ter sido afetada pela aplicação, a depender dos microrganismos presentes (BELLÉ et al., 2018).

Tabela 11 – Parâmetros foliares e respectivas concentrações de N, P, e K.

Tratamento	N (g kg^{-1}) \pm C.V. (%)	P (g kg^{-1}) \pm C.V. (%)	K (g kg^{-1}) \pm C.V. (%)
E1 D1	17,97 \pm 11,33 B	2,24 \pm 18,59	29,94 \pm 7,73 A
E1 D2	17,67 \pm 19,82 B	2,17 \pm 16,66	26,99 \pm 7,67 ABC
E2 D1	17,59 \pm 14,32 B	1,92 \pm 24,05	22,76 \pm 12,26 D
E2 D2	15,14 \pm 15,29 B	1,88 \pm 10,67	23,89 \pm 6,54 CD
NPK	22,82 \pm 7,72 A	1,81 \pm 13,48	26,35 \pm 10,11 BC
TESTEMUNHA	22,14 \pm 15,66 A	2,03 \pm 8,92	28,37 \pm 9,75 AB

Fonte: Autoria própria (2023)

Nota: Ausência de letras na mesma coluna indicam que não houve diferença entre os tratamentos pelo Teste de Fisher (LSD) ($p \leq 0,05$)

Além disso, observa-se um efeito de diluição de massa nos tratamentos com biofertilizantes. Ocorrendo quando o aumento do tamanho ou da biomassa das plantas reduz sua concentração de nutrientes, podendo indicar alteração no balanço dos nutrientes absorvidos do solo (FAGERIA et al., 2005).

Pesquisas indicam que a eficiência da fixação biológica de nitrogênio na cultura do feijoeiro não é alta, devido a fatores que incluem a variedade de feijão, a estirpe bacteriana e as condições ambientais (CAMPANHARO et al., 2010; REINPRECHT et al., 2020).

Para o parâmetro fósforo (P), verifica-se valores próximos nos tratamentos sem diferença significativa, indicando que apesar da concentração mais alta do elemento estar no fertilizante mineral, as plantas puderam o absorver de forma equilibrada na fase inicial de crescimento. Para Rosolem et al. (1994), a fase de maior absorção de fósforo ocorre entre aproximadamente 30 e 55 dias após a emergência da planta, desde o estágio anterior ao surgimento dos botões florais até o final do florescimento, quando algumas vagens já foram formadas. A demanda por fósforo permanece alta durante todo esse período, mas é acentuada no final do

florescimento e no início da formação das vagens, quando o feijoeiro pode absorver entre 0,20 e 0,30 kg P/ha dia.

Para potássio (K), os tratamentos com biofertilizante não apresentaram diferença significativa partindo da dosagem, porém, tiveram diferença significativa para cada tipo de tratamento. A cultura do feijão é muito exigente em K, e sua absorção ocorre durante todo o ciclo da planta, em maior quantidade entre o 35º e 50º dia após a emergência, coincidindo com a fase de florescimento e enchimento dos grãos (FAGERIA *et al.*, 2001). Observou-se que os dois biofertilizantes possuíam concentração próxima de potássio (E1: 51,53; E2: 58,73), porém a concentração nas dosagens não foi determinante na diferença de concentração do nutriente na biomassa das plantas. Já para o fertilizante NPK, obteve-se o maior resultado médio para massa seca da raiz, interferindo diretamente no crescimento vegetativo, onde, na falta do nutriente ocorre crescimento lento da planta e subdesenvolvimento das raízes, propiciando maior risco a doenças. Além disso, a falta do nutriente tem impacto direto na produção, afetando a quantidade e qualidade dos grãos (BRAGA *et al.*, 1994).

Leal *et al.* (2008), citam a importância de uma nutrição completa para a planta do feijão-comum, onde as omissões de N, P, K e Ca foram determinantes para a limitação do desenvolvimento vegetativo do feijoeiro nos 30 dias de seu ensaio. Evidenciando alterações morfológicas, e sintomas visuais característicos da deficiência nutricional de cada elemento.

Para os resultados de análise foliar dos macronutrientes cálcio (Ca) e magnésio (Mg), verifica-se na tabela 12 que a testemunha foi o tratamento que possuiu menor teor dos compostos.

Tabela 12 – Parâmetros foliares e concentrações de Ca e Mg.

Tratamento	Ca (g kg ⁻¹) ± C.V. (%)	Mg (g kg ⁻¹) ± C.V. (%)
E1 D1	16,60 ± 8,96 A	3,42 ± 8,99 A
E1 D2	15,33 ± 8,16 AB	3,23 ± 9,93 AB
E2 D1	12,90 ± 16,27 C	2,76 ± 16,02 BC
E2 D2	13,58 ± 6,50 BC	2,99 ± 7,90 ABC
NPK	13,64 ± 10,75 BC	3,00 ± 14,72 ABC
TESTEMUNHA	12,82 ± 2,06 C	2,64 ± 3,40 C

Fonte: Autoria própria (2023)

Nota: Ausência de letras na mesma coluna indicam que não houve diferença entre os tratamentos pelo Teste de Fisher (LSD) ($p \leq 0,05$)

Para a cultura do feijão, a prática da calagem é recomendada para fornecer cálcio e magnésio, além de corrigir a acidez e o alumínio trocável no solo. Além disso, a cultura é responsiva ao aumento de ambos, sendo beneficiado pela sua disponibilidade e interação com outros macronutrientes (CARVALHO, 2021). Assim como no estudo de Oliveira *et al.* (2003), os níveis de Ca e Mg e a proporção obtida entre eles na massa seca do feijoeiro, tiveram forte relação com os níveis e proporções desses elementos no solo. Para os autores, os resultados obtidos indicaram que em solos com níveis adequados de Ca e Mg trocáveis, a proporção entre eles é de menor importância para o crescimento e a produtividade do feijoeiro.

Na cultura do feijão-comum, os micronutrientes mais importantes são o boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn). Esses elementos participam de diversas funções fisiológicas, como a fotossíntese, a respiração, a síntese de proteínas, a fixação biológica de nitrogênio, a germinação do pólen e a formação da parede celular (CARVALHO, 2021). A deficiência ou o excesso de micronutrientes pode causar sintomas visuais nas folhas, redução do crescimento e da produtividade, e menor qualidade dos grãos. Contudo, sua disponibilidade no solo depende de fatores como pH, matéria orgânica, umidade e a presença de outros nutrientes. (CAMARGO, 2006).

Observa-se na Tabela 13 que Cu e B não tiveram diferença significativa entre os tratamentos. Apesar de ser um micronutriente essencial para o feijoeiro, no estudo de Leal *et al.* (2008), a omissão de B não foi determinante para o crescimento vegetativo do feijoeiro após 30 dias do cultivo.

Tabela 13 – Parâmetros foliares e concentrações de micronutrientes.

Tratamento	Cu (mg kg ⁻¹) ± C.V. (%)	Zn (mg kg ⁻¹) ± C.V. (%)	B (mg kg ⁻¹) ± C.V. (%)	Mn (mg kg ⁻¹) ± C.V. (%)
E1 D1	3,51 ± 21,38	21,87 ± 15,77 A	48,96 ± 11,24	34,23 ± 7,86 BC
E1 D2	3,46 ± 10,87	21,69 ± 9,65 A	42,24 ± 9,42	34,56 ± 4,41 BC
E2 D1	2,84 ± 28,85	16,10 ± 21,79 B	40,67 ± 24,63	30,74 ± 18,84 C
E2 D2	3,16 ± 8,18	19,81 ± 10,02 AB	39,31 ± 8,32	33,97 ± 25,75 BC
NPK	3,04 ± 18,70	19,27 ± 9,52 AB	39,43 ± 15,68	43,69 ± 11,84 A
TESTEMUNHA	2,67 ± 18,86	18,65 ± 7,28 AB	39,36 ± 2,73	38,41 ± 8,27 AB

Fonte: Autoria própria (2023)

Nota: Ausência de letras na mesma coluna indicam que não houve diferença entre os tratamentos pelo Teste de Fisher (LSD) ($p \leq 0,05$)

Corroborando com os autores, para Silva Junior *et al.* (2015), na tabela 13 diferentes doses de aplicação do B não influenciaram nas variáveis agrônômicas altura de plantas e massa de 100 grãos de feijão caupi.

Apesar da baixa concentração de manganês nos biofertilizantes, destaca-se que os valores diferiram estatisticamente. A disponibilidade de Mn no solo depende de fatores como o pH, o teor de matéria orgânica, a umidade, e presença de outros nutrientes como Ca e Mg (MAAS *et al.*, 1969). A interação com outros nutrientes no solo ocorre de forma complexa, podendo ocasionar sinergismos ou antagonismos que afetam a sua absorção pelas plantas. Sendo possível competir com Fe, Zn e o Cu pelos sítios de adsorção nas superfícies coloidais do solo e pelos transportadores nas membranas celulares das raízes (CAMARGO, 2006).

6 CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos na aplicação dos biofertilizantes e adubo mineral, nos parâmetros fitométricos, verificou-se valores semelhantes de caule, altura, número de folhas, clorofila, e massa seca da parte aérea em todos os tratamentos.

A presença de micronutrientes no biofertilizante não foi determinante no aumento da absorção pelas plantas, possivelmente pela boa qualidade do solo utilizado.

Para os parâmetros de análise foliar, principalmente nitrogênio, observou-se o efeito de diluição de massa nos tratamentos com aplicação de biofertilizantes, resultando no aumento desproporcional da biomassa das plantas em relação a concentração de nutrientes.

De forma geral, o uso de biofertilizante oriundo de efluente de abatedouro frigorífico de aves pode ser uma alternativa para o uso de fertilizantes minerais em plantas de feijão.

Para futuras pesquisas, sugere-se investigar o efeito de diferentes doses de biofertilizantes provenientes de outras fontes sobre a nutrição e a produtividade das plantas, assim como analisar outros micronutrientes e considerar o custo econômico e os impactos ambientais dos diferentes modos de fertilização.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.969: **Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro, p. 60. 1997.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2021**. 2022.

ANGELAKIS, Andreas N. et al. Water reuse: from ancient to modern times and the future. **Frontiers in Environmental Science**, p. 26, 2018.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washigton DC: American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation, 2012.

ARAUJO, Izabela RC et al. Reforested soil under drip irrigation with treated wastewater from poultry slaughterhouse. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 439-445, 2019.

ARDESTANI, F.; ABBASI, M. Poultry slaughterhouse wastewater treatment using anaerobic fluid bed reactor and aerobic mobile-bed biological reactor. **International Journal of Engineering**, v. 32, n. 5, p. 634-640, 2019.

ASSES, Nedra et al. Large scale composting of poultry slaughterhouse processing waste: Microbial removal and agricultural biofertilizer application. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 124, p. 128-136, 2019.

BARROS, Helder Morais Mendes et al. Reúso de água na agricultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 5, p. 3, 2015.

BELLÉ, Rafael; FONTANA, Daniele Cristina. Patógenos de solo: principais doenças vasculares e radiculares e formas de controle. **Enciclopédia biosfera**, v. 15, n. 28, 2018.

BENTHÔNICO, T. Religião e inflação abrem caminho para frango dominar o consumo de carne. **Folha de São Paulo**, 2022. <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2022/06/religiao-e-inflacao-abrem-caminho-para-frango-dominar-o-consumo-de-carne.shtml?utm_source=twitter&utm_medium=social&utm_campaign=twfolha>. Acesso 21 de nov. de 2022.

BHARI, Ranjeeta; KAUR, Manpreet; SARUP SINGH, Ram. Chicken feather waste hydrolysate as a superior biofertilizer in agroindustry. **Current Microbiology**, v. 78, n. 6, p. 2212-2230, 2021.

BRAGA, Marcos Brandão; LIMA, Carlos Eduardo Pacheco (Ed.). **Reuso de água na agricultura**. Brasília: Embrapa, 2014.

BRANDT, Malcolm J. et al. **Twort's water supply**. Butterworth-Heinemann, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Coordenação-Geral da Política de Alimentação e Nutrição. **Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável**. Brasília: Ministério da Saúde; 2005.

BRASIL. Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos. **Plano Nacional de Fertilizantes 2050 (PNF 2050)** Brasília: SAE, 2021 195 p.1v.: il.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 61, de 23 de julho de 2020**. DOU, Brasília, 2020.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 274/2000, de 29 de novembro de 2000**. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.

BRASIL. **Resolução nº 232, de 22 de março de 2022**. Aprova o Plano Nacional de Recursos Hídricos 2022-2040 e dá outras providências. DOU, Brasília, 2022.

BOGÉA, Nigell Silva; BRAGA, Risete Maria Queiroz Leão; ANDRADE, Marcello Ádamis. Avaliação dos parâmetros físico-químicos de uma estação de tratamento de efluentes de um abatedouro frigorífico em São Luís–MA. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9.

CAMARGO, O. A. de. **Reações e interações de micronutrientes no solo**. 2006. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/micronutrientes/Index.htm>. Acesso em: 20 de abr. de 2023.

CAMPANHARO, Marcela et al. Acidez do solo na fixação biológica de nitrogênio em feijoeiro comum. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 3, p. 285-290, 2010.

CARDOSO, J. B. V., TEIXEIRA, L., DA SILVA, N., COUTINHO, P., CANO, R., PEREIRA, T. **Como a bioeconomia azul pode apoiar na redução da dependência nacional de fertilizantes no Brasil? O caso das algas marinhas**. Instituto de Inovação SENAI, 2022.

CARVALHO, Maria da Conceição. **Calagem**. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/producao/calagem>>. Acesso em: 21 abr. 2023

CARVALHO, Maria da Conceição. **Micronutrientes**. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/producao/micronutrientes>>. Acesso em 21 abr. 2023

CARVALHO, Maria da Conceição; SILVEIRA, Pedro Marques. **Adubação**. <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/producao/adubacao>>. Acesso em 21 jun. 2023

CHIAPPINI, Gabriel. O preço da energia, a inflação dos alimentos e a fome. **Epbr**, 2022. Disponível em: <<https://epbr.com.br/o-preco-da-energia-a-inflacao-dos-alimentos-e-a-fome/#:~:text=%C3%89%20o%20dobro%20do%20contingente,parte%20devido%20%C3%A0%20energia%20el%C3%A9trica>> Acesso em: 14 de set. de 2022.

CITOLLIN ALIMENTOS. Feijão Carioca: IPR Curio. **Sementes Citollin**, [2023?]. Disponível em: <https://www.cittolinalimentos.com.br/wp-content/files_mf/feija%CC%83ocarioca_iprcuri%C3%93_cittolin.pdf>. Acesso em: 10 abr 2023.

COÊLHO, Jackson Dantas. **Feijão: Produção e mercados**. 2021.

CORZO, Beatriz et al. Long-term evaluation of a forward osmosis-nanofiltration demonstration plant for wastewater reuse in agriculture. **Chemical Engineering Journal**, v. 338, p. 383-391, 2018.

CRUSCIOL, C.A.C; SORATTO, R.P.; SILVA, L.M. da; LEMOS, L.B. Fontes e doses de nitrogênio para o feijoeiro em sucessão a gramíneas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.1545-1552, 2007.

DASH, S. K. et al. Effect of integrated nutrient management on growth, yield and yield attributing parameters of french bean (*Phaseolus vulgaris* L). **The Pharma Innovation Journal**, v. 8, n. 11, p. 98-100, 2019.

DA SILVA, A. C. M., et al. "Biofertilizantes e entraves na Legislação Brasileira." In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DE BIODIESEL, 7., 2019, Florianópolis. Empreendedorismo e inovação: construindo um futuro competitivo para o biodiesel: **Anais...** Florianópolis, SC: Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação De Biodiesel, 2019., 2019.

DE ALMEIDA, R. G. Aspectos legais para a água de reúso. **Revista Vértices**. Campos dos Goytacazes, v. 13, n. 2, p. 31-43, 2011.

DEL NERY, Valeria et al. Poultry slaughterhouse wastewater treatment plant for high quality effluent. **Water Science and Technology**, v. 73, n. 2, p. 309-316, 2016.

DE MEDEIROS, Marcos Barros; DA SILVA LOPES, Juliano. Biofertilizantes Líquidos e sustentabilidade agrícola. **Bahia Agrícola**. Salvador, v. 7, 2006.

DIAS, Sofia et al. Livestock wastewater treatment in constructed wetlands for agriculture reuse. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 22, p. 8592, 2020.

DIAS, Victor Pina; FERNANDES, Eduardo. Fertilizantes: uma visão global sintética. **BNDES Setorial**, n. 24, set. 2006 2006.

DIN. **38409-52: Bestimmung der Sauerstoffzehrung in n Tagen (Gruppe H)**. Lieferung, 1987.

DO BRASIL, C. I. **Brasil registra recorde no abate de frangos em 2021**. Agência Brasil, 2022. <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2022-03/brasil-registra-recorde-no-abate-de-frangos-em-2021>>. Acesso em 20 de nov. de 2022.

DORS, G.; **Hidrólise enzimática e biodigestão de efluentes da indústria de produtos avícolas**; 2006, 101 F; Dissertação (mestrado em Engenharia Química: Desenvolvimento de Processos Químicos e Biotecnológicos) Universidade Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC, 2006;

EGBUIKWEM, Precious Nneka; MIERZWA, Jose Carlos; SAROJ, Devendra Prakash. Evaluation of aerobic biological process with post-ozonation for treatment of mixed industrial and domestic wastewater for potential reuse in agriculture. **Bioresource technology**, v. 318, p. 124200, 2020.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in agronomy**, v. 88, p. 97-185, 2005.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; DA COSTA, J. G. C. Potassium-use efficiency in common bean genotypes. **Journal of Plant nutrition**, v. 24, n. 12, p. 1937-1945, 2001.

FERREIRA, Carlos Magri; FIGUEIREDO, Reginaldo Santana; ALBERNAZ LUZ, Tamillys Cientelly de Lellis. Arroz e feijão: intervenção multi-institucional em prol do Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 27, n. 1, p. 96, 2018.

FIGUEIREDO, E. A. P., et al.; Recomendações técnicas para a produção, abate, processamento e comercialização de frangos de corte coloniais; Embrapa Suínos e Aves; **Sistemas de Produção**, nº 3, 2007.

GEHLING, Gino. **Lagoas de estabilização**. Porto Alegre: UFRGS, 2017.

GERLACH, Gustavo Antonio et al. Aplicação de fertilizante orgânico e mineral em feijoeiro Irrigado no período “de inverno”. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, 2013.

GIORDANO, Gandhi et al. Tratamento e controle de efluentes industriais. **Revista ABES**, v. 4, n. 76, p. 1-84, 2004.

GIRI, Bhoopander et al. (Ed.). Biofertilizers for sustainable agriculture and environment. Cham: **Springer International Publishing**, 2019.

HAAG, H. P. et al. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, v. 26, p. 381-391, 1967.

HASAN, Camila et al. Redução das cargas orgânicas de biomassas residuais de uma indústria alimentícia por meio de tratamento anaeróbio. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 465-464, 2018.

HAUCK, M. et al. Removing nitrogen from wastewater with side stream anammox: What are the trade-offs between environmental impacts? **Resources, Conservation and Recycling**, v. 107, p. 212–219, fev. 2016.

HDIDOU, Meryem et al. Potential use of constructed wetland systems for rural sanitation and wastewater reuse in agriculture in the Moroccan context. **Energies**, v. 15, n. 1, p. 156, 2021.

HOCKING, M. B. Ammonia, nitric acid and their derivatives. Modern chemical technology and emission control. **Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg**, 1985. p. 205–233.

INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION et al. Milestones in water reuse: The best success stories (V. Lazarova, Ed.). London: **IWA Pub**, 2013.

JESUS, Jhonatan Alves de. **Diagnóstico e proposição de melhorias no sistema de tratamento de efluentes de um abatedouro e frigorífico de aves**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

KALAVROUZOTIS, Ioannis K. et al. Wastewater reuse planning in agriculture: The case of Aitolokarnania, **Western Greece. Water**, v. 3, n. 4, p. 988-1004, 2011.

KHAN, M. Nasir; MOHAMMAD, Firoz. **Eutrophication: challenges and solutions. Eutrophication: Causes, Consequences and Control: Volume 2**, p. 1-15, 2014.

KRASILNIKOV, Pavel; TABOADA, Miguel Angel. Fertilizer Use, Soil Health and Agricultural Sustainability. **Agriculture**, v. 12, n. 4, p. 462, 2022.

KUNZ, Airton; STEINMETZ, Ricardo Luis Radis; DO AMARAL, André Cestonaro. **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato**. Concórdia: Sbera: Embrapa Suínos e Aves, 2022.

LATIFI, Pooria; KARRABI, Mohsen; DANESH, Shahnaz. Anaerobic co-digestion of poultry slaughterhouse wastes with sewage sludge in batch-mode bioreactors (effect of inoculum-substrate ratio and total solids). **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 107, p. 288-296, 2019.

LEAL, Renata M.; PRADO, Renato de M. Desordens nutricionais no feijoeiro por deficiência de macronutrientes, boro e zinco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 4, p. 301-306, 2008.

LHOMME, J.-P.; VACHER, J.-J. Modelling nocturnal heat dynamics and frost mitigation in Andean raised field systems. **Agricultural and forest meteorology**, v. 112, n. 3-4, p. 179-193, 2002.

LICCIARDELLO, F. et al. Wastewater tertiary treatment options to match reuse standards in agriculture. **Agricultural water management**, v. 210, p. 232-242, 2018.

LOUZADA, Maria Laura da Costa et al. Alimentos ultraprocessados e perfil nutricional da dieta no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 49, 2015.

MAAS, Eugene V.; MOORE, David P.; MASON, Benjamin J. Influence of calcium and magnesium on manganese absorption. **Plant physiology**, v. 44, n. 6, p. 796-800, 1969.

MAHMUD, Md Shawon; CHONG, Khim Phin. Formulation of biofertilizers from oil palm empty fruit bunches and plant growth-promoting microbes: A comprehensive and novel approach towards plant health. **Journal of King Saud University-Science**, v. 33, n. 8, p. 101647, 2021.

MARTINS, R. C.; SILVA, C. L. M. Frozen green beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) quality profile evaluation during home storage. **Journal of Food Engineering**, v. 64, n. 4, p. 481-488, 2004.

MATOS, AT de; MATOS, MP de. **Disposição de águas residuárias no solo e em sistemas alagados construídos**. UFV, 2017.

MEIRAMKULOVA, Kulyash et al. The effect of scale on the performance of an integrated poultry slaughterhouse wastewater treatment process. **Sustainability**, v. 12, n. 11, p. 4679, 2020.

METCALF, Leonard; EDDY, Harrison P. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. McGraw Hill Brasil, 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União**, v. 1, p. 360-360, 2017.

MITTAL, Gauri S. Treatment of wastewater from abattoirs before land application— a review. **Bioresource technology**, v. 97, n. 9, p. 1119-1135, 2006.

MÓDENES, Aparecido Nivaldo et al. **Aplicação da técnica de eletrocoagulação no tratamento de efluentes de abatedouro de aves**. Monografia. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 22, p. 571-578, 2017.

MOURA, Priscila Gonçalves et al. Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, p. 791-808, 2020.

MULLER, Fernando; JUNIOR, Luiz Antônio Zanão. Produtividade de cultivares de feijoeiro em função da época de aplicação da adubação nitrogenada de cobertura em sistema de plantio direto. **Acta Iguazu**, v. 4, n. 2, p. 45-57, 2015.

NEKVAPIL, Fran et al. A New Biofertilizer Formulation with Enriched Nutrients Content from Wasted Algal Biomass Extracts Incorporated in Biogenic Powders. **Sustainability**, v. 13, n. 16, p. 8777, 2021.

NUNES, J. A. **Tratamento biológico de águas residuárias**. 4. ed. Aracaju: Gráfica e Editora J. Andrade, 2014, 305 p.

NUNES, J. A. **Tratamento Físico-químico de Águas Residuárias Industriais**. 5ª ED. Aracaju – Sergipe: Editora Info Graphics Gráfica, 2008.

OCTAVIANO, Carolina. Muito além da tecnologia: os impactos da Revolução Verde. **ComCiência**, n. 120, p. 0-0, 2010.

Oferta e demanda de carnes – Agosto 2022. **CONAB**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/oferta-e-demanda-de-carnes>>. Acesso em 20 de nov. de 2022.

OLIVEIRA, Arley Borges de Moraes et al. Biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro avícola. **Revista Ceres**, v. 58, p. 690-700, 2011.

OLIVEIRA, E. L.; PARRA, M. S. Resposta do feijoeiro a relações variáveis entre cálcio e magnésio na capacidade de troca de cátions de latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 859-866, 2003.

OLIVO, Rubinson. O Mundo do Frango, Cadeia Produtiva da Carne do Frango. Criciúma : **Editora do Autor**, 2006. 680p

OLLER, I.; MALATO, S.; SÁNCHEZ-PÉREZ, J.A. Combinação de Processos Avançados de Oxidação e tratamentos biológicos para descontaminação de águas residuais-Uma revisão. **Sci. Ambiente Total**. 2011, 409, 4141-4166.

OZLU, Ekrem; KUMAR, Sandeep. Response of soil organic carbon, pH, electrical conductivity, and water stable aggregates to long-term annual manure and inorganic fertilizer. **Soil Science Society of America Journal**, v. 82, n. 5, p. 1243-1251, 2018.

PAHALVI, Heena Nisar et al. **Chemical fertilizers and their impact on soil health. Microbiota and Biofertilizers, Vol 2: Ecofriendly Tools for Reclamation of Degraded Soil Environs**, p. 1-20, 2021.

PAULINO, C. Z.; **Produção de biomassa por Rubrivivax gelatinosus em efluente de abatedouro avícola utilizando métodos industriais**. 2006, 75 f.; Dissertação (mestrado em Medicina Veterinária) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Araçatuba, SP, 2006.

PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F.; ZEMPULSKI, H. D.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 1992, 40 p. (Circular, 76).

PEREIRA, Leandro Barradas et al. Manejo da adubação na cultura do feijão em sistema de produção orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, p. 29-38, 2015.

PINTO, LAURA ADRIANE DE MORAES et al. Aspectos ambientais do abate de aves: uma revisão. **Uningá Review**, v. 22, n. 3, 2015.

Porque agricultores brasileiros estão deixando de plantar feijão - e o que isso tem a ver com a fome. G1, 2021. <<https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2021/11/09/por-que-agricultores-brasileiros-estao-deixando-de-plantar-feijao-e-o-que-isso-tem-a-ver-com-a-fome.ghtml>>. Acesso 21 de nov. de 2022.

RAMIRES, Roberta Vasconcelos et al. INOCULAÇÃO COM RIZÓBIO ASSOCIADO AO MANEJO DE NITROGÊNIO EM FEIJÃO COMUM. **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215. 2018. p. 49-57.

REINPRECHT, Yarmilla et al. Effects of nitrogen application on nitrogen fixation in common bean production. **Frontiers in plant science**, v. 11, p. 1172, 2020.

Relatório anual (2021). **Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA)**. Disponível em: <<https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2023/01/abpa-relatorio-anual-2021.pdf>> Acesso em: 06 de mar. de 2022.

RODRIGUES, L. S. et al. Tratamento de efluentes de abatedouro de frangos por meio de reator UASB seguido de filtro anaeróbio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, p. 97-103, 2016.

ROMANIW, Jucimare et al. C-offset and crop energy efficiency increase due industrial poultry waste use in long-term no-till soil minimizing environmental pollution. **Environmental Pollution**, v. 275, p. 116565, 2021.

ROSA, D.M.; SAMPAIO, S.C.; PEREIRA, P.A.M.; DOS REIS, R.R.; SBIZZARO, M. Corn fertilization using swine wastewater and soil-water environmental quality. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v.37, n.4, p.801-810, jul/ago 2017.

ROSOLEM, Ciro A.; MARUBAYASHI, Osvaldo M. **Seja o doutor do seu feijoeiro. Informações agronômicas**, v. 68, n. 1, p. 1-16, 1994.

RUZICKA, J.; STEWART, J.W.B. Flow injection analysis. Part II. Ultrafast determination of phosphorus in plant material by continuous flow spectrophotometry. **Analytica Chimica Acta**, v.79, 1975.

SAIKIA, Jamini et al. Effect of biofertilizer consortium on yield, quality and soil health of french bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Legume Research-An International Journal**, v. 41, n. 5, p. 755-758, 2018.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. **Abate das Aves**. Boletim Técnico. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, ES, 2007. SCHUEROFF, Suzana. **Diagnóstico ambiental e propostas para a aplicação de produção mais limpa (P+ L): estudo de caso: abatedouro de frangos orgânicos**. Monografia. Engenharia Ambiental. 2014.

SHARMA, Nayana; SINGHVI, Ritu. Effects of chemical fertilizers and pesticides on human health and environment: a review. **International journal of agriculture, environment and biotechnology**, v. 10, n. 6, p. 675-680, 2017.

SILVA, Alineaurea Florentino et al. **Preparo e uso de biofertilizantes líquidos**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007.

SILVA, Ana Clara Mendes da. **Biofertilizantes: estudo de opinião, tendência das pesquisas e legislação brasileira**. 2021. 70 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais)—Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

SILVA JUNIOR, R. L. et al. Influência de diferentes doses e época de aplicação de boro na cultura do feijão caupi. In: XXXV Congresso Brasileiro de Nutrição do Solo, 2015, Natal. **Anais...** Natal: 2015.

SOUZA, Ana Laura Loureiro. **Os fatores de elevação do preço do feijão e os impactos na segurança alimentar e nutricional dos brasileiros**. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2022. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/217385>>.

THEBALDI, Michael S. et al. Qualidade da água de um córrego sob influência de efluente tratado de abate bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 302-309, 2011.

TZANAKAKIS, V. et al. The history of land application and hydroponic systems for wastewater treatment and reuse. Evolution of Sanitation and Wastewater Technologies through the Centuries; **IWA Publishing**. London, UK, v. 1, p. 457, 2014.

TORRENS, Antonina et al. Innovative multistage constructed wetland for municipal wastewater treatment and reuse for agriculture in Senegal. **Water**, v. 12, n. 11, p. 3139, 2020.

VON SPERLING, M. **Estudo de modelagem da qualidade da água de rios**. 2a ed. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 2014b. 592p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais, 2014

WANG, Yan et al. What could promote farmers to replace chemical fertilizers with organic fertilizers?. **Journal of Cleaner Production**, v. 199, p. 882-890, 2018.

XIE, Dan et al. Vermicomposting of sludge from animal wastewater treatment plant mixed with cow dung or swine manure using *Eisenia fetida*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, p. 7767-7775, 2016.

ZAREI, Amin et al. Disinfecting poultry slaughterhouse wastewater using copper electrodes in the electrocoagulation process. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 27, n. 4, p. 1907-1912, 2018.