



Artigo Original

e-ISSN 2177-4560

DOI: 10.19180/2177-4560.v19n22025p12-36

Submetido em: 20 mar. 2025

Aceito em: 17 jul. 2025

.....
Avaliação das propriedades físico-químicas de biochorume de resíduos orgânicos e seu potencial na germinação de sementes de Lactuca sativa

Evaluation of the physicochemical properties of bioleachate from organic waste and its potential in the germination of Lactuca sativa Seeds

Evaluación de las propiedades fisicoquímicas del biochorume proveniente de residuos orgánicos y su potencial en la germinación de semillas de Lactuca sativa

Michele de Siqueira Ramos  <https://orcid.org/0009-0008-4835-2722>

Instituto Federal Fluminense

Mestranda em Engenharia Ambiental pelo IFFluminense. Analista Ambiental na Prefeitura Municipal de Carapebus-RJ.

E-mail: michele_siqueira@hotmail.com.br

Dinarte Cleiton Borges Santos  <https://orcid.org/0009-0006-3668-6982>

Instituto Federal Fluminense

Mestre em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal Fluminense.

E-mail: dinartecbs@yahoo.com.br

César Luis Siqueira Junior  <https://orcid.org/0000-0001-8668-2222>

UniRio

Doutor em Biociências e Biotecnologia pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Professor associado da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro.

E-mail: cesarjunior@unirio.br

Marcos Antonio Cruz Moreira  <https://orcid.org/0000-0001-9928-7846>

Instituto Federal Fluminense

Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense), Campus Macaé - Macaé/RJ – Brasil.

E-mail: macruz@iff.edu.br

Resumo: O biochorume, também conhecido como chorume orgânico, líquido percolado e lixiviado, é um subproduto da compostagem e, em diversos teores, pode ser utilizado como biofertilizante. Trata-se de uma fonte alternativa aos fertilizantes sintéticos, que geram impactos ambientais e são usados em larga escala no Brasil. O uso de biofertilizante promove uma agricultura sustentável, beneficia o ecossistema, melhora a estrutura do solo e favorece o desenvolvimento e o crescimento saudáveis das culturas. Este estudo tem a finalidade de identificar as propriedades físico-químicas e microbiológicas do chorume obtido pela compostagem mecanizada de resíduos orgânicos alimentares cozidos, não cozidos e restos de poda. Serão avaliados os resultados de análises

laboratoriais do biochorume com base nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos regidos por normas, leis e pela literatura, bem como o seu valor nutricional como biofertilizante.

Palavras-chave: Biofertilizante. Biochorume. Chorume. Compostagem.

The bio-slurry, also known as organic leachate, percolated liquid, and lixiviated liquid, is a byproduct of composting and, at various concentrations, can be used as a biofertilizer. It serves as an alternative source to synthetic fertilizers, which cause environmental impacts and are widely used in Brazil. The use of biofertilizers promotes sustainable agriculture, benefits the ecosystem, improves soil structure, and supports the healthy development and growth of crops. This study aims to identify the physicochemical and microbiological properties of leachate obtained through the mechanized composting of cooked and uncooked organic food waste and pruning residues. Laboratory analysis results of the bio-slurry will be evaluated based on physicochemical and microbiological parameters governed by standards, laws, and literature, as well as its nutritional value as a biofertilizer. Keywords: Biofertilizer. Composting. Slurry

Biofertilizer. Bioslurry. Leachate. Composting.

El biochorro, también conocido como lixiviado orgánico, líquido percolado y lixiviado, es un subproducto del compostaje y, en diversas concentraciones, puede ser utilizado como biofertilizante. Se trata de una fuente alternativa a los fertilizantes sintéticos, que generan impactos ambientales y se utilizan a gran escala en Brasil. El uso de biofertilizantes promueve una agricultura sostenible, beneficia al ecosistema, mejora la estructura del suelo y favorece el desarrollo y el crecimiento saludable de los cultivos. Este estudio tiene como objetivo identificar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del lixiviado obtenido a través del compostaje mecanizado de residuos orgánicos alimentarios cocidos, no cocidos y restos de poda. Se evaluarán los resultados de análisis de laboratorio del biochorro en función de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos regidos por normas, leyes y la literatura, así como su valor nutricional como biofertilizante.

Palabras clave: Biofertilizante. Biochorro. Lixiviado. Compostaje.

1 Introdução

O chorume é um líquido resultante da decomposição das substâncias presentes nos resíduos sólidos, caracterizado por sua coloração escura, odor desagradável e alta demanda bioquímica de oxigênio – DBO (ABNT, 1992). Por se tratar de uma substância altamente poluente — frequentemente mais agressiva do que os efluentes domésticos —, o chorume não deve ser lançado diretamente no meio ambiente. Seu descarte inadequado pode provocar a contaminação do solo, de lençóis freáticos e de corpos hídricos, além de impactar negativamente a qualidade do ar, devido à liberação de gases e à presença de partículas em suspensão. Além disso, pode favorecer a proliferação de vetores de doenças, que encontram nesse ambiente condições propícias para sobreviver e se reproduzir. A composição físico-química do chorume apresenta ampla variabilidade, influenciada por fatores como o tipo de resíduo descartado, as condições ambientais do local, o tempo de disposição e os métodos utilizados em seu tratamento (UFBA, 2019). Entre as estratégias mais eficazes para enfrentar esse problema está a diminuição na geração de resíduos, acompanhada da reciclagem e da reutilização de materiais. Essas práticas contribuem para a redução do volume destinado aos aterros sanitários, onde a decomposição descontrolada favorece a emissão de gases poluentes. A reciclagem também desempenha um papel importante ao minimizar a necessidade de extrair e processar matérias-primas, atividades que demandam alto consumo de energia e resultam na emissão de grandes quantidades de CO₂. (CONVALE, 2024).

Nesse contexto, a compostagem de resíduos orgânicos tem ganhado destaque como uma alternativa sustentável para a gestão de resíduos. A compostagem é um processo biológico que transforma resíduos

orgânicos, como restos de alimentos e podas de árvores, em composto orgânico rico em nutrientes, reduzindo a quantidade de resíduos enviados para aterros. Essa técnica, ao evitar a produção de chorume em aterros, também reduz os riscos de contaminação do solo e da água. (EMBRAPA, 2021). Além disso, o composto orgânico produzido, o biochorume, pode ser utilizado como fertilizante natural, e pode ser utilizado em diversas culturas, proporcionando uma nutrição mais eficiente para as plantas e, ainda, podendo se tornar uma fonte alternativa de renda. O biofertilizante é reconhecido como uma fonte promissora, rentável, ecológica e renovável de nutrientes vegetais para suplementação de fertilizantes químicos, além de ser útil para a remediação de solos poluídos (KANNAIYAN, 2002; STUCHI, 2015).

O biochorume possui características benéficas quando adequadamente tratado. Diferentemente do chorume convencional, ele é rico em nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, e pode ser utilizado como biofertilizante líquido. Esse uso possibilita o aproveitamento de resíduos orgânicos de forma eficiente, contribuindo para o fechamento do ciclo de nutrientes e para a melhoria da produtividade agrícola sem o uso de insumos químicos sintéticos (KIEHL, 2008).

Biochorume

Os líquidos produzidos durante o processo de compostagem de resíduos orgânicos, como o biochorume, podem ser legalmente enquadrados como fertilizantes orgânicos fluidos, conforme disposto na Instrução Normativa SDA nº 25, de 23 de julho de 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Essa normativa define que os fertilizantes orgânicos fluidos podem ser apresentados em três formas físicas distintas, conforme sua composição e uso pretendido:

Fertilizante orgânico e organomineral em solução para pronto uso: produto em que todos os nutrientes estão totalmente dissolvidos em meio líquido, formando uma solução homogênea já diluída, pronta para aplicação direta nas plantas, especialmente por via foliar ou em sistemas hidropônicos.

Fertilizante orgânico e organomineral em solução: formulação líquida de base orgânica, isenta de partículas sólidas visíveis, que exige diluição ou mistura prévia antes da aplicação no cultivo.

Fertilizante orgânico e organomineral em suspensão: composto líquido com presença de partículas sólidas dispersas, podendo se apresentar de forma homogênea (sem separação de fases) ou heterogênea (com sedimentação ou separação visível das fases), dependendo da estabilidade da suspensão. No contexto da compostagem, o biochorume bruto, especialmente quando não filtrado, tende a se enquadrar na categoria de suspensão, devido à presença de material particulado em sua composição.

Dentre os diversos resíduos para produção de fertilizantes orgânicos como o biochorume, destacam-se os esterco animais, os resíduos urbanos e de esgoto devidamente tratados, as turfas, os adubos verdes, as tortas oriundas de sementes oleaginosas e os subprodutos da agroindústria. Resíduos domésticos também vêm sendo investigados com o objetivo de sua transformação em adubo, por meio de processos que incluem moagem, homogeneização e fermentação, visando à eliminação de microrganismos patogênicos. Esses materiais apresentam composição química igualmente variável (VELOSO, 2020).

De acordo com Malavolta *et al.* (2020), a oferta adequada de nutrientes está diretamente associada ao manejo da fertilização, sendo fundamental garantir a disponibilidade de elementos essenciais para as plantas. Em culturas de ciclo curto, como a alface, a atenção deve ser redobrada especialmente quanto ao fornecimento de fósforo e potássio.

Biochorume pode desempenhar a função de catalisador no próprio processo de compostagem, já que os microrganismos presentes nesse líquido potencializam as reações bioquímicas de decomposição, aumentando a eficiência do processo. A reutilização do chorume configura-se como uma estratégia promissora no manejo dos resíduos sólidos urbanos, contribuindo para a preservação da umidade adequada, essencial à atividade microbiológica e à continuidade da degradação da matéria orgânica (TINOCO, 2021).

O biochorume é um líquido resultante do processo de decomposição de matéria orgânica, promovido por bactérias, fungos, microrganismos e pequenos invertebrados. Esse processo gera um efluente altamente concentrado em nutrientes, com potencial para ser utilizado como insumo agrícola devido à sua riqueza em compostos orgânicos e minerais. A aplicação desse chorume orgânico constitui uma técnica de baixo custo, viável economicamente e ambientalmente sustentável, uma vez que utiliza materiais recicláveis e resíduos orgânicos, contribuindo para a redução do volume de lixo e para o reaproveitamento de recursos. Além disso, sua produção e uso apresentam baixo impacto ambiental, reforçando sua relevância como alternativa para a fertilização do solo em sistemas agrícolas sustentáveis (PMSP, 2015).

A EMBRAPA (2007, 2015 e 2023) determina em seus estudos, que o biofertilizante puro (biochorume) não deve ser aplicado sem prévia diluição, uma vez que a aplicação da forma concentrada leva a danos às culturas devido à alta condutividade elétrica. As diluições são indicadas não apenas para o Hortbio, biofertilizante da EMBRAPA Hortaliças, mas para todos os biofertilizantes.

Biofertilizante Líquido

Segundo a Instrução Normativa nº 61, o biofertilizante é um produto composto por princípio ativo ou agente de origem orgânica, livre de substâncias agrotóxicas, com capacidade de agir, de forma direta ou

indireta, sobre a planta inteira ou partes dela, contribuindo para o aumento da produtividade, independentemente de apresentar ou não ação hormonal ou estimulante.

Os biofertilizantes líquidos apresentam uma composição rica em nutrientes essenciais às plantas, como nitrogênio e fósforo, desempenhando dupla função: atuam tanto como fertilizantes quanto como defensivos agrícolas, contribuindo para o controle de pragas, doenças e insetos. Produzidos a partir da decomposição aeróbia ou anaeróbia de matéria orgânica, são amplamente utilizados na agricultura orgânica (EMPRAPA, 2017).

A aplicação de biofertilizantes tem demonstrado efeitos benéficos tanto para as plantas quanto para as propriedades do solo. O biofertilizante apresenta pH em torno de 7,5, o que lhe confere potencial corretivo da acidez do solo. Sua aplicação contribui para a redução dos teores de alumínio (Al^{3+}) e de íons hidrogênio (H^+), elementos diretamente relacionados à acidez, promovendo assim a melhoria das condições químicas do solo. Sua aplicação é ambientalmente segura, pois não libera odores desagradáveis nem contamina o meio ambiente. Outro ponto favorável é o baixo custo de produção, especialmente quando comparado aos fertilizantes químicos tradicionais. Ainda promove o aumento dos níveis de matéria orgânica (MO) e de nutrientes essenciais, como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Esses efeitos positivos tendem a se intensificar com o uso contínuo, favorecendo a fertilidade e a sustentabilidade do solo a longo prazo (SOARES *et al.*, 2015; NEVES *et al.*, 2017; EMBRAPA, 2021).

O uso de biofertilizantes líquido poder ser aplicado no solo ou oferece diversas vantagens agronômicas, ambientais e econômicas, como o estímulo à atividade microbiana benéfica no solo, promovendo um ecossistema mais saudável, o fornecimento equilibrado de nutrientes essenciais às plantas, o aumento da resistência vegetal a pragas, doenças e estresses ambientais, além de favorecer o crescimento vigoroso das plantas em todas as fases de desenvolvimento. Também contribuem para a melhoria da produtividade e da qualidade dos cultivos, apresentam baixo impacto ambiental por serem orgânicos e biodegradáveis, reduzem os custos de produção por utilizarem materiais disponíveis localmente e diminuírem a dependência de insumos externos, e oferecem maior segurança ao agricultor, por não conterem substâncias tóxicas, além de promoverem uma alimentação mais saudável, livre de resíduos químicos (SEBRAE, 2024).

Segundo a pesquisa da McKinsey, o Brasil ocupa posição de destaque global na adoção de práticas agrícolas sustentáveis. Com foco na maior eficiência dos insumos, mais de 60% dos produtores rurais já utilizam bioestimulantes, biofertilizantes e agentes de biocontrole — percentual que supera em mais do que o dobro os índices observados na Europa e nos Estados Unidos.

A legislação brasileira, por meio do Decreto 4954/04, art. 47, estabelece que o armazenamento de fertilizantes e produtos correlatos deve seguir as orientações fornecidas pelo fabricante. Dessa forma, não há, até o momento, regulamentações específicas no país quanto ao prazo de validade desses produtos.

Para a JGB Soluções Ambientais (2025), fabricante de fertilizantes orgânicos, a validade pode ser associada às características físicas e sensoriais do biofertilizante, como aspecto visual, textura, odor, cor e homogeneidade, são parâmetros indicativos de sua qualidade e estado de conservação. A presença de grumos ou endurecimento (empedramento), bem como odores intensos e desagradáveis, pode sugerir processos de degradação ou contaminação microbiana. Alterações na coloração ou perda da uniformidade do produto também podem comprometer sua eficácia agrônômica, sendo recomendável a reavaliação técnica antes da aplicação.

Biofertilizante no solo e Biofertilizante foliar

Os biofertilizantes aplicados ao solo atuam como condicionadores que melhoram a estrutura do solo, aumentam a retenção de umidade e promovem a biodisponibilidade de nutrientes. Esses produtos também estimulam a microbiota do solo, contribuindo para um ecossistema equilibrado e para o controle de pragas e doenças. De acordo com a ABNT NBR 16340:2015, os biofertilizantes destinados ao solo devem passar por testes que comprovem sua eficácia agrônômica e sua segurança ambiental, considerando aspectos como potencial de lixiviação e impacto na fauna edáfica. Quando aplicado nas folhas, além de atuar como um nutriente, oferece propriedades protetoras, funcionando como inseticida, fungicida e acaricida. No solo, ele age como fonte de nutrientes e condicionador, promovendo uma melhoria contínua da qualidade do terreno. Trata-se de um adubo orgânico líquido, rico em organismos e nutrientes (tanto micro quanto macronutrientes), que contribui para a saúde das plantas, tornando-as mais resistentes a pragas e doenças (STUCHI, 2015).

Pesquisas demonstram que o uso de biofertilizantes aumenta significativamente os teores de matéria orgânica no solo e melhora a capacidade de troca catiônica, resultando em maior fertilidade e produtividade agrícola (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

O biofertilizante foliar é aplicado diretamente sobre as folhas das plantas, promovendo a absorção de nutrientes através da superfície foliar. Essa técnica tem como objetivo suprir deficiências nutricionais rapidamente e melhorar a eficiência de uso de nutrientes pelas plantas. De acordo com as normas da ABNT, formulação de biofertilizantes foliares deve atender a critérios específicos, incluindo a padronização dos teores de nutrientes e a ausência de patógenos que possam prejudicar o desenvolvimento da planta (ABNT NBR 16339:2015).

A literatura científica aponta que biofertilizantes foliares são eficazes no aumento da produtividade e na resistência a estresses abióticos e sua ação pode melhorar o metabolismo fotossintético e aumentar a assimilação de nutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio, em plantas de diversas culturas agrícolas (SILVA *et al.*, 2018).

Para qualificar o biochorume proveniente de compostagem mecanizada de resíduos orgânicos alimentares cozidos, não cozidos e folhas secas, serão avaliados neste presente estudo os resultados das análises físico-químicas realizadas em laboratório, bem como os benefícios e problemas que podem decorrer do uso do biochorume como biofertilizante.

2 Material e Método

Trata-se de uma pesquisa de caráter exploratório, explicativo e de revisão bibliográfica, com o objetivo de realizar um levantamento teórico sobre o tema e a correlação com os resultados obtidos. O estudo experimental foi conduzido com foco no uso do biochorume proveniente da compostagem de resíduos alimentares humanos não cozidos para a produção de biofertilizante em diferentes concentrações. O chorume utilizado na pesquisa foi obtido por meio da compostagem mecanizada de resíduos alimentares não cozidos, provenientes dos residentes de um condomínio localizado na cidade de Macaé, no interior do estado do Rio de Janeiro. Neste local, em uma área reservada, encontra-se o bioprocessador mecanizado desenvolvido em uma dissertação do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Ambiental (PPEA) do IF Fluminense. Segundo Santos (2013), esse equipamento acelera a decomposição do composto ao promover a mistura, aeração e o direcionamento do biochorume gerado durante o processo.

Para os testes experimentais do biochorume como biofertilizante foram usadas três misturas de resíduos para sua produção:

Biochorume 1: Oriundo de resíduos orgânicos alimentares não cozidos.

Biochorume 2: Oriundo de resíduos orgânicos alimentares não cozidos e folhas secas.

Biochorume 3: Oriundo de resíduos orgânicos alimentares não cozidos, cozidos e folhas secas.

Foram realizadas diversas coletas de biochorume ao longo de diferentes estações do ano. As amostras foram coletadas em galões de 5 litros e devidamente armazenadas, envoltas em papel alumínio para minimizar a oxidação. O biochorume foi mantido à temperatura ambiente, a qual variou de acordo com a estação. O tempo máximo de armazenamento foi de 6m para o realizar o experimento 2. Os experimentos de germinação e crescimento inicial foram realizados na residência da autora, utilizando sementes de alface crespa de verão e de inverno da espécie *Lactuca sativa* L. Neste estudo, foi adotado o intervalo de germinação indicado pelo fabricante. Conforme especificado na embalagem, as sementes dessa espécie apresentam uma taxa de germinação de 85% e um período estimado de 4 a 14 dias, quando cultivadas em condições adequadas. Para o plantio foram utilizadas placas de plástico apropriadas, com divisórias para até 10 vasos. Colocou-se vermiculita até aproximadamente 1,5 cm do topo dos vasos, seguida da adição das sementes, logo cobertas com cerca de 0,5 cm de vermiculita. As sementes foram tratadas com diferentes concentrações de biofertilizantes, ajustadas ao

longo do desenvolvimento dos experimentos. Cada concentração foi testada em triplicata para garantir a reprodutibilidade dos resultados.

No quadro 3, foram utilizadas concentrações de 10%, 20% e 30%. Para edificar os resultados do projeto, foram reservados vasos para que a semente recebesse apenas irrigação (controle negativo - CN), e vasos para o fertilizante químico (controle positivo - CP) com concentrações variadas (conforme os quadros 1, 3, 4, 6 e 8), preparadas a partir da diluição de 7,5 ml em 1 litro de água mineral. O fertilizante químico mineral misto foliar da marca Dimy (Casa Verde) foi aplicado seguindo as instruções do fabricante. A irrigação das plantas foi realizada com base em observações visuais das condições do solo e das necessidades hídricas.

Ao final dos experimentos, os biochorumes passaram por análises físico-químicas e cromatográficas realizadas pelo Laboratório Oceanus, localizado na cidade do Rio de Janeiro/RJ. Foram analisados os seguintes parâmetros físico-químicos e químicos da amostra: demanda bioquímica de oxigênio em cinco dias (DBO-5), demanda química de oxigênio (DQO), turbidez, pH, salinidade, condutividade elétrica, sólidos totais, concentração de cloretos, amônia, nitrato, nitrito, oxigênio dissolvido (OD), potássio total, fósforo total, boro total, sódio total, cálcio total e magnésio total.

Para avaliação da qualidade do biochorume obtido, todos os resultados analíticos provenientes das análises laboratoriais serão comparados com os parâmetros físico-químicos estabelecidos pela Instrução Normativa nº 61, de 8 de julho de 2020, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Esta normativa regulamenta os critérios para o registro, classificação e comercialização de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes destinados à agricultura, incluindo os limites máximos permitidos para elementos potencialmente tóxicos, metais pesados e características físico-químicas dos produtos. A utilização dessa referência normativa visa assegurar que o biochorume analisado atenda aos requisitos legais e de segurança agronômica para possível uso como biofertilizante.

3 Resultados

Não há na literatura uma janela de tempo exata para a germinação da muda de alface, visto que devemos considerar múltiplas variáveis para o seu desenvolvimento. Segundo ELSNER et. al (s.d.), o plantio do alface pode ser feito durante todo o ano. A germinação leva de 4 a 6 dias. Para Trapp (2022), o processo de germinação da alface leva de 3 a 10 dias. Mas, em alguns casos, germina em até 24 horas. É importante notar que a variação no tempo de germinação pode ser influenciada por diversos fatores (como temperatura, qualidade da semente e umidade do solo), o que explica a amplitude dos períodos informados.

Na seção 3.1 e 3.2 a seguir, são apresentados parâmetros dos componentes analisados e os resultados sintetizados na forma de Quadros e Gráficos:

3.1 Parâmetros e análises físico-químicas e microbiológicas do biochorume

Quadro 1. Parâmetros dos componentes físico-químicos e microbiológicos analisados

Parâmetro	Exigido pela IN 61/2020	Valor Mínimo ou Máximo Permitido
DBO (5 dias)	N/A	-
DQO	N/A	-
Turbidez (UNT)	N/A	-
pH	Obrigatório	Recomendado: 6,0–8,5
Salinidade	N/A	-
Condutividade Elétrica (CE)	Permitido/Opcional	-
Sólidos Totais	N/A	-
Cloretos	N/A	-
Amônia (NH ₃)	N/A	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	N/A	-
Nitrito (NO ₂ ⁻)	N/A	-
Oxigênio Dissolvido (OD)	N/A	-
Potássio (K ₂ O)	Obrigatório (se garantido)	Mínimo: 1,0% (m/v)
Fósforo ((P ₂ O ₅))	Obrigatório (se garantido)	Mínimo: 1,0% (m/v)
Boro (B)	Permitido	Mínimo: 0,01% (m/v); Tolerância: até 2× garantido
Sódio (Na)	N/A	-
Cálcio (Ca)	Permitido	Mínimo: 1,0% (m/v)
Magnésio (Mg)	Permitido	Mínimo: 1,0% (m/v)
Cobre (Cu)	Permitido	Mínimo: 0,02% (m/v); Tolerância: até 3× garantido
Zinco (Zn)	Permitido	Mínimo: 0,1% (m/v); Tolerância: até 3× garantido
Manganês (Mn)	Permitido	Mínimo: 0,02% (m/v); Tolerância: até 3× garantido
Ferro (Fe)	Permitido	Mínimo: 0,02% (m/v)
Densidade	N/A	-

Nota:

Garantido: Teor constante no rótulo (valor garantido).

N/A: Não aplicável

Quadro 2. Resultados proporcionais às concentrações de biofertilizantes testadas

Parâmetro	Biochorume	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%
DBO - 5 dias	1005 mg/L	50,25	100,5	150,75	201	251,25	301,5	351,75	402
DQO	2401 mg/L	120,05	240,1	360,15	480,2	600,25	720,3	840,35	960,4
Turbidez	135 UNT	6,75	13,5	20,25	27	33,75	40,5	47,25	54
pH	9,06	-	-	-	-	-	-	-	-
Salinidade	8,79 dS/m	0,4395	0,879	1,3185	1,758	2,1975	2,637	3,0765	3,516
Condutividade	14868 µS/cm	743,4	1486,8	2230,2	2973,6	3717	4460,4	5203,8	5947,2
Sólidos Totais	10173 mg/L	508,65	1017,3	1525,95	2034,6	2543,25	3051,9	3560,55	4069,2
Cloreto	2282626 µg/L	114131,3	228262,6	342393,9	456525,2	570656,5	684787,8	798919,1	913050,4
Amônia	28117 µg/L	1405,85	2811,7	4217,55	5623,4	7029,25	8435,1	9840,95	11246,8
Nitrato	*	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrito	*	-	-	-	-	-	-	-	-
OD	<0,1 mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Potássio Total	4553,57 mg/L	227,6785	455,357	683,0355	910,714	1138,393	1366,071	1593,75	1821,428
Fósforo Total	17,36 mg/L	0,868	1,736	2,604	3,472	4,34	5,208	6,076	6,944
Boro Total	4,05 mg/L	0,2025	0,405	0,6075	0,81	1,0125	1,215	1,4175	1,62
Sódio Total	604,02 mg/L	30,201	60,402	90,603	120,804	151,005	181,206	211,407	241,608
Cálcio Total	88,9 mg/L	4,445	8,89	13,335	17,78	22,225	26,67	31,115	35,56
Magnésio Total	232,75 mg/L	11,6375	23,275	34,9125	46,55	58,1875	69,825	81,4625	93,1
Cobre Total	0,062 mg/L	0,0031	0,0062	0,0093	0,0124	0,0155	0,0186	0,0217	0,0248
Zinco Total	0,47 mg/L	0,0235	0,047	0,0705	0,094	0,1175	0,141	0,1645	0,188
Manganês Total	0,447 mg/L	0,02235	0,0447	0,06705	0,0894	0,11175	0,1341	0,15645	0,1788
Ferro Total	10,65 mg/L	0,5325	1,065	1,5975	2,13	2,6625	3,195	3,7275	4,26
Densidade	1,10 ml/L	-	-	-	-	-	-	-	-

Nota:

*: Análise não realizada por interferência de coloração na análise.

Não estão contemplados como obrigatórios para registro de biofertilizantes Instrução Normativa nº 61/2020 os seguintes parâmetros:

DBO (5 dias) e DQO, Turbidez (UNT), Salinidade, Sólidos Totais, Cloretos, Amônia, Nitrato, Nitrito, Oxigênio Dissolvido, Cálcio, Magnésio e Sódio totais. Ainda que importantes para determinados tipos de análise (ex.: avaliação ambiental ou controle de processos), a IN MAPA nº 61/2020 não os inclui como obrigações normativas de registro.

3.2 Experimentos

Quadro 3. Experimento 1

BIOCHORUME 1		
CONCENTRAÇÕES ANALISADAS	VOLUME DE BIOCHORUME E ÁGUA	INÍCIO DA GERMINAÇÃO (Dias)
CN	10ml de água	9 dias
P10%	1ml de biochorume e 9ml de água	6 dias
P20%	2ml de biochorume e 8ml de água	6 dias
P30%	3ml de biochorume e 7ml de água	6 dias
CP	5ml fertilizante diluído e 5ml de água	Não houve germinação

Fonte: Autor (MACAÉ, 2021)

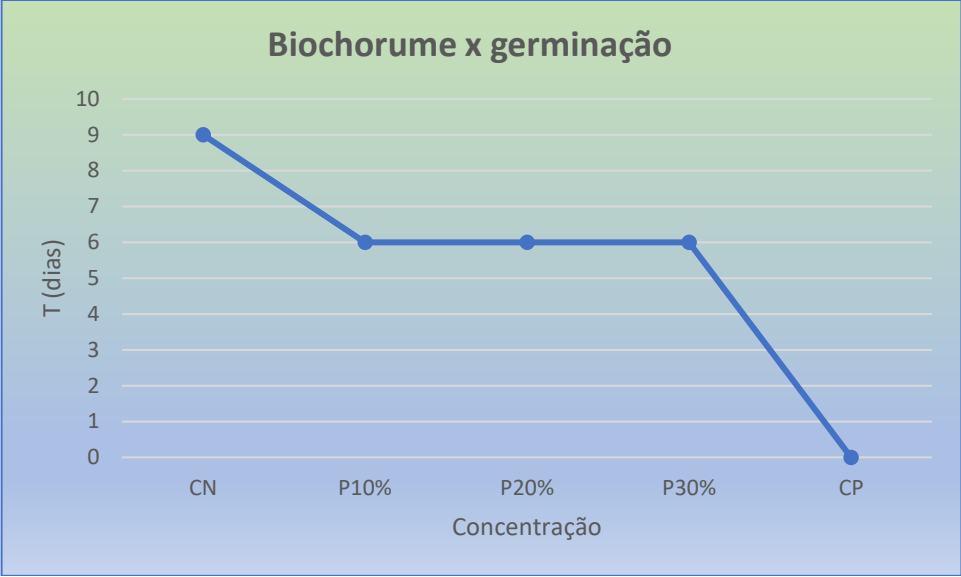
Nota: biochorume testado após 01 (um) mês de sua produção.

Quadro 4. Controle de crescimento das mudas

MEDIÇÃO DE MUDAS (cm) - BIOCHORUME 1			
	RAIZ	FOLHAS (21/06/2022)	CAULE
CN	0.7	0.6	4.0
P10%	0.9	0.7	4.3
P20%	0.8	0.7	4.2
P30%	0.8	0.6	4.5
CP	N/A	N/A	N/A

Fonte: Autor (MACAÉ, 2021)

Gráfico 1



Fonte: autora (2024)

Quadro 5. Experimento 2

BIOFERTILIZANTE 1		
CONCENTRAÇÕES ANALISADAS	VOLUME DE BIOCHORUME E ÁGUA	INÍCIO DA GERMINAÇÃO (Dias)
CN	10ml de água	10
P10%	1ml de biochorume e 9ml de água	0
P20%	2ml de biochorume e 8ml de água	0
P30%	3ml de biochorume e 7ml de água	0
CP	5ml fertilizante diluído e 5ml de água	0

Fonte: Autora (MACAÉ, 2021)

Nota: biochorume testado após 06 (seis) mês de sua produção.

Quadro 6. Experimento 3

BIOFERTILIZANTE 2		
CONCENTRAÇÕES ANALISADAS	VOLUME DE BIOCHORUME E ÁGUA	INÍCIO DA GERMINAÇÃO (Dias)
CN	10ml de água	8
P10%	1ml de biochorume e 9ml de água	7
P15%	1,5ml de biochorume e 8,5ml de água	6
P20%	2ml de biochorume e 8ml de água	7
P25%	2,5ml de biochorume e 7,5ml de água	6
P30%	3ml de biochorume e 7ml de água	5
P35%	3,5ml de biochorume e 6,5ml de água	6
P40%	4ml de biochorume e 6ml de água	7
CP	5ml fertilizante diluído e 5ml de água	Não houve germinação
CP	10ml fertilizante diluído	Não houve germinação
CP	16ml fertilizante diluído	Não houve germinação

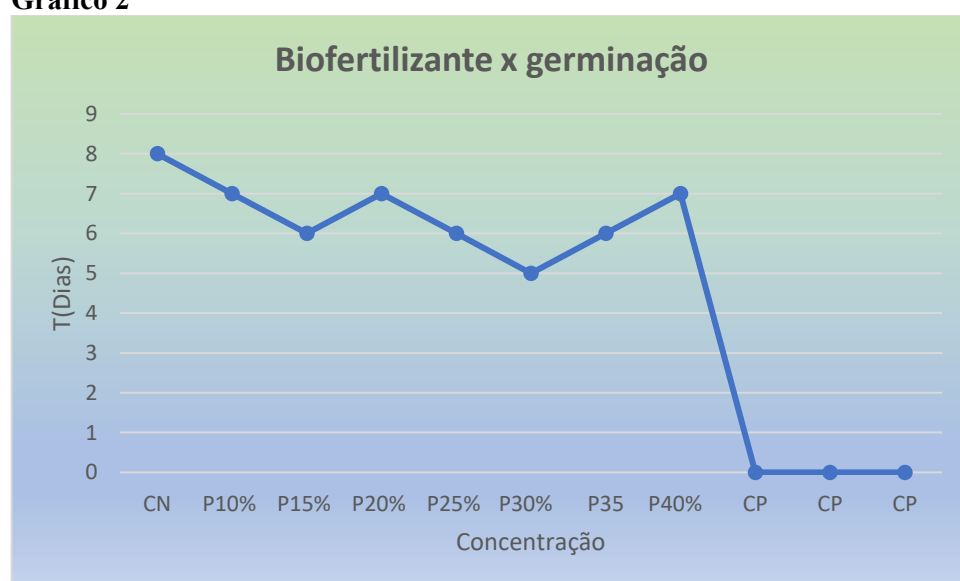
Fonte: Autora (MACAÉ, 2022)

Quadro 7. Controle de crescimento das mudas

MEDIÇÃO DE MUDAS (cm) - BIOFERTILIZANTE 1			
	RAIZ	FOLHAS (21/06/2022)	CAULE (21/06/2022)
Controle negativo	0.6	0.5	3,6
P15%	0.6	0.5	3.9
P20%	0.8	0.7	4.0
P25%	0.9	0.6	4.5
P30%	0,8	0.5	3.9
P35%	0.7	0.6	4.1
P40%	0.8	0.6	4.2
CP	0	0	0
CP	0	0	0
CP	0	0	0

Fonte: Autor (MACAÉ, 2022)

Gráfico 2



Fonte: autora (2024)

Quadro 8. Experimento 4

BIOFERTILIZANTE 3 - Diluição de 20%		
CONCENTRAÇÕES ANALISADAS	VOLUME DE CHORUME E ÁGUA	INÍCIO DA GERMINAÇÃO (Dias)
CN	10ml de água	8
P10%	1ml de biochorume e 9ml de água	12
P15%	1,5ml de biochorume e 8,5ml de água	13
P20%	2ml de biochorume e 8ml de água	13
P25%	2,5ml de biochorume e 7,5ml de água	13
P30%	3ml de biochorume e 7ml de água	13
P35%	3,5ml de biochorume e 6,5ml de água	0
P40%	4ml de biochorume e 6ml de água	15
CP	5ml fertilizante diluído e 5ml de água	0
CP	10ml fertilizante diluído	0

CP	16ml fertilizante diluído	0
----	---------------------------	---

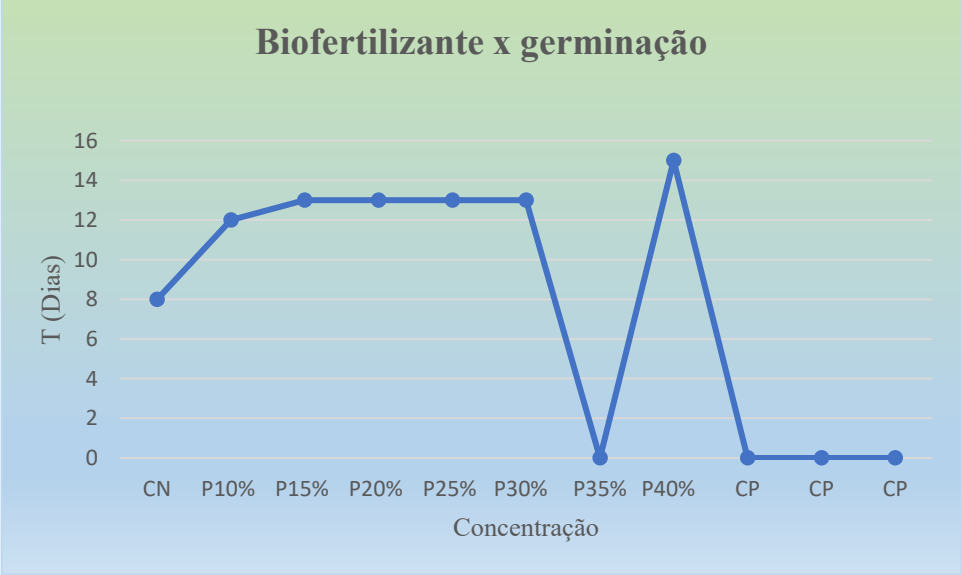
Fonte: Autor (MACAÉ, 2023)

Quadro 9. Controle de crescimento das mudas

MEDIÇÃO DE MUDAS (cm) - EXP. 3			
	RAIZ	FOLHAS	CAULE
CN	0.7	0.5	3.9
P10%	0.9	0.4	4.2
P15%	0.7	0.5	4.1
P20%	0.7	0.5	4.0
P25%	0.8	0.5	4.1
P30%	0.9	0.5	4.1
P35	0.9	0.4	4.0
P40%	0.8	0.4	3.9
CP	N/A	N/A	N/A
CP	N/A	N/A	N/A
CP	N/A	N/A	N/A

Fonte: Autor (MACAÉ, 2023)

Gráfico 3



Fonte: autora (2024)

Quadro 10. Experimento 5

BIOFERTILIZANTE 3 - Diluição de 30%		
CONCENTRAÇÕES ANALISADAS	VOLUME DE CHORUME E ÁGUA	INÍCIO DA GERMINAÇÃO (Dias)
CN	10ml de água	9
P10%	1ml de biochorume e 9ml de água	12
P15%	1,5ml de biochorume e 8,5ml de água	12
P20%	2ml de biochorume e 8ml de água	13
P25%	2,5ml de biochorume e 7,5ml de água	12
P30%	3ml de biochorume e 7ml de água	13
P35%	3,5ml de biochorume e 6,5ml de água	14
P40%	4ml de biochorume e 6ml de água	14
CP	5ml fertilizante diluído e 5ml de água	0

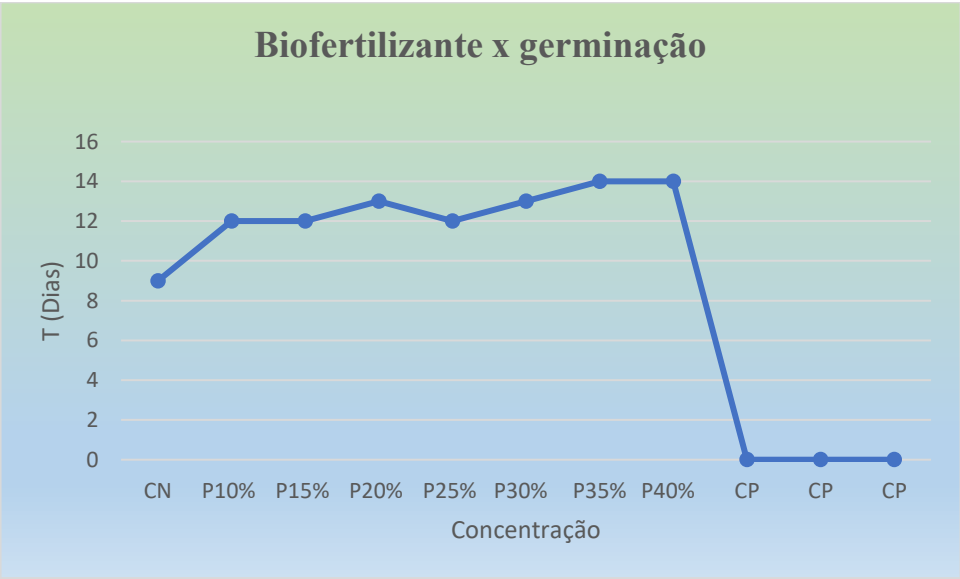
CP	10ml fertilizante diluído	0
CP	16ml fertilizante diluído	0

Fonte: Autor (MACAË, 2023)

Quadro 11. Controle de crescimento das mudas

MEDIÇÃO DE MUDAS (cm) - EXP. 3			
	RAIZ	FOLHAS	CAULE
CN	0.6	0.5	3.9
P10%	0.5	0.6	4.0
P15%	0.6	0.5	4.2
P20%	0.8	0.5	4.1
P25%	0.7	0.6	4.0
P30%	0.6	0.5	4.2
P35%	N/A	N/A	N/A
P40%	0.5	0.4	4.0
CP	N/A	N/A	N/A
CP	N/A	N/A	N/A
CP	N/A	N/A	N/A

Gráfico 4



Fonte: autora (2024).

4 Discussão

É possível perceber nos resultados informados experimento 1 (quadro 3), que o biofertilizante atuou significativamente na germinação em relação ao vaso que só recebeu água mineral. Com uma diferença de 3 dias entre os que receberam biofertilizantes diluídos em 3 concentrações diferente.

No experimento 2, apresentado no quadro 4, podemos observar que não houve germinação em nenhum vaso onde foi acrescido o biofertilizante. Isto ocorreu provavelmente, pelo uso do biofertilizante com 6 meses de sua produção. Pode ter oxidado, perdido suas propriedades benéficas e ainda ter cultivado microrganismos maléficos ao crescimento da muda. Em um estudo realizado em 2008, as pesquisadoras Kunathigan, V. e

Ngampimol, H, analisaram a estabilidade de um biofertilizante líquido derivados de resíduos vegetais. Observou-se que após 4 meses, o produto manteve boa viabilidade microbiana, porém já apresentava mudanças físicas como escurecimento, aumento da viscosidade e inchaço da embalagem — sinais claros de degradação. A pesquisa conduzida por Aloo *et al.* (2022), avaliou a viabilidade de três inoculantes bacterianos formulados com diferentes materiais carreadores, como farelo de trigo, casca de arroz, esterco, bagaço de cana e serragem, ao longo de oito meses. As formulações foram armazenadas sob duas condições: refrigeração (8 °C) e temperatura ambiente (25 ± 2 °C). Em refrigeração, alguns suportes (como esterco e bagaço) preservaram a estabilidade microbiana. Já em temperatura ambiente, a viabilidade caiu acentuadamente — no farelo de trigo, por exemplo, tornou-se indetectável após o 7º mês. O estudo confirma que a estabilidade de biofertilizantes tende a se comprometer entre 6 e 8 meses, sobretudo sem refrigeração

Apesar de o Brasil liderar mundialmente na adoção de biofertilizantes, ainda carece de uma regulamentação específica que estabeleça prazos de validade e faixas de referência para os parâmetros de qualidade desses insumos orgânicos. A IN 61/2020 é rasa e essa lacuna normativa contrasta com o avanço do setor e representa um entrave para a padronização, segurança e eficácia no uso desses produtos.

No experimento 3 (Quadro 6), observa-se um aumento perceptível no tempo de germinação em comparação ao experimento 1. Esse atraso pode ser atribuído à combinação de dois fatores principais: a mudança na amostra de biofertilizante utilizada e o aumento da temperatura ambiente registrado no período em que o ensaio foi conduzido. Estudos como os de Nascimento (2003) e Santos *et al.* (2019) indicam que temperaturas acima de 30 °C reduzem significativamente a germinação e o vigor de cultivares de alface, especialmente em ambientes não controlados. A faixa ideal para a germinação situa-se entre 15 °C e 25 °C, sendo que exposições prolongadas ou mudanças bruscas acima desse limite, como ocorreu neste experimento, podem causar falhas germinativas, mesmo em sementes de alta qualidade fisiológica.

Houve uma mudança abrupta nos resíduos orgânicos utilizados para produção do biochorume (biofertilizante 3) utilizado nos experimentos 4 (quadro 8) e 5 (quadro 10) afetando o tempo de germinação e o desenvolvimento das mudas. Observando a diferença dos gráficos 1, 2 e 3 para o gráfico 4, nota-se haver um aumento considerável para o início da germinação. No experimento 4, na concentração P40%, as sementes levaram 15 dias para iniciar sua germinação. Passando um dia do tempo estimado pelo fabricante das sementes. O crescimento dos caules e das folhas ocorreu de forma similar em todos os experimentos.

É importante destacar que o efluente analisado neste estudo é o biochorume proveniente da decomposição de resíduos orgânicos alimentares crus e cozidos, além de folhas secas, todos gerados em um condomínio residencial. A caracterização laboratorial dos biofertilizantes 1 e 2, mencionados na seção de Materiais e Métodos, não pôde ser realizada devido à demanda contínua de produção de adubo orgânico no bioprocessador mecanizado. Esse equipamento é responsável pelo processamento dos resíduos utilizados na formulação do

biofertilizante 3 e não poderia ser interrompido sem comprometer o recebimento diário dos resíduos e a manutenção da rotina produtiva do condomínio. A paralisação necessária para a obtenção de amostras dos biofertilizantes 1 e 2 demandaria aproximadamente uma semana, o que inviabilizaria temporariamente o funcionamento do sistema.

Parâmetros analisados no biochorume x Qualidade

De acordo com os quadros 1 e 2, podemos definir os potenciais do biochorume como biofertilizante. E adotaremos como base comparativa à faixa recomendada somente o valor obtido do biochorume, não considerando as diluições.

DBO - 5 dias

Resultado Obtido: 1005 mg/L

Faixa Recomendada: N/A

Análise: atualmente, no Brasil, não há uma norma federal específica que estabeleça um limite máximo de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) exclusivamente para biofertilizantes, como ocorre com efluentes líquidos ou águas residuárias, em que a CONAMA 430/2011 indica 120mg/L com ressalvas.

DQO

Resultado Obtido: 2401 mg/L

Faixa Recomendada: N/A

Análise: não há limite de DQO especificado para o registro de biofertilizantes.

Turbidez

Resultado Obtido: 135.0 UNT

Faixa Recomendada: N/A

Sólidos Totais

Resultado Obtido: 10.173 mg/L

Faixa Recomendada: N/A

Análise: valor elevado de turbidez indica presença excessiva de partículas suspensas, reduzindo a transparência do biofertilizante. Isso pode dificultar a penetração de nutrientes no solo e afetar a respiração das raízes. Embora muitos estudos sejam em água, o princípio se aplica a biofertilizantes. Para Marouelli (2003), em sistemas de irrigação/fertirrigação, é recomendada solução clara e sem turbidez para garantir segurança de injeção. Turbidez acentuada é sinal de partículas que podem obstruir sistemas e dificultar transporte de nutrientes.

pH

Resultado Obtido: 9.06

Faixa Recomendada: 6,0 - 8,5

Análise: O pH afeta a disponibilidade de nutrientes no solo e no biofertilizante. Valores entre 6,0 e 8,5 são ideais para a absorção eficiente de nutrientes pelas plantas (FERREIRA *et al.*, 2016). O pH fora da faixa ideal pode ainda influenciar a estabilidade química do biofertilizante, alterando a forma dos compostos presentes e afetando a sua eficácia. Para Hokari (2025), o pH do solo é um dos fatores que mais influenciam a composição e atividade da microbiota, e que mudanças no pH podem causar seleção microbiana, favorecendo certos grupos em detrimento de outros, o que pode afetar funções como a ciclagem de nutrientes.

Salinidade

Resultado Obtido: 8.79‰

Faixa Recomendada: N/A

Análise: a alta salinidade pode ser prejudicial ao solo e às plantas, causando estresse osmótico e reduzindo a capacidade de absorção de água pelas raízes. A salinidade elevada muito alta é preocupante na agricultura. Esses fatores podem causar estresse osmótico nas plantas, dificultando a absorção de água e nutrientes pelas raízes (COSTA, 2024)

Cloretos

Resultado Obtido: 2282,626 mg/L (2282626 µg/L)

Faixa Recomendada: N/A

Análise: essa espécie química é uma das responsáveis pela salinidade. O excesso de cloretos é tóxico para plantas e pode comprometer a estrutura do solo ao longo do tempo (COSTA, 2024). Ainda que não haja limite de cloreto para biofertilizante, a EMBRAPA, por exemplo, monitora a concentração dessa substância segundo os valores máximos permitidos para água de irrigação estabelecidos pela FAO. Limites de Cloreto (Cl⁻) na Água de Irrigação, segundo FAO/Embrapa: culturas sensíveis limite máximo recomendado: até 70 mg/L; culturas moderadamente tolerantes limite máximo recomendado: até 140 mg/L; culturas altamente tolerantes limite máximo recomendado: até 350 mg/L (AYERS, 1985).

Condutividade Elétrica

Resultado Obtido: 14.8680 dS/m

Faixa Recomendada: N/A

Análise: a alta condutividade elétrica indica excesso de sais dissolvidos, afetando negativamente a germinação e o crescimento das plantas. Isso está diretamente relacionado à salinidade elevada (MEDEIROS *et al.*, 2014). Na IN 61/2020, para condutividade elétrica, o teor constante no rótulo (valor garantido) pode sofrer uma tolerância de até $\pm 20\%$ no produto final. Já para FAO uma condutividade elétrica acima de 7,5 dS/m representa uma salinidade muito alta e seu uso deve ser severamente restrito, sendo possível apenas em solos drenados e com culturas muito tolerantes.

Amônia

Resultado Obtido: 28.1 mg/L (28117 $\mu\text{g/L}$)

Faixa Recomendada: N/A

Análise: Em ambientes alcalinos (pH acima de 8), a forma predominante é a amônia livre, que é volátil, podendo ser perdida para a atmosfera e apresentar toxicidade para as plantas. O íon amônio (NH_4^+) é formado pela reação da amônia (NH_3) com íons hidrogênio (H^+) presentes no meio aquoso, conforme a equação química $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$. Essa reação é fortemente influenciada pelo pH do ambiente, sendo favorecida em condições ácidas ou neutras (pH abaixo de aproximadamente 7,5), onde predomina a forma não volátil e assimilável pelas plantas, o íon amônio. Portanto, o equilíbrio entre amônia e íon amônio no solo ou em biofertilizantes líquidos é crucial para garantir a disponibilidade eficiente do nitrogênio para as culturas, favorecendo a absorção pela raiz e promovendo um crescimento vegetal saudável. (MALAVOLTA, 2006; TAIZ *et al.*, 2017).

Nitrato (NO_3^-) e Nitrito (NO_2^-)

Análise: As análises de nitrito e nitrato apresentaram coloração e para os ensaios é uma interferência, no qual persistiu mesmo após aplicação de tratamento. Com isso, não foi possível obter resultados. Esses compostos juntamente com a amônia fazem parte do Nitrogênio total (NT) que é um nutriente essencial para o crescimento das plantas, sendo um componente básico das proteínas e clorofila (TAIZ *et al.*, 2017).

Oxigênio Dissolvido

Resultado Obtido: $<0,1 \text{ mg/L}$

Faixa Recomendada: N/A

Análise: Para avaliar a estabilidade do biochorume, considerou-se que a ausência de oxigênio dissolvido indicaria condições anaeróbicas, fator que pode comprometer o produto pela formação de compostos tóxicos como sulfeto de hidrogênio e amônia, conforme descrito por FAO (2003), valorizando a análise do parâmetro Oxigênio Dissolvido nos testes laboratoriais. De acordo com a EMBRAPA (2004), a estabilidade do produto obtido pela compostagem, neste caso o biochorume, dependerá do processo biológico de decomposição que deve ocorrer em condições aeróbicas.

Fósforo Total (PT)

Resultado Obtido: 17,36 mg/L

Faixa Recomendada: 10000mg/kg

O fósforo total (PT) é fundamental para a energia das plantas (ATP) e desenvolvimento radicular. A sua deficiência limita o crescimento vegetal (NOVAIS *et al.*, 2007).

Potássio Total (KT)

Resultado Obtido: 4553,57 mg/L

Faixa Recomendada: 10000mg/kg

O potássio total (KT) é importante para processos fisiológicos, como a regulação osmótica e a resistência das plantas a pragas e doenças (MALAVOLTA, 2006).

Densidade

Resultado Obtido: 1,10 mg/L

Faixa Recomendada: N/A

A densidade influencia a aplicação e o manejo de biofertilizantes líquidos, garantindo a homogeneidade durante a aplicação (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Metais Totais

Quadro 12. Resultados metais totais e parâmetros IN 61/2020

Componente	mg/L	mg/kg	Limite IN 61/2020 (mg/kg)	Situação
Cálcio Total (Ca T)	88,9	80,818	10000	Dentro do padrão
Magnésio Total (Mg T)	232,75	211,591	10000	Dentro do padrão
Cobre Total (Cu T)	0,062	0,056	200	Dentro do padrão
Zinco Total (Zn T)	0,47	0,427	1000	Dentro do padrão
Manganês Total ((Mn T)	0,447	0,406	200	Dentro do padrão
Ferro Total (Fe T)	10,65	9,682	200	Dentro do padrão

A presença equilibrada de micronutrientes como cálcio, magnésio, ferro, manganês, zinco e cobre no biofertilizante é essencial para garantir o desenvolvimento saudável das plantas e o aumento da produtividade agrícola. O cálcio desempenha papel fundamental no fortalecimento das paredes celulares e na regulação do transporte iônico, conferindo maior resistência estrutural aos tecidos vegetais. O magnésio, por sua vez, é componente central da molécula de clorofila, sendo indispensável para a fotossíntese, além de atuar como ativador enzimático em diversos processos metabólicos relacionados à produção de energia e ao metabolismo de carboidratos. O ferro é um cofator crucial na síntese da clorofila, participando também da respiração celular e de processos redox essenciais para o metabolismo da planta. O manganês contribui para a eficiência do fotossistema II, sendo necessário para a síntese da clorofila e atuando como cofator em importantes reações

enzimáticas. O zinco integra metaloenzimas e regula a produção hormonal, exercendo influência direta no crescimento vegetal e na resistência ao estresse. Já o cobre está envolvido em processos de fotossíntese, respiração e na biossíntese da lignina, que confere proteção contra doenças. Portanto, a adequada concentração desses micronutrientes no biofertilizante avaliado é fundamental para assegurar sua eficácia agrônômica, proporcionando uma nutrição completa e equilibrada às plantas. Esses elementos, ao complementarem os macronutrientes presentes, contribuem para o desenvolvimento vigoroso das culturas, promovem resistência a agentes estressantes e aumentam a qualidade e o rendimento das produções agrícolas, evidenciando o potencial do biofertilizante como uma alternativa sustentável e eficiente para a agricultura.

A análise do biochorume revela tanto potenciais benefícios quanto prejudiciais que precisam ser resolvidos para garantir sua eficácia e segurança. De maneira positiva, o biochorume apresenta teores de nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, como potássio (4553,57 mg/L) e fósforo (17,36 mg/L). Ambos desempenham papéis fundamentais no crescimento vegetal: o potássio está associado à regulação osmótica e à resistência das plantas a pragas e doenças, enquanto o fósforo é crucial para o desenvolvimento radicular e processos de fotossíntese. A presença de amônia em níveis controlados também é um ponto favorável, pois fornece nitrogênio em uma forma assimilável pelas plantas, estimulando o crescimento, o que é benéfico para a saúde das plantas e o equilíbrio do solo. As análises de nitrato e nitrito não puderam ser quantificadas devido à interferência analítica, mas são componentes relevantes para o balanço de nitrogênio.

No entanto, o biochorume apresenta desafios significativos que podem comprometer sua qualidade como biofertilizante indicando uma alta carga de matéria orgânica degradável e não degradável. Parâmetros como DBO (1005 mg/L) e DQO (2401 mg/L), apesar de não terem parâmetros previstos por lei para biofertilizantes, os valores antes estabelecidos de 120mg/L na Resolução CONAMA 375/2006, revogada, não têm mais valor legal, mas os valores permanecem como boas práticas técnicas, usados em projetos e estudos sobre fertirrigação e agricultura. Outro resultado significativo para segurança do biochorume é o pH de 9,06, indicando que ele é alcalino, o que pode trazer alguns problemas para o uso agrícola. O principal impacto é a diminuição da disponibilidade de nutrientes essenciais para as plantas, especialmente micronutrientes como ferro, manganês e zinco, que tendem a se tornar menos solúveis e, portanto, menos acessíveis em condições alcalinas. Isso pode resultar em deficiências nutricionais mesmo que esses nutrientes estejam presentes no biofertilizante é importante ressaltar, que o pH alcalino está diretamente ligado a não formação de íons NH_4^+ que é uma das formas diretas de nitrogênio juntamente com o nitrato. A salinidade elevada (8,79‰) e a condutividade elétrica muito alta (14.868 $\mu\text{S}/\text{cm}$) são especialmente preocupantes, pois indicam excesso de sais dissolvidos. Esses fatores podem causar estresse osmótico nas plantas, dificultando a absorção de água e nutrientes pelas raízes. O problema é agravado pelos níveis extremamente altos de cloretos (2282626 $\mu\text{g}/\text{L}$), que são tóxicos para as plantas e podem comprometer a estrutura e a fertilidade do solo a longo prazo. Esse valor excessivo também contribui para o aumento da salinidade total do produto.

A literatura recomenda a diluição antes da aplicação, a fim de evitar estresse e toxicidade tanto no solo quanto nas plantas. Neste projeto, os biochorumes foram testados em diversas concentrações diluídas. Além disso, vale mencionar que nenhum biochorume produzido será exatamente igual a outro, devido à constante variação das matérias-primas utilizadas no processo de compostagem. Dessa forma, no Quadro 2, é possível observar o valor nutricional proporcional para cada concentração testada.

Para melhorar a qualidade do biofertilizante e garantir seu uso seguro e eficaz, algumas medidas são necessárias:

- Reduzir a carga orgânica para diminuir os valores de DBO e DQO. Isso pode ser alcançado por meio de melhorias no processo de compostagem como manter a umidade entre 50% e 60% é essencial para uma compostagem eficiente, pois favorece a decomposição dos resíduos. O tamanho das partículas também influencia o processo — o ideal é cerca de 3 cm — permitindo boa aeração sem causar compactação. A temperatura deve ser mantida entre 45 °C e 65 °C, faixa termofílica que acelera a degradação da matéria orgânica e elimina patógenos. Temperaturas acima de 70 °C, porém, inibem a atividade microbiana e prejudicam o processo (USP, 2023; BARREIRA, s.d).
- Controlar a salinidade e a condutividade elétrica, reduzindo o teor de sais dissolvidos no biofertilizante. Uma possível solução seria diluir o produto antes da aplicação no solo. Monitorar e corrigir os níveis de cloretos, garantindo que não haja acúmulo tóxico no solo.
- Neutralizar o pH por meio de ajustes químicos, como a adição de materiais ácidos (exemplo: enxofre elementar) para reduzir a alcalinidade.
- Implementar um tratamento aeróbio para aumentar os níveis de oxigênio dissolvido e eliminar compostos tóxicos produzidos em condições anaeróbias.

5 Considerações finais

Os biofertilizantes possuem vantagens significativas, especialmente em sistemas de produção sustentáveis. Eles ajudam a melhorar a fertilidade do solo, reduzem os custos de produção e promovem a sustentabilidade ambiental. Contudo, para maximizar os benefícios dos biofertilizantes, é necessário enfrentar desafios como a necessidade de infraestrutura adequada, domínio técnico para o manejo e monitoramento contínuo para evitar impactos negativos. A adoção de tecnologias de baixo custo, aliada ao incentivo à pesquisa e à capacitação dos agricultores, é essencial para garantir a eficiência agrônômica e a sustentabilidade do uso desses fertilizantes naturais.

Outro ponto relevante é a integração com políticas públicas voltadas à agricultura sustentável. Incentivos fiscais e programas de capacitação, leis e normas específicas quanto as composições e parâmetros podem

estimular o uso de biofertilizantes, promovendo a transição para práticas agrícolas mais limpas, eficientes e seguras.

O biofertilizante analisado possui potencial para ser uma alternativa sustentável aos fertilizantes químicos, especialmente devido aos seus elevados teores de nutrientes essenciais. Vale destacar que a composição do produto pode variar de acordo com os tipos de resíduos orgânicos empregados em sua formulação. As deficiências identificadas nas análises do biochorume precisam ser corrigidas por meio de melhorias no processo de produção, tratamento e controle de qualidade. A adoção de boas práticas e ajustes técnicos permitirá que o biofertilizante ofereça benefícios para o solo, as plantas e o meio ambiente, sem comprometer sua segurança e eficácia.

Referências

ALMEIDA, R. M. Controle de umidade em biofertilizantes: práticas e técnicas. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

ALOO, B. N.; MAKUMBA, B. A.; MBEGA, E. R. e TUMUHAIRWE, J. B. Effects of Carrier Materials and Storage Temperatures on the Viability and Stability of Three Biofertilizer Inoculants Obtained from Potato (*Solanum tuberosum* L.) Rhizosphere. Edição Especial Inoculantes Microbianos para Biofertilizantes e Biopesticidas, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/12/2/140/pdf?version=1643337085>. Acesso em: 10 de junho de 2025.

APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 24^a ed., 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 8419. ABR 1992. Rio de Janeiro, p. 2. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 16339:2015 - Fertilizantes Orgânicos - Biofertilizantes Foliares: Critérios e Procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 16340:2015 - Fertilizantes Orgânicos - Biofertilizantes para Uso no Solo: Critérios e Procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 10004: Resíduos sólidos – classificação*. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/> (acesso mediante pagamento ou instituições credenciadas). Acesso em: 10 junho de 2025.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. *Water quality for agriculture*. Irrigation and Drainage Paper 29 (Rev. 1), FAO, Roma, 1985. Disponível em: <https://www.fao.org/4/t0234e/t0234e00.htm>. Acesso em: 15 de maio de 2025.

BARBOSA, L. A.; NUNES, T. R. Uso de biodigestores na produção de fertilizantes orgânicos: uma análise ambiental e econômica. *Revista de Tecnologia Sustentável*, v. 7, n. 1, p. 22-34, 2023.

BARREIRA, L. P. PIRES, A. M. M.; COSCIONE, A. R.; JUNIOR, C. H. A. Qualidade do Composto Sólido Urbano. Capítulo 5, p 96-97. Disponível em: Qualidade do composto de resíduo sólido urbano. - Portal Embrapa. Acesso em: 11 de junho de 2025

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br>.

BRASIL. Decreto Nº 4.954, de 14 De Janeiro De 2004. Disponível em: D4954. Acesso em: 15 de junho de 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA nº 25, de 23 de julho de 2009. Estabelece especificações para fertilizantes orgânicos, biofertilizantes e similares. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 23 jul. 2009. Disponível em: (acesso em: 16 jun. 2025).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 61, de 8 de julho de 2020. *Diário Oficial da União*, 19 dez. 2008. Seção 1.

CONVALE – Consórcio Público de Manejo dos Resíduos do Vale do Jaguaribe Unidade II. Resíduos Sólidos e Mudanças Climáticas: Como a Redução de Resíduos Pode Ajudar? 20 de agosto de 2024. Disponível em: <https://www.convale.ce.gov.br/informa/71>. Acesso em: 04 de junho de 2025.

COSTA, M. M. M. N. Salinidade do solo. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2024. 55 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1174794>. Acesso em: 10 de junho de 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Compostagem: processo de degradação biológica da matéria orgânica sob condições aeróbias, tendo como resultado um material relativamente estável. Circular Técnica 285. Brasília, DF: Embrapa, 2004. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSA/16385/1/publicacao_s8t285e.pdf.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Processo de fabricação de biofertilizante. 2007. Disponível em: [Processo de fabricação de biofertilizante - Portal Embrapa](#). Acesso em: 11 de junho de 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Manual de Fertilidade do Solo. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 11 junho de 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Biofertilizante. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/residuos/biogas/biofertilizante>. Acesso em: 01 de maio de 2025

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Biofertilizante. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 11 de junho de 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Microorganismos em Benéficos em Biofertilizantes. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/residuos/biogas/biofertilizante>. Acesso em: 01 de maio de 2025

ELSNER, T. C.; HERRMANN, J. C. e KINETZ, S. R. R. Alface - s.d. Disponível em: <https://www.projetos.unijui.edu.br/matematica/modelagem/alface/>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2025.

FERREIRA, P. R.; SANTOS, M. A.; LOPES, D. A. Influência do pH na disponibilidade de nutrientes em biofertilizantes. *Revista de Ciência Agronômica*, v. 12, n. 3, p. 215-223, 2016.

HOKARI, D. *Como o pH do solo afeta a disponibilidade de nutrientes*. Solusolo, 23 maio 2025. Disponível em: <https://solusolo.com.br/como-o-ph-do-solo-afeta-a-disponibilidade-de-nutrientes/>. Acesso em: 11 de junho de 2025.

Instituto Nacional de Propriedade Industrial - INPI. Biofertilizantes. Ministério Do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços, Rio de Janeiro: INPI/AECON-CEPIT, 2023. 71 p. Estudos de Inteligência Estratégica em Inovação, v. 1, dez. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/inpi/pt-br/central-de-conteudo/estatisticas/estudos/ieeminovao_vollbiofertilizantes_completo.pdf. Acesso em: 04 de maio de 2025.

JGB Soluções Ambientais. Validade do fertilizante? Descubra se o fertilizante tem data de expiração 2025. Disponível em: [Validade do fertilizante? Descubra se o fertilizante tem data de expiração](#). Acesso em: 15 de maio de 2025.

JORDÃO, L.; PESSOA, M. Capítulo 11 – Oxigênio Dissolvido e Matéria Orgânica em Águas. In: Tratamento de Esgotos Domésticos, 6. ed. [S.l.]: [s.n.], 2000. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/572941947/Capitulo-11-Oxigenio-Dissolvido-e-Materia-Organica>. Acesso em: 25 de abril 2025.

KANNAIYAN, S. (2002) *Biotechnology of Biofertilizers*. Springer, Dordrecht.

KUNATHIGAN, V. e NGAMPIMOL, H. The Study of Shelf Life for Liquid Biofertilizer from Vegetable Waste. Universidade Assumption Bangcoc, Tailândia Tailândia, 2008. Disponível em:(PDF) The Study of Shelf Life for Liquid Biofertilizer from Vegetable Waste. Acesso em 15 de maio de 2025.

MALAVOLTA, E. *Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas*. 2. ed. São Paulo: HBR, 2006.

MALAVOLTA, Eurípedes; PIMENTEL-GOMES, Frederico; ALCARDE, José Carlos Adubos e adubação. São Paulo: Agronômica Ceres, 2020.

MARQUELLI, W. A.; PINTO, J. M.; SILVA, H. R. da; MEDEIROS, J. F. de. Melão: produção aspectos técnicos. *Fertirrigação*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Hortaliças; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2003. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/151848>. Acesso em 20 de junho de 2025.

MEDEIROS, A. L.; PEREIRA, J. F.; GOMES, S. F. Condutividade elétrica e salinidade em biofertilizantes. *Revista Brasileira de Semeadura*, v. 10, n. 2, p. 134-140, 2014.

MENDES, C. R.; ALBUQUERQUE, J. P.; OLIVEIRA, S. A. Políticas públicas para incentivo à agricultura orgânica: desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Políticas Ambientais*, v. 9, n. 3, p. 40-56, 2023.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. *Matéria Orgânica do Solo: Métodos de Análise*. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2017.

NEVES, A. C.; BERGAMINI, C. N.; LEONARDO, R. O.; GONÇALVES, M. P.; ZE-NATTI, D. C.; HERMES, E. Effect of biofertilizer obtained by anaerobic digestion of cassava effluent on the development of crambe plants. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 21, n. 10, p. 681-685, 2017.

NASCIMENTO, W. M. Preventing thermoinhibition in a thermosensitive lettuce genotype by seed imbibition at low temperature. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 60, n. 3, p. 525–528, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162003000300029>. Acesso em: 16 jun. 2025.

NOVAIS, A. P.; COSTA, R. D.; SILVA, F. O. Fósforo total e seu impacto no crescimento vegetal. *Ciência Agrônômica*, v. 32, n. 1, p. 75-82, 2007.

OLIVEIRA, J. P. *et al.* Impacto dos biofertilizantes no solo e na produtividade agrícola. *Ciência do Solo*, v. 41, n. 1, p. 45-55, 2017.

SANTOS, H. O.; DE ALMEIDA, F. A.; SILVA-MANN, R. e PEREIRA, R. W.; BLANK, A. F. Qualidade fisiológica de sementes de alface sob diferentes temperaturas na germinação. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 35, n. 4, p. 1143–1152, ago. 2019. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v35n4a2019-42196>. Acesso em: 16 jun. 2025.

Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE. Relatório de Inteligência. Polo SEBRAE Agro, 2024. Disponível em: <https://polosebraeagro.sebrae.com.br/>. Acesso em: 18 de abril de 2025.

SILVA, R. T.; PEREIRA, J. M.; SOUZA, L. A. Biofertilizantes na produção de alimentos. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 15, n. 1, p. 28-40, 2020.

SOARES FILHO, C. V.; HEINRICHS, R.; PERRI, S. H. V.; CORREIA, A. C. Atributos químicos no solo e produção de *Cynodon dactylon* cv. Terra Verde sob doses de biofertilizante orgânico. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 16, n. 1, p. 23-35, 2015.

SOUZA, A. R.; SANTOS, D. F.; BARROS, F. S. Efeitos do chorume orgânico na qualidade do solo. *Revista Verde de Agroecologia*, v. 11, n. 2, p. 66-78, 2021.

STUCHI, J. F. Biofertilizante: um adubo líquido de qualidade que você pode fazer. Embrapa, 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1046948/1/CPAFAP2015CartilhaBiofertilizanteFinal.pdf>. Acesso em: 05 de maio de 2025.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia das Plantas*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TINOCO, L. Potencial do chorume da compostagem como biofertilizante. Roda Verde Compostagem. Escritório Escola de Engenharia e Design da UFF, 2021. Disponível em: [Roda_Verde_Chorume.docx](#). Acesso em: 04 de maio de 2025.

TRAPP. Alface em vaso: como cultivar. 24 jan. 2022. Disponível em: <https://www.trapp.com.br/pt/hortas-e-pomares/alface-em-vaso-como-cultivar-2/>. Acesso em: 15 fev. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - UFBA. Você sabe o que é chorume? Programa de Educação Tutorial – PET. Engenharia Sanitária e Ambiental. 10 de dezembro de 2019. Disponível em: <https://petesa.eng.ufba.br/blog/voce-sabe-o-que-e-o-chorume>. Acesso em: 04 de junho de 2025.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Instituto de Química de São Carlos. Manual de compostagem: como fazer adubo orgânico a partir de resíduos sólidos domiciliares. São Carlos: IQSC/USP, 2023. Disponível em: <https://www.iqsc.usp.br/portal/wp-content/uploads/2023/10/manual-compostagem-IQSC.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2025.

VELOSO, C. A. C.; FERREIRA, E. V. O.; RODRIGUES, J. E. L. F. e BOTELHO, S. M. Fertilizantes Orgânicos. EMBRAPA, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1127241/fertilizantes-organicos>. Acesso em: 10 de junho.