

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS- ICIAG

RAFAEL MARTINS VITRO

BIOFERTILIZANTE LÍQUIDO NA PRODUTIVIDADE DE ALFACE TIPO
AMERICANA

Uberlândia-MG
2026

RAFAEL MARTINS VITRO

BIOFERTILIZANTE LÍQUIDO NA PRODUTIVIDADE DE ALFACE TIPO
AMERICANA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Ciências
Agrárias da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Dr. José Magno Queiroz Luz

Uberlândia-MG

2026

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU com
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

V847
2026

Vitro, Rafael Martins, 2003-
Biofertilizante líquido na produtividade de alface tipo americana
[recurso eletrônico] / Rafael Martins Vitro. - 2025.

Orientador: José Magno Queiroz Luz.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade
Federal de Uberlândia, Graduação em Agronomia.
Modo de acesso: Internet.
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Agronomia. I. Luz, José Magno Queiroz, 1967-, (Orient.). II.
Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Agronomia. III.
Título.

CDU: 631

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2: Gizele
Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

RAFAEL MARTINS VITRO

BIOFERTILIZANTE LÍQUIDO NA PRODUTIVIDADE DE ALFACE TIPO
AMERICANA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Ciências
Agrárias da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo

Uberlândia - MG, 05/03/2026

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
ANGELICA ARAUJO QUEIROZ
Data: 08/05/2026 13:10:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professora Doutora Angélica Araújo Queiroz



Documento assinado digitalmente
RAYSSA CAMARGO DE OLIVEIRA
Data: 08/05/2026 14:33:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professora Doutora Rayssa Camargo de Oliveira



Documento assinado digitalmente
JOSE MAGNO QUEIROZ LUZ
Data: 08/05/2026 17:14:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professor Doutor José Magno Queiroz Luz
Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e aos meus pais, Micheli Moreira Martins Coelho e Daniel Stabile Vitro por todo o apoio e por acreditarem em mim, sempre me instigando a dar o meu melhor. À minha mãe, que lutou até o fim para me formar, a mulher mais forte que já conheci, amo muito você. Dedico esse trabalho em memória de Daniel Stabile Vitro.

Agradeço à minha família, meu irmão Fernando, minha avó Margarida, minha tia Joelma e a minha tia Mirelly, que me incentivou a estudar. Também agradeço a minha tia Josy e a minha prima Carol, que mesmo de longe nunca deixaram de estar presentes.

Agradeço aos meus amigos, em especial o Vitor, que não só esteve comigo na trajetória da faculdade, como em toda minha vida. Amo muito você amigo, obrigado por sempre estar aqui. Também agradeço a Maria Fernanda, saudades demais de rir com você amiga.

Aos amigos queridos da faculdade, foi incrível dividir esses 5 anos com vocês. Todos os momentos que vivemos ficarão pra sempre no meu coração. Também aos amigos da veterinária que a vida permitiu me aproximar. O que fica é saudade e a certeza que valeu muito a pena viver cada momento com cada um de vocês. Agradeço a Kellen, Laura, Wanessa, Felipe, Iara, Kalline, Marol, Mucio, Ventura, Matheus, Peruzzi, Ester, Buiati. Já estou morrendo de saudades da 70.

Agradeço ao meu orientador, José Magno Queiroz Luz, por todos os ensinamentos, todos os áudios de 3 minutos recebidos para sempre nos ajudar a entender. Admiro muito o pesquisador que o senhor é, e sua dedicação com a universidade. Deixo meus agradecimentos à professora Dra. Helena Maura Torezan Silingardi por todo o carinho, conversas e conselhos e a Júlia Araújo de Lima por todo o cuidado e apoio nos momentos mais difíceis.

Agradeço a Universidade Federal de Uberlândia e Instituto de Ciências Agrárias. Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela bolsa recebida. Agradeço a empresa MICROGEO pelo apoio destinado a esse trabalho. Agradeço ao Grupo de Estudos e Pesquisa em Olericultura e Medicinais e a professora doutora Angélica Araújo Queiroz pelo apoio no experimento. Agradeço também o Ricardo Ferreira Domingues e Adílio de Sá Junior por todo o apoio na estatística.

RESUMO

A alface, *Lactuca sativa* L., é a principal hortaliça folhosa produzida no Brasil e o uso de bioinsumos, como biofertilizantes líquidos prometem, além da parte nutricional, potencializar e adicionar componentes biológicos ao solo. Assim, esse trabalho objetivou avaliar o efeito da época de cultivo e doses do biofertilizante líquido no cultivo de alface tipo americana. O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido no Setor de Olericultura da Fazenda Experimental do Campus Glória, Universidade Federal de Uberlândia- UFU, na cidade de Uberlândia- MG. A alface utilizada foi a americana, variedade Lucy Brown. O experimento foi conduzido em blocos casualizados com 6 doses de biofertilizante líquido Microgeo® (0, 150, 300, 450, 600 e 750 L ha⁻¹) e 5 repetições em duas épocas de cultivo: outono/inverno e primavera/verão. Cerca de 40 dias após o plantio, as cabeças de alface foram colhidas e analisadas quanto a altura e comprimento de planta, diâmetro de planta, massa fresca e seca da parte aérea e produtividade. O solo foi amostrado e foi feito a análise de solo (química e bioquímica), pré-plantio e colheita. Os resultados obtidos demonstraram que as diferentes doses do biofertilizante não diferiram entre si para altura de planta, diâmetro da cabeça e massa seca. Na época primavera/verão houve maior fertilidade do solo, enzimas avaliadas (exceto urease) e carbono da biomassa microbiana (C_{mic}). Além disso, a dose 400 L ha⁻¹ resultou em menores valores de atividade acumulada, CBM, glicosidase, fosfatase, arilsulfatase e urease, assim como a menor produtividade nas diferentes doses. Na primavera/verão foi obtido maiores médias para quase todas as variáveis analisadas, exceto para o diâmetro de cabeça, massa fresca e produtividade. Na primavera/verão, não houve significância para massa fresca e produtividade. No outono/inverno, a produtividade máxima foi estimada de 49,72 t ha⁻¹ na dose de 256,8 L ha⁻¹ e a massa fresca máxima foi estimada de 310,2 gramas na dose de 256,95 L ha⁻¹. Conclui-se que o biofertilizante líquido estimulou o metabolismo do solo, principalmente na primavera/verão e a disponibilidade de nutrientes regula o balanço enzimático do solo.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L; Enzimas no solo; produção.

ABSTRACT

Lettuce, *Lactuca sativa* L., is the main leafy vegetable produced in Brazil, and the use of bio-inputs, such as liquid biofertilizers, promises to enhance and add biological components to the soil, in addition to nutritional benefits. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of cultivation time and doses of liquid biofertilizer on the cultivation of iceberg lettuce. The experiment was conducted in a protected environment at the Vegetable Crops Sector of the Experimental Farm of the Glória Campus, Federal University of Uberlândia - UFU, in the city of Uberlândia, Minas Gerais, Brazil. The lettuce used was iceberg lettuce, variety Lucy Brown. The experiment was conducted in randomized blocks with 6 doses of Microgeo® liquid biofertilizer (0, 150, 300, 450, 600 and 750 L ha⁻¹) and 5 replications in two cultivation seasons: autumn/winter and spring/summer. Approximately 40 days after planting, lettuce heads were harvested and analyzed for plant height and length, plant diameter, fresh and dry weight of the aerial part, and productivity. The soil was sampled and soil analysis (chemical and biochemical) was performed before planting and harvest. The results showed that the different doses of biofertilizer did not differ from each other for plant height, head diameter, and dry weight. In the spring/summer season, there was greater soil fertility, evaluated enzymes (except urease), and microbial biomass carbon (Cmic). In addition, the 400 L ha⁻¹ dose resulted in lower values of accumulated activity, CBM, glucosity, phosphatase, arylsulfatase, and urease, as well as the lowest productivity at the different doses. In spring/summer, higher averages were obtained for almost all variables analyzed, except for head diameter, fresh weight, and productivity. In spring/summer, there was no significant difference for fresh weight and productivity. In the autumn/winter period, the maximum productivity was estimated at 49.72 t ha⁻¹ at a dose of 256.8 L ha⁻¹, and the maximum fresh mass was estimated at 310.2 grams at a dose of 256.95 L ha⁻¹. It is concluded that the liquid biofertilizer stimulated soil metabolism, mainly in spring/summer, and the availability of nutrients regulates the soil's enzymatic balance.

Keywords: *Lactuca sativa* L.; Enzymes in the soil; Production.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
	2.1 A cultura do Alface	10
	2.2 Sustentabilidade Agrícola.....	12
	2.3 Biofertilizantes Líquidos.....	12
	2.4 Bioquímica do solo	14
3	METODOLOGIA	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5	CONCLUSÕES	31
	REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

A alface, *Lactuca sativa* L., é a hortaliça folhosa mais produzida no mundo, sendo líder no volume de produção mundial em 2023, na classe das folhosas, segundo a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2023). No Brasil, o panorama acompanha o mundial, com o estado de São Paulo detendo a maior produção do país, com 2.302.721 kg em julho de 2025. O estado de Minas Gerais, nesse mesmo período, produziu 92.727 kg, segundo dados dos ceasas do CONAB. A soma dos principais estados produtores da folhosa em julho de 2025 contabilizou 4.464.632 kg (CONAB, 2025)

Segundo a CONAB(2025) , as principais microrregiões em Minas Gerais que forneceram alface para os ceasas são as de Barbacena, com 24.506 Kg e Belo Horizonte, com 50.157 kg de acordo com os dados de julho de 2025. Além disso, os principais estados produtores são: São Paulo, Minas Gerais e Paraná, e a produção em 2025 poderia chegar a 1,5 milhão de toneladas, com uma média de consumo de 6 kg por pessoa/ano (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI, 2025).

Até a década de 80, o padrão de consumo brasileiro para a alface era o tipo lisa e posteriormente o tipo crespa. A alface americana até a década de 80 era praticamente desconhecida, nichada e produzida em alguns lugares no cinturão verde de São Paulo. Há um grande contexto histórico associado ao crescente interesse desse tipo de alface. Primeiramente, o surgimento das redes de fast-foods, disseminadas pela globalização ao redor do mundo, e consequentemente no Brasil. A alface americana, por ser mais crocante e aguentar mais o calor, é largamente utilizada nos sanduíches e semelhantes. Além disso, houve um interesse maior da classe média e alta, que conhecia o produto no exterior e passaram a criar demanda no país (SALA *et al.*, 2012).

Com a necessidade de se produzir a matéria prima no Brasil, a primeira dificuldade foi a adaptação da cultura ao clima tropical e subtropical, visto que foram desenvolvidas nos Estados Unidos (Califórnia e Arizona), em clima mais ameno. Assim, as principais variedades no Brasil pendoavam precocemente, e os produtores tinham altas perdas com doenças fúngicas e bacterianas, influenciadas por altas temperaturas e pluviosidades. Mesmo com técnicas aprimoradas, o cultivo era limitado, até o desenvolvimento da variedade Lucy Brown no verão (SALA *et al.*, 2008).

Essa variedade era precoce, tinha boa cobertura de folhas, e diferentemente das cultivares americanas, não formava cabeça compacta. A compatibilidade da cabeça era uma exigência para o norte americano (praticidade ao cortar no dia a dia), mas na prática gerava problemas de manejo. No Brasil, se tem o costume de destacar as folhas, e esse hábito, além das boas características agrônômicas da variedade, desenvolveram todo o mercado que hoje existe de alface tipo americana no Brasil (MALDONADE, *et al.*, 2014).

É de amplo conhecimento a importância da adubação na produção agrícola atual, especialmente nas hortaliças, que possuem sistema radicular reduzido, como a alface que explora mais intensamente apenas os primeiros 25 centímetros do solo. Sendo assim, esses cultivos necessitam de maiores adubações, para que a planta absorva esses nutrientes, e por isso, é essencial o desenvolvimento de técnicas atuais de suprir essas necessidades (PRADO; FILHO, 2016)

Os biofertilizantes são definidos, na Instrução Normativa nº 46 de 06 de outubro de 2011, como produtos que contêm componentes ativos ou agentes biológicos capazes de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou sobre partes das plantas cultivadas, melhorando o desempenho do sistema de produção, e, que sejam isentos de substâncias proibidas pela regulamentação de orgânicos (MAPA, 2012).

Além das qualidades nutricionais, o biofertilizante pode trazer benefícios como ações fito-hormonais, bactericidas, nematicidas, entre outros. Os biofertilizantes líquidos podem ser aplicados via pulverização, integrados a sistemas de irrigação e podem ser produzidos na própria fazenda do produtor (SILVA, *et al.*, 2007).

Com isso, visto que a alface americana explora pouco volume de solo e possui exigências nutricionais a serem atendidas, vê-se a necessidade de melhorar os processos de disponibilização desses nutrientes, incluindo técnicas biológicas atuais. Assim, esse trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos da época de plantio e do biofertilizante líquido sobre a produtividade de alface americana, além de observar os efeitos biológicos no solo, em condições de casa de vegetação, na cidade de Uberlândia – MG.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura do Alface

A alface (*Lactuca Sativa* L.), é uma planta herbácea originada do mediterrâneo, pertencente à família Asteraceae, e possui ciclo de cultivo curto (45-60 dias). Suas folhas são inseridas em um caule curto em formato de roseta, sobrepostas e podem ser classificadas em seis tipos, de acordo com as características de crocância, disposição e coloração (MALDONADE *et al.*, 2014; PRADO, FILHO, 2016)

A raiz é do tipo pivotante, muito ramificada e superficial, explorando intensamente os primeiros 25 cm do solo. As raízes podem chegar até 60 cm de profundidade, porém o ciclo curto limita mais sua absorção aos primeiros centímetros do solo. (PRADO; FILHO, 2016)

As alfaces no Brasil podem ser classificadas em: alface manteiga; alface americana; lisa; crespa; mimosa e romana (MALDONADE *et al.*, 2014). A alface americana possui folhas crespas, crocantes, forma cabeça compacta e grande. As folhas internas são amareladas ou brancas, imbricadas para o centro. Suportar o processamento, calor e manuseio no pós-colheita são características que a diferencia dos outros tipos. (HENZ *et al.*, 2009).

A escolha da cultivar de alface americana é determinante para o sucesso do cultivo, com atenção a adaptabilidade climática de cada genótipo. Cultivares como Lucy Brown são recomendadas para cultivos de verão devido à resistência ao pendoamento precoce, muito comum nos climas tropicais e subtropicais (SALA *et al.*, 2012). Já para o cultivo em estufa, genótipos como Tainá, Júlia e Grandes Lagos mostraram alta produtividade e excelente resposta à adubação orgânica, resultando em cabeças mais compactas e com maior massa fresca (PIMENTEL *et al.*, 2009).

O crescimento da alface é muito influenciado pelas condições térmicas, apresentando diferentes temperaturas basais de crescimento no ciclo, sendo de 6°C para o período inicial e 10°C a partir do transplante à colheita. O conhecimento dessas temperaturas permitiu os produtores calcularem e preverem a data de colheita, baseada na previsão do tempo (BRUNINI *et al.*, 1976).

A fenologia da cultura é baseada na escala BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemische Industrie) expandida, em dez principais estádios de desenvolvimento da planta. O primeiro estádio (Estádio 0) é a germinação e o rompimento da superfície no solo. Posteriormente, tem a abertura das folhas verdadeiras (Estádio 1) e a formação de brotos laterais (Estádio 2). Depois,

ocorre o alongamento do caule e expansão da roseta (Estádio 3), até seu tamanho máximo, estando pronta para a colheita (Estádio 4). Com todas as folhas expandidas, ocorre a emergência da inflorescência, ou pendoamento (Estádio 5), floração (Estádio 6), desenvolvimento dos frutos (Estádio 7), maturação das sementes (Estádio 8) e senescência da planta (Estádio 9) (MEIER, 2018).

O cultivo protegido, primeiramente pensado para a entressafra, se desenvolveu e aumentou consideravelmente desde a sua introdução no Brasil, que lidera o cenário sul-americano em área cultivada. Dentre as principais hortaliças produzidas está a alface, que é muito cultivada a fim de amenizar os problemas com temperatura e umidade que percorrem seu ciclo. Muitos produtores adotam esse sistema pois nele é possível produzir todo o ano, além do melhor controle dos parâmetros mencionados. (CULTIVO PROTEGIDO, 2014; TRANI *et al*, 2006)

A adubação na cultura é essencial para o suprimento das necessidades nutricionais da planta. A alface é classificada como exigente em magnésio, e necessita de uma saturação de bases de 70% para seu bom desenvolvimento. Em cultivos convencionais, é recomendado 50 t ha⁻¹ de esterco curtido ou 12 t ha⁻¹ de esterco de galinha curtido, incorporados ao solo do canteiro, para adubação orgânica. Todo o volume de fósforo (P) é disponibilizado no plantio, enquanto o potássio (K) e nitrogênio (N) podem ser parcelados (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V., 1999).

O cultivo de alface não tolera solo muito ácidos, destacando a importância de manter o pH adequado, acima de 5,5. Sugere-se assim uma adubação de base de NPK (formulado contendo nitrogênio, fósforo e potássio), de 70 kg ha⁻¹ de N, 600 kg/ha de P₂O₅ e 300 kg ha⁻¹ de K₂O, com três aplicações de cobertura. As coberturas podem ser feitas no momento que ocorrer o pegamento das mudas, na formação de folhas novas, e na formação da cabeça (YURI *et al.*, 2016).

Os padrões de referência no estado de Minas Gerais, segundo o livro Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação (RIBEIRO, *et al.*, 1999) são para os macronutrientes (dag kg⁻¹): Nitrogênio (N): 4; Fósforo (P): 0,8; Potássio (K): 7; Cálcio (Ca): 1,54; Magnésio (Mg): 0,4; Enxofre (S): 0,19. Para os micronutrientes (mg/kg): Boro (B): 80; Cobre (Cu): 15; Ferro (Fe): 50-200; Manganês (Mn): 50-250; Zinco (Zn): 25-250. A observação dos teores comparados com a análise química do solo é essencial para a correta recomendação dos teores que certificará o suprimento da necessidade da lavoura (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999).

É de extrema importância ressaltar problemas comuns com a nutrição de alfakes no campo. Os problemas mais comuns são: amarelecimento das folhas e pouco acúmulo de massa seca por deficiência de N; Redução da durabilidade pós-colheita por excesso de N. Necrose das margens foliares por falta de K; Tip-Burn, necrose das bordas das folhas novas, causada por deficiência de Ca; Folhas prateadas e ondulação marginal por deficiência de B. Além disso, o excesso de salinidade por acúmulo de sais, provenientes de adubações excessivas por exemplo, causa perdas de produtividade, com um limite de condutividade elétrica (CE) de 1,3 dS/m. (YURI *et al.*, 2016)

2.2 Sustentabilidade Agrícola

A agricultura moderna, apesar de ter o mais alto nível de tecnologia já documentado, ainda tem grande impacto nos quesitos ambientais, visto que a sua prática necessita de recursos naturais como a água e solo. Problemas já registrados de degradação de solos, cursos d'água e perturbação da fauna e flora dos biomas demonstram a necessidade de estudar maneiras cada vez menos invasivas, promovendo uma agricultura mais sustentável (MEDEIROS *et al.*, 2006; PATERNIANI, 2001)

O conceito de sustentabilidade foi visto de forma estática e engessada por muitos anos, porém hoje entende-se que deve ser um termo dinâmico, que se adapta as questões socioeconômicas e edafoclimáticas do país (MEDEIROS *et al.*, 2006; PATERNIANI, 2001). Segundo a FAO (1889) “A agricultura sustentável deve envolver a gestão bem-sucedida dos recursos agrícolas para satisfazer as necessidades humanas em constante mudança, mantendo ou melhorando a qualidade do meio ambiente e conservando os recursos naturais”.

Diante do exposto, os biofertilizantes líquidos possuem diversos benefícios em questões fitossanitárias, nutricionais e biológicas. Além disso, um grande papel dessa classe de produtos é a gestão de resíduos da pecuária, o que surge como oportunidade de redirecionar recursos que poderiam ser descartados de forma inadequada (MEDEIROS, 2013)

2.3 Biofertilizantes Líquidos

Os biofertilizantes líquidos são compostos bioativos, formados a partir da compostagem líquida contínua de resíduos vegetais ou animais. A biodigestão desses

compostos gera células vivas ou latentes, reproduzindo microrganismos fermentativos, e de metabolismo aeróbico e anaeróbico, como fungos filamentosos, leveduras e bactérias. Nessa mistura, também são encontrados quelatos organominerais e metabólitos em solução (MEDEIROS *et al.*, 2006).

Existem várias formas de se produzir um fertilizante líquido. Em destaque, o composto é a base de esterco bovino ou conteúdo ruminal, misturado em água e um produto comercial de manutenção. Essa solução pode ser feita na própria fazenda de uso, e utilizada nos sistemas de irrigação. A primeira etapa de produção é misturar 15% do volume total do esterco, 2,5% do produto comercial inicializador e completar com água limpa e não clorada. Após esse processo, pode ser retirado até 10% do volume total diariamente, sendo necessário um tempo para os metabólitos serem produzidos novamente (MICROGEO, 2022)

Os biofertilizantes são compostos produzidos pelos agricultores nas propriedades agrícolas, e que possuem micro-organismos, os quais contribuirão para a interação de novos seres vivos benéficos no solo, assim, quanto maior a diversidade de matéria-prima dos biofertilizantes, maior será a possibilidade de que haja interações entre os micro-organismos antagonistas. Eles são o produto da fermentação aeróbia e/ou anaeróbia de compostos orgânicos, tendo em sua composição, micro-organismos ativos, enzimas e minerais (macro e micronutrientes), que auxiliarão no crescimento, suprimento nutricional, proteção e desenvolvimento do vegetal (MACHADO, 2010)

Com a biofábrica instalada, ocorrerá o processo denominado Compostagem Líquida Contínua (CLC), que consiste no início da fermentação, o crescimento dos microrganismos e consequentemente, a produção de substâncias primárias e secundárias. Após o início, é adicionado um produto comercial a base de substâncias recalcitrantes, preparados biodinâmicos, pentoses, minerais e farelos, a fim de propiciar a multiplicação dos microrganismos ao longo do tempo (MICROGEO, 2022).

A aplicação desses produtos pode ser feita via foliar, em tratamento de sementes, no solo em fertirrigação ou diluído em hidroponia. O material deve ser filtrado, com malha plástica lavável (100 mesh), acoplado a biofábrica (SILVA, *et al.*, 2007; MICROGEO, 2022)

O esterco bovino possui 30% de carbono orgânico, 1,5% de nitrogênio, 1,4% de fósforo, 1,5% de potássio, 0,8 % de cálcio e 0,5% de magnésio. Além disso, possui 2 mg/Kg de cobre e 4mg kg⁻¹ de Zinco. Esses teores são adicionados ao solo quando

misturados a água, promovendo parte da demanda nutricional da planta, além de seus valores biológicos (MACHADO *et al.*, 2022).

O biofertilizante líquido é composto por aproximadamente 300 grupos de microrganismos, sendo 89% composto apenas de bactérias e possui de 10^7 a 10^9 células de microrganismos por ml de produto. A diversidade bacteriana varia de acordo com a região, podendo apresentar diferentes filos ao utilizar o esterco de locais diferentes. Em Minas gerais, segundo estudos da ESALQ- USP, os filos que possuem destaque são o firmicutes, proteobactéria e bacteroidetes (MICROGEO, 2022), também sendo encontrados em matas naturais, enfatizando o reestabelecimento do microbioma do solo (VAL-MORAES *et al.*, 2009).

Especificamente, os firmicutes, filo mais comum e abundante na rizosfera de diversas plantas, possuem grande potencial para a agricultura sustentável. Essas bactérias têm a capacidade de beneficiar as plantas, até mesmo em situações extremas, como altas temperaturas, salinidade. Foram realizados diversos experimentos com várias espécies, e o filo demonstrou capacidade direta e indireta de suporte em germinação, estabelecimento de mudas em campo e crescimento, seja por produção de compostos hormonais de crescimento, ou suporte no aporte mineral pela planta (HASHMI, 2020).

2.4 Bioquímica do solo

Quando se trata das frações do solo, a composição biológica do solo possui estreita relação com a parte química e física, demonstrando a importância do seu estudo para auxiliar na tomada de decisões e entender qual seu papel na produtividade das culturas. Nesse sentido, existem análises bioquímicas que são feitas a partir da amostra de solo, que projetam em dados que tipo de interação está ocorrendo na solução do solo, e por meio delas, é possível estudar como o microbioma do solo está se comportando (PASSOS *et al.*, 2008).

As análises enzimáticas e de carbono do solo são métodos capazes de avaliar mudanças na solução do solo, em um curto período, sendo definidos como bioindicadores do solo. As enzimas presentes nos ciclos de nutrientes na solução, como por exemplo a desidrogenase e fosfatase, podem ser utilizadas para estudar a fração biológica do solo, pois essas são catalizadoras de reações de ciclos dos nutrientes de interesse agrônomo. A partir delas, compreende-se a atividade

microbiológica e os processos biogeoquímicos dos ciclos do carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre no solo (TAYLOR *et al.*, 2002).

As bioanálises do solo são parâmetros analisados a fim de avaliar a qualidade e saúde do solo. Esses testes são análogos a um exame de sangue, e auxiliam os produtores a tomar decisões referentes a manejos e sistemas de cultivo, indicando quais práticas são mais interessantes para cada cultura e região. Existem tabelas padronizadas para avaliar os teores em baixo, médio, moderado e adequado. Essas análises colocam uma lupa na parte muitas vezes negligenciada nas análises comerciais padrões: a fração biológica do solo (MENDES *et al.*, 2018).

A biomassa microbiana é considerada a fração lábil da matéria orgânica do solo (MOS), e possui grande importância nas reações de disponibilização de nutrientes no contexto do solo. É uma parte sensível a alterações, e pode ser utilizado para observar e estudar mudanças no manejo e a qualidade de um solo, por ser a parte viva da matéria orgânica. Estudar esse parâmetro pode favorecer observações de manejo, umidade, temperatura e sustentabilidade de um sistema agrícola. O CBM mostra o desempenho do metabolismo desses microrganismos (GIANFREDA, 2014).

A enzima beta-Glicosidase participa do processo de decomposição da celulose e fazem o processo de clivagem das ligações glicosídicas, essas presentes em dissacarídeos, oligossacarídeos e glicosídeos, liberando glicose que será utilizada como forma de energia por microrganismos. A detecção e mensuração da atividade dessa enzima do solo tem ajudado os laboratórios a definir estratégias de manejo e sistemas de cultivo, pois essa possui estreita relação com a matéria orgânica e a dinâmica dos nutrientes (PAZUTTI *et al.*, 2012; PASSOS *et al.*, 2008).

A enzima fosfatase desempenha um papel importante no ciclo do fósforo (P) do solo. Como toda enzima, ela é catalizadora de uma reação, e essa participa do processo de hidrólise dos compostos orgânicos de P em compostos inorgânicos assimiláveis pelas plantas. Sua importância se baseia na disponibilização do nutriente pela matéria orgânica, sendo essencial para a disponibilização de P, fator limitante de produtividade (MOREIRA, 2016).

A enzima Arilsulfatase é responsável pela catalização da hidrólise da ligação do hidrogênio com o enxofre (S), o que promove a liberação do sulfato inorgânico no processo de mineralização do enxofre orgânico (especificamente ésteres de sulfato). Sua participação é essencial no ciclo do Enxofre, e determina a disponibilização de S em formas assimiláveis pelas plantas. Em solos do cerrado, os ésteres de sulfato

podem representar 70% de todo carbono orgânico, evidenciando a importância da catalização dessas ligações, e tornando a Arilsulfatase a principal enzima para a disponibilização desse nutriente. (GIANFREDI, 2014).

Segundo Araújo (2007), a enzima urease é a responsável pela catalização da hidrólise de ureia em amônia (NH_3), sendo a enzima chave no ciclo do nitrogênio no solo. A agricultura moderna utiliza de forma vasta fertilizantes a base de ureia, para reestabelecer os níveis de nitrogênio no solo e atender as altas demandas das plantas. Assim, essa enzima é fundamental para o processamento desse mineral em formas mais lábeis.

3 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na casa de vegetação do tipo cobertura alta no Setor de Olericultura da Fazenda Experimental do Campus Glória, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia- UFU, localizada na cidade de Uberlândia- MG. A alface utilizada foi a americana, variedade Lucy Brown. O ensaio foi em delineamento em blocos casualizados, em um esquema fatorial 2x6, com 5 blocos e foi realizado em duas épocas: Outono/Inverno e Primavera/Verão; testando 6 doses: 0, 150, 300, 450, 600 e 750 L/ha.

O biofertilizante líquido comercial MICROGEO foi aplicado no solo no plantio com auxílio de regador manual, em toda parcela experimental, manualmente e com auxílio de regador, diluído em água, no volume de 5 litros de água, simulando a fertirrigação.

As mudas de alfaces foram produzidas em bandejas de poliestireno de 200 células. As mudas foram transplantadas aos 30 dias após a semeadura, no dia 20 de maio de 2024 (cultivo de outono/inverno) e em 04 de novembro de 2024 (cultivo de primavera/verão). O espaçamento utilizado foi de 0,25 m entre plantas e 0,25 m entre linhas, e cada parcela tinha 1,75m de comprimento, por 1 m de largura, totalizando 28 plantas por parcela.

Figura 1: Dosagem e aplicação do MICROGEO via regador.



Fonte: Angélica Araújo Queiroz, 2024

Tabela 1. Resultado da análise do solo realizada na área do experimento conduzido no outono/inverno, Uberlândia-MG, 2024.

pH H ₂ O	Ca	Mg	Al	K	P	SB	H+Al	V
	cmol dm ⁻³			mg dm ⁻³		cmol dm ⁻³		%
6,8	8,82	1,71	0,0	202	315	10,84	0,90	92

Extratores: H+Al - SMP a pH 7,5; Ca,Mg,Al - KCL 1mol L⁻¹ se P/resina, Ca, Mg, K em Resina; P_Meh-1, K_Meh -1l P_res-Resina; l P_rem-Remanescente. Fonte: autores (2025).

O preparo do solo dentro do ambiente protegido foi realizado com microtrator cultivador com enxada rotativa, formando canteiros de 1m de largura. Depois de preparado, foi realizada a adubação orgânica com esterco de aves (2 t ha⁻¹) em área total.

Para a adubação de plantio foi utilizado o formulado NPK 04-14-08, com a dose de 1 t ha⁻¹, aplicado e incorporado nos canteiros em pré-transplante. Posteriormente, foram feitas duas adubações de cobertura com o formulado 20-5-20, com uma dose de 250 kg/ha, aplicado sem atingir as folhas das plantas, 15 dias após o transplante (DAT) e 30 DAT. A irrigação foi realizada diariamente, por aspersores, com a lâmina recomendada para a cultura. O controle de plantas daninhas foi feito manualmente, 1 vez por semana.

Figura 2: Desenvolvimento das alfaces no campo.



Fonte: O autor; Angélica Araújo Queiroz, 2024

A colheita foi realizada no dia 01/07/2024 no ensaio outono/inverno, totalizando 51 dias de ciclo. Já para o ensaio primavera/verão, foi feita a colheita no dia 10/12/2024, totalizando 38 dias de ciclo. A parcela útil analisada foram as plantas centrais, excluindo as bordaduras, totalizando 16 plantas, com uma área útil de 1 m².

Figura 3: Ensaios do outono/inverno e primavera/verão.



Fonte : Angélica Araújo Queiroz, 2024

Foi realizada amostragem de solo, com auxílio de pá e balde plástico, nas parcelas correspondentes às testemunhas, para realização da análise bioquímica antes do plantio. Na colheita todas as parcelas experimentais foram amostradas para a realização da análise bioquímica do solo para determinação de atividade de carbono, carbono da biomassa microbiana do solo (C_{mic}), análise das enzimas Glicosidase, fosfatase arilsulfatase e urease. do solo, análise das enzimas Glicosidase, fosfatase arilsulfatase e urease. As análises foram feitas no Laboratório de Microbiologia Agrícola e Ambiental da UFU, seguindo a metodologia descrita por Vinhal-Freitas *et al* (2017)

Para as análises biométricas, foi utilizado uma fita métrica fixada a mesa para medição da altura de plantas em cm e diâmetro de plantas em cm. Foi utilizado uma balança de 40 kg para determinação da massa fresca de planta (g) e duas plantas por repetição foram separadas para aferir a massa seca (g). As plantas para massa fresca foram colocadas em sacos pardos furados com perfurador de papel, levadas

para a estufa a 60° por 72 horas até atingirem peso constante e, por fim pesadas em uma balança de precisão.

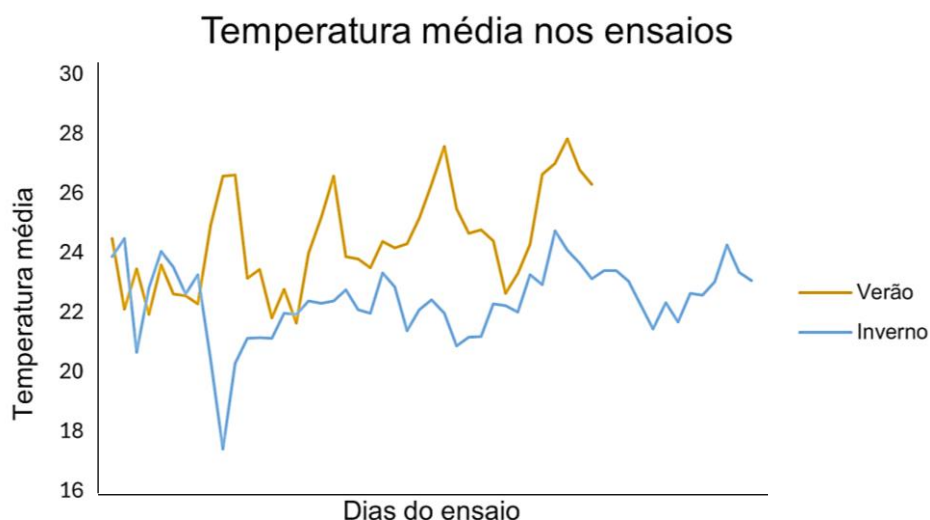
Para a análise estatística, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F (Fisher de Snedecor) e a comparação de médias pelo teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade, utilizando o software Rstudio (RSTUDIO TEAM, 2023). Para a plotagem dos gráficos de massa fresca e produtividade, foi utilizado o software SigmaPlot versão 10 (SYSTAT SOFTWARE, 2006).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizado previamente um levantamento dos dados climáticos no Instituto Nacional de Meteorologia na região de Uberlândia, nas datas dos cultivos de outono/inverno e verão. Os dados foram tratados e plotados em gráfico, contabilizando a temperatura e a duração do dia nos períodos correspondentes.

No gráfico 1, as temperaturas no verão foram superiores na maioria das fases do cultivo, quando comparadas com as temperaturas do outono/inverno. No gráfico 2, é possível observar a mesma tendência, com os dias do verão sendo maiores em uma reta crescente, pois os dias do cultivo estavam decorrendo no mês de dezembro, nos quais as horas do dia são crescentes até o dia 21/12, o maior dia do ano. Quando se analisa os dados do outono/inverno, as horas do dia diminuem em uma leve queda, pois são os meses que possuem os menores dias do ano. A duração do dia em maio de 2024 foi de 11 horas e 26 minutos, enquanto em dezembro de 2024 foi de 13 horas e 16 minutos.

Gráfico 1: Temperatura média nos dias de cultivo dos ensaios na cidade de Uberlândia- MG

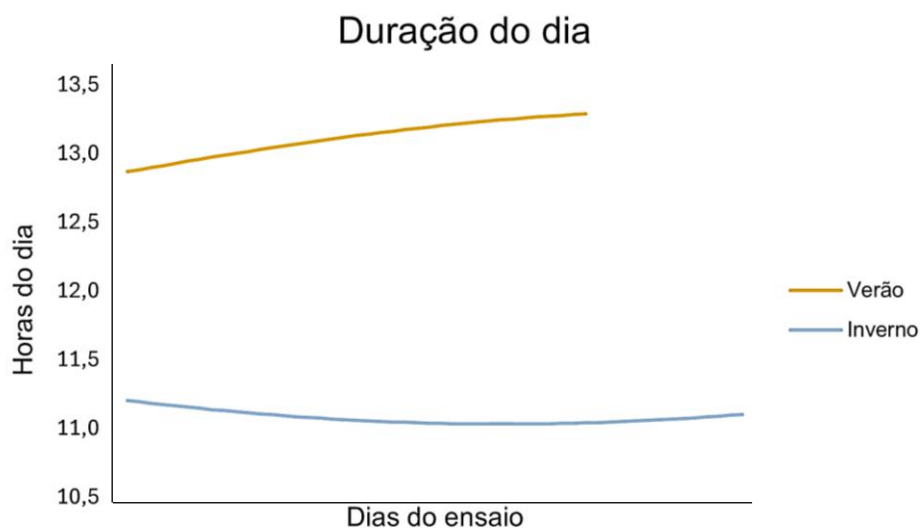


Fonte: Dados do Instituto Nacional de Meteorologia, 2024

Quando se contabiliza os dias de cultivo de cada experimento (gráfico 2), o ensaio do outono/inverno durou 51 dias, enquanto o do verão durou 38 dias, sendo uma diferença de 13 dias. Segovia *et al.* (1997) demonstrou que as plantas que estavam submetidas a maiores temperaturas acumularam mais graus dias, o que gerou um aumento significativo nas velocidades das reações metabólicas, encurtando

o ciclo da cultura. O encurtamento de 13 dias do ciclo entre os ensaios pode ser explicado pelo aumento do metabolismo das plantas no verão, por apresentar temperaturas superiores ao outono/inverno, como observado o gráfico 1.

Gráfico 2: Duração do dia nos dias de cultivo dos ensaios na cidade de Uberlândia-MG



Fonte: Dados do Instituto Nacional de Meteorologia, 2024

Na tabela 2 estão apresentados os valores da análise química do solo, antes e posteriormente ao plantio. É possível observar que não houve incrementos significativos entre as doses, para as duas épocas. No verão, a fertilidade foi levemente maior, pois foi plantado posteriormente ao ensaio outono/inverno, justificando assim os valores.

Tabela 2: Análise de pH, Potássio (K; cmol_c), Magnésio (Mg; cmol_c), Cálcio (Ca; cmol_c), soma de bases (SB; cmol_c) e Saturação de bases (V%) antes e posterior ao plantio no ensaio verão e outono/inverno- Uberlândia-MG

Pré transplântio		Colheita					
Outono/ Inverno	Doses (L ha ⁻¹)	0	150	300	450	600	750
pH (cmol _c)	6,71	6,58	6,04	6,42	6,31	6,15	6,32
K (cmol _c)	0,64	0,56	0,49	0,48	0,53	0,55	0,61
Mg (cmol _c)	1,6	1,37	1,13	1,12	1,34	1,21	1,43
Ca (cmol _c)	7,84	6,37	6,18	6,87	6,52	5,84	6,45
SB (cmol _c)	10,08	8,3	7,8	8,47	8,39	7,6	8,49
V%	90	78	76	81	82	77	82
Primavera/ Verão	Doses (L ha ⁻¹)	0	150	300	450	600	750
pH (cmol _c)	6,37	6,35	6,57	6,59	6,44	6,48	6,52
K (cmol _c)	1,31	1,21	1,31	1,16	0,88	1,09	0,65
Mg (cmol _c)	2,44	2,33	2,85	4,79	2,3	3,18	2,63
Ca (cmol _c)	8,05	7,4	7,54	8,13	7,89	8,12	8,01
SB (cmol _c)	11,8	10,94	11,7	14,08	11,07	12,39	11,29
V%	85	86	87	89	87	87	86

Para as análises bioquímicas, os valores podem interpretados utilizando a tabela 3, com os seguintes parâmetros e símbolos: Adequado (+), Moderado (+-) e Baixo (-) .

Tabela 3: Interpretação de análise bioquímica e microbiana do solo para Atividade microbiana diária (ug C-CO₂ g⁻¹ solo dia⁻¹), Carbono da biomassa microbiana (ug C g⁻¹), e enzimas (ug C g⁻¹) Beta-glicosidase, Arilsulfatase, Fosfatase ácida e Urease.

Parâmetros da análise bioquímica e microbiana do solo			
Bioindicador	Baixo(-)	Moderado(+/-)	Adequado(+)
Atividade microbiana diária	≤10	11-29	≥30
Carbono da biomassa microbiana	≤150	150-399	>400
Beta-glicosidase	≤99	100-229	≥300
Arilsulfatase	≤29	30-149	≥150
Fosfatase ácida	≤149	150-399	≥400
Urease	≤99	100-349	≥350

Fonte: MENDES *et al.*, 2003 adaptado por Adão de Siqueira Ferreira, 2026.

Para a atividade microbiana diária, houve um leve aumento gradual e a partir da dose 450 L ha⁻¹ um decréscimo para o ensaio da primavera/verão (tabela 4). No ensaio outono/inverno, não houve grandes variações, exceto para as duas maiores

doses de biofertilizante líquido que apresentaram valores moderados. Além desses, todos os outros valores estavam dentro da faixa considerado adequado, mas as doses pareceram influenciar de forma positiva a atividade.

O aumento da quantidade de CO₂ diária pode ser explicado pelo processo de Priming Effect, um fenômeno que ocorre quando se aumenta muito a decomposição da MO pelos microrganismos, podendo ser para o uso do carbono para energia ou para o uso do nitrogênio que falta quando há grande população desses indivíduos. Esse efeito pode ser negativo quando há supersaturação de substrato, fazendo com que a decomposição da matéria orgânica estável seja suprimida (HUO *et al.*, 2017; BLAGODATSKAYA, KUZYAKOV, 2008)

Tabela 4: Atividade acumulada ($\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo}$) e atividade diária ($\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo dia}^{-1}$) no pré transplantio e colheita nos ensaios Outono/inverno e Primavera/verão- Uberlândia MG. Os dados foram interpretados segundo a Tabela 3, seguindo os seguintes símbolos: Adequado (+), Moderado(+/-) e Baixo (-).

	Outono/ inverno		Primavera/ verão	
	Atividade diária	Atividade Acumulada	Atividade diária	Atividade Acumulada
Pré transplantio	30,2+	635	30,9+-	649
Colheita				
0 L. ha⁻¹	40,6+	854	44,6+	937
150 L. ha⁻¹	29,1+-	611	75,1+	1578
300 L. ha⁻¹	34,4+	723	62,2+	1306
450 L. ha⁻¹	43+	903	33,5+	704
600 L. ha⁻¹	14,7+-	308	56,6+	1189
700 L. ha⁻¹	23,6+-	495	46,7+	980

A atividade acumulada é a proporção feita a partir da atividade microbiana diária. Por isso, ela segue os mesmos parâmetros e pode ser feita a mesma análise. É importante destacar como na primavera/verão, a temperatura serviu como alto estímulo para o metabolismo do solo. Esse fato é evidente quando se compara os valores de atividade diária, pois no outono/inverno esses valores são mais baixos e tendem a diminuir, enquanto na primavera/verão estão maiores que no período anterior. Nesse sentido, os processos metabólicos do solo estão estritamente

correlacionados com o aumento da temperatura, o que influencia nos níveis de carbono liberados na atmosfera (MELLONI, 2017).

O carbono da biomassa microbiana (C_{mic}) no outono/inverno diminuiu de forma gradual conforme as doses do produto aumentaram (tabela 5). Esse efeito pode ser influenciado pelas temperaturas mais amenas no outono/inverno, o que diminuiu o metabolismo dos microrganismos, consequentemente diminuindo as populações e o carbono contabilizado nas amostras da colheita. Na primavera/verão, o efeito foi ao contrário, sugerindo uma correlação com a temperatura e o acúmulo de carbono no solo.

Conforme as doses aumentavam, em geral, a quantidade de carbono aumentava, pela maior quantidade de microrganismos adicionados na solução do solo. Esses dados mostram como a temperatura ativou e facilitou o metabolismo biológico do solo, quando as duas épocas são comparadas, assim como a quantidade de inóculo adicionado nas doses. Na primavera/verão, a resposta ao biofertilizante líquido, no quesito de CBM, é quase 3 vezes maior que no outono/inverno.

Tabela 5: Carbono da Biomassa Microbiana (CBM; $ug\ C\ g^{-1}$) no pré transplantio e colheita nos ensaios Outono/inverno e Primavera/verão- Uberlândia MG. Os dados foram interpretados segundo a Tabela 3, seguindo os seguintes símbolos: Adequado (+), Moderado(+/-) e Baixo (-).

Inverno	Carbono da Biomassa Microbiana	Verão	Carbono da Biomassa Microbiana
Pré transplantio	343+-		223,6+-
Colheita			
0 L. ha⁻¹	262+-		421+
150 L. ha⁻¹	221+-		634+
300 L. ha⁻¹	200+-		468+
450 L. ha⁻¹	309+-		387+-
600 L. ha⁻¹	197+-		637+
700 L. ha⁻¹	153+-		379+-

Segundo Moreira & Siqueira (2002), o tipo de vegetação e as condições ambientais são fatores que determinam a quantidade e a qualidade do material que

se deposita no solo, influenciando a heterogeneidade da microbiota e a taxa de decomposição. Os microrganismos presentes nessa biomassa estão intrinsicamente correlacionados com os processos metabólicos na solução do solo, sendo mediadores da dinâmica da MOS e da ciclagem de nutrientes. Nesse sentido, o aumento dos teores de CBM com o aumento da dosagem indica um solo biologicamente ativo, saudável e com possibilidade de alta capacidade produtiva, destacando o potencial do produto de aumentar o metabolismo do solo (BARGALI, 2024).

Analisando as enzimas glicosidade, fosfatase no outono/inverno, arilsulfatase, os valores tendem a subir juntamente com a elevação das doses nas duas épocas, de forma geral (tabela 6). Os valores da primavera/verão tendem a ser maiores, concordando com a análise de maior metabolismo na primavera/verão, podendo acarretar um aumento de enzimas no solo.

Para a fosfatase, o que pode explicar o decréscimo no outono/inverno e aumento da primavera/verão é a necessidade da planta. Como na primavera/verão há maior acúmulo de matéria fresca (Tabela 7) , a necessidade de fósforo aumenta, estimulando os microrganismos a produzir mais enzimas para participar do ciclo do nutriente e disponibilizá-lo (GIANFREDA, 2014).

Tabela 6: Enzimas Glicosidase ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ solo), Fosfatase ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ solo), Arilsulfatase ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ solo) e Urease ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ solo) no pré transplântio e colheita nos ensaios Outono/inverno e Primavera/verão- Uberlândia MG. Os dados foram interpretados segundo a Tabela 3, seguindo os seguintes símbolos: Adequado (+), Moderado(+-) e Baixo (-).

	Outono/ inverno					Primavera/ verão			
	Glicosidase	Fosfatase	Arilsulfatase	Urease		Glicosidase	Fosfatase	Arilsulfatase	Urease
Pré transplântio	77,3-	151+-	30,1+-	166,8+-		84,6-	249+-	41,4+-	141,4+-
Colheita									
0 L. ha⁻¹	93-	164+-	43,8+-	102+-		82,7-	246+-	36,2+-	103+-
150 L. ha⁻¹	83,6-	249+-	43+-	108,2+-		143,5+	281+-	50+-	106+-
300 L. ha⁻¹	76,7-	245+-	37,4+-	136,5+-		112,4+	264+-	52,8+-	107+-
450 L. ha⁻¹	89,8-	237+-	49+-	149,8+-		81,9-	266+-	42,4+-	111+-
600 L. ha⁻¹	70,9-	225+-	32,7+-	148,2+-		133,2+	306+-	55,5+-	108+-
700 L. ha⁻¹	93,8-	202+-	42,5+-	203,6+-		86+	282+-	47,6+-	108+-

O uso de adubos orgânicos, por também estimular a biomassa microbiana, pode influenciar no aumento dos teores da arilsulfatase no solo. A utilização de adubação orgânica, como o esterco bovino e compostos orgânicos podem aumentar significativamente a atividade da enzima do solo, pela disponibilização de substrato e microrganismos e no estímulo da microbiota do solo. Assim, o estudo da urease pode ser utilizado como bioindicador da saúde do solo, somando às ferramentas para um bom manejo do sistema solo-planta. (ARAÚJO, 2007).

A fosfatase na primavera/verão e a enzima urease se mantiveram constantes entre as doses. A enzima urease diminuiu em relação a análise feita no transplântio, fenômeno que pode ser explicado pela presença de nitrogênio fácil assimilável no biofertilizante líquido. Quando há essas formas na solução, não é necessária a produção da enzima para disponibilizar nitrogênio de outras fontes do solo, diminuindo assim seus teores na análise (GIANFREDA, 2014).

Analizando as significâncias da tabela 7, as variáveis de massa fresca e produtividade obtiveram interação significativa, com significância menor que 0,05 sendo feito a análise dos efeitos doses.épocas. Já para as variáveis de diâmetro, altura e massa seca, a interação não foi significativa, sendo necessário a análise separadamente.

Tabela 7: Significâncias referentes ao fatorial duplo pelo software RStudio.

Significâncias					
	Massa fresca	Altura	Diâmetro	Massa seca	Produtividade
Bloco	0.121924	0.46309	0.44378	0.05245	0.083750
Doses	0.001640	0.19902	0.17347	0.98531	0.004192
Época	0.000000	0.00001	0.45828	0.00000	0.000000
Doses*Época	0.000252*	0.42870	0.81244	0.11382	0.001558

*Significativo a 0,05 de significância.

Para a altura de planta, diâmetro da cabeça e matéria seca, nas doses estudadas, apresentadas na tabela 8, não foram verificadas diferenças significativas para nenhuma das doses de biofertilizante, em nenhum dos parâmetros analisados, porém quando foram comparadas entre as épocas de cultivo, a primavera/verão apresentou melhores resultados em matéria seca e altura, em relação ao outono/inverno. E para diâmetro de cabeça, não foi verificada diferenças significativas entre as épocas cultivadas.

Tabela 8: Médias de Altura (cm), Diâmetro (cm) e massa fresca (MS;g) de alface americana cv. Lucy Brown, submetidas a seis doses de biofertilizante líquido em 2 épocas de cultivo - Uberlândia-MG

Doses (L ha ⁻¹)	Altura (cm)			Diâmetro (cm)			MS (g)		
	Inverno	Verão	Média	Inverno	Verão	Média	Inverno	Verão	Média
0	21,48	24,27	22,88	29,24	25,66	27,45	12,09	22,94	17,52
150	23,98	24,71	24,35	26,72	25,04	25,88	10,42	25,93	18,18
300	23,48	26,27	24,88	29,56	30,95	30,26	12,98	22,74	17,86
450	21,38	24,40	22,89	30,16	28,83	29,49	12,99	22,74	17,87
600	21,00	26,05	23,53	26,24	26,99	26,62	11,93	22,80	17,37
750	20,10	24,71	22,41	27,32	26,86	27,09	11,35	24,05	17,70
Média	21,90b	25,07a		28,2	27,38		11,96b	23,53a	
CV%	10,38			15,26			14,28		

Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na coluna não diferem , e minúscula na linha diferem para o teste de Tukey a 5% de significância

Na tabela 9, é possível observar que os valores de massa fresca e produtividade são maiores na primavera/verão, quando comparados ao outono/inverno. Essa diferença se comprova observando o gráfico 2, no qual destaca a maior quantidade de horas de luz por dia na primavera/verão. Consequentemente, a planta produz mais fotoassimilados, maior massa fresca e isso aumenta a produtividade.

Tabela 9: Médias de massa fresca (MF; g) e produtividade (t ha⁻¹), submetidas a seis doses de biofertilizante líquido em 2 épocas de cultivo - Uberlândia-MG Fevereiro 2025

Doses (L ha ⁻¹)	MF (g)		Produtividade (t ha ⁻¹)	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão
0	282,64b	542,63a	45,22b	74,41a
150	323,22b	515,55a	51,71b	70,70a
300	311,92b	510,09a	49,90b	71,45a
450	302,46b	410,72a	48,38b	58,00a
600	257,56b	517,06a	41,20b	70,91a
750	259,66b	488,30a	40,95b	67,08a
CV%	9,29		9,63	

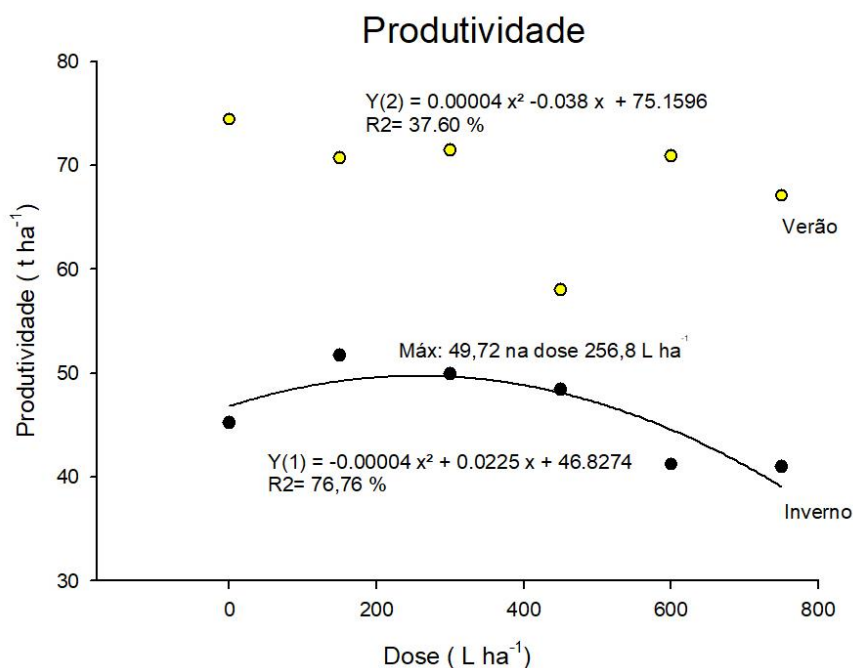
Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem para o teste de Tukey a 5% de significância.

Em Santana da Vargem, sul de Minas Gerais, Mota *et al.* (2003) testaram cultivares de alface americana, e entre elas está a variedade, Lucy Brown, com valores semelhantes de massa fresca. Em Boa Esperança-Mg, Yuri *et al.* (2002) demonstra valores de produtividade maiores na primavera/verão, quando comparados ao outono/inverno, semelhantes aos valores encontrados no presente trabalho. Na

Embrapa Acre, em Rio Branco-AC, foi feito um experimento com cultivares, e igualmente em Boa esperança, os valores de produtividade (cultivados no outono/inverno) foram semelhantes aos valores de outono/inverno no presente trabalho. (LÉDO *et al.*, 2000).

O gráfico de produtividade (gráfico 3) apresenta as duas épocas, em função das doses de biofertilizante líquido. Para a primavera/verão, o coeficiente de determinação (R^2) não foi significativo, apresentando um R^2 de 37,6%, sendo baixo e não representando os pontos. Nesse caso, não é possível criar a linha de tendência, pois não há um padrão linear ou quadrático que enquadre todos os pontos, em destaque a dose 450 L ha⁻¹. No outono/inverno, o valor de R^2 foi significativo, sendo de 76,76%. A curva gerada pela equação é decrescente, com a máxima de 49,72 t ha⁻¹ na dose de 256,8 L ha⁻¹.

Gráfico 3 : Gráfico demonstrando a regressão de produtividade de alface americana (Kg ha⁻¹) x dose de biofertilizante líquido (L ha⁻¹) no ensaio de outono/inverno e primavera/verão - Uberlândia-MG Fevereiro 2025

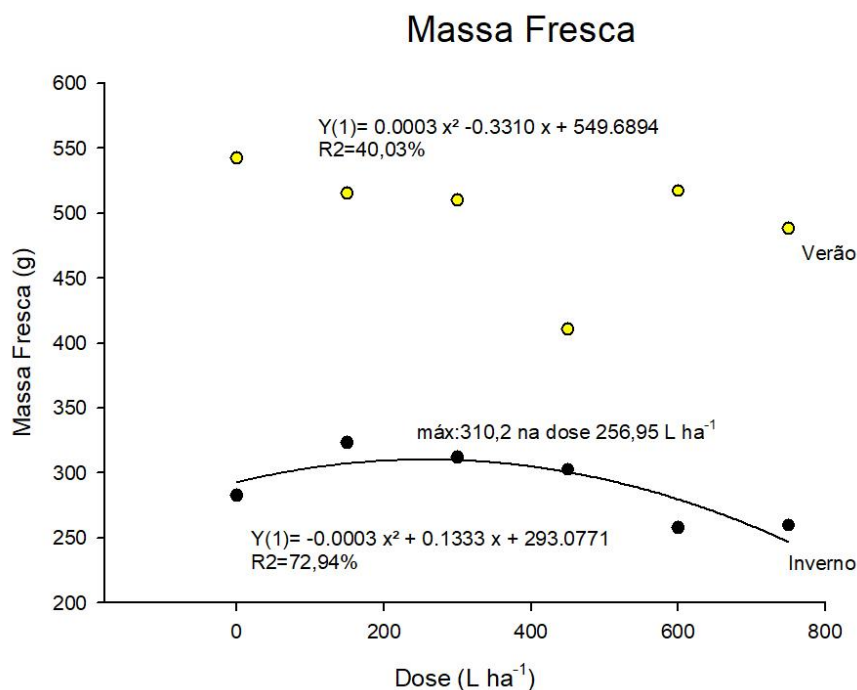


Fonte: O autor, 2025

Para massa fresca (gráfico 4), igualmente ao de produtividade, o ensaio de primavera/verão não obteve valores do coeficiente de determinação (R^2) não foi significativo, não sendo possível traçar a curva, novamente, em especial a dose 450 L ha⁻¹. A curva gerada pela equação é decrescente, com a máxima de 310,2 gramas

na dose de 256,8 L ha⁻¹, indicando que as doses maiores que 256,8 L ha⁻¹ influenciaram de forma negativa o acúmulo de massa fresca.

Gráfico 4: Gráfico demonstrando a regressão de massa fresca de alface americana (Kg ha⁻¹) x dose de biofertilizante líquido (L ha⁻¹) no ensaio de outono/inverno e primavera/verão - Uberlândia-MG Fevereiro 2025



Fonte: O autor, 2025

Um detalhe a ser considerado foi comportamento da dose 450 L ha⁻¹, que obteve valores inferiores na produtividade e na massa fresca da parte aérea. Quando observado os valores enzimáticos e de biomassa, esta mesma dose obteve os menores valores na primavera/verão, quando comparada aos outros tratamentos. Mesmo quando se aplicou doses mais elevadas, e se esperava um aumento nos teores, este diminuía bruscamente, como observado na enzima glicosidade, na qual a dose 300 L ha⁻¹ apresentou um teor de 112,4 ug PNP g⁻¹ solo, caindo para 81,9 na dose 450 L ha⁻¹ e posteriormente aumentando novamente para 133,2 na dose 600 L ha⁻¹.

Em doses menores, a falta de nutrientes prontamente assimiláveis induz a síntese de enzimas da microbiota presente na solução, para liberação de compostos não disponíveis presentes na matéria orgânica. Em contrapartida, doses elevadas promovem a repressão catabólica, pois a abundância de nutrientes dispensa o gasto energético com a produção enzimática. Em doses intermediárias o aporte nutricional

pode ser suficiente para desestimular a atividade enzimática, porém insuficiente para sustentar o crescimento pleno da biomassa, resultando em um déficit momentâneo de energia e nutrientes, podendo explicar o comportamento da dose 450 L ha⁻¹ (BINI *et al*, 2016)

5 CONCLUSÕES

Conclui-se, portanto, que as doses de biofertilizante líquido estudadas, não influenciaram na altura de plantas, diâmetro de cabeça e massa seca da parte aérea das plantas.

A época primavera/verão obteve maiores médias para as variáveis analisadas, exceto para o diâmetro de planta.

No outono/inverno, a produtividade máxima estimada foi de 49,72 t ha⁻¹ na dose de 256,8 L ha⁻¹ e a massa fresca de parte aérea máxima estimada foi de 310,2 gramas na dose de 256,95 L ha⁻¹.

Com os resultados da análise bioquímica do solo, foi possível verificar que o biofertilizante líquido estimulou o metabolismo do solo, principalmente na primavera/verão, indicando também que a quantidade de nutrientes presente no solo pode regular ou influenciar o balanço enzimático do solo.

REFERÊNCIAS

- Anuário Brasileiro de Horti & Fruti 2025.** Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2024. 96 p. Disponível em: https://www.editoragazeta.com.br/wp-content/uploads/2025/10/HF_2025_DUPLAS.pdf. Acesso em: 9 fev. 2026.
- ARAÚJO, Ademir Sérgio Ferreira de; MONTEIRO, Regina Teresa Rosim. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, jul./set. 2007.
- BARGALI, S. S. *et al.* Soil Microbial Biomass: a crucial indicator of soil health. **Current Agriculture Research Journal**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 01-06, 20 abr. 2024. Enviro Research Publishers. <http://dx.doi.org/10.12944/carj.12.1.01>.
- BINI, D. *et al.* Transformações microbianas do fósforo. In: CARDOSO, Elke Jurandy Bran Nogueira; ANDREOTE, Fernando Dini. **Microbiologia do solo**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ, 2016. cap. 10, p. 149-166.
- BLAGODATSKAYA, E. *et al.* Mechanisms of real and apparent priming effects and their dependence on soil microbial biomass and community structure: critical review. **Biology And Fertility of Soils**, [S.L.], v. 45, n. 2, p. 115-131, 7 out. 2008. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00374-008-0334-y>.
- BRUNINI, O.; LISBÃO, R. S.; BERNARDI, J. B.; FORNASIER, J. B. **Temperatura-base para alface cultivar 'White Boston', em um sistema de unidades térmicas**. Bragantina, Campinas, v. 35, n. 1, p. 213-219, 1976
- Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Editores: Antônio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Victor Hugo Alvarez V. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999, p. 108-110
- CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**. Boletim Hortigranjeiro, Brasília, DF, v. 11, n. 08, agosto, 2025.
- Cultivo Protegido**. Piracicaba: Hortifruti Brasil, 2014. Disponível em: https://www.cepea.org.br/hfbrasil/edicoes/132/mat_capa.pdf. Acesso em: 15 dez. 2025.
- FAO. **Sustainable development and natural resources management**. Twenty-fifth Session of the FAO Conference, C 89/2, Sup. 2. Roma: FAO, 1989.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT: Production: Crops and livestock products**. Roma: FAO, 2024. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 9 fev. 2026.
- GIANFREDA, Liliana *et al.* **Enzymes in agricultural sciences**. Foster: OMICS Group International, 2014. cap. 2, p. 44-79.

HASHMI, I. *et al.* Firmicutes. **Beneficial Microbes in Agro-Ecology**, [S.L.], p. 363-396, 2020. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-823414-3.00018-6>.

HENZ, G. P. *et al.* **Tipos de Alface Cultivados no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/783588/1/cot75.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2025.

HOFFMANN, R. B. *et al.* Efeito do manejo do solo no carbono da biomassa microbiana. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Viçosa, v. 1, n. 1, p. 168-178, jun. 2018.

HUO, C. *et al.* Rhizosphere priming effect: A meta-analysis. **Soil Biology & Biochemistry**. China, p. 78-84. abr. 2017.

LÉDO, F. J. S. *et al.* Desempenho de cultivares de alface no Estado do Acre. **Horticultura Brasileira**, [S.L.], v. 18, n. 3, p. 225-228, nov. 2000. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362000000300017>.

MACHADO, A. W. **Adubação orgânica - Fontes, composição e eficiência**. 2022. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/adubacao-organica/adubacao-organica---fontes--composicao-e-eficiencia_454540.html. Acesso em: 10 dez. 2025.

MACHADO, M. A. C. F. **Biofertilizantes como ferramenta para incrementar a diversidade microbiana visando o manejo de doenças de plantas**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, 2010. 68 p.

MALDONADE, I.R. *et al.* **Manual de boas práticas agrícolas na produção de alface**. Brasília: Embrapa, 2014. Disponível em: [file:///C:/Users/rafae/Downloads/DOC142%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/rafae/Downloads/DOC142%20(2).pdf) . Acesso em: 10 dez. 2025.

MAPA - **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 2012. Instrução Normativa MAPA nº 46 de 06/10/2011 - Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal. Disponível em: <http://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=78910> Acesso em: 27 de abril de 2026.

MEDEIROS, M. B. . *et al.* **Biofertilizantes líquidos e sustentabilidade agrícola**. Bahia Agrícola. Salvador, v. 7, 2006.
MEDEIROS, M. B. de; SOUZA, J. L. de. **Biofertilizantes: preparação, uso e resultados de pesquisa**. Vitória: Incaper, 2013.

MEIER, U. (Ed.). **Growth stages of mono- and dicotyledonous plants**: BBCH Monograph. Quedlinburg: Julius Kühn-Institut (JKI), 2018. DOI: 10.5073/20180906-074619. ISBN: 978-3-95547-071-5.

MELLONI, R. *et al.* **Efeito do aquecimento global sobre a comunidade microbiana do solo**. Embrapa Meio Ambiente, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1087839/efeito-do->

[aquecimento-global-sobre-a-comunidade-microbiana-do-solo](#) . Acesso em: 08 de março de 2026

MENDES, I. C. *et al.* **Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo**. Planaltina: Embrapa, 2018.

MENDES, I. C. *et al.* **Uso de parâmetros microbiológicos como indicadores para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidade dos agroecossistemas**. Bonito: Embrapa, 2003.

MICROGEO. **Microgeo Start - Manual Técnico Microgeo**. Limeira: Microgeo, 2022.

MOREIRA, E. D. S. *et al.* **Fosfatase ácida e alcalina em solo sob manejo do sistema integração lavoura pecuária e floresta**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016. Bento Gonçalves: CNMS, 2016.

MOREIRA, F.M.S. ; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2002. 625p.

MOTA, J. H. *et al.* Avaliação de cultivares de alface americana durante o verão em Santana da Vargem, MG. **Horticultura Brasileira**, [S.L.], v. 21, n. 2, p. 234-237, jun. 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362003000200023>.

PASSOS, S. R. *et al.* Atividade enzimática e perfil da comunidade bacteriana em solo submetido à solarização e biofumigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.L.], v. 43, n. 7, p. 879-885, jul. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2008000700012>.

PAZUTTI, L. V. B. *et al.* **Desenvolvimento de metodologia de baixo custo para análise de beta-glicosidase em solos**. Seropédica: Embrapa, 2012.

PIMENTEL, M. S. *et al.* **Desempenho de cultivares de alface americana em resposta a diferentes doses de torta de filtro**. *Revista Ciência Agronômica*, v. 40, n. 3, p. 373-378, 2009.

PRADO, R. M. **Nutrição e Adubação de Hortaliças**. Jaboticabal: Unesp Jaboticabal, 2016. Pág. 559 - 577.

RESENDE, F. V. *et al.* **Cultivares de alface para a agricultura orgânica no período de verão**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2017. 18 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 138). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1058445/1/BPD138.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2026.

RSTUDIO TEAM. RStudio: Integrated Development for R. Boston, MA: RStudio, PBC, 2023.

SILVA, A. F. et al. **Preparo e uso de biofertilizantes líquidos.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 130). Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br>. Acesso em: 14 abr. 2026.

SALA, F. C. et al. 'Gloriosa': cultivar de alface americana tropicalizada. **Horticultura Brasileira**, [S.L.], v. 26, n. 3, p. 409-410, set. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362008000300024>.

SALA, Fernando Cesar et al. Retrospectiva e tendência da alfaceicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, [S.L.], v. 30, n. 2, p. 187-194, jun. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362012000200002>.

SEGOVIA, Jorge Frederico Orellana et al. Comparação do crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) no interior e no exterior de uma estufa de polietileno em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, v. 27, p. 37-41, 1997.

SILVA, Alineaurea Florentino et al. **Preparo e Uso de Biofertilizantes Líquidos.** Petrolina: Embrapa, 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/153383/1/COT130.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2025.

SYSTAT SOFTWARE. SigmaPlot: software para gráficos e análise de dados. Versão 10. San Jose, CA: Systat Software, Inc., 2006.

TAYLOR, J.P. et al. Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques. **Soil Biology and Biochemistry**, [S.L.], v. 34, n. 3, p. 387-401, mar. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0038-0717\(01\)00199-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0038-0717(01)00199-7).

TRANI, P. E. et al. **Desempenho de cultivares de alface sob cultivo protegido.** Bragantia, [S.L.], v. 65, n. 3, p. 441-445, 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87052006000300010>.

VAL-MORAES, S. P. et al. Diversidade de bactérias de solo sob vegetação natural e cultivo de hortaliças. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, Ce, v. 40, n. 1, p. 7-16, 2009.

VINHAL-FREITAS, I C. et al. Soil textural class plays a major role in evaluating the effects of land use on soil quality indicators. **Ecological Indicators**, [S.L.], v. 74, p. 182-190, mar. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.020>.

YURI, J. E. et al. Nutrição e adubação da cultura da alface. **Nutrição e adubação de hortaliças.** Jaboticabal: FCAV/CAPE, 2016. cap. 21, p. 559-577

YURI, J. E. et al. Comportamento de cultivares de alface tipo americana em Boa Esperança. **Horticultura Brasileira**, [S.L.], v. 20, n. 2, p. 229-232, jun. 2002. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362002000200023>.