



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO *DEL-REI*
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA
CAMPUS SETE LAGOAS

RANIERI PRATES BISPO

**AVALIAÇÃO DO USO DE ESTERCO BOVINO E ESCÓRIA
SIDERÚRGICA NO DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA
ALFACE**

Sete Lagoas, MG

2026

RANIERI PRATES BISPO

**AVALIAÇÃO DO USO DE ESTERCO BOVINO E ESCÓRIA
SIDERÚRGICA NO DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA
ALFACE**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dra. Cristiane Alcantara dos Santos

Sete Lagoas, MG

2026

RANIERI PRATES BISPO

**AVALIAÇÃO DO USO DE ESTERCO BOVINO E ESCÓRIA
SIDERÚRGICA NO DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA
ALFACE**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Sete Lagoas, 06 de Julho de 2026.

Banca avaliadora:

Dra. Cristiane Alcantara dos Santos, Orientador — UFSJ

Msc. Amanda Miranda de Souza — UFSJ

Dr. Victor Alef Rodrigues — UFSJ

“É justo que muito custe aquilo que muito vale.”

Santa Teresa D’Ávila.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus e a Nossa Senhora Aparecida por me dar força, ânimo e coragem para chegar até esse momento. Em segundo, mas não menos importante, minha família, amigos e a todos que me ajudaram de alguma forma durante essa caminhada, que não me deixaram desistir em nenhum momento, sempre me motivando a ser melhor e a concluir todo esse longo trajeto.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 01 – Peso (g) da parte aérea de plantas frescas de alface	11
Gráfico 02 – Comprimento (cm) de raízes de plantas de alface	17
Figura 1- Tratamentos com uso do esterco in natura.....	23
Figura 2 – Tratamentos com uso do esterco queimado.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Análise química da escória.	10
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS.....	12
2.1	GERAL.....	12
2.2	ESPECÍFICOS.....	12
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
3.1	CULTIVO DA ALFACE.....	12
3.2	MANEJO DE ADUBAÇÃO DA ALFACE.....	14
3.3	USO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS E INDUSTRIAIS COMO FONTE DE NUTRIENTES.....	15
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
4.1	LOCAL DO EXPERIMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL..	17
4.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	18
4.3	CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO E AVALIAÇÃO.....	18
4.4	AVALIAÇÕES E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	19
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
6	CONCLUSÃO.....	23
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
	Termo de autorização para publicação no Repositório Institucional da UFSJ.....	26

RESUMO

A alface (*Lactuca sativa*) é uma hortaliça produzida em grandes quantidades na região de Sete Lagoas, Minas Gerais, com destaque para sua produção nas hortas comunitárias da cidade. No entanto, há necessidade de otimizar sua produção com baixo custo, assegurando qualidade nutritiva e palatabilidade, visto que se trata de um alimento prontamente disponível para a ingestão. Diante do exposto, esse trabalho teve como objetivo definir a melhor dose de escória de siderúrgica associada ao esterco bovino como fontes alternativas de nutrientes a fim de melhorar o desenvolvimento e a produtividade final da alface. O experimento foi conduzido durante os meses de julho e setembro, com delineamento inteiramente casualizado, tendo 5 repetições por tratamento. Durante o ciclo foi avaliado as condições de vigor e desenvolvimento, observando-se diferenças de crescimento entre os tratamentos, além da avaliação de peso final das plantas. Pode-se observar que as alfaces tratadas com o esterco queimado obtiveram uma tendência a maior desempenho, tanto em crescimento durante o ciclo, quanto em peso ao final do ciclo. O esterco queimado aliado a 5% do seu peso em escória promoveu o maior incremento de peso da parte aérea ao final do ciclo, enquanto a dose de 10% de escória favoreceu o comprimento do sistema radicular.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*. Manejo sustentável. Resíduos orgânicos.

ABSTRACT

Lettuce (*Lactuca sativa*) is a vegetable crop produced in large quantities in the region of Sete Lagoas, Minas Gerais, Brazil, with community gardens playing a prominent role in its production. However, there is a need to optimize its production at low cost while ensuring nutritional quality and palatability, since it is a food readily available for consumption. In this context, the present study aimed to determine the best dose of steel slag associated with cattle manure as an alternative nutrient source in order to improve lettuce growth and final plant biomass. The experiment was conducted between July and September using a completely randomized design with five replications per treatment. During the crop cycle, plant vigor and growth were evaluated, and differences in growth among treatments were observed, in addition to the assessment of final fresh weight. Results indicated that lettuce plants treated with burned cattle manure tended to show better performance, both in terms of growth during the crop cycle and final weight. The combination of burned manure with 5% steel slag promoted the highest increase in shoot fresh weight, while the 10% slag dose favored root system length.

Keywords: *Lactuca sativa*; Sustainable management; Organic residues.

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das hortaliças folhosas mais consumidas no Brasil, com grande importância econômica e social devido ao seu elevado consumo e rápido ciclo produtivo. Seu cultivo ocorre em diferentes sistemas de produção, desde propriedades altamente tecnificadas até pequenas áreas de produção familiar e hortas comunitárias, constituindo uma importante fonte de renda para diversos produtores (Filgueira, 2013).

Por apresentar crescimento rápido e elevada produção de biomassa em curto período de tempo, a cultura da alface possui alta demanda nutricional, especialmente por nitrogênio, fósforo e potássio. Dessa forma, o adequado manejo da fertilidade do solo é um dos principais fatores responsáveis pelo sucesso produtivo da cultura, influenciando diretamente o crescimento, a formação das folhas e a produtividade final (Prado, 2008; Filgueira, 2013).

Nos últimos anos, a busca por sistemas agrícolas mais sustentáveis tem estimulado o uso de resíduos orgânicos e industriais como alternativas parciais aos fertilizantes convencionais. Além de reduzir custos de produção, o aproveitamento desses materiais contribui para a reciclagem de resíduos e para a redução de impactos ambientais, favorecendo a sustentabilidade dos sistemas produtivos (Novais et al., 2007; Ferreira et al., 2024). O uso de resíduos agrícolas e industriais podem contribuir para a sustentabilidade da produção agrícola, propondo alternativas viáveis e econômicas para pequenos produtores e horticultores urbanos (Ning et al., 2018; Ferreira et al., 2024).

Entre os resíduos com potencial de utilização agrícola destaca-se o esterco bovino, amplamente empregado como fonte de matéria orgânica e nutrientes essenciais para as plantas. Sua utilização promove melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, favorecendo o desenvolvimento vegetal. Dependendo da forma de processamento, como na utilização do esterco queimado, podem ocorrer alterações na disponibilidade e concentração de nutrientes, influenciando a resposta das culturas (Prado, 2008; Olowoboko et al., 2018).

Já a escória siderúrgica, subproduto da indústria do aço, possui alto valor agrônômico por ser rica em cálcio, silício e outros minerais. Além de atuar como corretivo da acidez do solo, a escória pode fornecer elementos benéficos às plantas, especialmente o silício, que está associado ao aumento da resistência a estresses bióticos e abióticos e à melhoria do desenvolvimento vegetal (Korndörfer, Pereira e Nolla, 2004; Datnoff, Elmer e Huber, 2007). Além disso, sua utilização como fonte de nutrientes se torna interessante do ponto de vista

ambiental, dando um destino viável a um resíduo produzido em grande quantidade pela indústria.

Embora existam estudos demonstrando os benefícios do uso isolado de resíduos orgânicos e de escórias siderúrgicas na agricultura, ainda são limitadas as informações sobre a utilização conjunta desses materiais na cultura da alface, especialmente quanto às doses mais adequadas e aos possíveis efeitos sobre o crescimento e a produtividade das plantas.

Diante desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da utilização de esterco bovino in natura e queimado, associados a diferentes doses de escória siderúrgica, sobre o desenvolvimento e a produtividade da cultura da alface.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o efeito do uso de esterco in natura e queimado, associado a diferentes doses de escória de siderúrgica, sobre a produtividade da alface.

2.2 Específicos

- Avaliar a influência do esterco in natura e queimado de doses de escória sobre o desenvolvimento da cultura da alface.
- Avaliar a produtividade da alface em relação ao tipo de esterco e às doses de escória.
- Determinar a melhor combinação de esterco e escória para a cultura da alface.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Cultivo da alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das hortaliças folhosas mais consumidas no Brasil (Filgueira, 2013). Seu cultivo é caracterizado por um ciclo curto e alta demanda por nutrientes, especialmente nitrogênio, fósforo e potássio (Filgueira, 2013). É uma planta herbácea, delicada de caule diminuído, onde se prendem as folhas (Filgueira, 2013). A Alface apresenta sistema radicular superficial e pouco ramificado, tornando-se altamente responsiva à disponibilidade de nutrientes em curto espaço de tempo (Filgueira, 2013).

Suas primeiras identificações são datadas do ano de 4.500 a.C. e vieram para o Brasil por meio dos portugueses no século XVI (Filgueira, 2013). Existem diversos tipos de alfaces

produzidos no Brasil, como as variedades do tipo Lisa, Crespa, Mimosa e Romana, sendo as mais produzidas no país e mais comumente observadas as do tipo Lisa e Crespa (Filgueira, 2013; Sala e Costa, 2012).

Segundo estudos recentes, o cultivo da alface se desenvolve melhor em condições de temperaturas mais amenas, preferencialmente entre 15 °C e 22 °C. Porém, com o avanço das tecnologias e melhoramento genético, existem cultivares já disponíveis que toleram maiores amplitudes térmicas (Filgueira, 2013; Blind; Silva, 2015). De modo geral, sob o efeito de altas temperaturas demanda-se de manejos especiais visando manter a produtividade e evitar o florescimento precoce ou pendoamento, impedindo a formação da cabeça de folhas, que é o principal objeto de interesse comercial (Hao et al., 2022; Pereira et al., 2023).

O pendoamento consiste no florescimento da planta, observando-se o alongamento do caule floral no centro da planta. O florescimento precoce ocorre quando a planta entra na sua fase reprodutiva antes do momento ideal, sem completar todo o seu desenvolvimento vegetativo. Neste caso observa-se a má formação da cabeça da alface, sem o preenchimento completo e bom crescimento de suas folhas, reduzindo significativamente seu valor comercial, além de causar rigidez e amargor das folhas o qual são características indesejáveis para o consumo in natura (Yuri et al., 2004; Filgueira, 2013).

O adequado desenvolvimento vegetativo da alface é fator determinante para o sucesso da cultura, uma vez que o consumo das folhas se dá de forma in natura e suas características são levadas em consideração pelo consumidor no momento da compra. Por este motivo, características como tamanho da planta, número de folhas, formação da cabeça e massa fresca são frequentemente utilizados como indicadores de qualidade e de desempenho produtivo, uma vez que influenciam diretamente a aceitação do produto pelo consumidor (Sala e Costa, 2012; Filgueira, 2013).

A colheita da alface tem início, geralmente, a partir de 45 dias após o transplântio das mudas, podendo variar conforme a cultivar, a época do ano e o sistema de cultivo adotado (Embrapa, 2010; Filgueira, 2013). As plantas mantêm-se em condições adequadas para a colheita por cerca de 15 dias. Dessa forma, para assegurar a oferta contínua de produtos de alta qualidade ao mercado, recomenda-se a realização de semeaduras escalonadas em intervalos semanais entre os talhões (Sebrae, 2011).

A alface apresenta sistema radicular superficial e pouco ramificado, o que torna a planta suscetível às variações do ambiente de cultivo, tais como oscilação hídrica e disponibilidade de nutrientes (Filgueira, 2013). Devido ao seu rápido crescimento e elevada produção de biomassa, a alface apresenta alta demanda nutricional e rápida resposta ao

manejo de adubação. A disponibilidade adequada de nutrientes é essencial para o crescimento vegetativo, expansão foliar e formação de plantas com elevado padrão comercial. Assim, práticas de adubação eficientes constituem um dos principais fatores para o sucesso produtivo da cultura, influenciando diretamente seu rendimento e qualidade comercial (Prado, 2008; Filgueira, 2013).

3.2 Manejo de adubação da alface

A adubação é um processo fundamental, que tem como objetivo repor os nutrientes necessários ao desenvolvimento saudável das plantas. Para que um cultivo se desenvolva plenamente, é indispensável a realização de uma adubação equilibrada e adequada, uma vez que a limitação nutricional ou seu excesso pode causar desequilíbrios fisiológicos na planta (Filgueira, 2013)

Os adubos são a fonte principal de fornecimento de nutrientes para as plantas e podem ser obtidos a partir de diversas fontes, podendo ser classificados como orgânicos, inorgânicos e organominerais, além disso, há grande variação na solubilidade, disponibilidade e porcentagem dos nutrientes conforme a fonte, nos adubos orgânicos ocorre a liberação gradual contribuindo para o aumento da matéria orgânica e melhoria das propriedades físicas químicas e biológicas do solo, enquanto os fertilizantes minerais podem disponibilizar nutrientes de forma mais rápida combinando com a agregação dos benefícios proporcionados pela matéria orgânica (Prado, 2008; Novais et al., 2007).

Assim como as demais culturas, a alface também demanda uma boa nutrição para manter o seu vigor. Estudos de Hong *et al.* (2022) indicam que pode haver um incremento de produtividade de 14 a 22% quando do incremento de nitrogênio (N), sendo este o nutriente exigido em maiores quantidades pela planta. Assim como o N, também são necessários nutrientes como fósforo (P) e potássio (K), os quais podem incrementar 10 e 42% na produtividade (Hong *et al.*, 2022). A indicação de aplicação varia de acordo com a cultivar e o solo, sendo necessária uma análise de solo para que a adubação ocorra de forma a favorecer o desenvolvimento da cultura.

A cultura da alface demanda de uma nutrição adequada devida a seu rápido crescimento vegetativo e a sua elevada exigência nutricional, com destaque para os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e o potássio (K), podendo observar que em cultivos comerciais a extração média de nutrientes por hectare pode atingir aproximadamente 100 a 150 kg de N, 30 a 50 kg de P_2O_5 e 150 a 250 kg de K_2O , a depender da cultivar e das condições de cultivo e da produtividade alcançada, além desses cálcio, magnésio e enxofre

também são essências a depender do solo, podendo destacar também alguns micronutrientes como boro, zinco e manganês que participam de importantes processos fisiológicos e metabólicos da planta (Filgueira, 2013; Trani et al., 2018).

O baixo aporte de N reflete em baixa eficiência fotossintética e redução do crescimento foliar, o que é essencial para a cultura (Prado, 2008; Filgueira, 2013). Já a deficiência de P, bastante exigido na fase final do ciclo (Lana et al., 2004), também acarreta em redução do crescimento, má formação da cabeça, mudança de coloração das folhas velhas podendo apresentar folhas de cor vermelho-bronze e ou purpura (Katayama, 1993). O K, além de atuar na regulação osmótica, fechamento e na abertura de estômatos e na estabilização do pH citoplasmático (Kerbaudy, 2004), também favorece o aproveitamento de N, aumentando a absorção de nutrientes, ocasionando um maior potencial produtivo (Viana et al., 2010).

Além dos macronutrientes tradicionalmente exigidos pela cultura, outros elementos contribuem para o crescimento e desenvolvimento da alface de forma expressiva. O cálcio, comumente associado à utilização de calcário para correção da acidez do solo, é um macronutriente essencial para as culturas, uma vez que exerce papel importante no crescimento dos tecidos vegetais, participando na formação e estabilidade da parede celular (Prado, 2008). Além do cálcio, o silício, que embora não seja considerado um elemento essencial para a maioria das plantas cultivadas, pode proporcionar benefícios relacionados à maior resistência a estresses bióticos e abióticos, além de contribuir para melhorias estruturais nos tecidos vegetais, sendo amplamente estudado como elemento benéfico para as culturas (Korndörfer; Pereira; Nolla, 2004; Datnoff; Elmer; Huber, 2007).

Dessa forma, materiais ricos em cálcio e silício podem apresentar elevado potencial de utilização na agricultura, tanto como fontes complementares de nutrientes quanto como condicionadores do solo (Korndörfer; Pereira; Nolla, 2004), o que pode contribuir para a redução dos custos de produção e otimização da utilização de resíduos agroindustriais.

3.3 Uso de resíduos agrícolas e industriais como fonte de nutrientes

Atualmente, a busca por sistemas agrícolas sustentáveis tem estimulado o aproveitamento de resíduos agrícolas e industriais como fonte alternativa de nutrientes, reduzindo os custos de produção e os impactos ambientais relacionados ao descarte desses materiais. Diversos resíduos possuem características agronômicas que os tornam interessantes, tais como poder corretivo da acidez do solo, alto teor de nutrientes e alto teor de

matéria orgânica, tornando-os interessantes para substituição parcial ou total de nutrientes em cultivos agrícolas (Novais et al., 2007; Prado, 2008).

Os resíduos agrícolas referem-se a materiais orgânicos provenientes das atividades agropecuárias, como restos de colheitas e dejetos animais. Tais resíduos fornecem macronutrientes e micronutrientes às plantas, além de melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo. Estudos indicam que compostos elaborados a partir de resíduos agrícolas podem apresentar eficiência equivalente a adubos minerais no cultivo da alface, promovendo um bom aumento da biomassa e melhoria na estrutura do solo (Sediyama et al., 2014).

Entre os resíduos agrícolas mais utilizados destaca-se o esterco bovino, amplamente utilizado na agricultura como fonte de matéria orgânica e nutrientes essenciais como N, P e K. Além de fornecer nutrientes, seu uso também contribui para o aumento da capacidade de retenção de água no solo, melhoria da agregação do solo e estímulo à atividade microbiana, atributos que favorecem o desenvolvimento das culturas (Prado, 2008).

O esterco pode ser utilizado de diferentes formas, o que leva a uma variação na quantidade e disponibilidade de nutrientes. O uso de esterco *in natura* fornece nutrientes na forma orgânica e mineral, sendo a disponibilidade mais lenta; apesar do aporte de grande quantidade de matéria orgânica há a necessidade de degradação pela comunidade microbiana do solo. Já o esterco queimado, resultante da combustão total ou parcial da matéria orgânica, embora apresente menor teor de matéria orgânica, possui maior concentração de certos nutrientes na forma mineral, como potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) (Prado, 2008). As cinzas são utilizadas na agricultura desde muitos anos atrás, mais comumente utilizadas antes do descobrimento das jazidas de sais potássicos solúveis, mostrando que no passado havia uma relação direta entre a agricultura e o uso da cinza (Prado, 2008).

Além dos resíduos agrícolas, diversos resíduos industriais vêm sendo estudados quanto ao potencial de uso agrícola. Quando bem tratados e avaliados quanto a presença de contaminantes, mostram-se com um grande potencial de uso agrícola como forma nutritiva para as plantas (Novais et al., 2007; Ferreira et al., 2024).

Dentre os resíduos industriais, a escória siderúrgica, subproduto da indústria siderúrgica durante a produção do aço, destaca-se devido ao alto teor de cálcio, silício e outros minerais. Seu uso como corretivo de solo tem ganhado destaque por melhorar as propriedades físicas e químicas do solo, aumentar o pH e fornecer nutrientes benéficos às plantas (Prezotti et al., 2007). Estudos indicam que o uso da escória pode aumentar o pH do solo entre 0,5 a 2,0 unidades de pH, a depender das condições experimentais, consequentemente, melhorando a

disponibilidade de fósforo, estimulando o crescimento radicular de hortaliças, o qual se torna uma alternativa de baixo custo e com boa resposta em produtividade (Korndörfer; Pereira; Nolla, 2004; Prezotti et al., 2007).

Grande parte dos benefícios atribuídos à escória siderúrgica está relacionada à presença de silício. Embora não seja considerado essencial para a maioria das espécies vegetais, esse elemento pode proporcionar efeitos benéficos ao crescimento das plantas, aumentando a resistência a estresses bióticos e abióticos. Após sua absorção, o silício é depositado nos tecidos vegetais, promovendo maior rigidez estrutural e contribuindo para a redução dos danos causados por pragas, doenças e condições ambientais adversas (Korndörfer; Pereira; Nolla, 2004; Datnoff; Elmer; Huber, 2007). Dessa forma o aproveitamento de resíduos agrícolas e industriais apresenta múltiplos benefícios ambientais e econômicos. Vale destacar que os resíduos industriais não possuem uma clara utilização quanto seu uso na agricultura, o que leva à necessidade de trabalhos a fim de estabelecer as melhores fontes e doses para as diferentes culturas, além da necessidade de tratamentos para que o mesmo se torne uma boa fonte de nutrientes sem que haja problema de introdução de patógenos e acúmulo de metais pesados no sistema solo-planta (Novais et al., 2007; Ferreira et al., 2024).

A combinação de fontes orgânicas e minerais pode melhorar a eficiência da adubação, proporcionando liberação gradual de nutrientes e melhorando as características físicas, químicas e biológicas do solo. Estudos apontam que a aplicação conjunta pode favorecer o crescimento e desenvolvimento de culturas de ciclo curto como a alface (Embrapa, 2010). Enquanto as fontes orgânicas contribuem para o aumento da matéria orgânica, retenção de água e atividade microbiana, as fontes minerais atuam no fornecimento mais imediato de nutrientes e na correção de limitações químicas do solo, associação essa que favorece o desenvolvimento do sistema radicular, aumentando a eficiência de absorção de nutrientes e melhorando as condições de crescimento das plantas. Uma vez que a alface é uma cultura com ciclo curto, esses benefícios podem resultar em maior vigor vegetativo, melhor formação de folhas e incremento da produtividade (Bernardi et al., 2005; Prado, 2008; Filgueira, 2013).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do experimento e delineamento experimental

O experimento foi conduzido em área a céu aberto, sob condições de pleno sol, na cidade de Sete Lagoas – MG. A região apresenta clima tropical, com inverno seco e verão chuvoso, altitude média de 766 m e coordenadas geográficas de 19°27'57" S e 44°14'49" W. O solo utilizado para instalação do experimento foi coletado de uma área de 30 m² com latossolo vermelho na profundidade de 20 cm de profundidade.

Foi escolhida a cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) do tipo lisa, variedade Regina. As mudas foram adquiridas de um produtor pertencente à horta comunitária do bairro JK, em Sete Lagoas - MG e transplantadas 1 muda por vaso no estágio de 4 a 6 folhas definitivas.

Como fonte orgânica foi utilizado esterco bovino, oriundo de vacas leiteiras. Parte do material foi mantido in natura, permanecendo armazenado em saco protegido da umidade até instalação do experimento. A outra parte foi submetida ao processo de queima por cerca de 12 horas, com revolvimento periódico do esterco a fim de promover maior uniformidade do processo.

Como fonte mineral, foi utilizada escória de siderúrgica em pó, subproduto do processo siderúrgico gerado durante a produção de ferro-gusa e aço, a qual foi peneirada em peneira de abertura de 425 micrômetros. A análise química da escória utilizada se encontra na tabela 1.

Tabela 1: Análise química da escória.

Componente	SiO₂	Al₂O₃	CaO	MgO	FeO	MnO
Teor (%)	42,16	14,30	38,30	0,96	1,07	0,68

Dados da análise química: SiO₂: Dióxido de silício, Al₂O₃: Óxido de alumínio, CaO: Óxido de cálcio, MgO: Óxido de magnésio, FeO: Óxido de ferro II e MnO: Óxido de manganês.

4.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 8 tratamentos, sendo eles: Tratamento 1 (T1): uso de esterco in natura sem escória; Tratamento 2 (T2): esterco in natura + 5% do seu peso em escória; Tratamento 3 (T3): esterco in natura + 10% de escória; Tratamento 4 (T4) : esterco in natura + 15% de escória; Tratamento 5 (T5): esterco queimado sem escória; Tratamento 6 (T6): esterco queimado + 5% de escória; Tratamento 7 (T7): esterco queimado + 10% de escória e Tratamento 8 (T8): esterco queimado + 15% de escória. Cada tratamento possuía 5 repetições, totalizando 40 unidades experimentais.

4.3 Condução do experimento e avaliação

A alface foi cultivada em vasos com capacidade para 8 litros, utilizando latossolo vermelho como substrato.

Os cálculos para determinação da dose de esterco bovino seguiram a recomendação da Embrapa (2010) para a cultura da alface, a qual recomenda a dose de 5 a 10 kg/m². Levando-se em consideração a área projetada dos sacos para plantio, a quantidade de esterco aplicada em cada tratamento foi de 125 g de esterco por recipiente. A partir da quantidade de esterco definida, foram também estabelecidas as quantidades de escória por tratamento, obedecendo-se às proporções de 5, 10 e 15% de escória em relação ao peso do esterco.

Durante o ciclo da cultura, a irrigação foi realizada manualmente com auxílio de um regador, sempre na parte da manhã e da tarde. O fornecimento de água foi ajustado conforme a necessidade das plantas, adotando-se como referência valores médios entre 500 mL e 1 L de água por recipiente por dia, conforme recomendações de Marouelli et al. (2008).

Foram realizadas avaliações visuais semanais para monitoramento do desenvolvimento das plantas, bem como identificação de possíveis ocorrências de pragas, doenças ou sintomas relacionados ao manejo hídrico.

4.4 Avaliações e análise estatística

A condução do experimento ocorreu pelo período de 45 dias após o transplante, momento no qual foi realizada a colheita com auxílio de uma faca para o corte do caule. Depois, foi retirada toda a terra de forma cuidadosa para avaliação do sistema radicular.

As plantas foram acondicionadas em sacos e pesadas para determinação da massa fresca da parte aérea, enquanto o comprimento foi obtido mediante medição direta das raízes após remoção do solo aderido.

Os dados foram inseridos no programa denominado Sisvar para serem submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de médias Tukey a 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação às avaliações visuais ao longo do ciclo da cultura, observou-se a incidência de lagarta, principalmente no tratamento que continha esterco queimado aliado a 10% de escória. Essa observação foi realizada 25 dias após a instalação do experimento e os danos

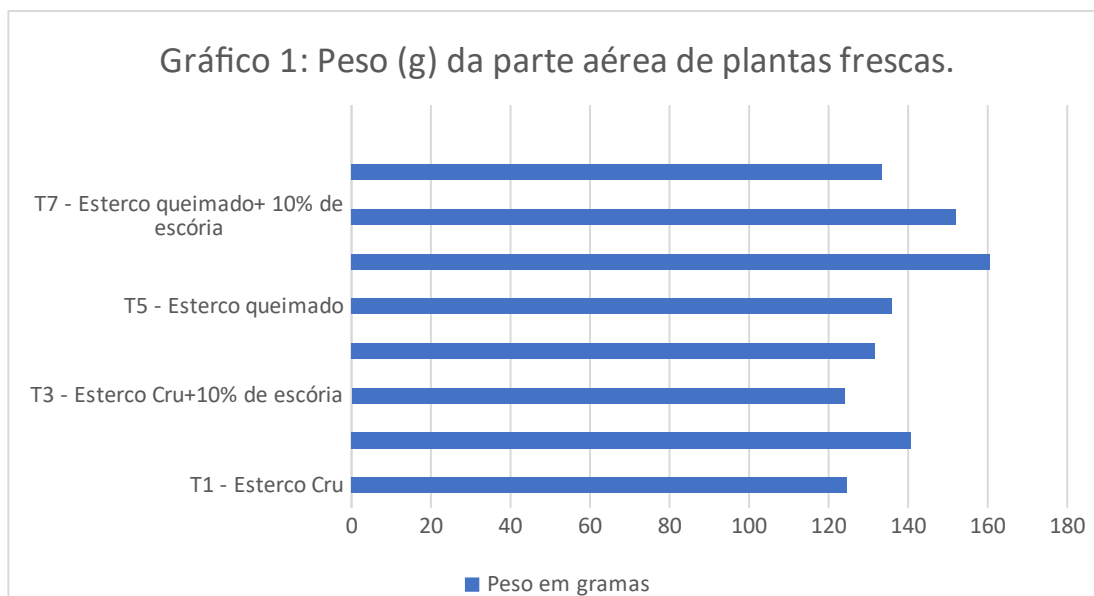
ocorreram apenas em folhas da parte inferior da planta, não acarretando danos severos no final do ciclo. Vale destacar que o silício, presente na escória, é depositado na parede das células da planta, causando um espessamento da parede celular dificultando o ataque de pragas (Korndörfer; Pereira; Nolla, 2004; Datnoff; Elmer; Huber, 2007). Neste sentido, não era esperada a presença de pragas predominantemente nos tratamentos com maiores teores de escória.

Em todo o ciclo não foi observado sinal da incidência de doenças. Outro ponto também observado foi um desenvolvimento mais rápido nas plantas onde foi aplicado esterco queimado, em relação às plantas com esterco in natura. Isso pode ser explicado pela liberação mais lenta dos nutrientes presentes no esterco in natura (Novais et al., 2007). Como o processo de queima do esterco libera nutrientes na forma mineral esses já se encontram, em sua maior parte, na forma mineral assimilável pela planta. No caso de culturas de ciclo curto, como a alface, essa disponibilidade imediata se torna interessante. Todos os tratamentos receberam a mesma quantidade de água, sem a necessidade da manutenção da umidade do solo em nenhum tratamento específico.

Após a colheita, as plantas foram acondicionadas em sacos e colocadas em local fresco e sem incidência de raios solares, podendo se observar que as mesmas mantiveram em bom estado para consumo por 2 dias antes de começar o processo de murcha, sem diferenças de durabilidade dentre os tratamentos.

Observou-se visualmente maior rigidez foliar nas plantas tratados com escória. Tal efeito pode estar associado à presença do silício e ao consequente espessamento da parede celular, contudo, esta variável não foi quantificada no presente estudo (Korndörfer; Pereira; Nolla, 2004). A parte aérea da planta foi pesada e os dados são apresentados no gráfico 1.

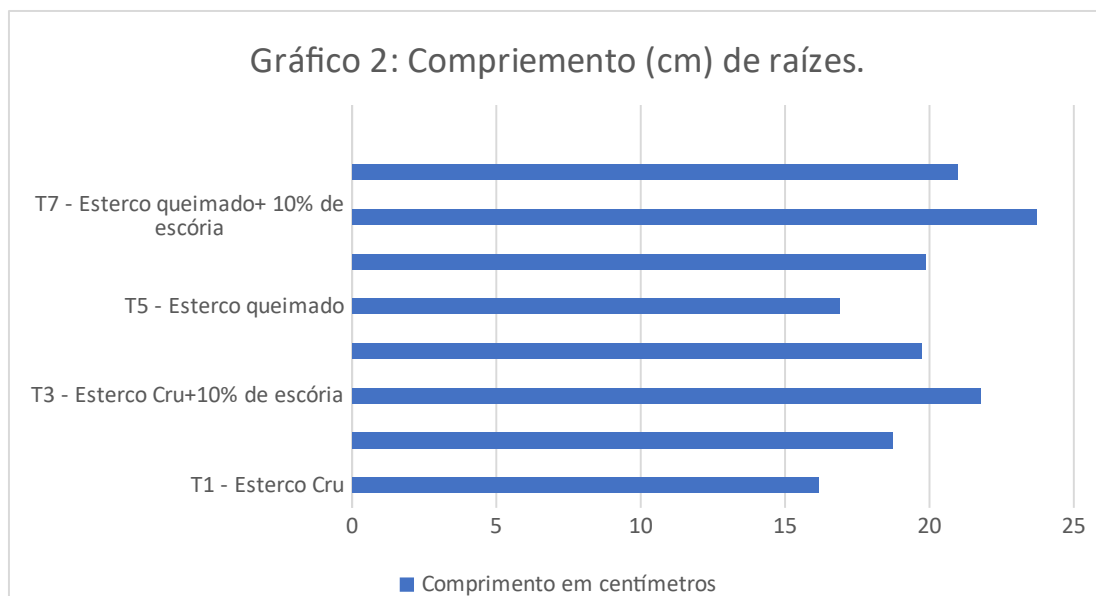
Gráfico 1. Peso da parte aérea de plantas frescas de alface submetidas à adubação com esterco in natura ou queimado e doses crescentes de escória. Médias seguidas pela mesma letra não possuem diferença estatística no teste de Tukey a 5% de probabilidade.



O teste de Tukey com 5% de probabilidade mostrou diferença entre os tratamentos avaliados ($p < 0,05$), indicando que as diferentes doses de escória utilizadas promoveram efeito sobre a variável analisada. Embora não tenham sido observadas divergências muito grandes entre os tratamentos, verificou-se uma tendência a maiores médias nos tratamentos com aplicação de esterco queimado, cujo tratamento 6, o qual aliou esterco queimado + 5% de escória obteve a maior média dentre os demais. Visualmente observou-se plantas mais desenvolvidas e com visual mais atrativo do que os demais tratamentos nas plantas que foram submetidas ao esterco queimado, sendo esse um fator importante para a cultura da alface, uma vez que a parte consumível são as folhas e o melhor desenvolvimento das mesmas pode levar a uma melhor aceitação do consumidor.

Foi verificado também o comprimento das raízes a fim de se ver possíveis diferenças entre os tratamentos (Gráfico 2). O desenvolvimento radicular é um importante indicador do vigor das plantas, uma vez que raízes mais desenvolvidas aumentam a exploração do volume de solo, favorecendo a absorção de água e nutrientes. Em culturas de ciclo curto, como a alface, o estabelecimento de um sistema radicular eficiente é fundamental para sustentar o rápido crescimento vegetativo e a produção de biomassa (Filgueira, 2013).

Gráfico 2: Comprimento (cm) de raízes de plantas de alface submetidas à adubação com esterco in natura ou queimado e doses crescentes de escória. Médias seguidas pela mesma letra não possuem diferença estatística no teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Para o comprimento de raiz houve diferença estatística entre os tratamentos avaliados. Todos os tratamentos com adição de escória apresentaram comprimento radicular superior aos tratamentos sem escória, além disso, o tratamento 7 o qual tinha a adição de 10% de escória junto ao esterco queimado proporcionou maior desenvolvimento radicular em comparação aos demais tratamentos. Contudo, ao analisar apenas a adição de escória, observou-se que a adição de 10% de escória, independentemente do tipo de esterco utilizado, foi a que apresentou maior comprimento de raiz. Esses resultados indicam que há uma associação positiva entre esterco bovino e escória de siderurgia, o que favorece o crescimento das raízes da alfaca.

O efeito observado pode estar relacionado à presença de cálcio proveniente da escória siderúrgica. O cálcio participa diretamente da divisão e expansão celular, sendo particularmente importante para tecidos em crescimento, como os meristemas radiculares. Além disso, a ação corretiva da escória pode favorecer a disponibilidade de fósforo no substrato, nutriente essencial para a formação e crescimento do sistema radicular (Korndörfer; Pereira; Nolla, 2004; Prado, 2008). Além disso, a fração orgânica do esterco aliada aos componentes minerais da escória pode ter promovido melhores condições químicas e físicas para o desenvolvimento radicular. O fato da dose 10% apresentar resultados significativamente maiores em relação aos tratamentos com 15% de escória sugere que doses crescentes de escória não resultam necessariamente em ganhos proporcionais no crescimento radicular. Esse comportamento indica a possível existência de uma faixa ótima de aplicação, onde ocorre o equilíbrio no sistema solo-planta, maximizando os benefícios (Prado, 2008).

Além do fornecimento de cálcio, a presença de silício pode ter contribuído indiretamente para o melhor desenvolvimento das plantas, uma vez que esse elemento está associado ao aumento da tolerância a diferentes tipos de estresse e à melhoria do desempenho fisiológico vegetal. Entretanto, como não foram realizadas análises específicas para quantificar a absorção de silício, sua contribuição não pode ser determinada de forma isolada neste estudo (Korndörfer; Pereira; Nolla, 2004; Datnoff; Elmer; Huber, 2007).

Figura 1: Tratamentos com uso de esterco in natura



Figura 2: Tratamentos com uso de esterco queimado



6 CONCLUSÃO

Este trabalho visa contribuir para o conhecimento sobre o uso de resíduos orgânicos e minerais na horticultura urbana, promovendo práticas sustentáveis e economicamente viáveis para pequenos produtores. A combinação de esterco bovino e escória em pó representa uma alternativa com potencial de melhorar a fertilidade do solo e aumentar a produtividade da alface, observando-se aspectos gerais, o tratamento 6 com uso do esterco queimado associado a 5% de escoria dá um maior potencial de crescimento da parte aérea em comparação com as

outras e apresentando exemplares de melhor desenvolvimento e com visual mais atrativo, fato esse muito importante para a cultura, visto que a parte consumível da planta são as folhas, o que leva a uma melhor aceitação do consumidor final.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernardi, A. C. C.; Carmello, q. A. C.; Carvalho, C. R. L. Produção de hortaliças em substratos. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 2, p. 238-242, 2005.
- Blind, A. D.; Silva filho, D. F. Desempenho produtivo de cultivares de alface americana na estação seca da Amazônia Central. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 31, n. 2, p. 404-414, 2015.
- Costa, C. P.; Sala, F. C. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012.
- Datnoff, L. E.; Elmer, W. H.; Huber, D. M. (ed.). *Mineral nutrition and plant disease*. St. Paul: APS Press, 2007.
- Embrapa. *Cultivo da alface*. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2010.
- Ferreira, K. L. C. et al. Uso de diferentes compostos orgânicos na adubação da alface crespa (*Lactuca sativa*). *Revista Científica Eletrônica Race Interdisciplinar*, Itumbiara, v. 2, n. 1, p. 1-8, 2024
- Filgueira, F. A. R. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2013.
- Hao, J.; Zhang, L.; Liu, H. et al. Molecular basis of high temperature-induced bolting in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *BMC Plant Biology*, London, v. 22, p. 400, 2022.
- Hong, J.; Xu, F.; Chen, G.; Huang, X.; Wang, S.; Du, L.; Ding, G. Evaluation of the effects of nitrogen, phosphorus, and potassium applications on the growth, yield, and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Agronomy*, Basel, v. 12, n. 10, p. 2477, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12102477>.
- Katayama, M. *Nutrição e adubação de hortaliças*. Piracicaba: POTAFOS, 1993.
- Kerbaui, G. B. *Fisiologia vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.
- Korndörfer, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. *Análise de silício: solo, planta e fertilizante*. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU, 2004. (Boletim Técnico, 2).

Lana, R. M. Q.; Zañão Júnior, L. A.; Luz, J. M. Q.; Silva, J. C. Produção da alface em função do uso de diferentes fontes de fósforo em solo de Cerrado. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 3, p. 525-528, 2004.

Marouelli, W. A.; Silva, W. L. C.; Silva, H. R. Manejo da irrigação em hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008.

Ning, C.; Gao, P.; Wang, B.; Lin, W.; Jiang, N.; Cai, K. Impacts of chemical fertilizer reduction and organic amendments supplementation on soil nutrient, enzyme activity and heavy metal content. *Journal of Cleaner Production*, Amsterdam, v. 196, p. 1348-1357, 2018.

Novais, R. F.; Smyth, T. J.; Nunes, F. N. Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

Olowoboko, T. B.; Azeez, J. O.; Olujimi, O. O.; Babalola, O. A. Availability and dynamics of organic carbon and nitrogen indices in some soils amended with animal manures and ashes. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, v. 7, p. 287–304, 2018. <https://doi.org/10.1007/s40093-018-0215-9>

Pereira, D. F.; Silva, T. P.; Freire, W. A.; Souza, E. G. F.; Cruz, E. A.; Feitosa, R. M. Agronomic characteristics and quality of lettuce cultivars in different crop seasons in western Alagoas, Brazil. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 36, n. 2, p. 499-509, 2023.

Prado, R. M. Nutrição de plantas. São Paulo: Editora UNESP, 2008.

Prezotti, L. C.; Gomes, J. A.; Dadalto, G. G.; Oliveira, J. A. Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo. 5. ed. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007.

Sebrae (Serviço brasileiro de apoio às micro e pequenas empresas). *Alface*. Brasília, DF: Sebrae, 2011. (Série Agronegócios)

Sediyama, M. A. N.; Santos, I. C.; Lima, P. C. Cultivo de hortaliças com utilização de compostos orgânicos. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 32, n. 1, p. 1-8, 2014.

Trani, P. E.; Tivelli, S. W.; Carrijo, O. A.; Boaretto, R. M. Alface, almeirão, chicória, escarola e rúcula. In: VAN RAIJ, B. et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo, 2018. p. 185-188.

Viana, E. M.; Vasconcelos, A. C. F.; Barreto, L. P.; Oliveira, F. A. Produção de alface em função de doses de potássio. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 34, n. 2, p. 278-283, 2010.

Yuri, J. E.; Resende, G. M.; Mota, J. H.; Souza, R. J.; Rodrigues Júnior, J. C. Comportamento de cultivares de alface tipo americana em diferentes épocas de plantio. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 2, p. 230-234, 2004.



Universidade Federal
de São João del-Rei

ANEXO A

Termo de autorização para publicação no Repositório Institucional da UFSJ

Eu Ranieri Prates Bispo, RG MG-18.697.679 ,Org. Exp. SSP, CPF 123.858.746-10, e-mail: ranieriprates@gmail.com, telefone (31)98400-5347 , na qualidade de titular dos direitos de autor que recaem sobre minha produção:

(x) trabalho de conclusão de curso () dissertação de mestrado () tese de doutorado

() _____ (outro) Título **Avaliação do uso de esterco bovino e escória siderúrgica no desenvolvimento e produtividade da alface**

, defendida em: 06/07/2026, no programa de (x) Graduação () Pós-Graduação em _____, com fundamento nas disposições sobre direitos autorais (Lei nº 9.610 de 19 de fevereiro de 1998), autorizo a Universidade Federal de São João del-Rei a disponibilizar gratuitamente a obra citada, sem ressarcimento de direitos autorais, para fins de leitura e impressão, a título de divulgação da produção científica gerada pela universidade, a partir desta data. Autorizo a liberação: (x) Total

() Parcial (serão disponibilizados apenas resumo, palavras-chave, e os dados: autor, título, membros da banca examinadora, data de defesa, entre outros).

Motivo: _____.

Obs.:

- No caso de liberação parcial, a dissertação/tese impressa não poderá ser consultada no acervo.
- Estou ciente que, em caso de liberação parcial, o documento será mantido nesta opção durante 1 (um) ano a partir da data de autorização da publicação. Para ampliação deste prazo, devo manifestar-me junto a Dibib/UFSJ. Para liberação antes do prazo estipulado, formalizarei a autorização. Se não houver manifestação, o texto completo da dissertação/tese será liberado em sua totalidade e a versão impressa será disponibilizada para consulta.
- O conteúdo disponibilizado é de minha inteira responsabilidade.

Sete Lagoas, MG, 10 de julho de 2026.

Documento assinado digitalmente
 **RANIERI PRATES BISPO**
 Data: 10/07/2026 09:20:09-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Autor