

REBECA LORENA COSTA FERREIRA

**CULTIVOS SUCESSIVOS DE ALFACE APÓS ADUBAÇÃO VERDE E
DIFERENTES PERÍODOS DE POUSIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Ricardo Henrique Silva Santos

Coorientador: Maicon Nardino

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

F383c
2021
Ferreira, Rebeca Lorena Costa, 1994-
Cultivos sucessivos de alface após adubação verde e
diferentes períodos de pousio / Rebeca Lorena Costa Ferreira. –
Viçosa, MG, 2021.
1 dissertação eletrônica (52 f.): il.

Orientador: Ricardo Henrique Silva Santos.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Agronomia, 2021.
Inclui bibliografia.
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2021.216>
Modo de acesso: World Wide Web.

1. Alface - Nutrição. 2. Adubação verde. 3. *Lactuca sativa*.
I. Santos, Ricardo Henrique Silva, 1963-. II. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Agronomia. Programa de
Pós-Graduação em Agroecologia. III. Título.

CDD 22. ed. 635.52897

Bibliotecário(a) responsável: Alice Regina Pinto CRB6 2523

REBECA LORENA COSTA FERREIRA

**CULTIVOS SUCESSIVOS DE ALFACE APÓS ADUBAÇÃO VERDE E
DIFERENTES PERÍODOS DE POUSIO**

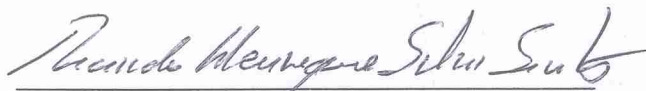
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título *Magister Scientiae*.

APROVADA: 26 de julho de 2021.

Assentimento:



Rebeca Lorena Costa Ferreira
Autora



Ricardo Henrique Silva Santos
Orientador

A Deus, por ser presença constante e com sua bondade e amor infinitos iluminar meu caminho e nunca me deixar desistir. À minha mãe pelo apoio, amor, motivação e por todo esforço para fazer de mim uma pessoa melhor, eu espero poder te deixar orgulhosa.

Aos meus avós, irmãos e amigos queridos!

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, pelo acolhimento e conhecimentos adquiridos.

À pós graduação em Agroecologia, pela oportunidade concedida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador, Ricardo Santos, pela paciência e generosidade em auxiliar com seus conhecimentos e experiência.

Ao professor Maicon Nardino, pela colaboração e auxílio.

Ao Seu Eli, pela sua disposição e felicidade em ajudar, e por fazê-lo tão bem.

A laboratorista Mariana, pelo auxílio e acompanhamento na condução das análises.

Aos amigos da Agroecologia, pelo incentivo, ajuda, aprendizado e risadas. Em especial à Ariecha, Maria, Allie e Luana.

As colegas de república, pelo companheirismo e apoio.

A todo pessoal da Horta Velha, pela ajuda no plantio e colheita.

A todo pessoal do vale da agronomia, pela ajuda sempre constante.

E as pessoas que com sorrisos e boas energias fizeram com que o meu entusiasmo e vontade me impulsionassem para a concretização deste trabalho.

“Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos.

Provérbios 16:3”

BIOGRAFIA

Rebeca Lorena Costa Ferreira, filha de Débora Costa, nasceu no município de Ipatinga, no estado de Minas Gerais em 4 de fevereiro de 1994.

Iniciou o curso de Agronomia em março de 2013, na Universidade Federal Rural da Amazônia, Pará, graduando-se em maio de 2018.

Em agosto de 2018 iniciou o curso de Mestrado em Agroecologia pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

RESUMO

FERREIRA, Rebeca Lorena Costa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2021.
Cultivos sucessivos de alface após adubação verde e diferentes períodos de pousio.
Orientador: Ricardo Henrique Silva Santos. Coorientador: Maicon Nardino

A produção de hortaliças é de grande relevância no Brasil, sobretudo na conjuntura da agricultura familiar. O país é o quarto maior consumidor de fertilizantes minerais no mundo. No âmbito da olericultura convencional as principais fontes de N são os fertilizantes nitrogenados sintéticos. Estes são, em sua maioria, importados e sua obtenção gera grande gasto energético. Seu uso indiscriminado pode ocasionar alguns problemas ambientais como eutrofização dos cursos d'água, contaminação dos lençóis freáticos e intensificação do efeito estufa. Diante dos entraves apontados, a adubação verde se configura como uma alternativa com potencial para suprir total ou parcialmente a demanda de N no cultivo de olerícolas, sendo que, seu efeito pode perdurar por mais de um ciclo produtivo. Nesse contexto, o presente estudo teve o objetivo de avaliar o efeito da adubação verde com tremoço branco (*Lupinus albus*), após diferentes períodos de pousio, em cultivos sucessivos de alface (*Lactuca sativa*). Para tanto, o tremoço foi incorporado ao solo, na dose de 7 t ha⁻¹ de matéria seca, com diferentes períodos de pousio (0, 30 e 60 dias) antecedendo os 3 cultivos sucessivos de alface. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas no tempo. Os períodos de pousio constituíram as parcelas e os cultivos sucessivos constituíram as sub-parcelas. Foram avaliadas características relacionadas à produtividade e crescimento na cultura da alface, sendo: matéria fresca, matéria seca, peso comercial, número de folhas, altura de plantas e teor de nitrogênio. Temperaturas elevadas durante o segundo cultivo de alface reduziram a produção da cultura. A adubação verde com tremoço branco aumenta a produção no cultivo de alface em sucessão, por pelo menos um ciclo subsequente. Sugere-se, que o período de pousio de 60 dias, promove maior sincronia entre a mineralização do N proveniente do tremoço branco e a demanda de absorção da cultura de alface.

Palavras-chave: Alface - Nutrição. Adubação verde. *Lactuca sativa*.

ABSTRACT

FERREIRA, Rebeca Lorena Costa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2021. **Successive lettuce crops after green manure and diferente fallow periods.** Adviser: Ricardo Henrique Silva Santos. Co-adviser: Maicon Nardino

The production of vegetables is of great importance in Brazil, especially in the context of family farming. The country is the fourth largest consumer of mineral fertilizers in the world. In conventional horticulture, the main sources of N are synthetic nitrogen fertilizers. These are, for the most part, imported and their obtainment generates great energy expenditure. Its indiscriminate use can cause some environmental problems such as eutrophication of water sources, contamination of groundwater, and intensification of the greenhouse effect. In view of the aforementioned obstacles, green manure is configured as an alternative with the potential to fully or partially supply the N demand in vegetable crops, and its effect can last for more than one production cycle. In this context, the present study aimed to evaluate the effect of green manuring with white lupine (*Lupinus albus*), after different fallow periods, in subsequent lettuce (*Lactuca sativa*) crops. For this purpose, lupine was incorporated into the soil at a dose of 7 t ha⁻¹ of dry matter, with different fallow periods (0, 30 and 60 days) preceding the 3 successive lettuce cultivations. The experimental design was in randomized blocks in a split-plot scheme in time. The fallow periods constituted the plots and the successive crops constituted the sub-plots. Characteristics related to yield and growth in the lettuce crop were evaluated, namely: fresh matter, dry matter, commercial weight, number of leaves, plant height and nitrogen content. Elevated temperatures during the second lettuce cultivation reduced the crop yield. Green manure with white lupine increases yield in successive lettuce cultivation for at least one subsequent cycle. It is suggested that the 60-day fallow period promotes greater synchrony between the mineralization of N from white lupine and the absorption demand of the lettuce crop.

Keywords: Lettuce - Nutrition. Green manure. *Lactuca sativa*.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
 CAPÍTULO 1	 15
REVISÃO DE LITERATURA	
1. Adubação verde em culturas olerícolas	16
2. Decomposição e mineralização do N e sincronia da adubação verde e demanda das culturas.	17
3. Efeito residual.....	19
4. Tremoço branco (<i>Lupinus albus</i>).....	20
5. Alface (<i>Lactuca sativa</i>)	21
6. Conclusões e perspectiva	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
 CAPÍTULO 2	 26
EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO VERDE COM DIFERENTES PERÍODOS DE POUSIO SOBRE CULTIVOS SUCESSIVOS DE ALFACE	
RESUMO	27
ABSTRACT	28
1. INTRODUÇÃO.....	29
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
2.1 Aspectos Gerais	31
2.2 Adubo verde.....	32
2.3 Localização e implantação do experimento.....	33
2.4 Condução do experimento e tratos culturais.....	36

2.5 Avaliações	36
2.6 Análise estatística	37
3. RESULTADOS	38
3.1 Comparações de períodos de pousio e cultivos com as testemunhas	38
3.2 Comparação entre cultivos	39
3.4 Comparação entre períodos de pousio	40
4. DISCUSSÃO	42
4.1 Comparações de períodos de pousio e cultivos com as testemunhas	42
4.2. Comparação entre cultivos	44
4.3 Comparação entre períodos de pousio	46
5. CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	48

INTRODUÇÃO GERAL

A produção de hortaliças é de grande relevância no Brasil, sobretudo na conjuntura da agricultura familiar. As olerícolas, usualmente, apresentam ciclo curto e podem ser cultivadas durante todo o ano, utilizando pequenas áreas, além de possuírem alta demanda de mercado, o que garante retorno econômico relativamente rápido.

No contexto atual da olericultura convencional, as principais fontes de N utilizadas são os fertilizantes nitrogenados sintéticos. No Brasil, a demanda por este insumo agrícola dobrou na última década, ao passo que o volume de produção permanece estagnado (EPE, 2019). Segundo a Petrobras (2019), o Brasil importa 80% da ureia consumida, fertilizante nitrogenado mais utilizado no país e no mundo, resultando em uma expressiva dependência externa e levando a agricultura do país à considerável vulnerabilidade em função das oscilações na taxa de câmbio.

Atualmente, no Brasil, após a Petrobras anunciar a saída do segmento de fertilizantes nitrogenados, o setor está em processo de retomada, pela iniciativa privada. A expectativa é que a produção possa suprir 20 % da demanda nacional (PETROBRAS, 2019; PETROBRAS, 2020). Nesse contexto, o país segue dependente do mercado externo, visto que, não existe perspectiva de aumento expressivo do volume produzido a curto e médio prazo.

Ademais, deve-se considerar o gasto energético para obtenção do fertilizante nitrogenado sintético, que ocorre pelo processo de Haber-Bosch de síntese de amônia, a partir de N_2 , proveniente da atmosfera, e H_2 , que tem como fonte principal o gás natural, fonte de energia não-renovável, o que configura o método oneroso e insustentável (FRINK; WAGGONER; AUSUBEL, 1999).

Há também impactos ambientais gerados pela aplicação de altas doses de fertilizantes nitrogenados. O N que não é recuperado pelas plantas tem o potencial de gerar eutrofização dos cursos d' água, contaminação dos lençóis freáticos e a intensificação do efeito estufa devido a liberação de N_2O (SOCOLOW, 2002; VANCE, 2016).

Nesse cenário, cresce a busca por processos que permitam a produção de alimentos com menor utilização de insumos industriais, menos impactos ambientais e que garantam menor dependência externa. Nesse sentido, a adubação verde se apresenta como uma alternativa.

Dentre as vantagens dessa prática estão: a ciclagem de nutrientes, o aporte de matéria orgânica ao solo, o controle da erosão, a inibição de microrganismos patogênicos de solo (ex.: nematoides) e a estimulação de microrganismos benéficos às plantas, por exemplo, fungos

micorrízicos (ESPINDOLA et al., 2005). Contudo, o benefício mais conhecido e estudado da adubação verde é o aporte de nitrogênio aos agroecossistemas a um baixo custo ambiental e econômico (SANTOS et al., 2012).

Os adubos verdes fornecem nutrientes para as plantas de interesse por meio dos processos de decomposição e mineralização (ESPINDOLA et al., 2005). A mineralização do N orgânico proveniente da adubação verde é afetada pela composição bioquímica do adubo verde, condições edafoclimáticas e manejo adotado (DINIZ et al., 2015; VARGAS; SCHOLLES, 2014; AMLINGER et al., 2003; TRINSOUTROT et al., 2010).

Ademais, o N proveniente da adubação verde pode permanecer disponível no sistema de produção por mais de um cultivo, imobilizado na matéria orgânica do solo, e podendo ser aproveitado em cultivos subsequentes (ARAUJO et al., 2011; DINIZ et al., 2017; PERIN et al., 2004).

As hortaliças, em sua maioria, necessitam de grandes aportes de nutrientes em períodos relativamente curtos. Compreender a dinâmica entre liberação de nutrientes do adubo verde e a curva de absorção da cultura de interesse é essencial, à medida que possibilita aumentar a sincronia entre a oferta de nutrientes e o período de maior demanda da cultura. Além do mais, atualmente, nesses sistemas de produção a adubação verde ainda é raramente empregada e estudos relacionados com a avaliação do efeito residual da adubação verde em tais sistemas são escassos e/ou não publicados.

Desse modo, novos estudos com enfoque em adubação verde em hortaliças podem contribuir para a redução do uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos nestes sistemas de produção, à medida que, promove progressos em relação à aplicação e eficiência da técnica, o que possibilitaria viabilizar e difundir a prática. Nesse contexto, o presente estudo teve o objetivo de avaliar o efeito da adubação verde com tremoço branco (*Lupinus albus* L.) em cultivos sucessivos de alface (*Lactuca sativa* L.) após diferentes períodos de pousio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMLINGER, F.; GOTZ, B.; DREHER, P.; GESTZI, J. E WEISSTEINER, C. - Nitrogen in biowaste compost: dynamics of mobilization and availability- a review. **European Journal of Soil Biology**, v. 39, n. 3, p. 107-116, 2003.
- ARAUJO, E. S.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; URQUIARCA, S.; BODDEY, R. M.; MARTELLETO, L. A. P.; ALVES, B. J. R. Recovery in the soil-plant system of nitrogen from green manure applied on cabbage crop. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 729-735, 2011.
- DINIZ, E. R.; VARGAS, T. O.; PEREIRA, W. D.; GUEDES, A. F.; SANTOS, R. H. S.; PETERNELLI, L. A. Decomposição e mineralização do nitrogênio proveniente do adubo verde *Crotalaria juncea*. **Científica**, v. 42, n. 1, p. 51, 2015.
- DINIZ, E. R. VARGAS, V.O.; GUEDES, A.F.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA,S.; MODOLO, A.F. Doses of *Crotalaria juncea*: Residual effect on zucchini and maize crop in sequence to broccoli. **Revista Ceres**, v. 64, n. 6, p. 600-606, 2017.
- EPE. “**Competitividade do Gás Natural: Estudo de Caso na Indústria de Fertilizantes Nitrogenados**”. Informe técnico no. EPE-DEA-IT-001/2019.
- ESPINDOLA, J. A. A. GUERRA, J. G. M. DE-POLLI, H. ALMEIDA, D. L.; ABBOUD, A. C. S. **Adubação Verde Com Leguminosas**. In: Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 49, 2005.
- FRINK, C. R.; WAGGONER, P. E.; AUSUBEL, J. H. Nitrogen fertilizer: Retrospect and prospect. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 96, n. 4, p. 1175-1180, 1999.
- PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Efeito residual da adubação verde no rendimento de brócolo (*Brassica oleraceae* L) cultivado em sucessão ao milho (*Zea mays* L.). **Ciência Rural**, v. 34, p. 1739-1745, 2004
- PETROBRAS. **Petrobras decide hibernar fábricas de fertilizantes**, 2019. Disponível em:<http://www.investidorpetrobras.com.br/pt/comunicados-e-fatos_relevantes/petrobras-decide-hibernar-fabricas-de-fertilizantes> Acesso em 20 de fev. 2019.
- PETROBRAS. **Concluimos arrendamento das fábricas de fertilizantes da Bahia e de Sergipe**, 2020. Disponível em:<[http:// Petrobras.com.br/fatos-e-dados/concluimos-arrendamento-das-fabricas-de-fertilizantes-da-bahia-e-de-sergipe](http://Petrobras.com.br/fatos-e-dados/concluimos-arrendamento-das-fabricas-de-fertilizantes-da-bahia-e-de-sergipe)> Acesso em 20 de fev. 2020.
- SANTOS, M. G.; SOUZA, E. G. F.; LEAL, Y. H.; ALVES, M. J. G.; MARTINS, B. N. M.; BARROS, A. P. J.; SILVEIRA, L. M. Análise econômica da adubação verde com flor-de-seda na cultura do rabanete no Sertão do Pajeú. **Revista de Horticultura Brasileira**, p. 3006-3013, 2012.
- SOCOLOW, R. H. Nitrogen management and the future of food: Lessons from the management of energy and carbon. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 96, n. 11, p. 6001-6008, 2002.

TRINSOUTROT, S. RECOUS, B. BENTZ, M. LINE` RES, D. CHE`NEBY, AND B. N. Biochemical Quality of Crop Residues and Carbon and Nitrogen Mineralization Kinetics under Nonlimiting Nitrogen Conditions. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, n. 3, p. 918, 2010.

VANCE, C. P. Update on the state of nitrogen and phosphorus nutrition symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. plant nutrition in a world of declining renewable resources. **Plant Physiology**, v. 127, p. 390–397, 2016.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo: Microbial biomass and C-CO₂ and mineral nitrogen production in paleudult soil cultivated under different management systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 35–42, 2014.

CAPÍTULO 1

REVISÃO DE LITERATURA

1. Adubação verde em culturas olerícolas

No cenário atual, onde a busca pela sustentabilidade é cada vez mais constante, a adubação verde com leguminosas é uma alternativa viável e relevante de aporte de nitrogênio na agricultura. Através do processo biológico de fixação biológica de N é possível obter N de forma eficiente, utilizando recursos locais, diminuindo assim, a necessidade de aporte externo.

O uso da adubação verde em culturas olerícolas tem se mostrado eficiente no aporte parcial de nitrogênio, gerando incremento na produção e diminuindo a necessidade de utilização de fertilizantes nitrogenados.

Os efeitos do adubo verde em pré-cultivo, associado a compostos orgânicos, com diferentes teores de N (0%, 1,5%, 2%, 2,5% e 3%), sobre o rendimento do repolho e milho verde orgânico foram avaliados em sucessão de cultivos por 3 anos. Constatou-se que, quando associada a compostos com 3% de N, a leguminosa em pré-cultivo proporcionou um incremento médio 19,2% na produtividade comercial do repolho e 4,5 % na de milho-verde (SOUZA; GUIMARÃES; FAVARATO 2015).

Em cultivo de batata, sob a incorporação de diferentes doses de *Crotalaria juncea* (100, 200 e 400 kg/ha), verificou-se incremento médio de até 24 % na produção comercial de batatas com a aplicação de adubação verde, sendo os melhores resultados obtidos nas doses 200 e 400 kg ha⁻¹ (MOHAMED et al., 2017).

Sarmento et al. (2019) avaliaram os efeitos de leguminosas incorporadas ao solo em pré-cultivo na produção de alface, utilizando os seguintes tratamentos: adubação mineral; crotalária (*Crotalaria juncea*); feijão caupi (*Vigna unguiculata*); feijão comum (*Phaseolus vulgaris*); labe-labe (*Dolichos lablab*); feijão guandu (*Cajanus cajan*) e plantas espontâneas. Os pré-cultivos de feijão caupi, feijão comum e feijão guandu proporcionaram rendimentos semelhantes aos obtidos com o uso de fertilizantes sintéticos.

Fitomassas frescas de diferentes espécies de adubo verde (feijão-de-porco; mucuna-cinza; sorgo e mistura de mucuna, feijão-de-porco e sorgo) aplicadas sobre a cultura do repolho, em cobertura, foram avaliadas quanto a eficiência de recuperação de N. Verificou-se uma eficiência de recuperação de N de 9, 16, 8 e 7 por cento, respectivamente, para a mucuna-cinza, feijão-de-porco, sorgo e mistura das fitomassas (M+FP+S) (ARAUJO et al., 2011).

Apesar de estudos com adubação verde demonstrarem potencial no aporte de quantidades significativas de N em sistemas de cultivos de hortaliças, esta prática ainda é pouco aplicada, possivelmente, devido à falta de informação. É importante avançar na compreensão

dos fatores que influenciam os processos envolvidos, visando maximizar resultados positivos. Tais avanços possibilitarão o aumento da propagação desta prática entre os produtores de hortaliças.

2. Decomposição e mineralização do N e sincronia da adubação verde e demanda das culturas.

Através da decomposição e mineralização do adubo verde ocorre a liberação de nutrientes para o agroecossistema (ESPINDOLA et al., 2005). Estudos estão sendo constantemente realizados na tentativa de compreender melhor os fatores que influenciam esses processos. Em situações de campo, a composição química do adubo, manejo adotado (época de corte, realização ou não de incorporação), condições edafoclimáticas e a microbiota do solo são os aspectos mais influentes (MATOS et al., 2008; VARGAS; SCHOLLES, 2014; AMLINGER et al., 2003).

Em relação a influência que a composição química da espécie de adubo verde exerce nos processos de decomposição, mineralização e imobilização de N, Trinsoutrot et al. (2010) avaliaram a mineralização de N de diferentes resíduos vegetais. Constatou-se que, teor de N e a relação C/N influenciam na dinâmica de liberação do nutriente. Os resíduos que possuíam relação C/N menor que 24 foram capazes de elevar a concentração de N no solo. Valores para relação C/N acima de 24 tendem a imobilização do nutriente na matéria orgânica (PARTEY; PREZIOSI; ROBSON, 2014). Além disso, teores de polifenóis e relação polifenóis/N mais baixos resultam em maiores taxas de mineralização (MATOS et al., 2008).

Por outro lado, espécies de plantas utilizadas na adubação verde que possuem relação C/N baixa e alta taxa de mineralização são mais susceptíveis às perdas de N no sistema, por processos como: lixiviação, volatilização, e desnitrificação (ARAUJO et al., 2011). Principalmente, quando não existe sincronia entre a liberação do nutriente e a demanda de absorção da cultura.

Sabe-se que, as características do solo podem exercer influência na intensidade dos processos de perdas de N no sistema solo-planta (CANTARELLA, 2007). Solos argilosos, em função da maior capacidade de armazenamento de água, são menos afetados pela lixiviação de NO_3^- em comparação aos solos de textura arenosa (BORTOLINI, 2000; CAMARGO et al., 1997). Além da textura, a forma de aplicação do N pode, também, interferir na dinâmica do

elemento, as perdas por volatilização de NH_3^+ podem ser amplificadas quando o nutriente é aplicado em superfície e em solos secos (BOUWMEESTER et al., 1985; DE RUIJTER; HUIJSMANS; RUTGERS, 2010; KISSEL et al., 2004).

O tempo de aplicação pode influenciar na magnitude do aporte de N no sistema. Diniz et al. (2007) avaliaram o efeito de diferentes épocas de aplicação da leguminosa *Mucuna cinza* (*Stizolobium cinerum*) sobre a produção e o crescimento de brócolis, com quatro datas de incorporação: 0, 15, 30 e 45 dias após o transplante. Os autores concluíram que os tratamentos referentes a incorporação do adubo verde aos 15, 30 e 45 dias após o transplante apresentaram respectivamente 91, 83 e 75 por cento da produção obtida quando o adubo foi incorporado no momento do transplante de mudas.

Por outro lado, Silva et al. (2017) avaliaram a produção de rabanete sob o efeito de diferentes quantidades de fitomassa de *Calotropis procera* (5,4, 8,8, 12,2 e 15,6 t ha⁻¹ em base seca), e diferentes épocas de incorporação do material vegetal no solo (0, 10, 20 e 30 dias antes do plantio). Os autores concluíram que, o maior rendimento de rabanete foi obtido na dose de 15,6 t ha⁻¹ e quando o adubo verde foi incorporado 20 dias antes do plantio.

Além do mais, estudos de Diniz et al. (2015) demonstraram que a quantidade de fitomassa utilizada na prática da adubação verde é, também, fator condicionante para os processos de decomposição do adubo e mineralização de N. Os autores avaliaram a decomposição e a mineralização de N em diferentes doses de *Crotalaria juncea*. Foi relatado que, o tempo necessário para decomposição de 50% da massa nas doses 3, 6 e 9 t ha⁻¹ foi 50, 102 e 119 dias respectivamente. Por outro lado, para a mineralização de N, observou-se tempo de meia-vida [$t_{1/2}$] de 9, 24 e 32 dias respectivamente.

Melhores respostas das culturas à adubação verde são obtidas quando se conhece a curva de absorção de nutrientes da cultura de interesse. A extração dos nutrientes do solo pelas plantas não ocorre na mesma intensidade durante seus vários estádios de crescimento. A curva de extração de nutrientes é crescente em função do tempo, tanto nas culturas de ciclo curto quanto nas perenes nos seus estádios de desenvolvimento (CARRIJO et al., 2004). Nos estádios iniciais, a absorção de nutrientes é menor, seguindo um período de acumulação logarítmica até a fase de estabilização.

De modo geral, as exigências nutricionais das hortaliças obedecem a ordem decrescente de macronutrientes (K>N>Ca>Mg>P=S) e micronutrientes (Fe>Mn>Zn>B>Cu>Mo), sendo a maior exigência das hortaliças em K do que N (FILGUEIRA, 2005).

Em suma, compreender os fatores que interferem na decomposição e mineralização da fitomassa da leguminosa e conhecer a curva de absorção de nutrientes da cultura principal contribui para otimizar os resultados da prática da adubação verde, de modo a aumentar a eficiência de recuperação do N e reduzir as perdas no sistema solo-planta. Uma vez que, para tanto, é imprescindível que haja sincronia entre a liberação de nutrientes e a demanda da cultura. Nesse sentido, estratégias devem ser experimentadas e sugeridas.

3. Efeito residual

Em um ciclo produtivo, parte do N proveniente da adubação verde será recuperado pela cultura de interesse, e outra parte poderá se perder do sistema por lixiviação, volatilização e outros processos. Contudo, o destino da maior parte do nutriente é o solo, sendo incorporado à sua matéria orgânica (ARAUJO et al., 2011; DINIZ et al., 2017; SILVA et al., 2006). Esse nitrogênio que permanece no sistema após o primeiro cultivo é chamado nitrogênio residual e tem potencial para suprir parcialmente a demanda em cultivos subsequentes, diminuindo assim, a necessidade da aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos.

O nitrogênio presente no solo, está majoritariamente em sua forma orgânica e, portanto, indisponível para as plantas. Contudo, dada a complexa dinâmica do N no sistema solo - planta - atmosfera, o elemento poderá ser mineralizado posteriormente. Matos et al. (2008), trabalhando com resíduos de quatro espécies de leguminosas (*A. pintoii*, *C. mucunoides*, *S. aterrimum* e *S. guianense*), reportaram que, as taxas de mineralização de N foram maiores na primeira semana, enquanto que, nas 5 semanas seguintes a imobilização foi o processo predominante, e apenas na sétima semana observou-se novamente saldo positivo de mineralização de N.

Há esquemas de sucessões de culturas que podem apresentar baixo aproveitamento do N residual. Avaliou-se, em um esquema de sucessão de cultivo milho - brócolis, o efeito residual dos adubos verdes *Crotalaria* e Milheto sobre a transferência de N para o cultivo do brócolis, aplicados, inicialmente, sobre a cultura do milho. Neste estudo, não foi detectado efeito residual dos adubos verdes (PERIN et al., 2004).

Todavia, muitos estudos relatam resultados positivos quanto ao efeito residual da adubação verde. Foi avaliada a eficiência do efeito residual da prática utilizando *Crotalaria juncea* no cultivo sequencial de brócolis e abobrinha. Os tratamentos consistiram de três doses

de adubo verde (3, 6 e 9 t ha⁻¹), cada dose acrescida de 12 t ha⁻¹ de composto orgânico. Concluiu-se que, o adubo verde forneceu 28,50% do N liberado para os brócolis e 16,22% para abobrinha, apresentando aproveitamento de 44,72% do total de nitrogênio liberado pela leguminosa no sistema (VARGAS et al., 2017).

Em outro estudo, avaliou-se a produção de rabanete sob o efeito residual da adubação verde com flor-de-seda, nas doses de 10, 25, 40 e 55 t ha⁻¹, aplicada em cultivo de beterraba e rúcula consorciadas. Verificou-se aumento crescente na produção do rabanete, acompanhando a quantidade de fitomassa do adubo verde empregada, atingindo valores máximos na dose 55 t ha⁻¹ (OLIVEIRA et al., 2016).

Diniz et al. (2017) avaliaram o efeito residual da adubação verde com *Crotalaria juncea*, aplicada sobre a cultura do brócolis, em um esquema de sucessão brócolis - abobrinha italiana - milho. Os autores constataram que houve efeito residual positivo para os cultivos em sucessão e que tal efeito foi potencializado pela aplicação de doses crescentes de *C. juncea*.

Esses resultados, demonstram o potencial do efeito residual da adubação verde sobre culturas olerícolas, principalmente, que por possuírem ciclo curto permitem aproveitamento superior de tal efeito.

4. Tremoço branco (*Lupinus albus*)

O tremoço branco (*Lupinus albus*) é uma espécie da família Fabaceae que apresenta elevadas quantidades de produção de fitomassa e eficiência na reciclagem de nutrientes, principalmente, o nitrogênio (BORKET et al., 2003).

Espécies da família Fabaceae podem formar associações simbióticas com bactérias fixadoras de N₂, e apresentam características como; baixa relação C/N e concentrações reduzidas de polifenóis e lignina. O que possibilita, o fornecimento de N e outros elementos para as culturas em sucessão (PERIN et al., 2004; COBO et al., 2002).

O tremoço branco é indicado para utilização em práticas como rotação de culturas e adubação verde. Favarato et al. (2016), avaliando o desenvolvimento da cultura do milho verde sob diferentes coberturas de solo, concluíram que o tremoço branco é eficiente em garantir crescimento e produtividade satisfatórios para a cultura.

No contexto da adubação verde em olerícolas, Souza et al. (2015) avaliaram o desenvolvimento do repolho submetido ao pré-cultivo de tremoço branco e *Crotalaria juncea*

e verificaram um incremento em torno de 19% na produtividade comercial da cultura quando cultivada sob o pré-cultivo das leguminosas.

5. Alface (*Lactuca sativa*)

É uma espécie originária do sul da Europa e Ásia ocidental (HENS; SUINAGA, 2009). Pertencente à família Asteraceae, tem porte herbáceo, possui caule diminuto que se prende as folhas, que são amplas e crescem em rosetas, em volta do caule, podendo ser lisa ou crespa e formar ou não “cabeça”, a coloração pode variar de tons de verde ~~ou~~ a roxo a depender do cultivar, possui sistema radicular superficial e ramificado (FILGUEIRA, 2008).

6. Conclusões e perspectivas

No cultivo de hortaliças são empregadas altas doses de fertilizantes nitrogenados sintéticos, o que gera preocupação com possíveis impactos ao ambiente. Além do que, este é um insumo de elevado custo e majoritariamente importado, o que prejudica a autonomia do sistema agrícola de olerícolas e eleva o custo de produção.

A agricultura, de modo geral, tem buscado alternativas que aliem produtividade e sustentabilidade. Para tanto, tem se intensificado a inserção de técnicas que priorizem processos biológicos que substituam a utilização de insumos industriais e diminuam a geração de impactos ambientais.

Neste cenário, alguns estudos avaliando a prática da adubação verde em hortaliças estão sendo conduzidos e publicados. Demonstrando assim, a viabilidade da técnica, e a eficiência no fornecimento total ou parcial de nitrogênio para o agroecossistema (FONTANÉTTI et al., 2006; SOUZA et al., 2015).

Para que haja um aproveitamento correto da prática é necessário que ocorra sincronia entre a disponibilidade de nutrientes e a demanda pela cultura de interesse (STUTE; POSNER, 1995).

As taxas de mineralização e imobilização do N provenientes dos adubos verdes controlam a disponibilidade destes no sistema. Esses processos são influenciados por uma série de fatores, dentre eles é muito importante atentar-se a espécie escolhida como adubo verde.

Diversos trabalhos comprovam a aplicabilidade do tremço branco para a prática, devido a capacidade de fixação biológica de nitrogênio e outras características, como: alta produção de fitomassa e baixa relação C/N. (BARRADAS et al., 2001; LÁZARO et al., 2013).

Outro aspecto ainda pouco explorado é o efeito residual promovido pela adubação verde. Ou seja, o efeito que persiste por mais de um cultivo consecutivo, e que abre a possibilidade de redução na utilização de fertilizantes nitrogenados sintéticos. (PERIN et al., 2004; SOUZA et al., 2015).

Neste contexto, se faz relevante a condução de estudos relacionados a adubação verde aplicada no cultivo de hortaliças com ênfase no efeito residual do N para cultivos subsequentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMLINGER, F.; GOTZ, B.; DREHER, P.; GESTZI, J. E WEISSTEINER, C. - Nitrogen in biowaste compost: dynamics of mobilization and availability- a review. **European Journal of Soil Biology**, v. 39, n. 3, p. 107-116, 2003.
- ARAÚJO, E. S.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; URQUIARCA, S.; BODDEY, R. M.; MARTELLETO, L. A. P.; ALVES, B. J. R. Recovery in the soil-plant system of nitrogen from green manure applied on cabbage crop. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 729-735, 2011.
- BARRADAS, C. A. A.; FREIRE, L.R.; ALMEIDA, D.L.; DE-POLLI, H. Comportamento de adubos verdes de inverno na região serrana fluminense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 12, p. 1461-1468, 2001.
- BORKERT, C. M.; GAUDÊNCIO, C. DE A.; PEREIRA, J. E.; PEREIRA, L. R.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n.1, p. 143-153, 2003.
- BORTOLINI, C. G. **Eficiência do método de adubação nitrogenada em pré-semeadura do milho implantado em semeadura direta após aveia preta**. 2000. 48f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.
- BOUWMEESTER, R. J. B.; VLEK, P. L. G.; STUMPE J. M. Effect of environmental factors on ammonia volatilization from a urea fertilized soil. **Soil Science Society of America Journal**. v. 49, p. 376- 381, 1985.
- CAMARGO, F. A. O.; GIANELLO, C.; VIDOR, C. Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. v. 21, n. 3, p. 575-579, 1997
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 375-470, 2007.
- CARRIJO, O. A.; SOUZA, R. B.; MAROUELLI, W. A.; ANDRADE, R. J. **Fertirrigação de hortaliças**. Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E), p. 1-13, 2004.
- COBO, J. G.; BARRIOS, E.; KASS, D. C. L.; THOMAS, R. J. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. **Plant and Soil**, v. 240, p. 331-342, 2002.
- DE RUIJTER, F. J.; HUIJSMANS, J. F. M.; RUTGERS, B. Ammonia volatilization from crop residues and frozen green manure crops. **Atmospheric Environment**, v. 44, n. 28, p. 3362-3368, 2010.
- DINIZ, E. R.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S. S.; PETERNELLI, L. A.; BARELA, T. P.; FREITAS, G. B. Green manure incorporation timing for organically grown broccoli. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 199-206, 2007.

DINIZ, E. R.; VARGAS, T. O.; PEREIRA, W. D.; GUEDES, A. F.; SANTOS, R. H. S.; PETERNELLI, L. A. Decomposição e mineralização do nitrogênio proveniente do adubo verde *Crotalaria juncea*. **Científica**, v. 42, n. 1, p. 51, 2015.

DINIZ, E. R. VARGAS, V.O.; GUEDES, A.F.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA,S.; MODOLO, A.F. Doses of *Crotalaria juncea*: Residual effect on zucchini and maize crop in sequence to broccoli. **Revista Ceres**, v. 64, n. 6, p. 600–606, 2017.

ESPINDOLA, J. A. A. GUERRA, J. G. M. DE-POLLI, H. ALMEIDA, D. L.; ABOUD, A. C. S. **Adubação Verde Com Leguminosas**. In: Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 49, 2005.

FAVARATO, L. F.; SOUZA, J. L.; GALVÃO, J. C. C.; SOUZA, C. M.; GUARCONI, R. C.; BALBINO, J. M. S. Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico. **Bragantia**, v. 75, n. 4, p. 497–506, 2016.

FILGUEIRA, F. A R. **Novo Manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, p. 402, 2005.

FONTANÉTTI, A. CARVALHO, G.J.; GOMES, L.A.A.; ALMEIDA, K.; MORAES, S.R.G.; TEIXEIRA, C.M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 146–150, 2006.

FRIGHETTO, R.T.S.; VALARINI, P.J. Coords. **Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo: manual técnico**. Jaguariúna: Embrapa meio ambiente, 198 p., 2000.

HENZ, G.; SUINAGA, F. **Tipos de alface cultivados no Brasil**. 1º edição . ed. Brasília: [s.n.], 7 p, 2009.

KISSEL, D. E.; CABRERA, M. L.; VAIO, N.; CRAIG, J. R.; REMA, J. A.; MORRIS, L. A. Rainfall timing and ammonia loss from urea in a loblolly pine plantation. **Soil Science Society of America Journal**. v. 68, p. 1744–1750, 2004.

LÁZARO, R. L.; COSTA, A.C.T.; SILVA, K.F.; SARTO, M.V.M.; DUARTE, J.B.J. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 10–17, 2013.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Potafos, 1989.

MATOS, E. D. S.; MENDONÇA, E. S.; LIMA, P. C.; COELHO, M.S.; MATEUS, R. F.; CARDOSO, I. M. Green manure in coffee systems in the region of Zona da Mata, Minas Gerais: Characteristics and kinetics of carbon and nitrogen mineralization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 2027–2035, 2008.

MOHAMED, E. M.; WATTHIER, M.; ZANUNCIO, J. C.; SANTOS, R. H. S. Dry matter accumulation and potato productivity with green manure. **Idesia (Chile)**, v. 35, p. 79-86,2017.

OLIVEIRA, A. K.; LIMA, J. S. S.; BEZERRA, A. M. A.; RODRIGUES, G. S. O.; MEDEIROS, M. L. S. Produção de rabanete sob o efeito residual da adubação verde no

consórcio de beterraba e rúcula. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 3, p. 98, 2016.

PARTEY, S.; PREZIOSI, R.; ROBSON, G. Improving maize residue use in soil fertility restoration by mixing with residues of low C-to-N ratio: effects on C and N mineralization and soil microbial biomass. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 14, p. 0–0, 2014.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECOM, P. R. Efeito residual da adubação verde no rendimento de brócolo (*Brassica oleraceae* L.) cultivado em sucessão ao milho (*Zea mays* L.). **Ciência Rural**, v. 34, p. 1739-1745, 2004.

SARMENTO, J. A.; SANTOS, J.F.; COSTA, C.C.; BOMFIM, M.P. Performance agrônômica da alface submetida à adubação verde com diferentes espécies leguminosas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v. 23, n. 2, p. 114–118, 2019.

SILVA, A. F. A.; SOUZA, E. G. F.; BARROS, A. P. J.; BEZERRA, F. N.; SILVEIRA, L. M. Desempenho agrônômico do rabanete adubado com *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. em duas épocas de cultivo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 328–336, 2017.

SOUZA, J. L.; GUIMARÃES, G. P.; FAVARATO, L. F. Desenvolvimento de hortaliças e atributos do solo com adubação verde e compostos orgânicos sob níveis de N. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 19–26, 2015.

STUTE, J.K.; POSNER, J.L. Synchrony between legume nitrogen release and corn demand in the upper Midwest. **Agronomy Journal**, v.87, p.1063-1069, 1995.

TRINSOUTROT, S. RECOUS, B. BENTZ, M. LINE` RES, D. CHE`NEBY, AND B. N. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under nonlimiting nitrogen conditions. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, n. 3, p. 918, 2010.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo: Microbial biomass and C-CO₂ and mineral nitrogen production in paleudult soil cultivated under different management systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 35–42, 2014.

VARGAS, T. O.; DINIZ, E. R.; PACHECO, A. L. V.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S. Green manure-15N absorbed by broccoli and zucchini in sequential cropping. **Scientia Horticulturae**, v. 214, p. 209–213, 2017.

CAPÍTULO 2

EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO VERDE COM DIFERENTES PERÍODOS DE POUSIO SOBRE CULTIVOS SUCESSIVOS DE ALFACE

RESUMO

FERREIRA, Rebeca Lorena Costa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2021. **Efeito residual da adubação verde com diferentes períodos de pousio sobre cultivos sucessivos de alface.** Orientador: Ricardo Henrique Silva Santos. Coorientador: Maicon Nardino

A adubação verde se configura como uma alternativa com potencial para suprir total ou parcialmente a demanda de N na produção agrícola. Seu efeito pode perdurar por mais de um ciclo produtivo. Nesse contexto, o presente estudo teve o objetivo de avaliar o efeito da adubação verde com tremoço branco (*Lupinus albus*), após diferentes períodos de pousio, em cultivos sucessivos de alface (*Lactuca sativa*). Para tanto, foram realizados três cultivos sucessivos de alface após a incorporação do tremoço branco, na dose de 7 t ha⁻¹ de matéria seca, com diferentes períodos de pousio (0, 30 e 60 dias). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas no tempo. Os períodos de pousio constituíram a parcela e os cultivos sucessivos constituíram a sub-parcelas. Foram avaliadas as características: matéria fresca, matéria seca, peso comercial, número de folhas, teor de N e altura de plantas na cultura da alface. A análise de variância foi realizada e aplicados os testes de comparação de médias; o teste Dunnett foi utilizado para comparar a testemunha com os demais tratamentos e para comparação entre os cultivos foi utilizado o teste de Tukey. Em todas as análises considerou-se $p = 0,05$. Temperaturas elevadas durante o segundo cultivo de alface reduziram a produção da cultura. A adubação verde com tremoço branco aumenta a produção no cultivo de alface em sucessão, por pelo menos um ciclo subsequente. Sugere-se, que o período de pousio de 60 dias, promove maior sincronia entre a mineralização do N proveniente do tremoço branco e a demanda de absorção da cultura de alface.

ABSTRACT

FERREIRA, Rebeca Lorena Costa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2021.
Residual effect of green manure with different fallow periods on successive lettuce crops.
Adviser: Ricardo Henrique Silva Santos. Co-adviser : Maicon Nardino

Green manure is an alternative with the potential to fully or partially supply the N demand in agricultural production. Its effects can last for more than one subsequent production cycle. In this context, the present study aimed to evaluate the effect of green manuring with white lupine (*Lupinus albus*), after different fallow periods, in successive lettuce (*Lactuca sativa*) crops. Therefore, three successive lettuce cultures were carried out after incorporation of white lupine, at a dose of 7 t ha⁻¹ of dry matter, with three different fallow periods (0, 30 and 60 days). The experimental design was in randomized blocks in a split-plot scheme in time. The fallow periods constituted the plot and the successive crops constituted the sub-plots. The following characteristics were evaluated: Fresh matter, dry matter, commercial weight, number of leaves, N content and plant height in the lettuce crop. Variance analysis was performed and the means comparison tests were applied; the Dunnett test was used to compare the control with the other treatments and the Tukey test was used to compare the cultures. In all analyses, $p = 0.05$ was considered. Elevated temperatures during the second lettuce cultivation reduced the crop yield. Green manure with white lupine increases yield in successive lettuce cultivation for at least one subsequent cycle. It is suggested that the 60-day fallow period promotes greater synchrony between the mineralization of N from white lupine and the absorption demand of the lettuce crop.

1. INTRODUÇÃO

Além de uma das hortaliças folhosas mais consumidas no mundo, a alface é, também, fonte de vitaminas e minerais importantes (KIMURA et al., 2003). O seu cultivo tem expressiva relevância socioeconômica, sobretudo, para a agricultura familiar.

Para alcançar altas produtividades no plantio de alface um dos aspectos mais importantes a ser considerado é a nutrição de plantas. Nesse contexto, a adubação verde se apresenta como uma importante ferramenta de auxílio no fornecimento de nitrogênio através de processos biológicos, possibilitando, assim, a redução da utilização de fertilizantes nitrogenados sintéticos (SOUZA; GUIMARÃES; FAVARATO 2015; MOHAMED et al., 2017).

O nitrogênio proveniente do adubo verde está, inicialmente, em sua forma orgânica e, portanto, indisponível para as plantas. É através dos processos de decomposição da fitomassa e mineralização do N que o nutriente é disponibilizado para a absorção das culturas. Tais processos são influenciados por uma série de fatores, sendo, a composição bioquímica da espécie de adubo verde utilizada e as condições edafoclimáticas, os mais relevantes (TRINSOTROT et al., 2010; ARAUJO et al., 2011). O nutriente pode, ainda, ser disponibilizado ao sistema de produção por mais de um ciclo produtivo. Parte do N que não é absorvido pela cultura de interesse pode se perder por volatilização de N_2O e NH_3^+ e/ou lixiviação de NO_3^- . Contudo, a maior fração é imobilizada na matéria orgânica do solo, que pode ser remineralizada posteriormente, disponibilizando N a médio/longo prazo (ACOSTA et al., 2014; DE RUIJTER; HUIJSMANS; RUTGERS, 2010; DELGADO, 2002; DINIZ et al., 2017).

Estudos atestam o efeito residual proporcionado pela adubação verde. Vargas et al., (2017) avaliaram eficiência do efeito residual da adubação verde utilizando *Crotalaria juncea* no cultivo sequencial de brócolis e abobrinha. Foi relatado que o brócolis absorveu 28,50% e a abobrinha 17,22% do N proveniente do adubo verde. Perin et al.(2004) relataram que o brócolis, quando cultivado sob efeito residual de crotalária em pré-plantio na cultura do milho, apresenta teor e acúmulo de nitrogênio superiores nas folhas e inflorescências quando comparado ao cultivo sem adubação verde.

A alface apresenta baixo aproveitamento do nitrogênio aplicado em um cultivo. A quantidade total do nutriente exportado pela cultura é inferior quando comparada a sua recomendação de aplicação, que chega a 150 kg ha^{-1} no estado de Minas Gerais (FONTES,

1999). Aquino et al. (2007) verificaram que, com a aplicação de 150 kg ha^{-1} de N, o total exportado pela parte aérea foi de $68,9 \text{ kg ha}^{-1}$.

A expressiva diferença entre o total aplicado e o exportado indica que grande parte do nutriente se mante no solo, susceptível a perdas por processos como a lixiviação, volatilização e desnitrificação. Para atenuar as perdas do nutriente no sistema solo - planta uma alternativa é a utilização de fontes de N que apresentem dinâmica mais complexa, permitindo prolongar a disponibilidade do nutriente no solo.

Vargas et al. (2011) verificou que a adubação verde possibilitou aproveitamento do N por períodos mais longos quando comparada a adubação com o fertilizante inorgânico. Os autores estudaram os efeitos de duas leguminosas (Crotalária e feijão de porco) sobre a produtividade do repolho em dois cultivos consecutivos. No segundo cultivo as plantas que haviam sido submetidas a adubação verde aprestaram resultados superiores as que receberam exclusivamente adubação mineral, demonstrando assim, o potencial da adubação verde em cultivos subsequentes.

Dentre as leguminosas utilizadas como adubo verde, o tremoço branco apresenta altos teores de N, baixa relação C/N, além de alta produção de fitomassa. Portanto, a espécie é indicada para a prática da adubação verde e apresenta potencial de aportar N para o sistema de produção (BORKET et al., 2003; COBO et al., 2002).

Estudos com enfoque na adubação verde em hortaliças, considerando um possível efeito residual, ainda são escassos. Neste cenário, este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito da adubação verde, utilizando tremoço branco (*Lupinus albus* L.) em cultivos sucessivos de alface (*Lactuca sativa* L.) após diferentes períodos de pousio.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Aspectos Gerais

O experimento foi constituído de três cultivos consecutivos de alface após a incorporação do adubo verde com diferentes períodos de pousio (Figura 1).

A fitomassa do tremçoço branco, espécie utilizada como adubo verde, foi fragmentada em partes de 5 cm e incorporada ao solo, na profundidade de 20 cm, na dose única de 7 t ha⁻¹ de matéria seca nos dias 0, 30 e 60 antes do primeiro cultivo de alface. Foi realizada também, no primeiro cultivo, adubação de plantio e cobertura com P e K, sendo utilizado em todos os tratamentos a dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50 kg ha⁻¹ de K₂O. Em seguida foram realizados mais dois cultivos sucessivos de alface na mesma área sem a aplicação de nenhum tipo de fertilizante ou corretivo no solo.

O ciclo da cultura da alface foi de 38 dias nos 3 cultivos, que foram realizados entre os períodos: (12/11/19 a 19/12/19), (07/01/20 a 13/02/20) e (27/02/20 a 05/04/20) que correspondem ao primeiro, segundo e terceiro cultivo respectivamente.

Foi adotado o delineamento em blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições. Os períodos de pousio constituíram a parcela e os cultivos sucessivos constituíram a sub-parcela. Os períodos de pousio são definidos pelo período entre a aplicação da leguminosa no solo e o transplante das mudas de alface e as testemunhas se configuram pela não incorporação do adubo verde em pré-plantio. Por tanto, os tratamentos foram então: 1º cultivo com ausência de pousio (C1P0), 2º cultivo na ausência de pousio (C2P0), 3º cultivo na ausência de pousio 0 (C3P0), 1º cultivo no pousio de 30 dias (C1P30), 2º cultivo no pousio de 30 dias (C2P30), 3º cultivo no pousio de 30 dias (C3P30), 1º cultivo no pousio de 60 dias (C1P60), 2º cultivo no pousio de 60 dias (C2P60), 3º cultivo no pousio de 60 dias (C3P60), Testemunha no 1º cultivo (C1TES), Testemunha no 2º cultivo (C2TES) e Testemunha no 3º cultivo (C3TES).

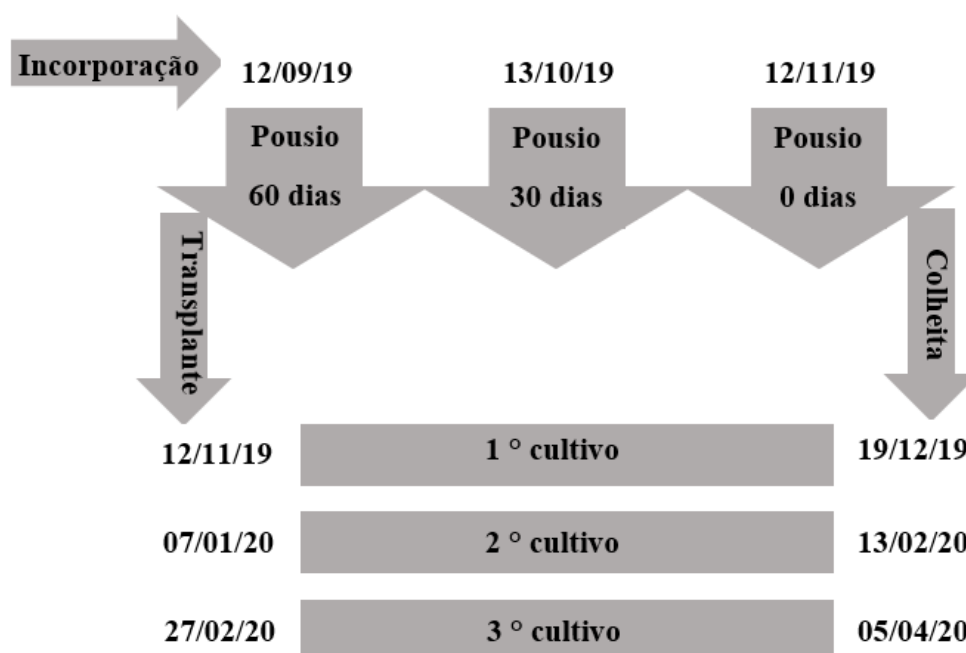


Figura 1. Esquema demonstrativo da sequência experimental, constando as datas de: incorporação do tremoço branco, transplante e colheita da alface nos três cultivos.

2.2 Adubo verde

A produção do tremoço branco se deu antes da implantação do experimento e em local adjacente, na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão Velha, pertencente ao Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa, localizada na cidade de Viçosa-MG. A semeadura se deu sob sistema de plantio direto sobre a palhada da vegetação espontânea, realizada de forma mecânica, sendo, o espaçamento entrelinhas 0,5m, utilizando 10 sementes por metro linear. A irrigação foi conduzida em sistema de aspersão, empregando a frequência de duas vezes na semana.

A localização geográfica da área é de 20°45'S e 42°51'O, altitude de 651 metros. O solo da área experimental é caracterizado como Cambissolo Hiostico (EMBRAPA, 1999). A leguminosa esteve plantada no campo no período que compreende parte do inverno e da primavera. O plantio foi realizado dia 17/06/19 e a colheita 05/09/19, aos 81 dias. A colheita foi realizada após o florescimento, com o corte rente ao solo. Em seguida a fitomassa fresca foi levada para a estufa, após secada foi armazenada até o momento da adubação.

2.2.1 Avaliações bioquímicas

Para realização das avaliações bioquímicas as amostras foram secadas em estufa de ventilação forçada a 65 °C e moídas com auxílio de moinho do tipo Willey. Em triplicata, o teor de N- total foi determinado através do método Kjeldahl (TEDESCO, 1995). Os teores de celulose, hemicelulose e lignina foram determinados através de fibra insolúvel em detergente ácido e detergente neutro a partir do material vegetal por ebulição com solução de ácido sulfúrico do brometo de cetiltrimetilamônio (VAN SOEST, 1994). Em triplicata, os polifenóis foram extraídos com metanol 50% e determinados por colorimetria utilizando o reagente Folin-Denis (FRIGHETTO; VALARINI, 2000). As características químicas da matéria seca do tremoço branco estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Teores de nitrogênio, celulose, hemicelulose, lignina e polifenóis da espécie tremoço branco

N	Cel	Hem	Lig	Pol	Lig/N	Pol/N	(Lig+Pol)/N
%							
2,5	28,2	14,6	9,6	2,06	3,8	0,8	4,7

N = Nitrogênio total; Cel= celulose; Hem = hemicelulose; Lig= lignina; Pol = polifenóis.

Para determinação do teor de N na planta efetuou-se a separação entre folha e caule, mantendo o pecíolo junto a folha e, paralelamente, foi realizada estimativa da proporção de cada um na fitomassa produzida. Na **Tabela 2** tem-se a estimativa do total de N incorporado ao solo com base nos teores de N contidos nos tecidos da planta (TEDESCO, 1995).

Tabela 2. Teor de N e estimativa do total de N contido em 7 toneladas de matéria seca de tremoço branco com base em determinações nas partes da planta

Tecidos	Teor de N (%)	Proporção na planta (%)	Estimativa em 7 t matéria seca (kg)	Acúmulo de N (kg)
Caule	1,70	67,32	4712,4	80,11
Folha com pecíolo	4,24	32,68	2287,6	97,01
Total				177,16

2.3 Localização e implantação do experimento

O experimento foi conduzido no campo, durante os meses de novembro de 2019 a abril de 2020, na Universidade Federal de Viçosa, no Vale da Agronomia, pertencente ao Departamento de Agronomia, localizada a 20°45'S e 42°55'O, altitude de 650 metros. O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação Koppen, isto é, clima subtropical de inverno seco e verão

quente, a temperatura média anual é de 19 °C com precipitação média anual de aproximadamente 1300 mm. Os dados meteorológicos (temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima, umidade relativa e precipitação) relativos ao período do experimento estão representados nas figuras 1 e 2.

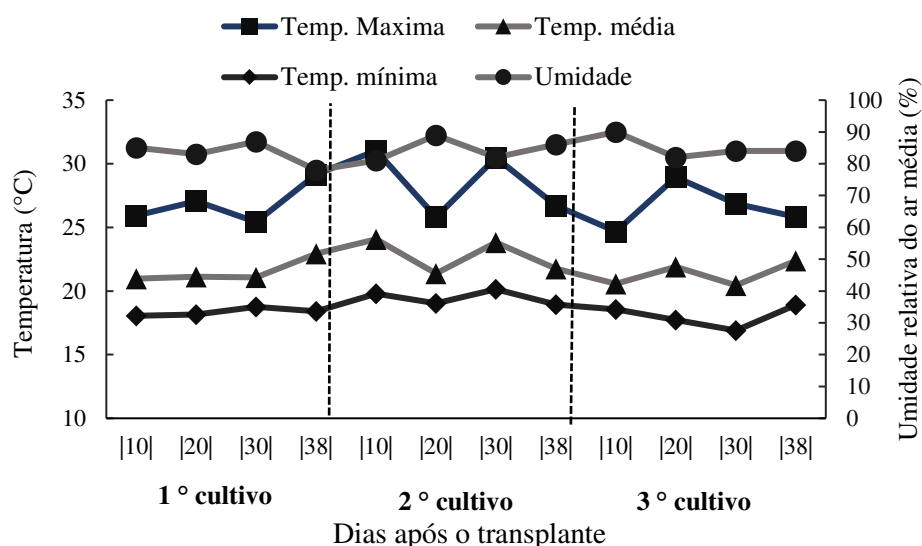


Figura 2. Médias em decêndios de umidade relativa do ar e temperaturas (máxima, média e mínima) durante o período referente aos três cultivos sucessivos da alface. Fonte: Instituto Nacional de meteorologia, Viçosa MG, 2019-2020.

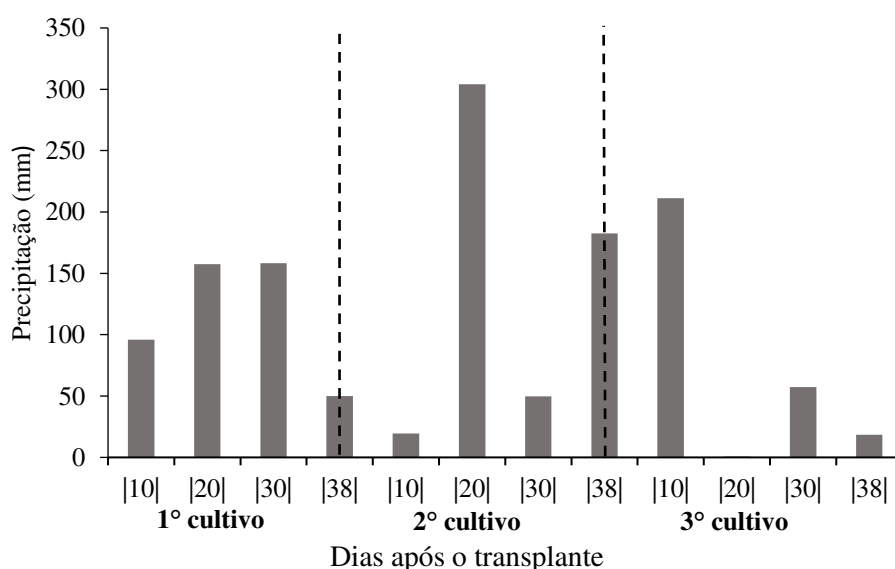


Figura 3. Soma em decêndio da precipitação total, durante o período referente aos três cultivos sucessivos da cultura da alface. Fonte: Instituto Nacional de meteorologia, Viçosa MG, 2019-2020.

Foi utilizada o cultivar de alface ‘Vanda’, que é do tipo crespa e possui tolerância a temperaturas elevadas. Durante o experimento houve uma variação grande de temperatura entre os cultivos, sobretudo, quando se considera os dez primeiros dias após o transplante (Figura 3).

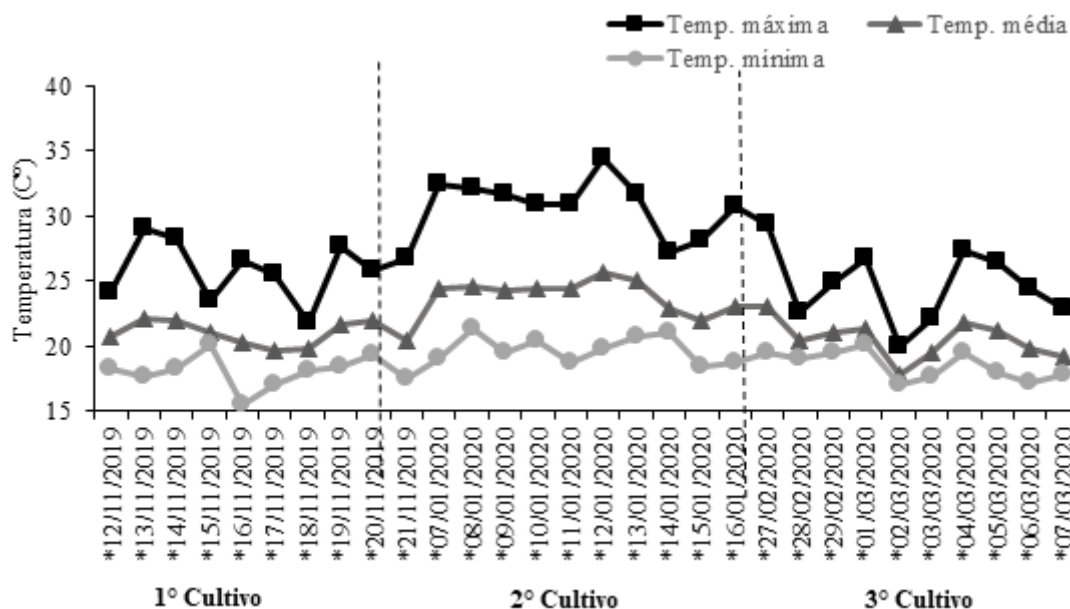


Figura 4. Médias diárias de temperaturas (máxima, média e mínima) durante o período referente aos dez primeiros dias após o transplante dos três cultivos sucessivos da alface. Fonte: Instituto Nacional de meteorologia, Viçosa MG, 2019-2020

As mudas de alface foram produzidas em substrato comercial e o transplante para local definitivo se deu aos 30 dias. O espaçamento utilizado foi de 30 x 30 cm, sendo as dimensões da parcela experimental 1 x 1,20 m, com um total de 15 plantas por parcela, dentre as quais, as 9 plantas centrais foram definidas como pertencentes a área útil e as demais como bordadura.

Antes da implantação do ensaio foram coletadas amostras para realização da análise química e física do solo (Tabela 3), e de acordo com Fontes (1999) foi definida a adubação de plantio e cobertura para primeiro cultivo de alface. Aplicou-se em todos os tratamentos a dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50 kg ha⁻¹ de K₂O, cujas fontes utilizadas foram cloreto de potássio e superfosfato simples. A adubação potássica foi parcelada em quatro vezes, 10 kg ha⁻¹ no transplante e 10, 15 e 15 kg ha⁻¹ aplicados respectivamente nos dias 10, 20 e 30 após o transplante.

Tabela 3. Características físicas e químicas do solo antes da implantação do experimento

Experimento

Características químicas									
Profundidade	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	(t)	(T)
(cm)	mg/ dm ³		cml./ dm ³						
0-20	65,34	190	3,98	0,95	0,0	1,98	5,42	5,42	7,40
Profundidade	pH	V	m	MO					
(cm)	H ₂ O	%		dag kg					
0-20	6,5	73,2	0,0	2,28					
Características físicas									
Argila	Silte	Areia		Classe textural					
%									
40	18	42		Franco argilosa					

pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5; P - K - Extrator Mehlich 1; Ca - Mg - Al - Extrator: KCl - 1 mol/L; H + Al, extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0; CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V = Índice de Saturação de Bases; m = Índice de Saturação de Alumínio; Mat. Org. (MO) = C.Org x 1,724 - Walkley-Black; P-rem = Fósforo Remanescente.

2.4 Condução do experimento e tratos culturais

O preparo do solo incluiu aração, gradagem e levantamento dos canteiros. Cada canteiro possuía as dimensões de 1 m de largura, 5 m de comprimento e 0,2 m de altura. Para irrigação, foi instalado um sistema de irrigação por microaspersão. O controle de plantas daninhas se deu de forma manual.

2.5 Avaliações

Em cada parcela foram tomadas 9 plantas centrais para determinação das seguintes características:

- Matéria fresca da parte aérea (g/planta): Após a colheita as plantas foram higienizadas, com água corrente, para remoção da sujidade do campo e deixadas para secar em papel absorvente por alguns minutos. Posteriormente, foi realizada a aferição da matéria fresca com auxílio de uma balança de precisão.
- Matéria seca da parte aérea (g/planta): As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e secadas em estufa de ventilação forçada a 65 °C até atingirem

massa constante. Posteriormente, foi realizada a aferição com auxílio de uma balança analítica.

- Número de folhas: Foram contabilizadas as folhas acima de 5 cm de comprimento.
- Peso comercial (g/planta): Foram retiradas as folhas das plantas que apresentavam injúrias e, portanto, impróprias para comercialização. Posteriormente, foi realizada a aferição com auxílio de uma balança de precisão.
- Altura da planta (cm): Aferida no momento da colheita, com auxílio de uma régua graduada em centímetros, sendo considerada apenas a parte aérea da planta.
- Teor de N-total (g/kg): Para obtenção de uma amostra composta, foi coletada uma folha recém-madura de cada planta da parcela. As folhas foram lavadas com água destilada e em seguida acondicionadas em sacos de papel e secadas em estufa com circulação forçada de ar em torno de 65-70 °C até atingirem massa constante. Em seguida foram moídas em moinho tipo Willey. Posteriormente, foi realizada a determinação do teor de N, com digestão sulfúrica, pelo método Kjeldahl (TEDESCO, 1995).

2.6 Análise estatística

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas no tempo, onde, períodos de pousio constituíram as parcelas e os cultivos sucessivos constituíram as sub-parcelas, com quatro repetições.

A análise de variância foi realizada e quando necessário foram aplicados testes de comparação de médias. O teste de Dunnett foi utilizado para comparar a testemunha com os demais tratamentos e para comparação entre os cultivos foi utilizado o teste de Tukey. Em todas as análises considerou-se $p = 0,05$.

3. RESULTADOS

O resumo da análise variância dos dados de matéria fresca - MF, matéria seca - MS, altura, número de folhas - NF, peso comercial - PC e teor de N - TN. Houve efeito da interação cultivo vs. pousio somente sobre a variável matéria Seca. Houve efeito do cultivo sobre todas as variáveis. O pousio influenciou todas as variáveis com exceção de Altura de plantas (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância da matéria fresca - MF, matéria seca - MS, altura - ALT, número de folhas - NF, peso comercial - PC e teor de nitrogênio - TN avaliados em três cultivos sucessivos de alface sob efeito residual de adubação verde com tremoço branco após três períodos de pousio.

FV	GL						
		MF	MS	ALT	NF	PC	TN
Bloco	3	10640,3	12,56	22,42	13,09	7144,15	4,64
Pousio (P)	3	12441.13*	39,69*	6,51 ^{ns}	22,41*	8477.83*	21,16*
Resíduo (A)	9	613,67	3,21	1,99	1,91	894,04	4,4
Cultivos (C)	2	200639,78**	602,94**	62,36**	332,24**	163609,10**	705,18**
P*C	6	1108,52 ^{ns}	8,36*	0,88 ^{ns}	2,42 ^{ns}	429,82 ^{ns}	4,4 ^{ns}
Resíduo (B)	24	2003,65	3,15	3,41	1,91	1329,41	3,59
Total	47						
CV (%)		20,58	14,41	10,97	8,31	18,67	6,79

** e * = significativo, respectivamente, a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F; ns= não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

3.1 Comparações de períodos de pousio e cultivos com as testemunhas

Na comparação dos tratamentos com aplicação de tremoço branco em diferentes períodos de pousio e a testemunha (ausência de adubação verde), apenas o primeiro cultivo apresentou diferença. Nos dois cultivos sequenciais sob efeito residual não foi constatada diferença significativa, com exceção da variável número de folhas, que apresentou superioridade com o pousio de 60 dias (Tabela 5).

No primeiro cultivo todos os tratamentos com incorporação do adubo verde, independente do período de pousio, resultaram em maior acúmulo de matéria fresca e matéria seca quando comparados à testemunha. Por outro lado, para as variáveis número de folhas, peso comercial e teor de nitrogênio somente o pousio de 60 dias resultou em plantas de alface com médias superiores que a respectiva testemunha. A altura das plantas não foi influenciada por nenhum tratamento quando esses foram comparados com a testemunha (Tabela 5).

Tabela 5. Médias de produção de matéria fresca (MF), matéria seca (MS), número de folhas (NF), peso comercial (PC), altura (ALT) e teor de nitrogênio (TN), de cabeça de alface em cada período de pousio (0, 30 e 60 dias)

	Tratamento	MF (g)	MS (g)	NF (n)	PC (g)	ALT (cm)	TN (g/kg)
1º cultivo	Testemunha	272	13,3	22,1	258	17,7	28,23
	0 dias	361 ⁺	20,4 ⁺	25,0 ^{ns}	317 ^{ns}	18,3 ^{ns}	31,43 ^{ns}
	30 dias	359 ⁺	19,7 ⁺	24,7 ^{ns}	314 ^{ns}	16,6 ^{ns}	31,33 ^{ns}
	60 dias	388 ⁺	20,0 ⁺	26,0 ⁺	342 ⁺	20,1 ^{ns}	32,38 ⁺
	DMS	83,965	3,923	3,584	74,883	3,717	4,356
2º cultivo	Testemunha	91	4,5	14,3	80	14,0	31,70
	0 dias	124 ^{ns}	5,9 ^{ns}	16,4 ^{ns}	108 ^{ns}	15,1 ^{ns}	32,63 ^{ns}
	30 dias	133 ^{ns}	6,6 ^{ns}	15,6 ^{ns}	111 ^{ns}	15,1 ^{ns}	34,28 ^{ns}
	60 dias	160 ^{ns}	7,3 ^{ns}	18,0 ⁺	148 ^{ns}	15,8 ^{ns}	32,38 ^{ns}
	DMS	83,965	3,923	3,584	74,883	3,717	4,356
3º cultivo	Testemunha	155	11,0	22	141	15,7	18,63
	0 dias	186 ^{ns}	12,4 ^{ns}	23,0 ^{ns}	167 ^{ns}	17,0 ^{ns}	21,43 ^{ns}
	30 dias	188 ^{ns}	12,3 ^{ns}	23,9 ^{ns}	173 ^{ns}	17,0 ^{ns}	20,38 ^{ns}
	60 dias	200 ^{ns}	13,3 ^{ns}	24,5 ^{ns}	183 ^{ns}	16,7 ^{ns}	20,93 ^{ns}
	DMS	83,965	3,923	3,584	74,883	3,717	4,356
CV (%)		20,56	14,41	8,31	18,67	10,97	6,79

Médias seguidas de (+) e (ns) foram superiores e similares respectivamente à testemunha a 5% de probabilidade pelo teste Dunnett.

3.2 Comparação entre cultivos

A variável acúmulo de matéria seca foi a única a apresentar efeito da interação períodos de pousio versus cultivo. Na tabela 6 estão representados os desdobramentos da interação. Em todos os períodos de pousio, o primeiro cultivo resultou em plantas com médias superiores que o terceiro que também foi superior ao segundo cultivo

Tabela 6. Comparação de médias do acúmulo de matéria seca (MS) por planta nos 3 cultivos sequenciais (1, 2 e 3) em cada período de pousio.

Pousio	Cultivo	MS (g/planta)
0 dias	1	20,4 a
0 dias	2	5,9 c
0 dias	3	12,5 b
30 dias	1	19,7 a
30 dias	2	6,6 c
30 dias	3	13,4 b
60 dias	1	20,0 a
60 dias	2	7,4 c
60 dias	3	13,3 b
Testemunha	1	13,3 a
Testemunha	2	4,6 b
Testemunha	3	11,0 a
CV %		14,41

Em cada período de pousio, médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%)

O primeiro cultivo de alface após incorporação do adubo verde resultou em maior produção de matéria fresca, altura de plantas, produção comercial do que os demais cultivos (Tabela 7), independente do período de pousio. O número de folhas, matéria fresca e peso comercial foram inferiores no segundo cultivo. (Tabela 7).

Tabela 7. Médias de matéria fresca (MF), número de folhas (NF), altura (ALT), peso comercial (PC) e teor de nitrogênio (TN) da parte aérea das plantas de alface nos 3 cultivos sequenciais (1, 2 e 3).

Cultivo	MF (g/planta)	NF	ALT (cm)	PC (g/planta)	TN (g/kg)
1	342,75a	24,53a	18,91a	307,83a	30,64a
2	127,50c	16,09b	14,98b	112,03c	32,74a
3	182,50b	23,28a	16,59b	166,07b	20,34b
CV (%)	18,51	1,96	7,70	16,09	4,75

Na coluna, médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

3.4 Comparação entre períodos de pousio

Embora houvesse efeito significativo do período de pousio com uma tendência a apresentar valores maiores no pousio de 60 dias sobre o acúmulo de matéria fresca, número de folhas e peso comercial em plantas de alface, não foi possível ajustar equação que representasse o fenômeno. As médias estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Médias de matéria fresca (MF), número de folhas (NF), peso comercial (PC), altura (ALT) e teor de nitrogênio (TN) em cada período de pousio nos 3 cultivos de alface.

Períodos de pousio	MF (g/pl)	NF	PC (g/pl)	ALT (cm)	TN (g/kg)
0 dias	224	21,4	197	16,8	28,49
30 dias	224	21,6	200	17,2	28,66
60 dias	250	22,7	224	17,5	28,59

4. DISCUSSÃO

4.1 Comparações de períodos de pousio e cultivos com as testemunhas

Apenas o primeiro cultivo apresentou diferenças entre os tratamentos com a incorporação prévia do adubo verde e a testemunha. Nos demais cultivos não houve efeito significativo sobre nenhuma variável analisada, com exceção de número de folhas, que apresentou diferença significativa no pousio de 60 dias no segundo cultivo. Contudo, a adubação com tremoço branco resultou em plantas de alface até 76% e 29% superiores em acúmulo de matéria fresca no segundo e terceiro cultivos, respectivamente. Portanto, estes resultados não possibilitam afirmar que o nitrogênio proveniente da adubação verde não foi disponibilizado para os cultivos sob efeito residual. É possível que este nitrogênio residual não tenha apresentado efeito nutricional suficiente para influenciar nas variáveis avaliadas.

A maior produção de matéria fresca e seca no primeiro cultivo com a aplicação da adubação verde, independente do período de pousio, pode ter ocorrido porque o tratamento sem pousio, possivelmente, se beneficiou da mineralização rápida das formas lábeis de N (AGEHARA; WAARNECKE, 2005). O pousio de 60 dias e o pousio de 30 dias, provavelmente, se beneficiaram da mineralização mais lenta das moléculas orgânicas de maior peso molecular, devido, provavelmente, à imobilização com posterior mineralização do nitrogênio (MARSCHOER et al., 2008).

Nas demais variáveis analisadas, com exceção da altura de plantas, ou seja: número de folhas, peso comercial e teor de N; a constatação da superioridade do pousio de 60 dias, no primeiro cultivo, sugere maior influência da sincronia entre a mineralização do N e a demanda de absorção da cultura.

Primeiramente, sabe-se que os principais fatores que exercem influência sobre o processo de mineralização de nutrientes provenientes dos adubos verdes são os relacionados às condições edafoclimáticas e à composição bioquímica do material vegetal. É muito provável que a composição da espécie de adubo verde escolhida tenha influenciado este resultado. A dinâmica de decomposição de resíduos vegetais, normalmente, apresenta uma fase inicial rápida, seguida de uma fase mais lenta (GIACOMINI et al., 2003; MARCOLINI, 2009).

O tremoço-branco, quando comparado a outras leguminosas, tende a apresentar uma menor constante de decomposição e um maior tempo de meia vida, tanto para matéria seca total quanto para o nitrogênio. Isto porquê, no caso da espécie, tais componentes estão

majoritariamente alocados no compartimento mais recalcitrante, que é mais dificilmente, como celulose e lignina (ARAGÃO, 2015; VIOLA et al., 2013). Isto se deve, em parte, pela presença maciça de colmos na fitomassa dessa leguminosa.

Muitos estudos avaliaram coeficientes de correlação entre características bioquímicas inerentes a fitomassa de adubos verdes e suas respectivas dinâmicas de decomposição e mineralização de nutrientes. Tais estudos demonstraram que além da relevância de propriedades como: tores de N e relação C/N, os coeficientes são bem elevados para outros parâmetros mais complexos como as relações: polifenóis/N e (lignina + polifenóis)/N (FOX et al., 1990; OLIVEIRA et al., 2008; PALM; SANCHEZ, 1991). A capacidade dos polifenóis de se ligar ao N e complexar proteínas, constitui um material recalcitrante, e de difícil decomposição (MAJUAKIM; KITAYAMA, 2013; MONTEIRO et al., 2002). A lignina é um polímero que compõe a parede celular vegetal, e forma uma barreira, dificultando a ação de microrganismos decompositores, e consequentemente reduz a velocidade da mineralização de N (AUSTIN & BALLARÉ, 2010).

Contudo, apesar da discutida e comprovada relevância, não existe, na literatura, um valor de referência consensual para tais parâmetros de maior complexidade. Isso se deve, em parte, a ausência de uma metodologia padrão para análise de extração de polifenóis (FOX et al., 1990; MAJUAKIM; KITAYAMA, 2013; MONTEIRO et al., 2005). Por outro lado, Palm e Sanchez, (1991) relatam que espécies de adubos verdes que apresentam razão polifenóis/N > 0,5, como é o caso do tremoço no presente estudo (polifenóis/N = 0,8), tendem a apresentar imobilização de nitrogênio nas primeiras semanas, seguida de uma baixa, porém, positiva mineralização. Ademais, estudos de Fox et al. (1990), sugerem que, materiais com relação (lignina + polifenóis)/N > 4,2, tendem, nas primeiras 6 semanas, a apresentar baixas taxas de mineralização de N.

Portanto, os resultados obtidos nesse estudo, indicam que a dinâmica do N, nessas circunstâncias, possibilitou maior sincronia entre os processos de mineralização do nutriente e absorção da cultura no pousio de 60 dias, permitindo, melhor aproveitamento da adubação verde pela cultura de alface. Corroborando com essa explicação, Oliveira et al. (2008) avaliaram o efeito de diferentes espécies de leguminosas sobre dois cultivos consecutivos de alface. Os autores relataram que a maioria das espécies avaliadas foram capazes de elevar a produção e os teores de nitrogênio da cultura nos dois cultivos realizados. A exceção foi o guandu, que promoveu aumento na produção e nos teores de N apenas no segundo cultivo, sugerindo uma imobilização inicial de N, com posterior mineralização. Apesar do guandu possuir baixa relação

C/N, e elevados teores de N, observou-se relação (polifenóis + lignina)/N = 4,7, mais elevada que nas outras espécies avaliadas, e valor igual aos achados do presente estudo, para a espécie tremoço branco (Tabela 4).

4.2. Comparação entre cultivos

A literatura aponta que, em condições ótimas de adubação, o cultivar Vanda atinge de 350 a 400 g/planta em matéria fresca (RESENDE, 2015; SOUSA et al., 2018; VIEIRA, 2016). No presente experimento, no primeiro cultivo, os tratamentos com aplicação de adubo verde apresentaram produção de matéria fresca na faixa indicada, e nos demais cultivos se observa valores inferiores. Isso demonstra que, a incorporação prévia do tremoço branco aportou N, em quantidades necessárias, para um cultivo de alface, porém, insuficiente para os cultivos adicionais, nas condições deste experimento.

O terceiro cultivo foi realizado sob o efeito residual dos dois anteriores, portanto, esperava-se que o seu desempenho fosse inferior, quando comparado aos outros dois. Contudo, o segundo cultivo apresentou médias inferiores em relação ao terceiro para as variáveis: matéria fresca, matéria seca, número de folhas e peso comercial. O fato, possivelmente, está relacionado com a resposta da cultura as condições edafoclimáticas.

A alface é uma cultura originalmente de clima ameno. Em temperaturas elevadas, as plantas tendem a mudar rapidamente do estágio vegetativo para o reprodutivo. A cultura inicia o pendoamento precocemente, sem desenvolver totalmente seu potencial de produção. Ocorre então, o acúmulo de látex nos tecidos, e a planta torna-se imprópria para o consumo (FILGUEIRA, 2005; RESENDE et al., 2015).

Contudo, com o avanço do melhoramento genético e o surgimento de cultivares resistentes, atualmente, é possível produzir a cultura em todas as regiões do país e durante todas as estações do ano (FIORINI et al., 2005). O cultivar escolhido para o presente experimento (Vanda) é considerado resistente à altas temperaturas. Estudos de Sousa et al., (2018) avaliaram 14 cultivares de alface do tipo crespa nas condições climáticas de Jataí- GO durante o verão. Os autores relataram que o cultivar Vanda está entre os 3 mais indicados nas condições avaliadas.

Todavia, a literatura aponta que embora o cultivar se adapte bem a elevadas temperaturas, sem indícios de pendoamento precoce, tais circunstâncias podem provocar

diminuição da taxa fotossintética ocasionando queda na produtividade, dado que a cultura não consegue exprimir todo seu potencial produtivo (KLUGE et al., 2015). Tal explicação é corroborada por Vieira (2016), que avaliou a produção de matéria fresca e seca do cultivar Vanda em diferentes ambientes e em duas épocas do ano (primavera e outono) no município de Viçosa- MG. Durante o cultivo de primavera as médias de temperatura máxima e mínima observadas foram superiores ao cultivo de outono, fato que refletiu na produção, ocasionando, queda de aproximadamente 27% do acúmulo de matéria fresca por planta.

O presente experimento foi conduzido no período que corresponde ao final da primavera e maior parte do verão. Cada cultivo permaneceu no campo por 38 dias, e neste caso, como a cultura possui um ciclo breve qualquer alteração brusca na temperatura, mesmo que por um período curto, pode influenciar no desenvolvimento da cultura.

Durante o segundo cultivo foram observadas temperaturas médias máximas e mínimas superiores às observadas no período correspondente ao primeiro ou terceiro cultivo. Sobretudo, quando se considera os 10 primeiros dias após o transplante, quando as máximas ultrapassam 30 °C, limite máximo tolerado pela cultura (RESENDE et al, 2015).

No segundo cultivo, observou-se em todos os tratamentos, médias de números de folhas bem inferior aos dois demais cultivos. Estes resultados estão em conformidade com os observados por Resende et al. (2015), que relatam diminuição no número de folhas com o aumento da temperatura, reforçando o efeito climático sobre o desempenho geral do segundo cultivo.

Segundo Trani e Raij (1997), o nível crítico para a concentração de nitrogênio na matéria seca da alface situa-se entre 30 a 50 g kg⁻¹. A adubação verde promoveu, no primeiro e no segundo cultivo, teores de N dentro da faixa indicada, enquanto que os demais tratamentos apresentaram valores abaixo do ideal.

O 2º cultivo apresentou médias de teores de N acima das apresentadas pelo 3º, embora este tenha sido superior para as variáveis de produção (matéria fresca e seca, número de folhas e peso comercial). A resposta das plantas aos estresses abióticos depende de muitos fatores, dentre eles, os intrínsecos a espécie em questão. Algumas espécies de plantas, quando submetidas a temperaturas elevadas, apresentam aumento na concentração de compostos nitrogenados, como amônia, aminoácidos livres, proteínas solúveis e insolúveis, (LIMA, 2009). Portô et al. (2012) avaliaram os teores de NO₃⁻ nas folhas da cultura da alface, submetida a temperaturas elevadas e com aplicação de doses crescentes de N. Concluiu-se que, a cultura não respondeu em produtividade à aplicação de N, contudo, ocorreu maior acúmulo de NO₃⁻ nas

folhas. A informação do estudo citado é importante, apesar do NO_3^- ser encontrado em pequenas concentrações nos tecidos vegetais e ser subestimado pelo método Kjeldahl, usado para aferir os teores de N no presente estudo. Por outro lado, Bordignon (2016) avaliou os teores totais de N em plantas de *Glycine max* submetidas a temperaturas elevadas e relatou que o estresse térmico provocou aumento significativo nos teores do nutriente nas folhas da planta.

Diante do exposto, sugere-se que a avaliação do efeito residual da adubação verde no segundo cultivo pode ter sido comprometida, visto que, no período em questão, a alface apresentou teores de N superiores ao nível crítico estabelecido para a cultura, não se configurando esse como um fator limitante. Possivelmente, os fatores edafoclimáticos exerceram influência negativa, consistindo este como o principal fator limitante para o desempenho da cultura no segundo cultivo.

4.3 Comparação entre períodos de pousio

Sob as condições experimentais submetidas não foi possível ajustar regressão para os períodos de pousio em nenhuma variável analisada. Contudo, considerando as médias dos três cultivos em cada período de pousio é possível observar que, o pousio de 60 dias apresenta tendência a apresentar valores superiores aos outros tratamentos.

Isso, possivelmente, aconteceu devido à dinâmica de liberação do N, que está relacionada a diversos fatores. Neste caso, a velocidade dos processos de decomposição da fitomassa e mineralização de nutrientes pode ter sido determinante. Segundo Viola et al. (2013), o tremço branco possui material majoritariamente recalcitrante e, sendo assim, tais processo, provavelmente, se deram de forma mais lenta, possibilitando assim, maior sincronia entre a liberação de N e a demanda de absorção da cultura no tratamento com pousio de 60 dias comparativamente aos outros dois períodos avaliados.

5. CONCLUSÕES

A adubação verde com tremoço branco aumenta a produção no cultivo de alface em sucessão, por pelo menos um ciclo subsequente.

Sugere-se, que o período de pousio de 60 dias, promove maior sincronia entre a mineralização do N proveniente do tremoço branco e a demanda de absorção da cultura de alface.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, J. A. A.; AMADO, T. J. C.; SILVA, L. S.; SANTI, A.; WEBER, M. A. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, p. 801–809, 2014.

AGEHARA S.; WARNCKE. Soil moisture and temperature effects on nitrogen release from organic nitrogen sources. **Soil Science Society Of America Journal**. J. 69(6):1844-1855, 2005.

AMLINGER, F.; GOTZ, B.; DREHER, P.; GESTZI, J. E WEISSTEINER, C. - Nitrogen in biowaste compost: dynamics of mobilization and availability- a review. **European Journal of Soil Biology**, v. 39, n. 3, p. 107-116, 2003.

ARAGÃO, J. I. O. **Plantas de cobertura e dinâmica do carbono orgânico no solo nas condições edafoclimáticas do recôncavo da Bahia**. 2015. 65f. Dissertação (Mestrado em solos e qualidade de ecossistemas) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas- BA, 2015

ARAUJO, E. S.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; URQUIARCA, S.; BODDEY, R. M.; MARTELLETO, L. A. P.; ALVES, B. J. R. - Recuperação no sistema solo-planta de nitrogênio derivado da adubação verde aplicada a cultura do repolho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 729–735, 2011.

AQUINO, L. A., PUIATTI, M., ABAURRE, M. E., CECON, P. R., PEREIRA, P. R., PEREIRA, F. H., & CASTRO, M. R. Produção de biomassa, acúmulo de nitrato, teores e exportação de macronutrientes da alface sob sombreamento. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 381–386, 2007.

AUSTIN, A. T.; BALLARÉ, C. L. Dual role of lignin in plant litter decomposition in terrestrial ecosystems. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 107, n. 10, p. 4618–4622, 2010.

BORDIGNON, L. **Efeitos do aumento da concentração de CO₂ atmosférico e da elevação da temperatura em plantas e suas interações biológicas**. 2016. 134 f. Tese (doutorado em Ecologia) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2016

BORKERT, C. M.; GAUDÊNCIO, C. DE A.; PEREIRA, J. E.; PEREIRA, L. R.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n.1, p. 143–153, 2003.

COBO, J. G.; BARRIOS, E.; KASS, D. C. L.; THOMAS, R. J. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. **Plant and Soil**, v. 240, p. 331-342, 2002

DE RUIJTER, F. J.; HUIJSMANS, J. F. M.; RUTGERS, B. Ammonia volatilization from crop residues and frozen green manure crops. **Atmospheric Environment**, v. 44, n. 28, p. 3362–3368, 2010

DELGADO, A. Quantifying the loss mechanisms of nitrogen. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 57, n. 6, p. 389–398, 2002

DIAMANTE, M. S.; SEABRA JÚNIOR, S.; INAGAKI, A. M.; SILVA, M. B.; DALLACORT, R. Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 133–140 2013.

DINIZ, E. R.; VARGAS, T. O.; PEREIRA, W. D.; GUEDES, A. F.; SANTOS, R. H. S.; PETERNELLI, L. A. Decomposição e mineralização do nitrogênio proveniente do adubo verde *Crotalaria juncea*. **Científica**, v. 42, n. 1, p. 51, 2015.

DINIZ, E. R. VARGAS, V.O.; GUEDES, A. F.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; MODOLO, A.F. Doses of *Crotalaria juncea*: Residual effect on zucchini and maize crop in sequence to broccoli. **Revista Ceres**, v. 64, n. 6, p. 600–606, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D. L.; ABBOUD, A. C. S. **Adubação Verde Com Leguminosas**. Brasília: EMBRAPA, 2005.

FILGUEIRA, F. A R. **Novo Manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2005.

FIORINI, C. V. A.; GOMES, L. A. A.; MALUF, W. R.; FIORINI, I. V. A.; DUARTE, R. P. F.; LICURSI, V. Avaliação de populações F2 de alface quanto à resistência aos nematóides das galhas e tolerância ao florescimento precoce. **Horticultura Brasileira**, v.23, n. 2, p. 299–302, 2005.

FONTES, P. C. R. Brócolos. In Ribeiro, A.C., Guimarães, P.T.G., Alvarez, V.H.V. (eds.), **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação. 5º aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

FOX, R. H.; MYERS, R. J. K.; VALLIS, I. The nitrogen mineralization rate of legume residues in soil as influenced by their polyphenol, lignin, and nitrogen contents. **Plant and Soil**, v. 129, n.2, p. 251–259, 1990.

FRIGHETTO, R. T. S; VALARINI, P. J. Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo: manual técnico. Jaguariúna: **Embrapa meio ambiente**, 198p, 2000.

FRINK, C. R.; WAGGONER, P. E.; AUSUBEL, J. H. Nitrogen fertilizer: Retrospect and prospect. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 96, n. 4, p. 1175–1180, 1999.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 325–334, 2003.

KIMURA, K., RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Carotenoid composition of hydroponicleafy

vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 2603–2607, 2003.

KLUGE, R. A., TEZOTTO-ULIANA, J. V., & DA SILVA, P. P. M. Physiological and environmental aspects of photosynthesis. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 56–73, 2015.

LIMA, C.S. **Mudanças na expressão de proteínas provocadas por estresses isolados e combinados de seca e temperatura elevada em folhas de cajueiro**. 2009. 76f. Dissertação (mestrado em Bioquímica) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2009.

MAJUAKIM, L.; KITAYAMA, K. Influence of polyphenols on soil nitrogen mineralization through the formation of bound protein in tropical montane forests of Mount Kinabalu, Borneo. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 57, p. 14–21, 2013

MARSCHNER, B.; BRODOWSKI, S.; DREVES, A.; GLEIXNER, G.; GUDE, A.; GROOTES, P.M.; HAMER, U.; HEIM, A.; JANDL, G. J. R.; KAISER, K.; KALBITZ, K.; KRAMER, C.; LEINWEBER, P.; RETHEMEYER, J.; SCHAFFER, A.; SCHMIDT, M.W.I.; SCHWARK, L.; WIESENBERG, G.L.B. How relevant is recalcitrance for the stabilization of organic matter in soils?. **Journal Of Plant Nutrition and Soil Science**. v. 171, n. 1, p. 91-110, 2008.

MARCOLINI, L. W. **Produção e decomposição de coberturas vegetais de inverno e sua influência na infestação e fitossociologia de plantas daninhas** 2009. 77p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2009.

MOHAMED, E. M.; WATTHIER, M.; ZANUNCIO, J. C.; SANTOS, R. H. S. Dry matter accumulation and potato productivity with green manure. **Idesia (Chile)**, v. 35, p. 79-86, 2017.

MONTEIRO, H. C. F.; CANTARUTTI, R. B.; NASCIMENTO JUNIOR, D. ; REGAZZI, A. J.; FONSECA, D. M. Dinâmica de decomposição e mineralização de nitrogênio em função da qualidade de resíduos de gramíneas e leguminosas forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p. 1092–1102, 2002.

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L.; AMORIM, E. L. C. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v. 28, n.5, p. 892–896, 2005.

OLIVEIRA, F. F.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L., ESPINDOLA, J. A. A.; RICCI, M. S.; CEDDIA, M. B. Avaliação de coberturas mortas em cultura de alface sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 216–220, 2008.

PALM, C. A.; SANCHEZ, P. A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 23, n. 1, p. 83–88, 1991.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Efeito residual da adubação verde no rendimento de brócolo (*Brassica oleraceae* L) cultivado em sucessão ao milho (*Zea mays* L.). **Ciência Rural**, 2004.

PÔRTO, M. L. A.; ALVES, J. DO C.; DE SOUZA, A. P.; ARAÚJO, R. C.; ARRUDA, J. A.; JÚNIOR, U. A. T. Doses de nitrogênio no acúmulo de nitrato e na produção da alface em

hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n.3, p. 539–543, 2012.

RESENDE, G.M.; YURI, J.E.; COSTA, N.D.; GOMES, A.S. Alfaca: Qual cultivar? **Embrapa semiárido**. p. 09 -11, 2015.

SANTOS, M. G.; SOUZA, E. G. F.; LEAL, Y. H.; ALVES, M. J. G.; MARTINS, B. N. M.; BARROS, A. P. J.; SILVEIRA, L. M. Análise econômica da adubação verde com Flor-de-seda na cultura do rabanete no Sertão do Pajeú. **Revista de Horticultura Brasileira**, v.9 p. 3006–3013, 2012.

SARMENTO, J. A.; SANTOS, J. F.; COSTA, C. C.; BOMFIM, M. P. Ambiental Agronomic performance of lettuce subjected to green manure with different leguminous species Performance agrônômica da alface submetida à adubação verde com diferentes espécies leguminosas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**. v. 23, n. 2, p. 114–118, 2019.

SOCOLOW, R. H. Nitrogen management and the future of food: Lessons from the management of energy and carbon. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 96, n. 11, p. 6001–6008, 2002.

SOUSA, V. S.; MOTA, J. H.; CARNEIRO, L. F.; YURI, J. E.; RESENDE, G. M. Desempenho de alfaces do grupo solta cresa cultivadas no verão em Jatai-GO. **Revista de Ciências Agrônômicas**. v. 27, p. 289-296, 2018.

SOUZA, J. L.; GUIMARÃES, G. P.; FAVARATO, L. F. Desenvolvimento de hortaliças e atributos do solo com adubação verde e compostos orgânicos sob níveis de N. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 19–26, 2015.

STUTE, J. K.; POSNER, J. L. Synchrony between legume nitrogen release and corn demand in the upper Midwest. **Agronomy Journal**, v.87, p.1063-1069, 1995.

TEDESCO, M. J.; C. GIANELLO, C. A.; BISSANI, H.; BOHNEN, S. J.; VOLKWEISS. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2nd ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.

TRANI, P. E.; RAIJ, B. Van. Hortaliças. In: RAIJ, B. Van. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p. 157-186. (Boletim técnico, n. 100), 1997.

TRINSOUTROT, S. RECOUS, B. BENTZ, M. LINE` RES, D. CHE`NEBY, B. N. Biochemical Quality of Crop Residues and Carbon and Nitrogen Mineralization Kinetics under Nonlimiting Nitrogen Conditions. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, n. 3, p. 918, 2010.

VANCE, C. P. Symbiotic Nitrogen Fixation and Phosphorus Acquisition. Plant Nutrition in a World of Declining Renewable Resources. **Plant Physiology**, v. 127, p. 390–397, 2016.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca. Cornell University Press, p. 476, 1994.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo: Microbial biomass

and C-CO₂ and mineral nitrogen production in paleudult soil cultivated under different management systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 35–42, 2014.

VARGAS, T. O.; DINIZ, E. R.; PACHECO, A. L. V.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S. Green manure-¹⁵N absorbed by broccoli and zucchini in sequential cropping. **Scientia Horticulturae**, v. 214, p. 209–213, 2017.

VIEIRA, J. C. B. **Desempenho de 4 cultivares de alface em diferentes ambientes e épocas de cultivo no município de Viçosa-MG**. 2016. 53f. Tese (doutorado em fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2016.

VIOLA, R.; BENIN, G.; CÉSAR CASSOL, L.; PINNOW, C.; FABER FLORES, M., BORNHOFEN, E. Adubação verde e nitrogenada na cultura do trigo em plantio direto. **Solos e Nutrição de Plantas**. v. 72, n.1, p. 90–100, 2013.