

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

MARCO TÚLIO MIRANDA SANTOS

**PARÂMETROS AGRONÔMICOS DE ALFACE CULTIVADA EM ASSOCIAÇÃO
COM ADUBAÇÃO VERDE AVALIADOS POR ÍNDICES DE VEGETAÇÃO**

**MONTE CARMELO
2022**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

MARCO TÚLIO MIRANDA SANTOS

**PARÂMETROS AGRONÔMICOS DE ALFACE CULTIVADA EM ASSOCIAÇÃO
COM ADUBAÇÃO VERDE AVALIADOS POR ÍNDICES DE VEGETAÇÃO**

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador (a): Profa. Dra. Ana Carolina Silva Siquieroli

**MONTE CARMELO
2022**

MARCO TÚLIO MIRANDA SANTOS

**PARÂMETROS AGRONÔMICOS DE ALFACE CULTIVADA EM ASSOCIAÇÃO
COM ADUBAÇÃO VERDE AVALIADOS POR ÍNDICES DE VEGETAÇÃO**

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 19 de agosto de 2022

Banca Examinadora

Profa. Dra. Ana Carolina Silva Siquieroli
Orientadora

Prof. Dr. Rodrigo Bezerra de Araujo Gallis
Membro da Banca

Eng. Agron. Lucas Medeiros Pereira
Membro da Banca

**MONTE CARMELO
2022**

Dedico

Aos meus pais, Sérgio e Ana Maria, pelo
grande esforço e dedicação para eu conseguir
chegar nesse momento.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela oportunidade de realizar a graduação conforme o curso que queria, além de me dar força, sabedoria e guiar meus passos durante todo processo.

Em seguida, aos meus pais Sérgio e Ana Maria, meu irmão Márcio e minha tia Celina que sempre esteve ao meu lado me apoiando, incentivando e dando força desde minha infância para conseguir prosseguir com meus sonhos.

Minha companheira e amiga Bianca por me incentivar e dar apoio durante a graduação.

À orientadora Dra. Ana Carolina Silva Siquieroli por me guiar durante a graduação e pelos seus ensinamentos, além de ser uma ótima profissional, procurou sempre me ajudar da melhor forma possível e pela sua paciência comigo.

Aos membros da banca que estava dispostos a me avaliar e fazer as correções necessárias.

Sou grato a meu amigo Gabriel, por participar e contribuir neste trabalho, além ser parceiro de outros trabalhos durante a graduação.

A todos professores que contribuíram com seus conhecimentos durante a graduação.

A todos amigos e colegas da graduação que contribuíram durante essa jornada.

A Universidade Federal de Uberlândia campus Monte Carmelo – MG, pelos ensinamentos de excelência com grandes profissionais.

SUMÁRIO

RESUMO	i
1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVO	9
3 REVISÃO DA LITERATURA	9
3.1 Alface americana	9
3.2 Adubação verde	10
3.3 Nitrogênio	12
3.4 <i>Stylosanthes capitata e Stylosanthes macrocephala</i>	13
3.5 <i>Crotalaria spectabilis</i>	15
3.6 <i>Mucuna pruriens</i>	15
3.7 Importância da clorofila	16
3.8 Índices de vegetação com imagens de drone	17
4 MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 Instalação e condução do experimento	19
4.2 Características avaliadas	23
4.3 Análise estatística	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1 Avaliação das variáveis agronômicas	26
5.2 Correlação da clorofila com os índices de vegetação	30
6 CONCLUSÕES	35
REFERÊNCIAS	35

RESUMO

A alface está dentre as cultivares folhosas com maior evidência na produção brasileira, tendo um importante desempenho na agricultura familiar e como complementação na alimentação da população por ser fonte de vitaminas, fibras e minerais. Para uma melhor produtividade e menor degradação ambiental pode-se utilizar espécies de adubos verdes que melhoram a qualidade do solo, o que pode reduzir a quantidade de insumos químicos na produção. Dentre as espécies mais utilizadas para a adubação verde tem-se as espécies do gênero *Crotalaria* sp., *Mucuna* sp. e *Stylosanthes* sp. Esse trabalho teve como objetivo avaliar os parâmetros agrônômicos de alface cultivada em associação com adubação verde avaliados por diferentes índices de vegetação. Para isso, foram avaliadas as características: altura de plantas, diâmetro da planta, número de folhas, massa fresca e seca das plantas e a correlação entre os teores de clorofila e os índices de vegetação (BGI, GLI, NGRDI, TGI, VARI). Observou-se que o cultivo de alface associado a três diferentes tipos de adubos verdes proporcionaram uma maior eficiência nutricional atuando como uma fonte de adubação orgânica. A correlação de clorofila com os índices de vegetação demonstrou que os adubos verdes podem ter atuado de forma eficiente na complementação nutricional, visto que se relacionaram positivamente aos teores de clorofila. A utilização de imagens oriundas de sensores remotos potencializou a coleta informações da vegetação tornando o processo rápido, econômico e preciso.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L., agricultura sustentável, sensores remotos.

1 INTRODUÇÃO

A olericultura é uma área bastante abrangente com inúmeras culturas incluindo as folhosas, raízes, tubérculos e frutos diversos. Apresenta-se como uma atividade agrícola intensa e que de forma geral, pode ser realizada em todas as estações do ano, independente da época. Assim, o agricultor tem a possibilidade de alcançar grande produtividade em uma pequena área e um lucro considerável por hectare durante o ano. Em adição, tem um importante desempenho na agricultura familiar e como complementação na alimentação da população por ser fonte de vitaminas, fibras e minerais (PEREIRA, 2016).

De acordo com Sebrae (2016), 6% do produto interno bruto (PIB) agropecuário nacional está na produtividade de hortaliças. Foi considerado um dos setores que mais proporcionou vagas de trabalho dentro do agronegócio brasileiro gerando um movimento financeiro de R\$ 25 bilhões, responsáveis por gerar 7 milhões de oportunidade de trabalhos (ABCSEM, 2019).

Dentre as cultivares folhosas com maior evidência na produção brasileira, a alface foi responsável por produzir cerca de 671.509 toneladas abrangendo 108.382 estabelecimentos agropecuários em 2017. A região Sudeste foi a mais produtiva e se destacou devido ao seu alto índice de produção, com aproximadamente 429.905 toneladas. Essa cultura é a principal do setor, com ocupações de 86,8 mil hectares com mais de 670 mil produtores no Brasil (IBGE, 2017; ABCSEM, 2019).

Como a cultura de alface teve origem no Sul da Europa e da Ásia Ocidental, foi necessária sua adaptação às condições tropicais. Em regiões com temperatura acima de 20 °C pode ocorrer o pendoamento precoce da planta causando a desvalorização do produto final (SANTI et al., 2010).

Para uma melhor produtividade com menor degradação ambiental utiliza-se espécies de adubos verdes que melhoram a qualidade do solo devido a atividade da microbiota e a liberação de nutrientes, podendo reduzir a quantidade de insumos químicos na produção. Assim, a adubação verde pode ser favorável na produtividade da agricultura orgânica por resultar em uma produção mais sustentável. Nesse sentido, Anunciação (2010) afirmou que a adubação verde proporciona uma melhor qualidade nas características físicas, químicas e biológicas do solo. Em adição, reconhece-se que a decomposição dos adubos verdes proporciona a disponibilização gradual dos nutrientes conforme a exigência da cultura (SANTOS et al., 2010).

As leguminosas são as cultivares mais utilizadas para adubação verde por apresentar um sistema radicular mais profundo e ramificado, mas também pela capacidade de fixação biológica de N_2 atmosférico associado com as bactérias da família Rhizobiaceae (ANUNCIÇÃO, 2010). Segundo Pereira et al. (2005), esses sistemas apresentam aspectos bastante positivos por não necessitar da adubação nitrogenada, principalmente nas produções orgânicas.

Entre as espécies mais utilizadas para a adubação verde pode-se citar as espécies do gênero *Crotalaria* sp. e *Mucuna* sp. As espécies de crotalária são de origem tropical e subtropical do hemisfério Norte e Sul (LEITÃO FILHO, 2009; PACHECO e SILVA-LOPEZ, 2010). O manejo fitossanitário deste cultivo na região do Cerrado apresenta-se escasso de estudos, apesar da sua intensa utilização, principalmente para a adubação verde e controle de plantas daninhas (BURLE et al., 2006; DIAS et al., 2017). Outro benefício que a crotalária apresenta é a capacidade de controlar a população de nematoides (RIZZARDI et al., 2003).

As espécies de mucuna-preta são originárias do continente africano e possuem capacidade de produzir entre 6 a 9 toneladas de massa seca (FORMENTINI, 2008). A *Mucuna* sp. é uma leguminosa que promove a redução da população das plantas daninhas em uma área (OLIVEIRA et al., 2008). Isso ocorre devido ao amarelecimento e o estiolamento das plantas emergidas causados pelos resíduos formados pela palhada da planta na superfície do solo adquirindo uma barreira física (MONQUEIRO et al., 2009).

Já espécies do gênero *Stylosanthes* sp. destacam-se como uma das leguminosas mais utilizadas, principalmente em regiões tropicais, em pastagens por causa da alta taxa de tolerância a seca e a facilidade de se adaptar a solos de baixa fertilidade (BARROS et al., 2005). Em adição, melhoram a qualidade do solo por meio da fixação biológica de nitrogênio (SANTOS-GARCIA et al., 2011).

A determinação do teor relativo de clorofila por meio do clorofilômetro é utilizado para prever o nível nutricional em plantas (BOOIJ et al., 2000). Essa análise pode ser demorada e de limitada utilização devido às variações de radiação solar e radiação fotossinteticamente ativa ao longo do dia (PADILLA et al., 2019). Em função disso, a utilização de imagens oriundas de sensores remotos tem-se mostrado com alto potencial por coletar, de maneira rápida e econômica, diversas informações da vegetação (BELOTI et al., 2020).

Atualmente, os registros de imagens se mostraram importantes aliados da agricultura moderna, tornando viável a análise entre localização espacial de alvos e sua avaliação espectral. As imagens oriundas de sensores remotos compõem um complexo banco de dados sobre a

produção, que quando submetidos a determinados parâmetros de análise geram produtos cartográficos completos e de grande valor para o desenvolvimento agrícola (BORATTO e GOMIDE, 2013).

Os índices de vegetação são definidos por algoritmos aplicados em uma combinação matemáticas de duas ou mais bandas espectrais que determinam os parâmetros da vegetação. Assim, geram informações para caracterizar as variabilidades e verificar os parâmetros que medem vigor, sanidade, deficiência nutricional, estresse hídrico, ataque de pragas e doenças (BERNARDI et al, 2014). Comumente, a câmeras RGB são capazes de obter informações dos índices de vegetação, assimilando a reflectância da vegetação na região visível do espectro eletromagnético, onde as bandas vermelha e azul absorvidas pela planta refletem nas atividades fotossintéticas e a banda verde no teor de clorofila (ARAUJO, 2022).

2 OBJETIVO

Esse trabalho tem como objetivo avaliar os parâmetros agrônômicos de alface cultivada em associação com adubação verde avaliados por diferentes índices de vegetação.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Alface americana

A alface (*Lactuca sativa* L.), uma planta herbácea da família Asteraceae, é uma das hortaliças folhosas mais importantes e cultivadas no mundo, sendo a folhosa mais consumida no Brasil (FERNANDES e MARTINS, 1999). Essa cultivar tem origem do Sul da Europa e da Ásia Ocidental, está espalhada por todo mundo e presente em quase todos os países. Constitui-se como uma boa fonte de vitaminas e sais minerais, indicada para dietas ricas em fibras pelo baixo teor de caloria, consumida de forma *in natura* (FILGUEIRA, 2008).

O cultivo dessas hortaliças pode ser conduzido no campo ou protegido, sendo que sua produção pode variar de 40 a 70 dias dependendo se foi realizada a semeadura direta ou por transplante de mudas (LIMA, 2007). Essas culturas têm melhor adaptação a temperatura mais amenas na faixa de 15,5° e 18,3°C. Temperaturas muito elevadas pode contribuir para a deficiência de cálcio, pendoamento antes do desenvolvimento da planta e queima das bordas das folhas (YURI et al., 2002).

Nos cultivos das alfaces pode ocorrer variações populacionais, de acordo com a alteração dos espaçamentos entre linhas e entre plantas (DA SILVA et al., 2000). Conforme citado na literatura, os espaçamentos mais utilizados para essas hortaliças variam de 20 a 35 cm, tanto entre linhas quanto entre as plantas (TRANI et al., 2014).

O nitrogênio é o segundo nutriente mais usado pela cultura da alface (BENINNI et al., 2005) e favorece o crescimento vegetativo, proporcionando um volume maior de massa e área foliar (MALAVOLTA, 2006; FILGUEIRA, 2008). Por ser uma cultura exigente em nutrientes, essa planta responde bem ao nitrogênio. A lixiviação é um dos fatores que acarreta em maiores perdas desse nutriente, tendo maior exigência na fase final do ciclo da alface. Com isso, a deficiência desse elemento pode acarretar prejuízos no crescimento da planta (ALMEIDA et al., 2011) e má formação causando amarelecimento das folhas mais velhas (GOTO et al., 2001).

3.2 Adubação verde

Uma técnica adotada por agricultores baseado em uma experiência vivenciada é a adubação verde. Essa prática de conservação do solo é muito antiga na agricultura, com registros dessas práticas por volta dos anos 4.000 a 5.000 a.C., visando uma recuperação de áreas degradadas e a manutenção daqueles solos produtivos (SOUZA et al., 2012; WILDNER, 2014).

As espécies da família Fabaceae (Leguminosae) tem como maior finalidade para aplicação das técnicas de adubação verde. O emprego dessas leguminosas é de grande importância pelas finalidades que possui como: proporcionar cobertura no solo, possui a capacidade de formar associações mutualísticas simbióticas com bactérias fixadoras do N₂ atmosférico, o que pode reduzir os custos com adubação nitrogenada (ESPINDOLA et al., 2005). Inclusive possui outras finalidades com relação ao grão e a parte aérea, sendo elas, para o consumo humano e animal (BEVILAQUA et al., 2016).

Essas leguminosas além de apresentar associações simbióticas com bactérias fixadoras de N₂, também realizam fixação biológica de nitrogênio (FBN). Entretanto, essas plantas possuem uma baixa relação C/N, sendo que por apresentar uma baixa quantidade de carbono favorece a rápida decomposição e mineralização com um aporte significativo de nitrogênio no solo (PARTELLI et al., 2011).

O uso de adubação verde pode estar relacionado a uma fonte específica de adubação orgânica ao inserir essas plantas na área em que serão fragmentadas e incorporadas no solo, sendo utilizadas como cobertura até a sua decomposição, que liberará os nutrientes no solo.

Também pode ser uma possibilidade de produção de matéria orgânica como o produto final (AMABILE e CARVALHO, 2006). Nesse sentido, é importante ressaltar a dependência das características edafoclimática para a decomposição da biomassa vegetal no solo, oriundas dos adubos verdes, de acordo com as estratégias adotadas no manejo e na composição química dos resíduos (ESPINDOLA et al., 2005; GUERRA et al., 2014).

Na agricultura moderna a adubação verde seria uma forma viável para amenizar os impactos ambientais, promovendo uma técnica mais sustentável para os solos agrícolas (ALCÂNTARA et al., 2000). Os adubos verde propõem efeitos sobre a fertilidade do solo bastante vantajoso como: aumento do teor de matéria orgânica; a maior disponibilidade de nutrientes; a maior capacidade de troca de cátions efetiva do solo; o favorecimento da produção de ácidos orgânicos, de fundamental importância para a solubilização de minerais; a diminuição dos teores de Al trocável pela sua complexação; e o resgate de nutriente nas camadas mais profundas do perfil, ou seja, possui a capacidade de reciclagem e a mobilização de nutrientes lixiviados (CALEGARI et al., 1993).

Para obter um ganho na quantidade de biomassa, é necessário que as leguminosas sejam incorporadas ao solo, preferencialmente, após o florescimento e antes da frutificação, o que possibilitará maior proveito do nitrogênio no solo (SOUSA, 2011). De acordo com Amado et al. (2002), as condições climáticas, edáficas, fitossanitárias e principalmente o desenvolvimento radicular dessas plantas, pode influenciar na produtividade da biomassa desses adubos verdes, pois quanto maior volume de solo explorado pelo sistema radicular, maior será absorção de nutrientes e água, conseqüentemente, maior será a produção de biomassa.

As leguminosas tropicais podem variar de acordo com sua adaptação às condições climáticas de uma região. A diferença está nas espécies constituídas de primavera/verão e de outono/inverno. Para um melhor desenvolvimento de espécies de primavera/verão é preciso fazer a semeadura no início da estação chuvosa, enquanto que as de outono/inverno é necessário a semeadura em épocas mais amenas e restritas a chuvas. Esses são os períodos mais indicados para a semeaduras de determinadas espécies de adubos verdes tropicais (WUTKE, 2014).

No manejo de determinadas espécies de adubos verdes pode ser feito o corte das plantas para a incorporação ou deixar sobre a superfície, como cobertura morta. Essa cobertura pode ser por determinado período ou durante o ano, de acordo com as características vegetais de cada espécie (ALMEIDA et al., 2007; LIMA et al., 2009; SANTOS et al., 2012).

Segundo Barros, Gomide e Carvalho (2013), os espaçamentos entre planta de 0,5 m proporcionaram um melhor acúmulo de nutrientes e produção de fitomassa. Assim, o volume

de plantas pode ser influenciado diretamente pelos espaçamentos dos plantios (LIMA et al., 2013). No entanto, a planta irá ter um maior desenvolvimento individual de raízes de acordo com a densidade menor de plantio utilizado, que pode ser influenciado pelos diferentes tipos de adensamento (STRECK et al., 2014).

Neste contexto, é evidente que muitos trabalhos têm apresentado resultados significativos do adubo verde no solo. Porém, dependendo das espécies a ser utilizadas, pode demonstrar efeitos variáveis como: manejo dado à biomassa, época de plantio, corte do adubo verde, tempo de permanência dos resíduos no solo, das condições locais e da interação entre esses fatores (COSTA, 1993; ALCÂNTARA et al., 2000).

3.3 Nitrogênio

O nitrogênio é um elemento essencial para o desenvolvimento vegetativo e na produção, tendo função estrutural nas plantas (KLIEMANN et al., 1986; BAUMGARTNER, 1987), mas também estimula a formação das gemas floríferas e frutíferas. Quando há a falta desse nutriente pode acarretar em um crescimento mais lento, com plantas de menor porte e menos densos (MARTELETO, 1991).

Esse nutriente é um componente de aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, nucleotídeos, coenzimas, hexoaminas, clorofila e metabólitos secundários. Esses componentes possui um aspecto importante relacionado a defesa das plantas e com os processos bioquímicos e fisiológicos, sendo eles: fotossíntese, respiração celular, desenvolvimento e atividade das raízes, absorção iônica de outros nutrientes, crescimento e diferenciação celular (TAIZ e ZAIGER, 2004).

O armazenamento desse nutriente nos vacúolos celular tem uma função importante para o equilíbrio das cargas na absorção de cátions e ânions. Faz parte dos elementos regulatórios na forma orgânica e nas reações de sínteses, bem como, nas estruturas de proteínas e de demais compostos orgânicos componentes das estruturas celulares (FURLANI, 2004).

As formas que o nitrogênio pode estar presente são as moleculares (N_2) presente na atmosfera e outras formas como: nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), óxido nítrico (NO), óxido nitroso (N_2O), amônia (NH_3), amônio (NH_4^+) e por compostos orgânicos incorporados (CÓNSUL et al., 2004). As formas que estão disponíveis em maior parte para a absorção das plantas é o nitrato (NO_3^-) e o íon amônio (NH_4^+) (SANTOS et al., 2009).

3.3.1 Fixação biológica de nitrogênio (FBN)

De modo geral, o nitrogênio é um nutriente indispensável e fundamental para todos seres vivos. No meio ambiente, cerca de 78% desse elemento são encontrados na atmosfera terrestre, na forma gasosa (N_2), sendo uma forma que não está disponível para a maioria dos vegetais (CARVALHO e ZABOT, 2012).

No entanto, a maior parte do N presente no solo tem origem da atmosfera, sendo depositado de formas combinadas (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^-) resultantes da fixação biológica realizada pelas bactérias presentes nas raízes das plantas formando a nodulação (STEVENSON, 1982). Por atuarem na decomposição de matéria orgânica e serem os principais responsáveis pelo processo de desnitrificação e nitrificação, essas bactérias são muito importantes (PICCOLO, 1989).

Esses processos biológicos ocorrem pela associação simbiótica entre plantas da família Fabaceae e as atividades dos microrganismos presente nas raízes, principalmente as bactérias da ordem Rhizobiales. O processo de FBN é uma das principais características das leguminosas usadas para adubação verde (FERREIRA et al., 2013).

As bactérias responsáveis pela FBN apresentam um complexo enzimático denominado nitrogenase para transformar o nitrogênio atmosférico (N_2) em formas moleculares que as plantas vão conseguir absorver. Essa atividade de FBN em espécies de leguminosas vem como alternativa para melhorar o meio com a intenção de disponibilizar nutrientes, de maneira menos prejudicial para o meio ambiente e sem a necessidade da aplicação de adubação nitrogenada (YOUNG, 1996; HUNGRIA et al., 2001).

3.4 *Stylosanthes capitata* e *Stylosanthes macrocephala*

Os *Stylosanthes capitata* e *Stylosanthes macrocephala* que são umas das espécies do gênero *Stylosanthes*, são consideradas as leguminosas forrageiras mais importantes devido as suas adaptações as condições edafoclimática de regiões tropicais e subtropicais da Austrália, Ásia e África, assim como, no Bioma Cerrado (CHAKRABORTY et al., 1997; FERNANDES et al., 2000). No Brasil, apresenta 29 espécies do gênero, mas 13 espécies estão presentes apenas no território nacional. Um das espécies que tem apresentado um bom potencial agrônomo de acordo com estudos realizados nos últimos 30 anos, principalmente na região do Cerrado, são as espécies *S. capitata*, *S. macrocephala* e *S. guianensis* (KARIA e ANDRADE, 1996).

Os Estilosantes Campo Grande que é a mistura das espécies *S. capitata*, *S. macrocephala* produz cerca de 12 a 13 toneladas de matéria seca. Apresenta uma boa atividade simbiótica com a FBN de aproximadamente 180 kg ha⁻¹, sendo essencial para adubação verde na consorciação com culturas perene (FORMENTINI et al., 2008).

Essas plantas apresentam características morfológicas diferentes. O *S. macrocephala* tem folhas pontiagudas, flores de coloração amareladas e algumas vezes surge flores beges. Possui um hábito de crescimento semiereto ou decumbente (mais horizontal), todavia, pode-se tornar ereto por competição de luz e tem o florescimento em meados de abril. O *S. capitata* tem folhas arredondadas com coloração que pode variar entre amarelas e beges. Seu hábito de crescimento é ereto (vertical) e sua floração ocorre em meados de maio. Ambas espécies apresentam o florescimento de acordo com as condições edafoclimáticas da região de cultivo, a maturação das sementes pode ocorrer por volta de 40 dias e pode chegar a 1,5 metros de altura (EMBRAPA, 2007).

As espécies do gênero *Stylosanthes* apresentam nodulação com diferentes estirpes de rizóbio (DATE, 1977). As estirpes bacterianas nativas estão bastante dispersas pelos solos tropicais, sendo que esses grupos de leguminosas não respondem muito bem a inoculação (NORRIS, 1967). De acordo com Miranda et al. (1999), os estilosantes obtêm respostas significativas a fixação biológica de nitrogênio, pois geralmente essas plantas apresentam nodulação espontânea devido as simbiotes nativos nos solos brasileiros.

Embora exista 17 gêneros bacterianos agrupados em 98 espécies de rizóbios (PEIX et al., 2015), há relatos de simbioses nas espécies de estilosantes com as bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (DATE, 2010 e DATE, 2016). A provável origem desse gênero é solo tropical ácido, sendo considerado ancestral de todos os rizóbios (LLORET e MARTÍNEZ- ROMERO, 2005), abrangendo vários ecossistemas, com bactérias que podem nodular nas raízes e nos caules, tendo capacidade fotossintéticas e fixadora de nitrogênio, assim com espécies não simbióticas (ISLAM et al., 2008; ORMEÑO-ORRILLO et al., 2013; DELAMUTA et al., 2016).

Na mistura das sementes do Estilosantes Campo Grande, cerca de 80% (em peso) corresponde a linhagens de *S. capitata* e demonstra tolerância a antracnose, enquanto 20% é da linhagem de *S. macrocephala* (EMBRAPA, 2000; KARIA, 2008).

Segundo Fernandes et al. (2015), foi analisado em trabalhos mais recentes que alguns genótipos de *Stylosanthes spp.*, incluindo o cultivar Estilosantes Campo Grande, apresenta baixa suscetibilidade ao *Pratylenchus brachyurus*, sendo um nematoide de alta relevância para várias culturas econômicas.

3.5 *Crotalaria spectabilis*

A *Crotalaria spectabilis* é uma leguminosa herbácea da família Fabaceae, nativa da Ásia tropical e foi adaptada no Brasil. Possui crescimento lento, raiz profunda que pode ajudar na descompactação e sua altura pode chegar de 0,6 a 1,5 metros de altura (ALFENAS et al., 2018; TEODORO et al., 2011). Essa espécie tem o ciclo vegetativo anual entre 210 a 240 dias e seu florescimento por volta de 90 a 120 dias após a semeadura (BRSEEDS, 2021).

É uma espécie considerada rústica por ser tolerante a ataques de insetos, apresenta baixa suscetibilidade aos nematoides, resistente a seca e ao sombreamento, não suporta frio intenso, além de acumular cerca de 6 t ha⁻¹ de matéria seca e fixar aproximadamente 100 a 160 kg ha⁻¹ de nitrogênio (EMBRAPA, 2015)

Além disso, as plantas desse gênero são antagonistas, ou seja, em sua composição existem metabolitos secundários, especialmente ao alcaloide pirrolizidínico monocrotalina, que apresenta efeito nematicidas (CUNHA et al., 2003; GARDIANO et al., 2010). No entanto, a manocrotalina (MCT) é considerada uma substância tóxica principalmente para animais invertebrados, mas também o primeiro alcaloide isolado de plantas (MARTINEZ et al., 2013).

A crotalária apresenta uma ampla adaptação ecológica, muito indicada para adubação verde (FAVERO et al., 2001). No entanto, é bastante utilizada para manejo das infestações nos solos dos seguintes gêneros de nematoides: *Meloidogyne incógnita* e *M. javanica* (WUTKE, 1993; FAHL et al., 1998), *Pratylenchus spp.* (MONTEIRO, 1993), *Heterodera glycines* (RIGGS, 1987), *Rotylenchulus reniformis* (BOGIANI e FERREIRA, 2017).

Esta planta de adubação verde pode proporcionar a capacidade de controlar a população de algumas espécies de plantas daninhas por meio do sombreamento e da alelopatia (GARCIA et al., 2013; TIMOSSI et al., 2014). Além disso, consegue emergir em regiões onde os solos são pobres em fósforo e cálcio (CALEGARI et al., 1993; BURLE et al., 2006).

3.6 *Mucuna pruriens*

A *Mucuna pruriens*, cujo seu nome popular é mucuna-preta, é uma leguminosa da família Fabaceae, originária da Índia (HAMMERTON, 2003). As principais características morfológicas dessa planta são o hábito trepador com comprimento aproximado de 3 a 18 metros, vargens pilosas que podem causar irritações quando em contato com a pele, e coloração branca a roxo escuro das flores (RAINHA et al., 2012).

Sua atividade simbiótica para fixação de nitrogênio é estimada em 180 kg ha⁻¹ a 220 kg ha⁻¹ (CALEGARI e DONIZETE CARLOS, 2014). O ciclo da cultura varia entre 210 a 260 dias (CALEGARI, 1995). Essa espécie tem ocorrência em todas regiões do Brasil (MOURA, 2013) devido as condições ambientais que são favoráveis para sua adaptação, tendo um ciclo de florescimento em torno de 140 a 180 dias após a semeadura (FORMENTINI, 2008).

É uma planta anual ou bianual e tem facilidade para se adaptar, além de produzir cerca de 6 a 8 t ha⁻¹ de massa seca. Tem um crescimento bastante rigoroso e rústico, adapta-se em locais de deficiência hídrica e temperaturas elevadas, possui um crescimento inicial muito rápido capaz de cobrir cerca de 99% do solo após 58 dias da sua emergência (AMABILE et al., 2000).

Por causa da sua capacidade de acumular grande quantidade de biomassa, a mucuna-preta apresenta um grande potencial para uso em fitorremediação, que é um processo que pode ser utilizado para amenizar os resíduos de cobre presente em solos contaminados já que é capaz de acumular esse elemento no seu sistema radicular (VENDRUSCOLO, 2013).

Além disso, a palhada dessas plantas, quando mantida no ambiente, incorpora nutriente e ácidos orgânicos no solo, tendo efeitos alelopáticos sobre as demais plantas (QUEIROZ et al., 2010). Segundo os autores Timossi et al. (2011), Zanuncio et al. (2013) e Carvalho et al. (2016), a atividade alelopática causada pela palhada dessa planta pode ser usada como um método de controle cultural de plantas daninhas.

Em sistemas conservacionistas esses cultivos são muito recomendados como adubação verde para contribuir na melhoria da fertilidade do solo, mas também apresenta baixa suscetibilidade ao nematoides. Essa espécie de adubo verde pode controlar a população determinados nematóides, como: *Meloidogyne exigua*, *M. Incognita*, *M. Javanica* e *Heterodera glycines* (WEAVER et al., 1998; FERRAZ et al., 2003).

3.7 Importância da clorofila

Clorofila são pigmentos encarregados pela absorção de energia contida nos fótons oriundos da luz solar, e de sua transdução, configurando o potencial eletroquímico por meio da membrana fotossintética, no qual reduz o CO₂ atmosférico em carboidrato (SENGE et al., 2006). Dessa forma, o teor de clorofila presente nas folhas pode ser visto como substituto direto da quantidade de energia transferida para os processos de assimilação de CO₂, constituído uma

expressão imediata da dimensão e funcionalidade dos componentes fotossintéticos (STREIT et al., 2005; SENGE et al., 2006; CIGANDA et al., 2008).

Esse pigmento é responsável pela coloração verde nas plantas e diretamente ligado com o potencial da atividade fotossintética, além do estado nutricional do vegetal (ZOTARELLI et al., 2003).

Assim, um dos processos responsáveis pela captura de energia solar e por sua subsequente transformação bioquímica em compostos orgânicos que resultam em alimento fibra, celulose e energia é a fotossíntese (PEREIRA, 1989). Consiste em um processo complexo, no qual as plantas e algumas espécie de bactéria sintetizam compostos orgânicos na presença de luz (MARENCO; LOPES, 2005).

As formas nas quais a clorofila está presente no tecido dos vegetais são: clorofila “a” e “b”. Existem fatores internos e externos que interferem em sua síntese. Os fatores internos estão relacionados a disponibilidade de enzimas e cofatores, além do número de cloroplastos. Como fatores externos tem-se a concentração de CO₂, excesso e limitação de água no solo, temperatura, intensidade luminosa, teor de nitrogênio, entre outros (BLANKENSHIP, 2009).

Tem-se adotado métodos de análise do teor de clorofila na agricultura para ter um melhor acompanhamento do desenvolvimento vegetal, fornecendo informações fundamentais sobre o estado fisiológico, teores de nitrogênio nas folhas e o potencial fotossintético das plantas (RICCARDI et al., 2014; YANG et al., 2015).

Os clorofilômetros são equipamentos portáteis que realizam leituras proporcionais às clorofilas “a” e “b” fornecendo um índice de clorofila. Esse índice é calculado por meio do conteúdo de luz transmitida pela folha, em dois ou três comprimentos de onda e diferentes, conforme o aparelho usado (JESUS E MARENCO, 2008; FALKER, 2008).

Um dos medidores portáteis de clorofilas existentes é o modelo CFL 1030 produzido pela Falker Automação Agrícola, conhecido como ClorofiLog®. Este modelo usa emissores com três comprimentos de onda: dois emitem dentro da banda do vermelho, próximos aos picos de cada tipo de clorofila ($\lambda=635$ e 660nm) e um outro no infravermelho próximo ($\lambda=880\text{nm}$) (FALKER, 2008).

3.8 Índices de vegetação com imagens de drone

O drone (sistema de aeronave não tripuladas) é uma ferramenta bastante utilizada que fornece uma plataforma de sensoriamento remoto com aptidões de fornecer dados. Esse

equipamento apresenta tamanho pequeno de pixels, cobertura sob demanda e entrega rápida de informação (ZHANG e KOVACS, 2012).

Nesse sentido, para uma interpretação e análise de imagens multiespectrais detectada remotamente, utiliza-se as bandas que contêm uma combinação para gerar uma figura composta. As divisões de banda de imagem proporcionaram a prática mais comum para formar novas imagens de duas ou mais bandas para extração de informações. A partir dessas imagens são geradas as representações de objetos no solo, como a vegetação (XUE e SU, 2017).

As câmeras RGB comuns trabalham na faixa dos espectros do visível com comprimento de ondas de 400 a 700 nm. A partir desse método é possível identificar as variações dentro do dossel das plantas, além de outros fatores, variando a resolução de centímetros para metros, conforme a altitude do voo (FELIPETTO, 2015).

Assim, para calcular os índices de vegetação usa-se modelos matemáticos para analisar a cobertura vegetal e associar a assinatura espectral com os parâmetros mensuráveis no campo tanto quantitativamente quanto qualitativamente (MENESES, 2012).

Os índices de vegetação de modo geral expõem o desempenho espectral da vegetação presente na imagem correlacionando-se com os aspectos biofísicos como biomassa, vigor da vegetação, cobertura do solo, atividade fotossintética, dentre outros aspectos (MENESES, 2012).

A reflectância da vegetação refere-se a coloração das folhas, de acordo com padrão espectral característico da espécie vegetal. Dessa forma, a técnica de sensoriamento remoto tem potencial para ser usado para acompanhar o monitoramento e o diagnóstico do estado nutricional das plantas, durante o ciclo de produção (REZNICK, 2017).

3.8.1 *Blue-green pigment index*

O *Blue-green pigment index* (BGI) é capaz de identificar a matéria seca e seus pigmentos. É um índice de vegetação desenvolvido pela diferença normalizada das reflectâncias das faixas espectrais do azul e verde (ZARCO-TEJADA et al., 2005).

3.8.2 *Green Leaf Index*

O *Green Leaf Index* (GLI) é um índice que proporciona um resultado vigoroso da vegetação, tendo potencial de ser usado como fator indicativo de degradação vegetal, já que apresentaram boas correlações com alterações na clorofila foliar (HUNT-JR et al., 2011 e

BALLESTEROS et al. 2018). Esse índice é formado pela diferença normalizada das reflectâncias das faixas espectrais do azul, verde e vermelho (LOUHAICHI, BORMAN e JOHNSON, 2001).

3.8.3 Normalized Green Red Difference Index

O *Normalized Green Red Difference Index* (NGRDI) é usado para estimar a fração de vegetação, biomassa verde e indicador de fenologias vegetais. Esse índice é composto pela diferença normalizada das reflectâncias das bandas espectrais do verde e do vermelho (TUCKER, 1979 e KANEMASU, 1974).

3.8.4 Triangular Greenness Index

O *Triangular Greenness Index* (TGI) é um bom indicador para o conteúdo de clorofilas em áreas de cobertura foliar, além de ser um índice capaz de adquirir informações durante todo ciclo da planta (HUNT JR. et al., 2011 e PIX4D, 2018). Esse índice é estabelecido como a área de um triângulo no qual seus vértices são determinados pelos sinais de reflectância do vermelho, verde e azul (HUNT JR. et al., 2011).

3.8.5 Visible Atmospherically Resistant Index

O *Visible Atmospherically Resistant Index* (VARI) é utilizado para estimar a fração da vegetação com interferência mínima de fatores atmosférico. Com isso, pode ser empregado no monitoramento das variações fenológicas de diversas espécies vegetais (GITELSON et al., 2002; MORENO et al., 2018 e PRESTES et al., 2020). Esse índice é definido em sua formulação as faixas espectrais do azul, verde e vermelho, com detalhe quanto à subtração da banda azul no denominador, proposta para reduzir os efeitos atmosféricos (KAUFMAN; TANRÉ, 1992).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Instalação e condução do experimento

O estudo foi realizado no Campo Demonstrativo e Experimental (CADEX) da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo-MG (18° 44' 5'' Sul e 47° 29' 47'' Oeste) situado a 890 metros de altitude (Figura 1), no período de novembro de 2020 até abril de 2021.

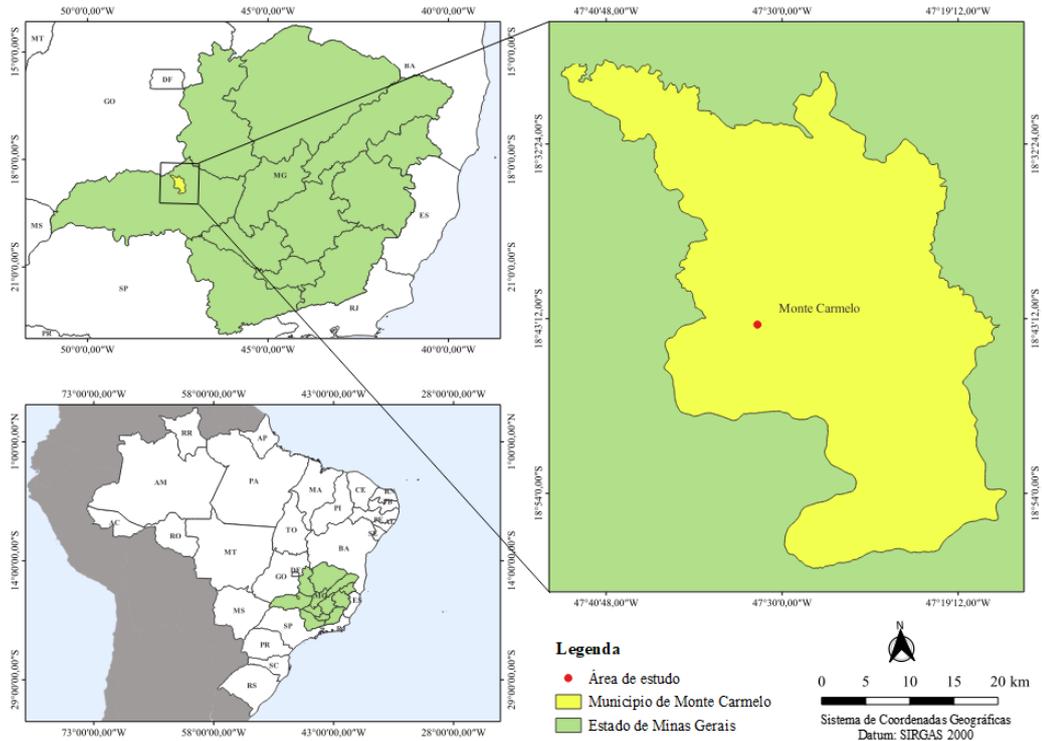


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo do trabalho (Fonte: AUTOR, 2022).

A análise de solo foi realizada com amostras coletadas em uma profundidade de 10 – 20 e apresentou os seguintes resultados: pH (H₂O) = 5,5; M. O. = 2,4 %; P_{meh} = 1,7 mg dm⁻³; K = 0,19 cmol_c dm⁻³; Ca = 0,8 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,3 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 0,06 cmol_c dm⁻³; H+Al = 2,4 cmol_c dm⁻³; SB = 1,25 cmol_c dm⁻³; V = 34 %.

O preparo do local foi realizado com enxada rotativa dotada de lâminas dispostas por meio de flanges, sobre um eixo giratório transversal do deslocamento do trator (Figura 2).



Figura 2: Preparo da área do experimento (Fonte: AUTOR, 2021).

Foi realizado o plantio manual dos adubos verdes que permaneceram no local por 90 dias. Posteriormente, foi realizado o corte das plantas com roçadora manual, deixando os restos vegetais sobre a superfície com a finalidade de favorecer a qualidade química, física e biológica do solo além de ajudar no controle de plantas daninhas nos canteiros (Figuras 3A e 3B).



Figura 3A: Adubos verdes (Fonte: AUTOR, 2021).



Figura 3B: Após o corte das plantas (Fonte: AUTOR, 2021).

Anteriormente ao transplante das mudas de alface, manteve-se durante 15 dias a matéria verde dos adubos verdes incorporando no solo para evitar efeito alelopático que pode ser prejudicial para as plantas de alface (Figura 4). Passados 15 dias do processo foi realizado o transplante de mudas de alface (cultivar comercial Grandes Lagos), com aproximadamente 30 dias do semeio, adotando o espaçamento de 0,35 m x 0,35 m entre as plantas, totalizando 18 plantas por parcela.



Figura 4: Plantio das mudas de alface após os 15 dias e cultivares nos tratamentos (Fonte: AUTOR, 2021).

As irrigações foram efetuadas por meio de regadores uma vez ao dia, sempre ao final da tarde, como recomendado por Marouelli et al. (2011). O controle de plantas daninhas nos canteiros foi realizado com arranquios manuais e utilização de enxadas.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC), com 5 repetições, em esquema fatorial 4 x 1, sendo 4 tratamentos: T1 (testemunha, sem adubação verde), T2 (*Stylosanthes capitata* e *Stylosanthes macrocephala*), T3 (*Crotalaria spectabilis*) e T4 (*Mucuna pruriens*) e um cultivar (alface americana), em canteiros de 1,0 m de largura por 3,0 m de comprimento.

Cada parcela apresentou duas fileiras sendo que para as adubações verdes foi adotado espaçamento de 0,5 m entre linhas. A área total de cada tratamento foi de 15 m² e o espaçamento entre os canteiros de 0,6 m (Figura 5). A quantidade de sementes utilizadas em 30 m lineares por cada leguminosa foi: Crotalaria = 0,173 kg; Estilosantes = 0,163 kg e Mucuna-Preta = 1,07 kg.

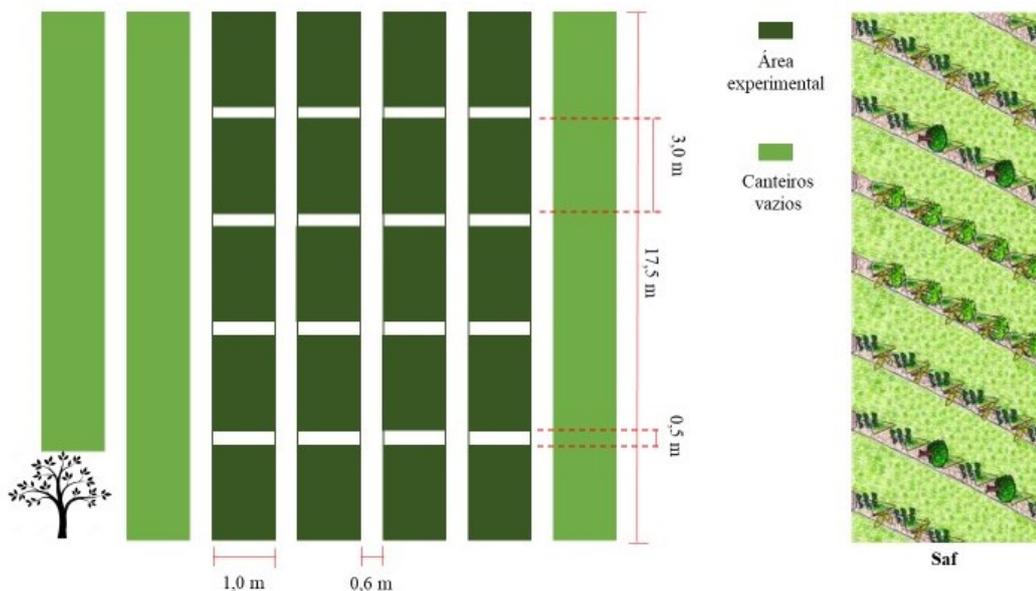


Figura 5: Representação da área do experimento com as determinadas classificações das parcelas (Fonte: AUTOR, 2021).

Após esse período foi realizada a roçada manual, secagem da matéria orgânica e a incorporação das mesmas em suas respectivas parcelas.

4.2 Características avaliadas

Após 38 dias do transplântio foram avaliadas 100 plantas, sendo 25 plantas por tratamento e 5 plantas centralizadas por parcelas para determinar a altura da planta, diâmetro da planta, número de folhas, massa fresca, massa seca, teores de clorofila.

Altura da planta

A altura média de plantas foi obtida, medindo-se cinco plantas por parcela a partir do nível do solo até a extremidade das folhas mais altas, sendo feito a média de cinco plantas na ocasião de colheitas expressas em centímetros.

Diâmetro da planta

O diâmetro foi determinado por meio da medida da distância entre as margens opostas do disco foliar, sendo feito a média de cinco plantas por parcelas na ocasião de colheitas, expressando o valor mensurado em cm.

Número de folhas

O número de folhas foi determinado em uma amostra de cinco plantas por parcela, contando-se o número de folhas por planta. Para essa mensuração foram utilizadas somente folhas que apresentaram comprimento superior a cinco centímetros.

Massa fresca total

O rendimento de massa fresca foi determinado por meio do peso total da parte aérea juntamente com as raízes utilizando a média de cinco plantas por parcela, expressa em gramas.

Massa seca total

A massa seca da parte aérea juntamente com as raízes foi determinada após secagem em estufa com circulação forçada de ar, com temperatura regulada a 70 °C, até atingir massa constante e expressa em gramas (Figura 6).



Figura 6: Estufa para a secagem das folhas e raízes da alface para determinar massa seca (Fonte: AUTOR, 2021).

Teores de clorofila

A determinação dos teores de clorofila das plantas de alface foi realizada por meio não invasivo utilizando o clorofilômetro digital ClorofiLOG® CFL 1030. Foram realizadas três leituras por planta, nas cinco plantas centrais da parcela, na região superior, mediana e inferior da alface, obtendo-se assim a média da parcela (Figura 7).



Figura 7: Determinação dos teores de clorofila (Fonte: AUTOR, 2021).

Índices de vegetação

Após 30 dias do transplântio das mudas de alface foi realizada a captura de imagens com aeronave remotamente pilotada (ARP) modelo DJI Mavic Pro no modo de voo automatizado pelo aplicativo Drone Deploy. As imagens foram coletadas a 30 pés de altitude e registradas com taxas de sobreposição de 80% longitudinal e lateral.

O pós processamento e alinhamento das imagens foram realizados pelo Agisoft Metashape® para a obtenção da ortoimagem (Figura 8).



Figura 8: Ortoimagem RGB obtida pelo drone DJI Mavic pro 30 dias após o transplântio das mudas de alface (Fonte: AUTOR, 2021).

Para os cálculos dos índices de vegetação foi utilizado o software QGIS 3.10.7 with GRASS 7.8.3 conforme apresentado na Tabela 1. O cálculo individual de cada bloco (exclusão dos pixels referentes ao solo) foi realizado no software ImageJ®.

Tabela 1: Índices de vegetação aplicado avaliar o desenvolvimento da alface.

Índice de vegetação	Equação¹	Referências
<i>Blue Green Pigment Index (BGI)</i>	B/G	Zarco-Tejada et al. (2005)
<i>Green Leaf Index (GLI)</i>	$(2G-R-B)/(2G+R+B)$	Louhaichi, Borman e Johnson (2001)

<i>Normalized Green Red Difference Index (NGRDI)</i>	$(G-R)/(G+R)$	Tucker (1979)
<i>Triangular Greenness Index (TGI)</i>	$G-(0,39*R)-(0,61*B)$	McKinnon e Hoff (2017)
<i>Visible Atmospherically Resistant Index (VARI)</i>	$(G-R)/(G+R-B)$	Gitelson et al. (2002)

¹R= banda do vermelho; G= banda do verde; B= banda do azul.

4.3 Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente por meio da análise de variância, pelo teste F ($p \leq 0,05$) e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Scott-Knott adotando-se o nível de 5% de significância para as variáveis agrônômicas (altura da planta, diâmetro da planta, número de folha, massa fresca, massa seca).

Foi calculada a matriz de correlação de Pearson entre os valores inferidos pelo clorofilômetro digital e os índices de vegetação derivados de registros de reflectância com sensor embarcado em aeronave remotamente pilotada, a 5% de significância. Os dados obtidos foram analisados utilizando-se o software R 4.0.3 (R CORE TEAM, 2021). O grau de correlação foi classificado de acordo com a tabela 2.

Tabela 2: Grau de correlação de Pearson.

Valor ρ (+ ou -)	Interpretação
< 0,30	Correlação fraca
0,30 a 0,59	Correlação moderada
0,60 a 0,89	Correlação forte
0,90 a 1,00	Correlação muito forte

Fonte: Adaptado por CLEMENTE, 2021.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliação das variáveis agrônômicas

Foi observado pelo resumo de análise de variância que não houve diferenças significativas entre os tratamentos para as características avaliadas na alfaca (Tabela 3). Porém, com a biomassa de leguminosas pode-se acumular diferentes níveis de nutrientes, o que não obrigatoriamente poderá acarretar diferença no rendimento quando empregado como adubo verde (BROWN et al., 2019), tornado diferente o comportamento notado entre as espécies.

Tabela 3: Resumo da análise de variância com os níveis de significância das características altura (H), diâmetro da planta (DP), número de folhas (NF), massa fresca total (MFT), massa seca total (MST) por tratamento utilizando uma cultivar de alface americana (cultivar comercial Grandes Lagos) em Monte Carmelo – MG.

Fontes de variações	GL	Quadrados médios				
		H	DP	NF	MFT	MST
Blocos	4	12,95 ^{ns}	1,561 ^{ns}	1,38 ^{ns}	403 ^{ns}	2,49 ^{ns}
Adubos verdes	3	96,62 ^{ns}	314,1 ^{ns}	244,45 ^{ns}	58822 ^{ns}	111,55 ^{ns}
Resíduos	92	2,62	8,30	4,80	1531	6,15
CV (%)		13,20	11,33	15,38	32,27	43,35

1. Em que: ns = não significativo; * significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

De acordo com Fontanétti et al. (2006), quando ocorre a mineralização dos resíduos vegetais, as hortaliças absorverão os nutrientes, em grande parte, por meio da sincronia entre a decomposição das matérias vegetais dos adubos verdes e a época de maior exigência da cultura.

As diferenças de produtividade da alface, avaliados com três variedades de adubos verdes juntamente com a testemunha (sem adubo verde), estão apresentadas na Tabela 4. Para análise do desempenho foram utilizadas as diferenças entre as médias das características analisadas, como: alturas (H), diâmetro da planta (DP), número de folhas (NF), massa fresca total (MFT), massa seca total (MST).

Tabela 4: Teste de médias das alturas (H), diâmetro da planta (DP), número de folhas (NF), massa fresca total (MFT), massa seca total (MST) por tratamento feito com a cultivar alface americana em Monte Carmelo – MG.

Tratamentos	H (cm)	DP (cm)	NF	MF (g planta ⁻¹)	MS (g planta ⁻¹)
Sem adubo verde	9,38 b	20,37 c	9,76 c	51,52 c	2,56 b
Estilosantes	13,78 a	26,27 b	15,16 b	137,4 ab	6,84 a
Crotalária	13,08 a	28,66 a	17,04 a	163,84 a	6,56 a
Mucuna preta	12,84 a	26,39 b	15,00 b	132,28 b	6,92 a

* Em que: Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A figura 9 apresenta o boxplot definido pelo teste de média das alturas (H), diâmetro da planta (DP), número de folhas (NF), massa fresca total (MFT), massa seca total (MST) obtido pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

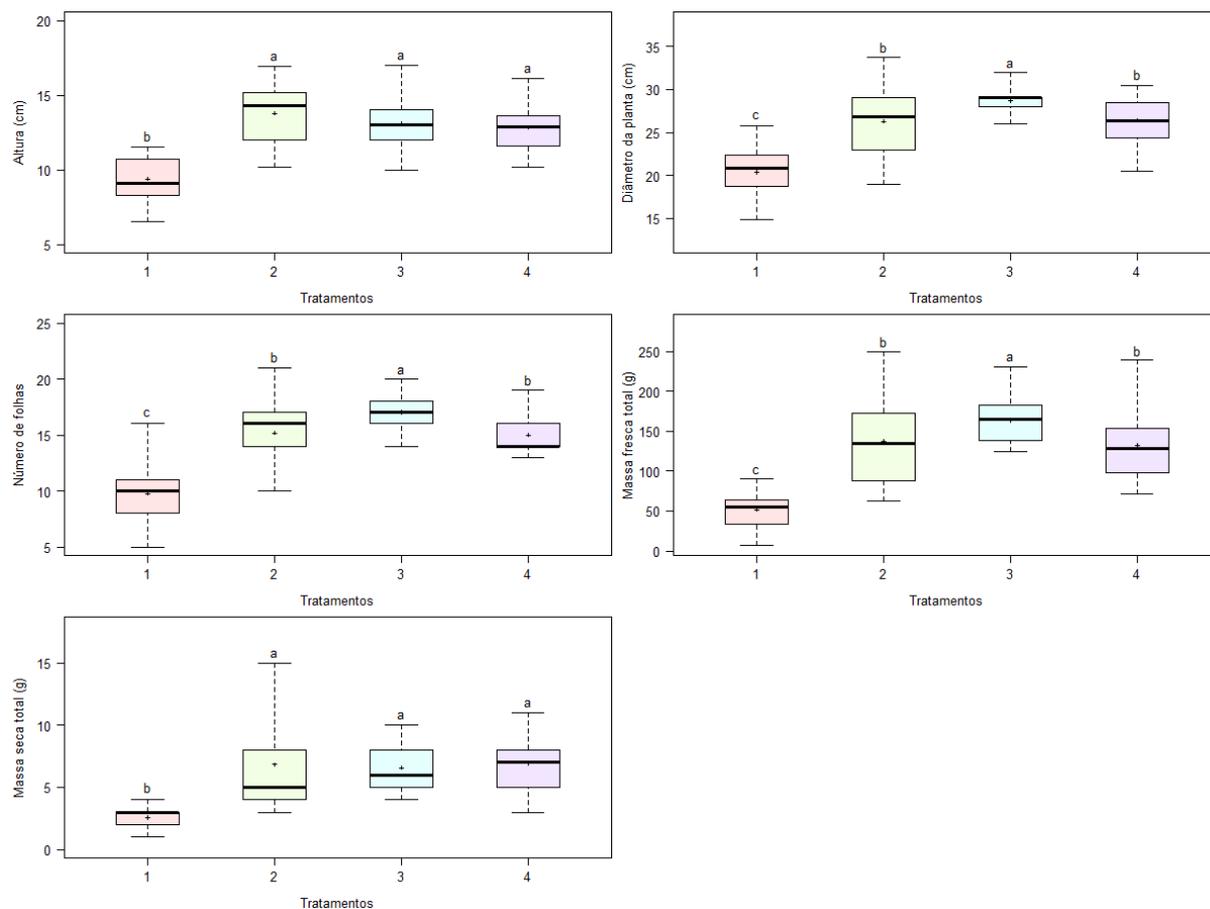


Figura 9: Boxplot definido pelo teste de média das alturas (H), diâmetro da planta (DP), número de folhas (NF), massa fresca total (MFT), massa seca total (MST), seguidos por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. T1 (Vermelho claro): Testemunha; T2 (Verde claro): Estilosantes; T3 (Azul claro): Crotalária; T4 (Roxo claro): Mucuna preta.

Em função dos efeitos da adubação verde na cultura da alface, verificou-se que não houve diferenças estatísticas com relação às alturas das plantas, de acordo com o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, obtendo um valor médio entre os tratamentos de 12,27 cm (Tabela 4 e Figura 9). O menor desempenho nesta variável foi observado no tratamento sem adubo verde.

Os tratamentos diferiram estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, para o parâmetro de diâmetro de planta. O tratamento 3 (Crotalária) apresentou o melhor valor médio no diâmetro da planta de alface, com 28,66 cm (Figura 9). Para Queiroz, Cruvinel e Figueiredo (2017) essa avaliação apresenta um aspecto importante, pois percebe que os consumidores possuem maior interesse em adquirir alface com diâmetro de maior tamanho.

Segundo Sala e Costa (2012), o diâmetro e a altura das plantas são características relacionada ao porte e que fornecem importantes informações, pois proporciona melhor acondicionamento da cultivar para o transporte através de caixas plásticas ou de madeira. No

entanto, se a planta apresentar maior dimensão pode acarretar maiores danos durante o acondicionamento e transporte, reduzindo a assim a qualidade comercial do produto (SUINAGA et al., 2013).

Entretanto, para alface tipo americana a compacidade da cabeça é uma característica importante, pois por várias vezes somente cabeça é comercializada, e quanto mais compacta, maior será a massa comercial e melhor a qualidade visual da cabeça. Além disso, quando o material é mais adaptado em uma determinada região em que está sendo cultivado indica o maior grau de compacidade (NEVES et al., 2016).

Em relação ao número de folhas do tratamento 3 (Crotalária), sobressaiu-se com maior número de folhas em média de 17,04 folhas planta⁻¹ em relação ao tratamento 2 (Estilosantes) e 4 (Mucuna-preta), de acordo com o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Tabela 4 e Figura 9).

Contudo, o número de folhas é um parâmetro fundamental, principalmente devido a alface ser uma hortaliça folhosa, da qual as folhas representam a parte comercial, além de ser encontrada pelo consumidor na maioria das vezes comercializada por unidade, no qual para o parâmetro de aquisição observa-se a aparência, volume e número de folhas da planta (MOTA, et al., 2016). Com relação a alface, observa-se de maneira geral que quando apresenta maior número de folha por planta, maior será a área foliar, mas também maior massa fresca, conseqüentemente, maior produtividade (ARAÚJO NETO et al., 2009).

A característica de massa fresca total, apresentou diferença entre os tratamentos, sendo o tratamento 3 (Crotalária) com melhor desempenho com média de 163,84 g planta⁻¹, de acordo com o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Tabela 4 e Figura 9). Trabalhos realizado por Branco et al., (2010) e Oliveira et al., (2006), nos quais as plantas foram cultivadas em clima ameno, apresentaram resultados de massa fresca total entre 348 e 696,26 g planta⁻¹, respectivamente.

O uso de cobertura de solo com leguminosas proporciona melhor acúmulo de massa fresca com relação a outras coberturas mortas, como já foi demonstrado em diversos trabalhos (SOLIGO, 2018). Para Rodrigues et al. (2007), uma da técnica que vem assumindo grande importância no manejo da fertilidade é a decomposição de resíduos sobre o solo, permitindo novas ideias de cultivo que vai melhorar o aproveitamento dos resíduos vegetais.

De acordo com Oliveira et al. (2008), alguns fatores podem influenciar no processo de decomposição desses vegetais e, conseqüentemente, possibilitar na produtividade das culturas, sendo eles: a relação carbono/nitrogênio (C/N), o tipo de compostos e as taxas de carbono existentes nestes materiais, como celulose, lignina e polifenóis.

No caso da alface, uma das características que está diretamente relacionada a maior produção de massa fresca é a área foliar da planta. Por isso, é fundamental uma maior área foliar para a produção de fotoassimilados e posteriormente distribuição e acúmulo de fitomassa (CARON et al., 2004). Em seguida, uma característica importante quando se avalia aspectos de comercialização é a massa fresca comercial, sendo necessário uma boa sanidade de folhas, caule pequeno e coloração verde claro (YURI et al., 2006),

Os tratamentos com adubação verde foram superiores à testemunha, mas não houve diferença significativa entre os tratamentos de adubação verde, de acordo com o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, com valor médio entre os tratamentos de 5,72 g plantas⁻¹ (Tabela 4 e Figura 9).

A capacidade de fixação de CO₂ atmosférico, está diretamente ligada a massa seca das plantas e, portanto, relacionada a fotossíntese quando associada a maior área foliar. Porém, esse ganho não pode ser atribuído apenas a área foliar, mas também a capacidade de aproveitamento da energia luminosa, que envolve, sobretudo o mecanismo de fixação de carbono, ao apresentar o principal papel para o crescimento e o desenvolvimento vegetal (CARON et al., 2012).

5.2 Correlação da clorofila com os índices de vegetação

A Figura 10 apresenta os resultados da correlação de Pearson a 5 % de significância, seguindo os graus de correlação para a interpretação da análise estatística aplicado para a cultura da alface em três espécie de adubos verdes (Crotalária, estilosante e mucuna-preta).

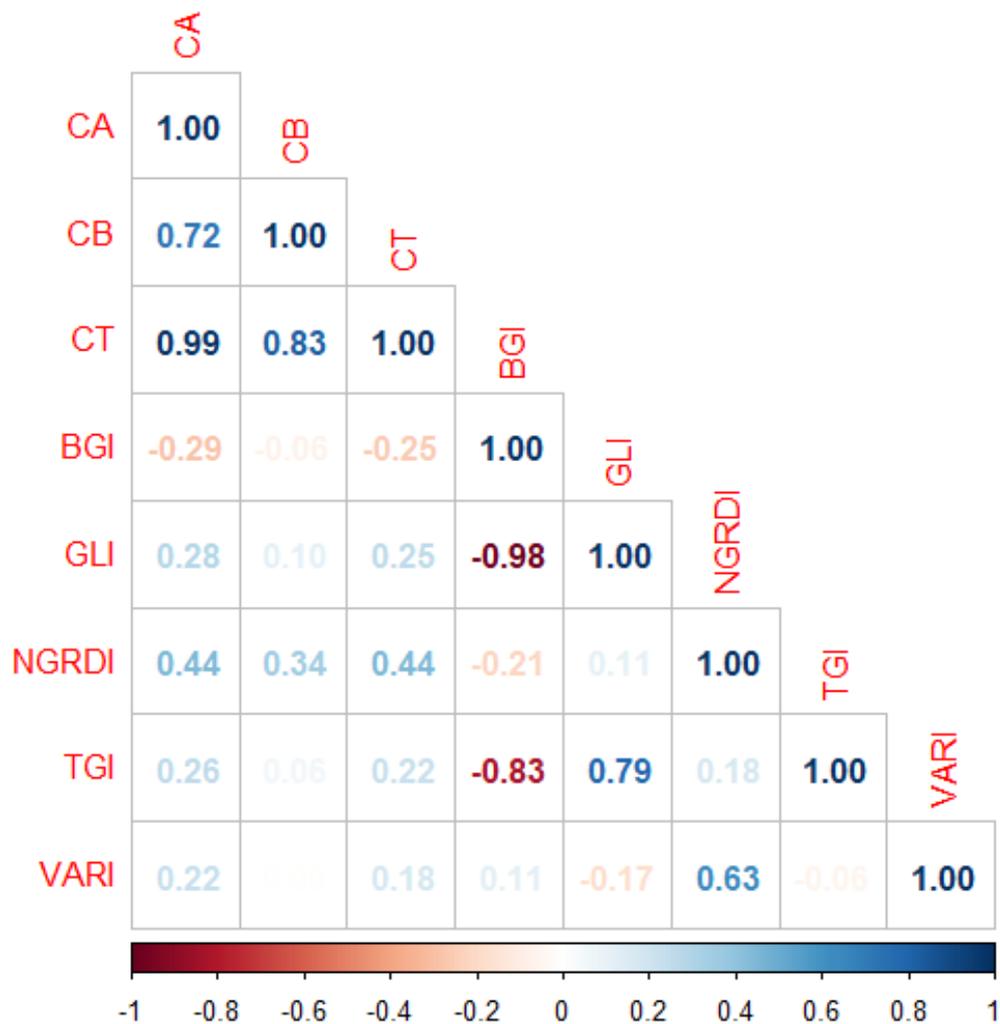


Figura 10: Matriz de correlação (r de Pearson) para pigmentos foliares e índices de vegetação em alface americana com relação a três espécies de adubos verdes. Correlações significativas pelo teste de Pearson a 5% são exibidas em tons de azul (positivas) e vermelho (negativas). CA = clorofila a; CB = clorofila b; CT = clorofila total; BGI = índice de pigmento verde azulado; GLI = índice de folha verde; NGRDI = índice de diferença normalizada verde vermelho; TGI = índice de verde triangular; VARI = índice resistente à atmosfera na região visível.

As Figuras 11, 12, 13, 14 e 15 apresentam os índices de vegetação avaliados nesse trabalho, sendo eles: índice de pigmento verde azulado (BGI), índice de folha verde (GLI), índice de diferença normalizada verde vermelho (NGRDI), índice de verde triangular (TGI), índice resistente à atmosfera na região visível (VARI).

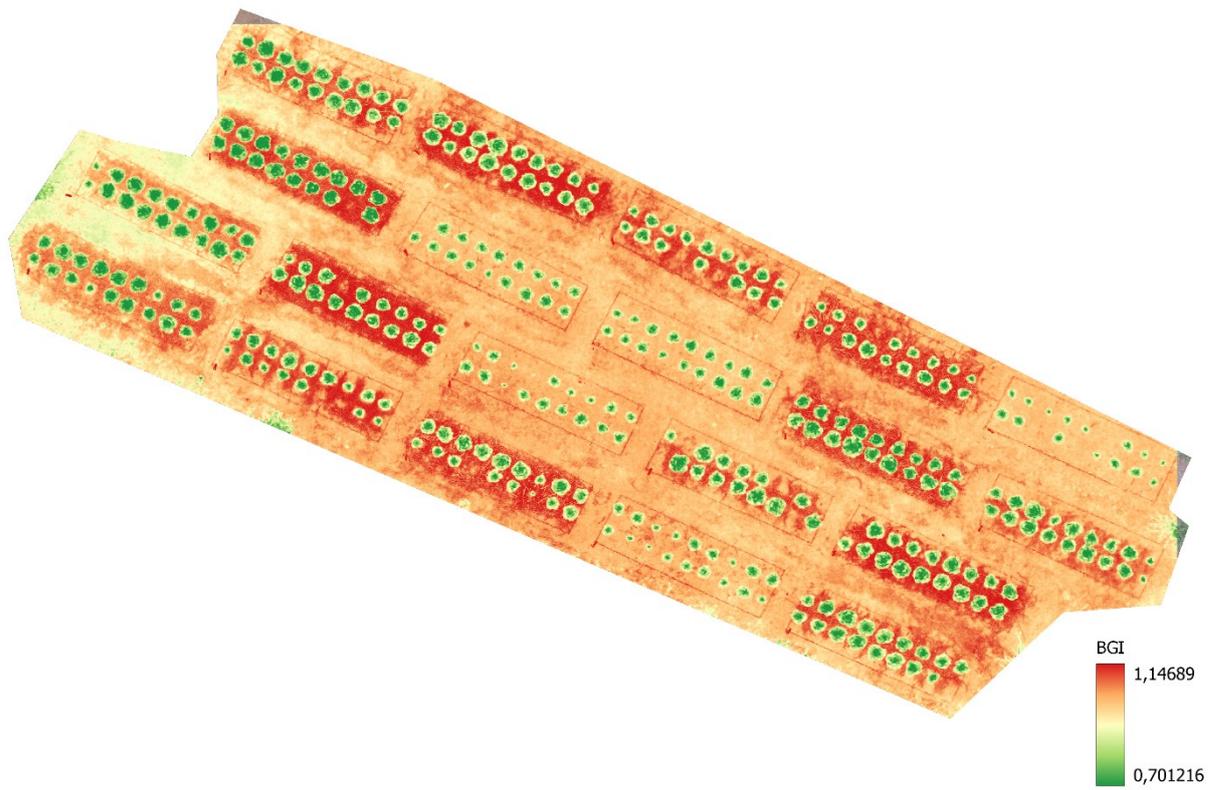


Figura 11: Imagem do índice de pigmento verde azulado (BGI), aplicado na cultivar de alface em três espécie de adubos verdes.

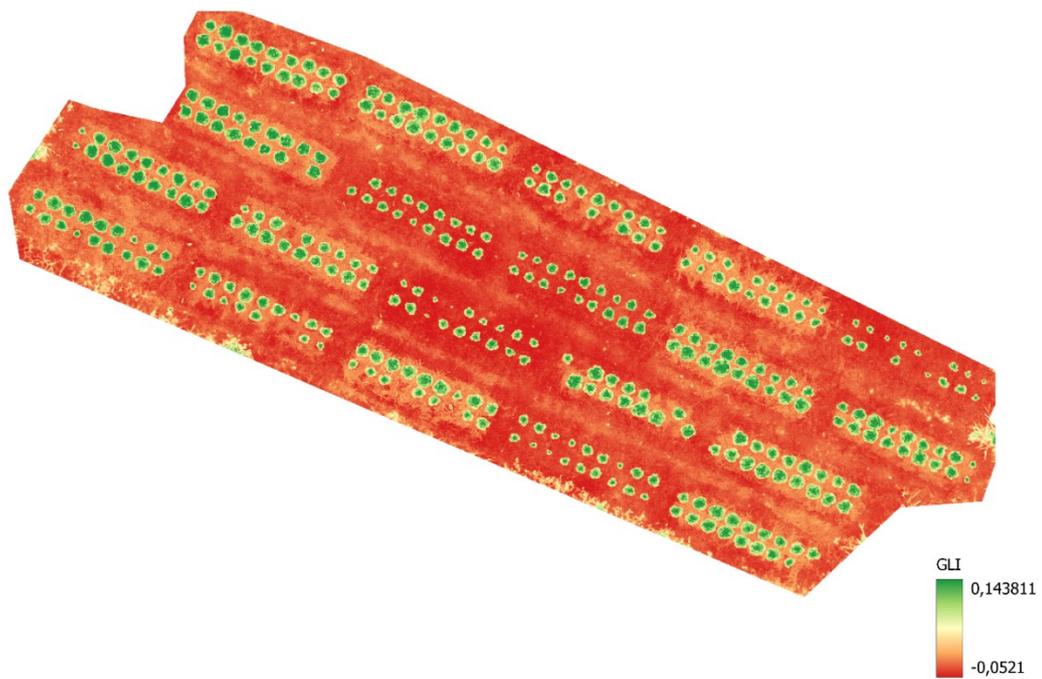


Figura 12: Imagem do índice de folha verde (GLI), aplicado na cultivar de alface em três espécie de adubos verdes.

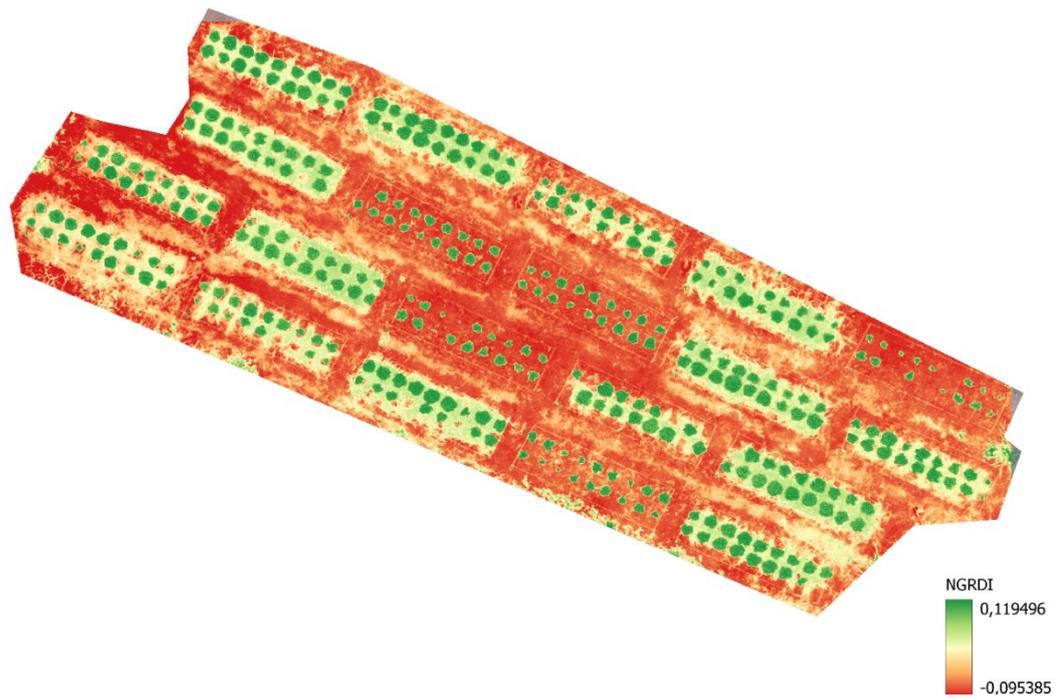


Figura 13: Imagem do índice de diferença normalizada verde vermelho (NGRDI), aplicado na cultivar de alface em três espécies de adubos verdes.

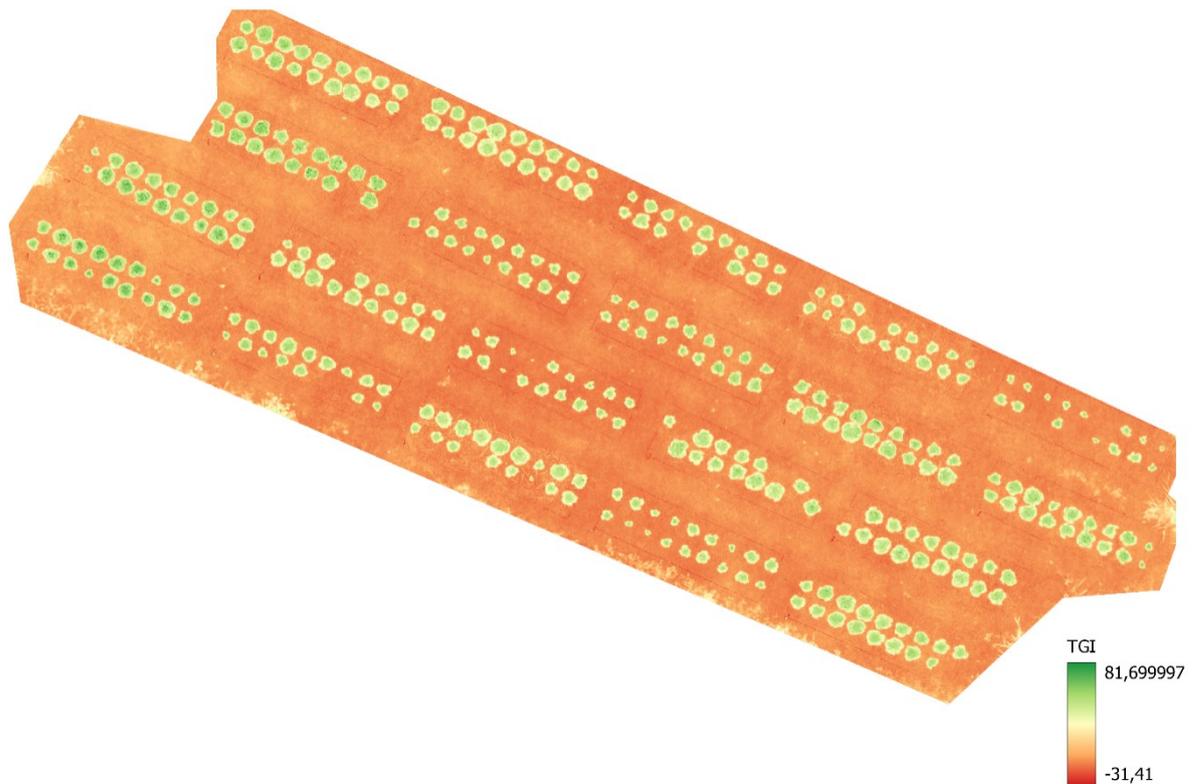


Figura 14: Imagem do índice de verde triangular (TGI), aplicado na cultivar de alface em três espécies de adubos verdes.

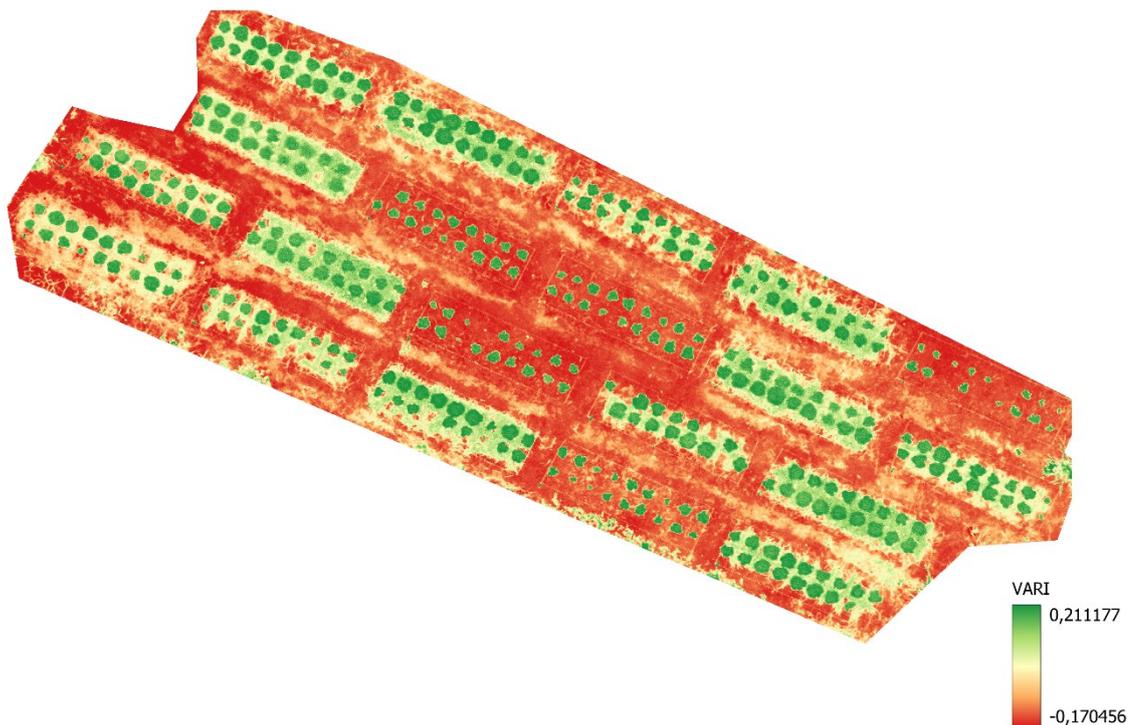


Figura 15: Imagem do índice resistente à atmosfera na região visível (VARI), aplicado na cultivar de alface em três espécie de adubos verdes.

O resultado da matriz (Figura 10) mostra um maior desempenho do índice NGRDI com correlação moderada relacionada a clorofila “a” (44%) e clorofila “total” (44%), apresentando um melhor indicativo nutricional conforme a pigmentação da alface, sobretudo o nitrogênio. Isso sugere que a adubação verde pode ser eficiente na complementação nutricional da cultura da alface, sendo uma fonte específica de adubação orgânica.

O teor de clorofila é indicativo da quantidade de nitrogênio presente nas folhas (WINDER, 2018). Essa descrição está relacionada ao fato de que 50 a 70% do N total das folhas são integrantes de enzimas que estão associadas aos cloroplastos (QUADROS et al., 2010), da forma que quando aumenta esse elemento, até determinado limite, proporciona incremento no teor de clorofila e intensidade de cor verde nas folhas da planta (FONTES e ARAÚJO, 2007).

Dessa forma, índices de vegetação que manifestam a cor verde na planta, podem correlacionar-se positivamente com a concentração de N na folha (BACKES et al., 2010).

Por meio de equipamentos de imagem portáteis é mais difícil determinar o conteúdo de clorofila b quando comparado a leitura de clorofila a. Isso se deve ao fato do comprimento de onda emitido aproximar-se mais ao pico de absorção da clorofila a, do que ao pigmento clorofila b (RICHARDSON et al., 2002 e NEVES et al., 2005).

Segundo Sena Júnior et al. (2008), classificadores com características extraídas de equipamentos portáteis apresentam menor eficiência em relação aos de imagens. Assim, as

imagens obtidas por meio de câmeras digitais tornam a quantificação dos pigmentos das plantas bastante recomendável. Em adição, os medidores de clorofila promovem maior contato físico com as folhas, o que acarreta menores coletas de pontos em campo, e conseqüentemente, pode trazer indicação inadequada da distribuição espacial do estado nutricional da cultura (NOH et al., 2006).

De acordo com Rodrigues (2016), ao aplicar os métodos descritos para captura de imagem e determinação do melhor modelo matemático que correlaciona as características da imagem digital com o valor real do teor de clorofila, é possível criar um sistema similar ao clorofilômetro.

6 CONCLUSÕES

Nas avaliações de produtividade de alface com três espécie de adubo verde, foi verificada a eficiência dessas plantas como uma fonte de adubação orgânica. Apesar dos estilosantes serem adubos verdes mais específicos para pastagem, demonstrou resultados similares aos demais, podem ser uma boa indicação para a cultura da alface.

A correlação de clorofila com os índices de vegetação demonstrou que os adubos verdes podem ter atuado de forma eficiente na complementação de nutricional, visto que relacionaram-se positivamente aos teores de clorofila.

O NGRDI apresentou o melhor resultado correlacionado ao teor de clorofila, demonstrando que é um índice de vegetação eficaz como indicativo nutricional de alface cultivada em associação com os adubos verdes.

REFERÊNCIAS

ABCSEM. **Anuário Brasileiro de horti&fruti**. 2019. Editora Gazeta. Disponível em: <http://www.abcsem.com.br/upload/arquivos/HortiFruti_2019_DUPLA.pdf>. Acesso em: 15 de março de 2021.

ALCÂNTARA, F.A. et al. 2000. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.

ALFENAS, R.F. et al. First report of *Choanephora cucurbitarum* on *Crotalaria spectabilis*: a highly aggressive pathogen causing a flower and stem blight in Brazil. **Plant Disease**, p.1456, 2018.

ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A. Adubação verde. In: HENZ, G. P.; ALCÂNTARA, F. A. de; RESENDE, F. V. (Eds.). **Produção orgânica de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 99-112.

ALMEIDA, T. B. F. et al. Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Biotemas**, Florianópolis, 24, n. 2, p. 27-36, 2011.

AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. de. Histórico da adubação verde. In: CARVALHO, A. M. de.; AMABILE, R. F. (ed.) **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. Cap. 1. p. 23 – 40.

AMABILE, R.F.; FANCELLI, A.L.; CARVALHO, A.M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.1, p.47-54, 2000.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura no solo, sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.241-248, 2002.

ANUNCIACÃO, G. C. F. **Influência da adubação verde na fertilidade do solo cultivado com (*Coffea arabica* L.) e análise dos macronutrientes**. 2010. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Tecnologia em Agricultura, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Muzambinho, 2010.

ARAÚJO, B.C. **Drones como ferramenta de gestão florestal: desempenho dos índices IRAV (Índice Resistente à Atmosfera na Região Visível) e ITV (Índice Triangular Verde) na estimativa de volume de Eucalyptus**. 2022. 50f.: il. Monografia (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, curso de Engenharia Florestal. Macaíba, RN, 2022.

ARAÚJO NETO, S. E.; FERREIRA, R. L. F.; PONTES, F. S. T. Rentabilidade da produção da orgânica de cultivares de alface com diferentes preparos de solo e ambiente de cultivo. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n. 5, p. 1362-1368, 2009.

BACKES, C. et al. Solos e nutrição de plantas. Estado nutricional em nitrogênio da grama esmeralda avaliado por meio do teor foliar, clorofilômetro e imagem digital, em área adubada com lodo de esgoto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 661-668, 2010.

BALLESTEROS, R. et al. Combined use of agro-climatic and very high-resolution remote sensing information for crop monitoring. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 72, n. May, p. 66–75, 2018.

BARROS, A.M.C. et al. Variabilidade genética e ecológica de *Stylisanthes macrocephala* determinadas por RAPD e SIG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 9, p. 899-909, 2005.

BARROS, D. L.; GOMIDE, P. H. O.; CARVALHO, G. J. Plantas de cobertura e seus efeitos na cultura em sucessão. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n.2, p. 308-318, 2013. Dispon

ível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13937>>: Acesso em: 8 maio 2021.

BAUMGARTNER, J. G. Nutrição e adubação do maracujá. In: RUGGIERO, C. (Ed.) **Maracujá**. Ribeirão Preto: Legis Summa, 1987. p. 86-96.

BEVILAQUA, G. A. P.; PINHEIRO, R. A.; ANTUNES, I. F. Leguminosas na alimentação humana e animal. In: WOLFF, L. F.; MEDEIROS, C. A. B. (ed.) **Alternativas para a Diversificação da Agricultura Familiar de Base Ecológica – 2016**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado. p.19-26. 2016 (Documentos / Embrapa Clima Temperado, 420).

BELOTI, I. F. et al. Low-altitude, high-resolution aerial imaging for field crop phenotyping in summer squash (*Cucurbita pepo*). **Genetics and Molecular Research**, v. 19, n. 3, p.1-14, 2020.

BENINNI, E. R. Y.; TAKAHASHI, H. W.; NEVES, C. S. V. J. 2005. Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 273-282.

BERNARDI, A.C.C. et al. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 596 p.; II. color.; 21 cm x 29,7 cm.

BLANKENSHIP, R.E. (2009) Fotossíntese: As Reações Luminosas. In: Taiz, L. Zeiger, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, pp.147-181.

BOOIJ, R.; VALENZUELA, J.L.; AGUILERA, C. Determination of crop nitrogen status using non-invasive methods. In: HAVERKORT, A.J.; MACKERRON, D.K.L. (Ed.). **Management of nitrogen and water in potato production**, Wageningen Pers, 2000. p.72-82.

BORATTO, I. M. P.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Foz do Iguaçu-PR. 2013.

BOGIANI, J. C.; FERREIRA, A. C. B. **Plantas de cobertura no sistema soja-milho-algodão no cerrado**. IPNI – International Plant Nutrition Institute, Informações agrônômicas, nº160, 2017. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/35C19FD1CE F13F5483258210003BD848/\\$FILE/Page1-15-160.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/35C19FD1CE F13F5483258210003BD848/$FILE/Page1-15-160.pdf)>. Acesso em: 08 de maio de 2021.

BRSEEDS. **Crotalaria spectabilis Roth**. Disponível em: <https://www.brseeds.com/loja/produto-248016-1113-sementes_crotalaria_spectabilis_caixa_com_3_kg>. Acesso em: 10 de maio de 2021.

BRANCO, R. B. F. et al. Cultivo orgânico sequencial de hortaliças com dois sistemas de irrigação e duas coberturas de solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n.1, p. 75-80, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362010000100014>.

BROWN, L. K. et al. Is green manure from riparian buffer strip species an effective nutrient source for crops? **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 48, n. 2, p. 385-393, 2019.

BURLE, M. L. et al. Caracterização das espécies de adubo verde. In: **Cerrado adubação**

verde. 1 ed. Planaltina: EMBRAPA Cerrados - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Cerrados, p. 75-89, 2006.

CALEGARI, A.; DONIZETE CARLOS, J. A. Recomendações de plantio e informações gerais sobre o uso de espécies para adubação verde no Brasil. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 2, p. 452-478.

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 118p. Circular, 80.

CALEGARI, A. et al. Aspectos gerais da adubação verde. In: **COSTA MBB (Coord). Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa. p.1-56, 1993.

CARON, B. O. et al. Crescimento da alfaca em diferentes substratos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 3, n. 2, p. 97-104, 2004.

CARON, B. O. et al. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada em fitomassa de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, v.36, n.5, p.833-842, 2012.

CARVALHO, N. L.; ZABOT, V. Nitrogênio: nutriente ou poluente? **Revista eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.6, n.6, p.960-974, 2012. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reget/index>>. Acessado em: 13 março. 2021.

CARVALHO, W. P. et al. Alelopatia de resíduos de plantas de cobertura no controle de braquiária cv. Marandu. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre-RS, v. 14, n. 2, p. 60-69, 2016.

CIGANDA, V., GITELSON, A.; SCHEPERS, J. Vertical profile and temporal variation of chlorophyll in maize canopy: quantitative “crop vigor” indicator by means of reflectancebased techniques. **Agronomy Journal**, v. 100, p. 1409-1417, 2008.

CHAKRABORTY, S. et al. Genetic and pathogenic diversity in isolates of *Colletotrichum gloeosporioides* from eight species of *Stylosanthes*. **Tropical Grassland**, St. Lucia, v. 31, n. 6, p.393-401, 1997.

CHARCHAR, M.J.D.A. et al. **Avaliação de acessos de *Stylosanthes* spp. em relação à antracnose, em condições de campo, no Distrito Federal, Brasil**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2002. p.14. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento).

CHAVES, H. M. L. Efeitos do Plantio Direto sobre o Meio Ambiente. In: SATURNINO, H. M.; LANDERS J. N. **O Meio ambiente e o Plantio Direto**. Goiânia: APDC, p.57, 1997.

CLEMENTE, A.A. **Teores de antocianinas, carotenoides e clorofilas em germoplasma de alfaca roxa e verde a partir de imagens obtidas com aeronave remotamente pilotada [recurso eletrônico]**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Agricultura e Informações Geoespaciais, Monte Carmelo – MG, 2021.

CÓNSUL, J. M. D. et al. Decomposição catalítica de óxidos de nitrogênio. **Química Nova**, v.27, n.3, p.432 - 440, 2004.

COSTA, M. B. B. da. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 346p., 1993.

CUNHA, F. R.; OLIVEIRA, D. F.; CAMPOS, V. P. Extratos vegetais com propriedades nematicidas e purificação do princípio ativo do extrato de *Leucaena leucocephala*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 4, p. 438-441, 2003.

Da SILVA, V. F. et al. Comportamento de cultivares de alface em diferentes espaçamentos sob temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 183-187. Nov. 2000.

DATE, R. A. Selection of effective strains of *Bradyrhizobium* for Caatinga *Stylo* (*Stylosanthes seabrana*). **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, vol. 4(2): p.54-70, 2016.

DATE, R. A. Inoculation of tropical pasture legumes. Hawaii, University. **Cooperative Extension**, p.299-311. (University Cooperative Extension, Public Miscellaneous, 145). 1977.

DATE, R.A. *Bradyrhizobium* effectiveness response in *Stylosanthes hamate* and *S. seabrana*. **Tropical Grasslands**, v.44, p.141-157, 2010.

DELAMUTA, J.R.M. et al. *Bradyrhizobium stylosanthis* sp. nov., comprising nitrogen- fixing symbionts isolated from nodules of the tropical forage legume *Stylosanthes* spp. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v.66: p.3078 - 3087, 2016. DOI 10.1099/ijsem.0.001148.

DIAS, R. C. et al. Seletividade inicial de herbicidas aplicados em pós-emergência da crotalária. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 16, n. 1, p. 76-83, 2017.

DINIZ, E. R. et al. Decomposição e mineralização do nitrogênio proveniente do adubo verde *Crotalaria juncea*. **Científica**, v. 42, n. 1, p. 51-59, 2014.

EMBRAPA. Cultivo e uso do Estilosantes-campo-grande. Campo Grande, MS: **Embrapa Gado de Corte**, 2007. 11 p. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado técnico, 105).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Renovação de canaviais com adubação verde**. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2572332/renovacao-de-canaviais-com-adubacao-verde>> Acesso em 20 maio. 2020.

EMBRAPA. Estilosantes Campo Grande: estabelecimento, manejo e produção animal. Campo Grande: **Embrapa Gado de Corte**, 2000 (Embrapa Gado de Corte, Comunicado Técnico, 61).

EMBRAPA. **Leucena**: fonte alternativa de adubo nitrogenado para o cultivo do milho. Disponível em: <www.cnpms.embrapa.br>. Acesso em: 15 de maio. 2021.

ESCADAFAL, R.; BELGHITH, A.; BEM, M. H. Indices spectraux pour la télédétection de la dégradation des milieux naturels en Tunisie aride. In *Actes du Sixième Symposium*

International. Mesures physiques et Signatures spectrales en Télédétection, p.17-21, 1994.

ESPINDOLA, J. A. A. et al. **Adubação verde com leguminosas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 49 p., 2005.

FAHL, J.I. et al. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. Campinas, Instituto Agrônômico, 6.ed. rev. atual. 1998. 396p. (Boletim 200).

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTDA. **Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (clorofilog / cfl 1030)**. Porto Alegre, Falker automação agrícola. Rev. B. 2008. 33p.

FAVERO, C. et al. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.11, p.1355-1362, 2001.

FELIPETTO, H.S. **Desempenho de um VANT na determinação de índice de vegetação da cultura de crambe**. 2015. 104 f.; 30 cm. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Agrícola, área de concentração em Sistemas Biológicos e Agroindustriais, Cascavel- PR: UNIOESTE, 2015.

FERNANDES, A.T.F.; FERNANDES, C.D.; Grof, B. Reação de acessos de *Stylosanthes capitata* à antracnose. **Pasturas Tropicais**, Cali, v.15, n.1, p.23-26, 1993.

FERNANDES, C.D. et al. Avaliação agrônômica de acessos de *Stylosanthes* spp. nos cerrados de Mato Grosso do Sul. In: Reunião Anual da SBZ, 37, **Anais ... Viçosa**, MG. 2000. N. 0688.

FERNANDES, C.D. **Resistência de progênies de *Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala* à antracnose causada por *Colletotrichum gloeosporioides***. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 90p., 2003.

FERNANDES, C.D. et al. **Hospedabilidade de gramíneas e leguminosas forrageiras a *Pratylenchus brachyurus***. In: 48º Congresso Brasileiro de Fitopatologia, São Pedro-SP. Anais do 48º Congresso Brasileiro de Fitopatologia. Brasília-DF: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, p.1., 2015.

FERNANDES, H. S.; MARTINS, S. R. Cultivo de alface em solo em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 56-63, 1999.

FERRAZ, S. et al. **Efeito do cultivo de duas espécies de *Mucuna* sobre a população de *Meloidogyne exigua*, *M. incognita* e *M. javanica*, em casa de vegetação**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 24, 2003, Petrolina. Programas e resumos. Petrolina: Sociedade Brasileira de Nematologia: Embrapa Semiárido, p. 79, 2003.

FERREIRA, E. P. B. et al. Contribuições para a melhoria da eficiência da fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro comum no Brasil. **Tópicos de Ciência do Solo**, v.8, p.251-291, 2013.

FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças**. 3 ed. Viçosa: UFV. 421p., 2008.

FONTANÉTTI, A. et al. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 146-150, 2006.

FONTES, P. C. R.; ARAÚJO, C. de. **Adubação nitrogenada de hortaliças: princípios e práticas com o tomateiro**. Viçosa: Ed. UFV, p. 15, 2007.

FORMENTINI, E. A. Cartilha sobre adubação verde e compostagem. **INCAPER** - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Vitória, 2008.

FORMENTINI, E. A. et al. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem**. Vitória: Incaper, 27p., 2008.

FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: Kerbauy, G. B. Ed. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro, v.1, p. 452, 2004.

GARCIA, J.M. et al. Gênero *Crotalaria* L. (Leguminosae, Faboideae, Crotalarieae) na Planície de Inundação do Alto Rio Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 209-226, 2013.

GARDIANO, C. G. et al. Atividade nematicida de extratos de sementes de espécies de *Crotalaria* sobre *Meloidogyne javanica*. **Trópica Ciência Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 1, p.3-7, 2010.

GITELSON, A. A. et al. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. **Remote sensing of Environment**, v. 80, n. 1, p. 76-87, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00289-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00289-9).

GOTO, R.; GUIMARÃES, V. F.; ECHER, M. M. 2001. Aspectos fisiológicos e nutricionais no crescimento e desenvolvimento de plantas hortícolas. In: FOLEGATTI, M. V.; CASARINI, E.; BLANCO, F. F.; BRASIL, R. P. C.; RESENDE, R. S. (Coord.) **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, v.2, p.241-268.

GUERRA, J. G. M. et al. Adubação verde no cultivo de hortaliças. In: LIMA FILHO, O.F.D. AMBROSANO, E.J. ROSSI, F. CARLOS, J.A.D. (Orgs.) **Adubação Verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Cap. 20.p 243-267.

HAMMERTON, J. *Mucuna pruriens*: weed, invasive, or multi-use crop for the Bahamas? **College of the Bahamas Research Journal**, v. 12, n.1, p. 4-15, 2003.

HUNGRIA, M.; CAMPO, J. R.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 2001. 48p.

HUNT, E.R. et al. Remote Sensing Leaf Chlorophyll Content Using a Visible Band Index. **Agronomy Journal**, [s.l.], v. 103, n. 4, p. 1090-1099, maio 2011.

IBGE. **Censo agropecuário**. 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuaria.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 15 de março 2021.

ISLAM, M. S. et al. *Bradyrhizobium iriomotense* sp. nov., isolated from a tumorlike root of the legume *Entada koshunensis* from Iriomote Island in Japan. **Biosci Biotechnol Biochem**, v.72, n.6, p.1416 - 1429. 2008.

JESUS, S. V., & MARENCO, R. A. O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **Acta Amazonica**, v.38, n.4, p. 815-818, 2008.

KANEMASU, E. T. Seasonal canopy reflectance patterns of wheat, sorghum, and soybean. **Remote Sensing of Environment**, v. 3, n. 1, p. 43-47, jan. 1974.

KARIA, C.T.; ANDRADE, R.P. Avaliação preliminar de espécies forrageiras no Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado: perspectivas futuras. In: Simpósio sobre o Cerrado, 8; **International Symposium on Tropical Savannas**. Anais. p. 471-475, 1996.

KARIA, C.T. Tese: Caracterização genética e morfoagronômica de germoplasma de *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. Universidade Federal de Goiás – **Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos**, Goiânia, 2008.

KAUFMAN, Y. J.; TANRE, D. Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS. **IEEE transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 30, n. 2, p. 261-270, 1992.

KELEMU, S. et al. Biodiversity, epidemiology and virulence of *Colletotrichum gloeosporioides*- I. Genetic and pathogenic diversity in isolates from *S. guianensis*. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v.31, n.5, p.387-392, 1997.

KLIEMANN, H. J. et al. Nutrição mineral e adubação do maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims). In: HAAG, H.P. (ed.). **Nutrição mineral e adubação de frutíferas tropicais no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, p.245-284, 1986.

LEITÃO FILHO, H. F. Observações sobre alguns do gênero de Leguminosas-Papilionoidae. **Boletim Científico Instituto Agrônomo**, Campinas, n. 15, p. 67, 2009.

LIMA, M. E. **Avaliação do desempenho da cultura da alface (*Lactuca sativa*) cultivada em sistema orgânico de produção, sob diferentes lâminas de irrigação e coberturas do solo**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 63f., 2007.

LIMA, M. E. de. et al. Desempenho da alface em cultivo orgânico com e sem cobertura morta e diferentes lâminas de água. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 33, p. 1503-1510, 2009.

LIMA, R. et al. Efeito do Espaçamento no Desenvolvimento Volumétrico de *Pinus taeda* L. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n.2, p.223-230., 2013.

LLORET, L.; MARTÍNEZ-ROMERO, E. Evolución y filogenia de *Rhizobium*. **Revista Latino Americana de Microbiologia**, v.47, n. 1-2, p.43-60., 2005.

LOUHAICHI, M.; BORMAN, M. M.; JOHNSON, D. E. Spatially located platform and aerial photography for documentation of grazing impacts on wheat. **Geocarto**

International, vol.16, n.1, p. 65-70, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1080/10106040108542184>.

MALAVOLTA, E. 2006. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres. 638p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 439p. 2005.

MAROUELLI, W. A. et al. **Manejo da água de irrigação**. Embrapa Hortaliças, 2011. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/913636/manejo-da-agua-de-irrigacao>>. Acesso em: 18 de junho de 2021.

MARTELETO, L. O. Nutrição e adubação. In: SÃO JOSÉ, A. R.; FERREIRA, F. R.; VAZ, R. L. (ed.). **A cultura do maracujá no Brasil**. Jaboticabal: FUNEP, p. 125-237, 1991.

MARTINEZ, S. T.; SANTOS, A. P. B.; PINTO, A. C. A determinação estrutural do alcaloide pirrolizidínico monocrotalina: exemplo dos desafios da química de produtos naturais até os anos sessenta do século XX. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 2, p. 300-311, 2013.

MCKINNON, T.; HOFF, P. **Comparando Índices de Vegetação Baseados em RGB com o NDVI para Imagens Drone Agrícolas**. Boulder, 2017. Disponível em: <<https://agribotix.com/blog/2017/04/30/comparing-rgb-based-vegetation-indices-with-ndvi-for-agricultural-drone-imagery/>> Acesso em: 20 de agosto de 2022.

MENESES, P.R. **Sensores Imageadores Multiespectrais na Faixa Óptica**. In: Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto, 2012. Disponível em: <<http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>. Acesso em: 20 de agosto de 2022.

MILES, J.D.; GROF, B. Recent advances in studies of anthracnose of *Stylosanthes*. **Tropical Grasslands**, St. Lucia, v. 31, n. 5, p. 430-434, 1997.

MIRANDA, C.H.B.; FERNANDES, C.D.; CADISH, G. Quantifying the nitrogen fixed by *Stylosanthes*. **Pasturas Tropicais**, v. 21, n.1, p. 64-69, 1999.

MONQUEIRO, P. A. et al. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 85-95, 2009.

MONTEIRO, A. R. **Controle de nematóides por espécies de adubos verdes**. In Curso sobre adubação verde no Instituto Agrônômico, 1., 1992, Campinas: Instituto Agrônômico, 1993. p.109-121 (Documentos IAC, 35).

MORENO, L. et al. Comparative study of multispectral satellite images and RGB images taken from drones for vegetation coverestimation. In: **2018 IEEE 38th Central America and Panama Convention (CONCAPAN XXXVIII)**. IEEE, p. 1-8, 2018.

MOTA, J. H. et al. Produção de alface americana em função da adubação nitrogenada nas condições de primavera em jataí-go. **Revista de Agricultura**, Jataí, v. 91, n. 2, p. 156-164, 2016.

- MOURA, T.M. **Filogenia de *Mucuna* Adans. (Leguminosae-Papilionoideae) e taxonomia das espécies ocorrentes no continente americano**. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 389 f., 2013.
- NEVES, J. F. N. F. et al. Produção de cultivares de alface americana sob diferentes ambientes em condições tropicais. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 2, p. 130-136, 2016.
- NEVES, O. S. C. et al. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.5, p.517-521, 2005.
- NOH, H. et al. A neural network model of maize crop nitrogen stress assessment for a multi-spectral imaging sensor. **Biosystems Engineering**, v. 94, n. 4, p. 477-485, 2006.
- NORRIS, D.O. The intelligent use of inoculante and lime pelleting for tropical legumes. **Tropical Grassland**. v.1, n.2, p.107-121. 1967.
- OLIVEIRA, F. F. et al. Avaliação de coberturas mortas em cultura de alface sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 216-220. 2008.
- OLIVEIRA, I. M; JUNQUEIRA, A. M. R. Produção de alface em função de diferentes fontes de adubos orgânicos. **Associação Brasileira de Horticultura**, 2008. Disponível em: http://www.abhorticultura.com.br/EventosX2/EventosX/Trabalhos/EV_1/A766_T1195_Com p.pdf. Acesso em: 20 de fevereiro de 2022.
- OLIVEIRA, N. G. et al. Plantio direto de alface adubada com “cama” de aviário sobre coberturas vivas de grama e amendoim forrageiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 112-117, 2006. [http:// dx.doi.org/10.1590/S0102-05362006000100023](http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362006000100023).
- ORMEÑO-ORRILLO, E. et al. Dinitrogen-fixing prokaryotes. In *The Prokaryotes – Prokaryotic Physiology and Biochemistry*, pp. 427-451. Edited by E. Rosenberg et al. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. 2013.
- PACHECO, J. S., SILVA-LÓPEZ, R. E. S. Genus *Crotalaria* L. (Leguminosae). **Revista Fitos**, v. 5, n. 3, p. 43-52, 2010.
- PADILLA, F. M. et al. Influence of time of day on measurement with chlorophyll meters and canopy reflectance sensors of different crop N status. **Precision Agriculture**, v. 20, n. 6, p. 1087-1106, 2019.
- PARTELLI, F. L. et al. Biologic dinitrogen fixation and nutrient cycling in cover crops and their effect on organic *Conilon coffee*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 3, p. 995-1006, 2011.
- PEIX, A. et al. Bacterial Associations with Legumes. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.34, n. 1-3, p.17-42, 2015. DOI: 10.1080/07352689.2014.897899.
- PEREIRA, A. J. et al. **Desempenho agrônômico de crotalária juncea em diferentes arranjos populacionais e épocas do ano**. Seropédica: Embrapa, 2005.

PEREIRA, A. R. Aspectos Fisiológicos da Produtividade Vegetal. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Campinas, v. 1, n.2, p.0139-142, 1989.

PEREIRA, I. S.; PEREIRA, M. T. **Olericultura**. / NT Editora. Brasília: 2016. 158p.: il.; 21,0 X 29,7 cm.

PIX4D. **Índices de Vegetação**: uma ferramenta chave na agricultura. 2018. Disponível em: <<https://www.pix4d.com/pt/blog/pix4dfields-indices-de-vegetacao-para-agricultura-de-precisao#tgi>>. Acesso em: 20 de agosto de 2022.

PRESTES, C. D. P. et al. Avaliação de metodologia de estimativa de produtividade desoja por meio de aeronave não tripulada e técnica de aprendizado de máquina baseada em regressão. **Revista MundiEngenharia, Tecnologia e Gestão**, v. 5, n. 3, p. 245-01, 2020.

QUADROS, B. R. et al. Doses de nitrogênio na produção de rabanete fertirrigado e determinação de clorofila por medidor portátil nas folhas. **Brazilian journal of irrigation and drainage**, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 353-360, 2010.

QUEIROZ, A. A.; CRUVINEL, V. B.; FIGUEIREDO, K. M. E. Produção de alface americana em função da fertilização com organomineral. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.14, n. 25, p. 1053-1063, 2017.

QUEIROZ, L. R. et al. Supressão de plantas daninhas e produção de milho-verde orgânico em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 2, p. 263-270, 2010.

PICCOLO, M.D.C. **Dinâmica do nitrogênio incorporada na forma orgânica em solos de várzea e terra firme na Amazônia Central**. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 172 f., 1989.

RAINA, A. P.; TOMAR, J. B.; DUTTA, M. Variability in *Mucuna pruriens* L. germplasm for L-Dopa, na anti parkinsonian agent. *Genetic Resources and Crop Evolution*, v.59, n.6, p.1207-1212, 2012.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2021. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 17 de março de 2021.

REZNICK, J. P. K. **Produtividade, qualidade industrial e nutricional na cultura do trigo**. Dissertação de mestrado, Curitiba, Universidade Federal do Paraná. 64p., 2017.

RICCARDI et al. Non-destructive evaluation of chlorophyll content in quinoa and amaranth leaves by simple and multiple regression analysis of RGB image components. **Photosynth Res**, v. 120, n. 3, p. 263-272, 2014.

RICHARDSON, A. D.; DUIGAN, S. P.; BERLYN, G. P. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. **New Phytologist**, v.153, n.1, p.185-194, 2002.

RIGGS, R.D. Nonhost Root Penetration by Soybean Cyst Nematode. **Journal of Nematology**, Lawrence, v.19, n.2, p.251-254, 1987.

RIZZARDI, M. A. et al. Ajuste de modelo para quantificar o efeito de plantas daninhas e época de semeadura no rendimento de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 35-43, 2003.

RODRIGUES, A. C. G.; RODRIGUES, E. F. G.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região noroeste fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1421-1428, 2007.

RODRIGUES, T.N. **Sistema para estimativa do teor de clorofila por meio de imagens digitais**. Juazeiro, 2016. xii 52f.: il.; 29 cm. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação), apresentado à Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Campus Juazeiro-BA, 2016

SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p.187-194, 2012.

SANTI, A. et al. Ação de material orgânico sobre a produção e características comerciais de cultivares de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 87-90, 2010.

SANTOS, A. M. et al. Efeito da disponibilidade de nitrato em solução nutritiva sobre a absorção de nitrogênio e atividade enzimática de duas cultivares de arroz. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.1, p.215-220, 2009.

SANTOS-GARCIA, M.O. et al. Mating systems in tropical forages: *Stylosanthes capitata* Vog. and *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. **Euphytica**, v. 178, n.2, p. 185-193, 2011.

SANTOS, P. A. et al. Adubos verdes e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 2, p. 123-134, 2010.

SANTOS, S. da S. et al. Produção de cebola orgânica em função do uso de cobertura morta e torta de mamona. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n.3, p. 549-552, 2012.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. 2016. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae>>. Acesso em: 15 de março de 2021.

SENA JÚNIOR, D. G. et al. 2008. **Discriminação entre estágios nutricionais na cultura do trigo com técnicas de visão artificial e medidor portátil de clorofila**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.28, n.1, p.187-195. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v28n1/a19v28n1>>. Acesso em: 01 de agosto de 2022.

SENIGE, M.O; WIEHE, A.; RYPPA, C. **Synthesis, reactivity and structure of chlorophylls**. In: GRUMM, B.; PORRA, R.J.; RÜDGER, W.; SCHEER, H. (Eds.) Chlorophylls and Bacteriochlorophylls: biochemistry, biophysics, functions and applications. Dordrecht: Springer Science, 2006. p. 27-37.

SOLIGO, C. C. **Produtividade e incidência de plantas espontâneas sob diferentes coberturas de solo no cultivo de alface crespa cv. Vera ®**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Agronomia, Laranjeiras do Sul, Pr, 2018.

SOUSA, G. M. M. **Adubação orgânica e densidades de plantas em crotalaria juncea antecedendo arroz**. Dissertação (Mestrado em ciência do solo) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Graduação. Mossoró, 48f., 2011.

SOUZA, L. A. G. D. **Guia de biodiversidade de fabaceae do Alto Rio Negro**. Manaus: INPA, 118 p. 2012.

STEVENSON F.J. **Humus chemistry**. New York, John Willey e Sons. 443p. 1982.

STRECK, N. A. et al. Efeito do espaçamento de plantio no crescimento, desenvolvimento e produtividade da mandioca em ambiente subtropical. **Bragantia**. Campinas, v. 73, n. 4, p. 407-415. 2014.

STREIT, M.N.; CANTERLE, L.P., CANTO, M.W. et al. As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, p. 748-755, 2005.

SUINAGA, F. A. et al. **Desempenho produtivo de cultivares de alface crespa**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2013. 15p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 89)

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TEODORO, R.B., AUGUSTO, M., QUARESMA, L. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n.2, p. 635-640, 2011.

TEODORO, R. B. et al. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 35, n. 2, p. 635-643, 2011.

TIMOSSI, P. C. et al. Produção de sementes de crotalaria juncea em diferentes épocas de semeadura no sudeste goiano. **Global Science & Technology**, Rio Verde, v. 7, n. 3, p. 58-66, 2014.

TIMOSSI, P. C. et al. Supressão de plantas daninhas e produção de sementes de crotalária, em função de métodos de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia-GO, v. 41, n. 4, p. 525-530, 2011.

TORRES, M. B. et al. **módulo didático de uma enxada rotativa e a importância de suas regulagens durante operação**. Encontros Universitários da UFC, Fortaleza, v. 1, 2016.

TRANI, P. E. et al. Boletim IAC 200. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7.ed. Campinas, SP, p. 8-10, 2014.

TUCKER, C. Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 8, n. 2, p.127–150, 1979. DOI: doi:10.1016/0034-4257(79)90013-0.

VENDRUSCOLO, D. **Seleção de plantas para fitorremediação de solos contaminados com cobre**. Dissertação de Mestrado Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2013.

WEAVER, D.B.; RODRIGUEZ-KÁBANA, R. e GARDEN, E.L. Velvetbean and Bahiagrass as Rotation Crops for Management of *Meloidogyne* sp. and *Heterodera glycines* in Soybean. **Journal of Nematology**, v.30, n.4, p.563-568, 1998.

WILDNER, L. D. P. Adubação Verde: conceitos e modalidades de cultivo. In: LIMA FILHO, O.F.D.; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (Orgs) **Adubação Verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, Cap. 14.p. 21-44., 2014.

WINDER, A. R.S. **Lâminas De Irrigação Na Cultura Da Rúcula No Cerrado**. Tese de Doutorado, Dissertação (Graduação em Mestrado Profissional em Irrigação no Cerrado), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Ceres, 2018.

WUTKE, E. B. **Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo**. In: Curso sobre adubação verde no Instituto Agrônômico, 1. 1993, Campinas: Instituto Agrônômico, 1993. p.17-29. (Documentos IAC, 35).

WUTKE, E.B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L.D.P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O.F.D.; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A.D. (Orgs) **Adubação Verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, Cap. 3.p. 61-167., 2014.

XUE, J., SU, B., 2017. **Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications**. Journal of Sensors [online], 2017. Disponível: <<https://doi.org/10.1155/2017/1353691>>. Acesso: 20 de agosto de 2022.

YANG, H.; YANG, J.; LV, Y.; HE, J. SPAD values and nitrogen nutrition index for evaluation of rice nitrogen status. **Plant Production Science**, v. 17, n. 1, p. 81-92, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1626/pps.17.81>>. Acesso em: 20 de agosto de 2022. DOI: 10.1626/pps.17.81.

YOUNG, J. P. W. Phylogeny and taxonomy of rhizobial. **Plant and Soil**, p.186, 45-52, 1996.

YURI, J. E. et al. Competição de cultivares de alface-americana no sul de Minas Gerais. **Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 1, p.98-102, 2006.

YURI, J. E. et al. Comportamento de cultivares de alface tipo americana em BoaEsperança. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 229-232, 2002.

ZANUNCIO, A. et al. Alelopatia de adubos verdes sobre *Cyperus rotundus*. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 36, n.4, p. 441-446, 2013.

ZARCO-TEJADA et al. Assessing vineyard condition with hyperspectral indices: Leaf and canopy reflectance simulation in a rowstructured discontinuous canopy. **Remote Sensing of Environment**, v. 99, n.3, p.271-287, 2005.

ZHANG, C.; KOVACS, J.M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. **Precision Agriculture**, v.13, n.6, p.693-712, 2012.

ZOTARELLI, L. et al. Calibração do medidor da clorofila Minolta SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 9, p. 1117-1122, 2003.