

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

GILMAR JOSÉ BATINGA DA SILVA

**ESTADO NUTRICIONAL, PRODUÇÃO DE FORRAGEM E DE COLMOS
INDUSTRIALIZÁVEIS PELA RB867515 EM ÁREA DE ADUBAÇÃO VERDE OU
POUSIO**

**RIO LARGO
ALAGOAS-2023**

GILMAR JOSÉ BATINGA DA SILVA

**ESTADO NUTRICIONAL, PRODUÇÃO DE FORRAGEM E DE COLMOS
INDUSTRIALIZÁVEIS PELA RB867515 EM ÁREA DE ADUBAÇÃO VERDE OU
POUSIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Alagoas – Campus Ceca, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Dr. Mauro Wagner de Oliveira

Rio Largo
Alagoas – Brasil 2023

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

S586e Silva, Gilmar José Batinga da

Estado nutricional, produção de forragem e de colmos industrializáveis pela RB867515 em áreas de adubação verde ou pousio. / Gilma José Batinga da Silva – 2023.

31 f.; il.

Monografia de Graduação em Agronomia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2023.

Orientação: Dr. Mauro Wagner de Oliveira

Inclui bibliografia

1. Agricultura familiar. 2. Pecuária leiteira. 3. Sistema de produção.
I. Título.

CDU: 633.2

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, pela saúde e disposição que permitiram a realização deste trabalho. Aos meus familiares e amigos pela compreensão na ausência nos dias comemorativos durante alguns meses.

Ao nosso Professor Mauro Wagner de Oliveira, por ter dado a liberdade e confiança para a execução deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas de graduação, pela motivação e companheirismo durante todos estes anos.

Agradeço também a todos que de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

*“O ontem é história, o amanhã é um mistério, mas o hoje é
uma dádiva. Por isso que se chama presente.”*

Provérbio Chinês

RESUMO

Várias técnicas gerenciais e agrícolas têm sido propostas para a implantação e condução de canaviais, visando alta produtividade no ciclo de cana-planta e pequenos decréscimos nas rebrotas. A adubação verde com crotalária juncea é uma destas técnicas. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar numa pequena propriedade rural, no ambiente edafoclimático de Mercês, zona da Mata Mineira, o acúmulo de matéria seca e ciclagem de nutrientes pela crotalária juncea e pelas plantas da área de pousio, sobre o estado nutricional, a produção de forragem e de colmos industrializáveis pela variedade de cana de açúcar RB867515. Em setembro, aplicou-se calcário e gesso com base nos resultados das amostras de solo na camada de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm. A seguir o solo foi arado e gradeado. No início de outubro, logo após as primeiras chuvas, foi instalado o estudo, constituído por uma área com semeadura da crotalária juncea e outra área de pousio. No início de fevereiro do ano subsequente a semeadura, foi avaliado o acúmulo de matéria seca e de nutrientes na parte aérea da crotalária juncea e nas plantas da área de pousio. Posteriormente a crotalária juncea e a vegetação da área de pousio foram incorporadas ao solo, plantando-se a seguir a RB867515. Em janeiro do ano subsequente ao plantio avaliou-se o estado nutricional da cana-de-açúcar, na área anteriormente cultivada com adubação verde e na área de pousio, amostrando-se sistematicamente em sete pontos da lavoura. Em julho, quando a cana estava madura avaliou-se a produção de forragem e de colmos industrializáveis, amostrando-se nos mesmos locais utilizados para a avaliação do estado nutricional. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de t a 5% de probabilidade. O cultivo da crotalária juncea resultou em maior ciclagem de nutrientes que a vegetação da área de pousio, especialmente para o nitrogênio. Não foi observado diferença no estado nutricional da RB867515, comparando-se as plantas da área anteriormente cultivada com a crotalária juncea com as da área de pousio, sendo que ambas estavam bem nutridas. A adubação verde com crotalária juncea aumentou a produção de forragem e a produção de colmos. Na área anteriormente com crotalária juncea, a produção de biomassa aérea da planta foi 20,30 t a mais que na área de pousio. Para a produção de colmos industrializáveis a adubação verde aumentou a produção em 16,7 t por hectare.

Palavras-chave: Agricultura familiar, pecuária leiteira, sistema de produção, sustentabilidade.

ABSTRACT

Several managerial and agricultural techniques have been proposed for the implantation and management of sugarcane fields, aiming at high productivity for the cane-plant cycle and small decreases in regrowth. Green manuring with sunn hemp is one of these techniques. Thus, the objective of the present study was to evaluate in a small rural property, in the edaphoclimatic environment of Mercês, wood zone Mineira the accumulation of dry matter and nutrient cycling by sunn hemp and by plants in the fallow field, on the nutritional status, the production of forage and industrializable stems using the RB867515 variety. In September, limestone and gypsum were applied based on the results of soil samples in the 0 to 20 cm and 20 to 40 cm layers. Then the soil was plowed and harrowed. At the beginning of October, right after the first rains, the study was installed, consisting of a zone with sunn hemp sowing and another fallow field. At the beginning of February of the year following sowing, the accumulation of dry matter and nutrients in the aerial part of sunn hemp and in the plants in the fallow zone was evaluated. Subsequently, sunn hemp and vegetation from the fallow zone were incorporated into the soil, followed by planting RB867515. In January of the year following planting, the nutritional status of the sugarcane was evaluated in the zone previously cultivated with fertilizer and in the fallow zone, systematically sampling at seven points in the crop. In July, when the sugarcane was mature, the production of forage and industrializable stems was evaluated, sampling in the same places used for the evaluation of the nutritional status. The results obtained were subjected to Analysis of Variance and means compared by the test 5% probability. *Crotalaria juncea* cultivation resulted in greater nutrient cycling than the vegetation in the fallow zone, especially for nitrogen. A difference was observed in the nutritional status of RB867515, comparing the plants from the zone previously cultivated with sunn hemp and those from the fallow zone, both of which were well nourished. Green manuring with sunn hemp increased forage production and stem production. In the zone formerly with *crotalaria juncea* the plant's aerial biomass production was 20:30 more than in the fallow zone. For the production of industrializable stalks, green manure increased production by 16.7t per hectare.

Keywords: Family farming, dairy farming, production system, sustainability.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01	17
FIGURA 02	25
FIGURA 03	26

LISTA DE TABELAS

TABELA 01	17
TABELA 02	20
TABELA 03	21
TABELA 04	24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1. A CANA DE AÇUCAR NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL...	10
2.2. TECNOLOGIA EMPREGADAS NA IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DOS CANAVIAIS	12
2.3. A ADUBAÇÃO VERDE EM ÁREAS DE REFORMA OU IMPLANTAÇÃO DA CANA-DE-ANO E MEIO.....	14
3. MATERIAL E METODOS.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	19
4.1. CONCENTRAÇÃO E ACÚMULO DE NUTRIENTES NA PARTE ÁEREA DA VEGETAÇÃO DA ÁREA DE POUSIO E NA CROTALÁRIA JUNCEA.	19
4.2. ESTADO NUTRICIONAL DA CANA – DE - AÇUCAR NA ÁREA DE VEGETAÇÃO DE POUSIO E NA ÁREA DACROTALÁRIA JUNCEA	23
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS	28

1 - INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar cultivada em pequenas propriedades rurais na zona da Mata do estado de Minas Gerais (Zona da Mata Mineira), geralmente é destinada a alimentação animal, produção de rapadura, açúcar mascavo, cachaça e álcool carburante. Nestas pequenas propriedades, o corte, o carregamento e o transporte da cana-de-açúcar demandam grande quantidade de horas de recursos humanos e, estes constituem isoladamente o item de maior percentual de custo e de desgaste físico dos agricultores nessa cultura. Em canaviais mais produtivos, o rendimento do corte é maior e tanto o desgaste do agricultor quanto os custos são proporcionalmente menores. Diversas tecnologias têm sido propostas para a implantação e condução de canaviais, visando alta produtividade no ciclo de cana-planta e pequenos decréscimos nas rebrotas, sendo a adubação verde com crotalária juncea uma delas (MASCARENHAS et al., 1994; OLIVEIRA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2021a).

Dentre as principais características desejáveis de uma planta a ser utilizada como adubo verde podem-se destacar: possibilidade de mecanização desde a semeadura até a colheita de sementes; capacidade de se associar às bactérias fixadoras do nitrogênio do ar atmosférico; crescimento rápido para controlar plantas daninhas; possuir mecanismos, ou sintetizar compostos, que auxiliem no controle de pragas como, por exemplo, nematoides e doenças; ausência de sementes dormentes; sistema radicular vigoroso e profundo que auxilie na reciclagem de nutrientes das camadas mais profundas e na descompactação dos solos, pois o uso intensivo do solo com práticas convencionais, como a excessiva mecanização, tem reduzido a matéria orgânica e causado compactação desses solos. A crotalária juncea tem todas as características descritas acima e por este motivo tem sido o adubo verde preferencialmente utilizado nas áreas de implantação ou de reforma de canavial, proporcionando excelentes resultados agronômicos e financeiros (MASCARENHAS et al., 1994; WUTKE, ARÉVALO, 2006; OLIVEIRA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2019; OLIVEIRA et al.; 2021a).

Ante ao exposto, no presente estudo avaliou-se numa pequena propriedade rural, o efeito da adubação verde com crotalária juncea, comparativamente ao pousio, sobre a ciclagem de nutrientes, o estado nutricional, e a produção de forragem e de colmos industrializáveis pela variedade de cana-de-açúcar RB867515.

2 – REVISÃO DE LITERATURA

A cana-de-açúcar é uma cultura de grande importância sócio-econômica e ambiental para o Brasil, pois emprega grande número de pessoas de diferentes classes sociais nas diversas regiões canavieiras do país, principalmente em cidades interioranas. Além disso, há também grande contribuição ambiental da cultura para a mitigação dos gases do efeito estufa (GEE), devido à elevada taxa de fixação do CO₂ atmosférico pela fotossíntese, por período prolongado de tempo, ao mesmo tempo que libera oxigênio para o ar atmosférico (WUTKE &ARÉVALO, 2006; OLIVEIRA et al., 2007; BORGES et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2021a).

No Brasil, a cana-de-açúcar é cultivada por pequenos, médios e grandes produtores rurais. Os principais produtos da cana-de-açúcar cultivada nas grandes e médias propriedades são o açúcar, o álcool e a energia elétrica gerada pela queima do bagaço da cana-de-açúcar, porém, nas pequenas propriedades predominam a fabricação de açúcar mascavo, rapadura, cachaça e uso na alimentação animal (MASCARENHAS et al., 1994; SILVA et al., 2007; DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008; OLIVEIRA et al., 2021b).

2.1- A CANA-DE-AÇÚCAR NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

A cana-de-açúcar tem sido uma forrageira bastante utilizada nas pequenas propriedades rurais do centro-sul do Brasil, principalmente durante os meses mais secos do ano. Dentre os principais fatores que contribuem para o uso da cana-de-açúcar na alimentação de bovinos podem-se citar: grande produção de forragem por unidade de área; facilidade de cultivo, pois quando está madura, mantém sua qualidade bromatológica; tem baixo custo relativo por unidade de matéria seca produzida; é semi-perene; apresenta maior flexibilidade quanto às épocas de plantio e de corte, em comparação com as culturas anuais, o que facilita o gerenciamento da atividade; podendo ser uma das fontes de energia de menor custo. Devido a essas características essa forrageira é um volumoso de grande interesse, tanto para a alimentação de novilhas quanto para vacas de pequena à média produtividade (OLIVEIRA et al., 2007; VALADARES FILHO et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2021b).

Outra característica vantajosa da cana-de-açúcar é ausência de período crítico de deficiência hídrica tão definido como o do milho, cultura mais utilizada para a produção de forragem de alto valor bromatológico. A planta do milho é muito sensível

ao déficit de água no solo, principalmente na fase de enchimento de grãos, e, às vezes, os veranicos que acontecem no centro-sul do Brasil, no final de dezembro - início de janeiro, influenciam negativamente na produtividade e no valor bromatológico da forragem de milho destinada à ensilagem, uma vez que o percentual de grãos na massa a ser ensilada será menor. Em anos que ocorrem déficits hídricos mais acentuados na cultura do milho, a cana-de-açúcar é ainda mais utilizada como forrageira substituta na alimentação do rebanho bovino (OLIVEIRA et al., 2007; SILVA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2019).

A forma mais comum de utilizar a cana-de-açúcar na alimentação dos bovinos nas pequenas propriedades rurais é o corte diário, com posterior picagem e fornecimento aos animais. O deslocamento até ao canavial, o corte diário e o transporte da cana-de-açúcar até ao local de picagem, geralmente é feito com carroça à tração animal ou cangalhas, bem como a distribuição nos cochos de alimentação dos animais demandam grande quantidade de horas de recursos humanos e estes constituem isoladamente o item de maior percentual de custo e de desgaste físico dos agricultores que usam a cana como forrageira (OLIVEIRA et al., 2007; SILVA et al., 2007; BORGES et al., 2016).

Assim, é necessário um bom planejamento na instalação do canavial de forma a se ter alta produtividade no ciclo de cana-planta e pequenos decréscimos nos cortes subsequentes. Outro item de grande importância para aumentar o rendimento do trabalhador no corte, e evitar picadas de animais peçonhentos é manter a cultura da cana-de-açúcar livre de plantas daninhas. Quando a cultura é mantida livre de plantas daninhas até aos 40 dias após início da rebrota, o próprio sombreamento da cana-de-açúcar controla a emergência e o desenvolvimento de plantas invasoras (OLIVEIRA et al., 2007; SILVA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2019).

A cana-de-açúcar é constituída basicamente de carboidratos estruturais: celulose, hemicelulose, pectina e lignina (que compõem a parede celular) e o conteúdo celular (principalmente os açúcares e, em menor quantidade, minerais e proteínas). A cana-de-açúcar quando colhida madura tem altos teores de açúcares e moderado teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), constituída pela celulose, hemicelulose e lignina. A utilização dos constituintes da cana-de-açúcar pelos bovinos é contrastante, uma vez que os açúcares são rapidamente fermentados no rúmen e, conseqüentemente, de fácil aproveitamento pelo animal. A pectina

mesmo sendo um componente estrutural da parede celular também é de digestão rápida. Por outro lado, a celulose, a hemicelulose e a lignina têm digestão mais lenta e dependem totalmente da atividade enzimática dos microrganismos do trato gastrointestinal dos ruminantes (OLIVEIRA et al., 2007; SILVA et al., 2007; VALADARES FILHO et al., 2008; BORGES et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2021b)

2.2- TECNOLOGIA EMPREGADAS NA IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DOS CANAVIAIS

Na implantação e condução do canavial nas pequenas propriedades rurais podem-se utilizar diversas tecnologias, mas as escolhidas e recomendadas são as que maximizam o uso dos insumos, da terra e dos recursos humanos, com conseqüentes reduções de custos operacionais e com incrementos na produtividade do sistema de produção, dessa forma, contribuindo para a preservação do meio ambiente (OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2008; RAIJ, 2011a). Oliveira et al. (2019) recomenda que os pequenos produtores rurais adotem práticas que recuperem e mantenham a fertilidade dos solos, reciclem nutrientes, diminuam a compactação e o selamento da camada superficial do solo, associadas às outras práticas que permitam alta produtividade na cana-planta e pequenos decréscimos nos ciclos posteriores. A calagem e a gessagem são práticas fundamentais nesses sistemas, tanto pelo fornecimento de cálcio, magnésio e enxofre, quanto pela neutralização do alumínio trocável, um dos maiores impedimentos químicos ao aprofundamento do sistema radicular da cana-de-açúcar e da crotalaria juncea (ERNANI & ALMEIDA, 1986; KAMINSKI et al., 2002; MEDA, 2003; OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011b; OLIVEIRA et al., 2019)

Dentre as práticas recomendadas para a melhoria das propriedades físicas do terreno está o rompimento das camadas adensadas ou compactadas do solo. Este rompimento ou descompactação resulta em menor resistência ao aprofundamento do sistema radicular e, por outro lado, aumenta a condutividade hidráulica e a capacidade de retenção de água no solo, facilita as trocas gasosas, resultando em maior eficiência na absorção e utilização dos nutrientes (MALAVOLTA et al. 1997; OLIVEIRA et al., 2021b).

Na região centro-sul do Brasil, os plantios de cana-de-açúcar, sem irrigação, são realizados basicamente em duas épocas: início do período chuvoso (setembro e outubro) e final do período chuvoso: fevereiro e março. O canavial implantado no início do período chuvoso poderá ser colhido a partir de abril-maio do ano seguinte e, por isto, é designado de “cana de ano”, entretanto, para o plantio de fevereiro a março a colheita ocorrerá cerca de 15 a 18 meses após, sendo conhecida como “cana de ano e meio”. Uma das vantagens do plantio da “cana de ano e meio” é a possibilidade de uma adubação verde antecedendo ao plantio da cana-de-açúcar (WUTKE & ARÉVALO, 2006; DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008; OLIVEIRA et al., 2019).

O plantio de “cana de ano” é recomendado para solos de relevos mais suaves e menos erosivos, pois, há chuvas muito intensas nesse período (OLIVEIRA et al., 2021b). Devem-se escolher também solos mais férteis para o plantio de “cana de ano”, devido a cana-de-açúcar iniciar a fase de crescimento máximo a partir de janeiro, quando começa a diminuir a disponibilidade hídrica e térmica. Assim, o suprimento de nutrientes não deverá ser um fator limitante ao desenvolvimento da planta, para que possam ser obtidas produtividades de biomassa superiores a 120 t de matéria natural por hectare no ciclo de cana-planta. Entretanto, o plantio de “cana de ano e meio” tem sido recomendado para os solos de relevos mais acidentados e de menor fertilidade, uma vez que a cana permanecerá crescendo no campo por mais tempo e a fase de crescimento máximo, coincide com as épocas de maior disponibilidade hídrica e luminosa, o que resulta tanto em maior recobrimento do solo pela folhagem da cana-de-açúcar, quanto em maior taxa fotossintética e acúmulo de matéria seca. Outra vantagem do plantio da “cana de ano e meio” é a possibilidade do cultivo de adubação verde antecedendo ao plantio da cana, destacando-se a crotalária juncea como uma das plantas de maior potencial produtivo (CÁCERES & ALCARDE, 1995; OLIVEIRA et al., 2007; DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008; OLIVEIRA et al., 2019).

Quando a cana-de-açúcar está madura os colmos representam, em média, de 83 a 87% da matéria natural, assim, em uma tonelada de forragem tem-se de 830 a 870 kg de colmos industrializáveis e, de 130 a 170 kg de folhas verdes + folhas secas + ponteiros. Geralmente a cana-de-açúcar é cortada nos meses mais secos do ano e tem 28 a 33% de matéria seca, sendo que os carboidratos solúveis, incluindo os açúcares, constituem 40 a 43% desta matéria seca. Por exemplo, considerando uma cana-de-açúcar com 30% de matéria seca: em 100 kg de cana-de-açúcar, têm-se

30 kg de matéria seca e 12,0 a 12,9 kg de carboidratos solúveis (OLIVEIRA et al., 2007; SILVA et al., 2007; VALADARES FILHO et al., 2008; BORGES et al., 2016)

A cana-de-açúcar, por produzir grande quantidade de massa, extrai e acumula, conseqüentemente, grande quantidade de nutrientes do solo. Oliveira et al. (2021b) relata que em avaliações realizadas em pequenas propriedades da zona da Mata Mineira, verificou-se que para uma produção de 120 toneladas de forragem por hectare, cerca de 100 t de colmos industrializáveis, o acúmulo de nutrientes na parte aérea da planta é da ordem de 150, 40, 180, 90, 50 e 40 kg de N, P, K, Ca, Mg e enxofre, respectivamente. No caso dos micronutrientes: ferro, manganês, zinco, cobre e boro, os acúmulos na biomassa da parte aérea, também para uma produção de 120 t, são por volta de 8,0; 3,0; 0,6; 0,4; e, 0,3 kg, respectivamente.

Devido a essa alta remoção de nutrientes, deve-se conhecer a capacidade de fornecimento de nutrientes pelo solo para, se necessário, complementá-la com adubações e, se constatada a presença de elementos em níveis tóxicos, reduzir sua concentração pela calagem e gessagem (OLIVEIRA et al., 2018a). Normalmente, avaliam-se a disponibilidade de nutrientes e a presença de elementos em níveis tóxicos no solo pela análise química da camada arável, sendo também de grande valia o histórico da área, sobretudo as adubações realizadas e, se houve ou não, ocorrência de sintomas de deficiência ou de toxidez nos cultivos anteriores (OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011a; OLIVEIRA et al., 2019). Usualmente, coletam-se amostras de solo das camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm de profundidade. Os resultados da análise da camada de 0 a 20 cm têm sido utilizados para calcular a adubação e a calagem e, os da camada de 20 a 40 cm, para os cálculos da necessidade de gessagem. Oliveira et al. (2018b) ressaltam que devido as áreas serem pequenas, os produtores devem coletar as amostras de solo usando cavadeira e pá reta, pois, o uso da pá reta diminui a variabilidade dos índices de fertilidade do solo.

2.3- A ADUBAÇÃO VERDE EM ÁREAS DE REFORMA OU IMPLANTAÇÃO DA CANA-DE-ANO E MEIO

Nos últimos anos, em todo o mundo, tanto em pequenas quanto em médias e grandes propriedades rurais, tem havido grande preocupação com o meio ambiente, especialmente com a conservação do solo e dos recursos naturais, com a ciclagem de nutrientes e com a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (CASTELLANO-

HINOJOSA & STRAUSS, 2020; OLIVEIRA et al., 2021a). Na zona da Mata Mineira, grande parte da agropecuária está em solos declivosos, que na sua maioria, tem baixa capacidade de retenção de água e de nutrientes, em função principalmente do uso extrativista que prevaleceu na região por séculos, desde a época imperial, como o cultivo do café. A prática da adubação verde é uma das alternativas para amenizar esses problemas, uma vez que esta prática associada ao uso de outros adubos orgânicos pode manter ou até mesmo elevar os teores de matéria orgânica dos solos (ALVARENGA et al. 1995; AMABILE et al., 2000; BARRETO & FERNANDES, 2001; OLIVEIRA et al., 2021a).

A matéria orgânica influencia nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, pois aumenta a disponibilidade de nitrogênio, fósforo e enxofre através do processo de mineralização; eleva a capacidade de troca de cátions, estrutura do solo contribuindo para a agregação, reduzindo assim a suscetibilidade à erosão e aumentando a capacidade de retenção de água, favorecendo desta forma o crescimento das raízes das plantas e conseqüentemente de todo o vegetal (TEODORO et al., 2011; CASTELLANO-HINOJOSA & STRAUSS, 2020; OLIVEIRA et al., 2021a).

A adubação verde e as plantas de cobertura do solo atuam como reguladoras da temperatura do solo, diminui a erosão e o selamento da camada superficial do terreno, aumentando a infiltração da água da chuva e a disponibilidade hídrica. Outro aspecto a ser considerado é o fornecimento de substrato orgânico e mineral para os microrganismos do solo, assim, a adubação verde e as plantas de cobertura do solo contribuem também para a melhoria da qualidade biológica do terreno. Diversas plantas têm sido utilizadas como cobertura de solo, sobressaindo as gramíneas quanto a produtividade de biomassa, enquanto as leguminosas se destacam quanto a fixação biológica do nitrogênio do ar atmosférico (LEAL, 2006; LIMA et al., 2010; CASTELLANO-HINOJOSA & STRAUSS, 2020; OLIVEIRA et al., 2021a).

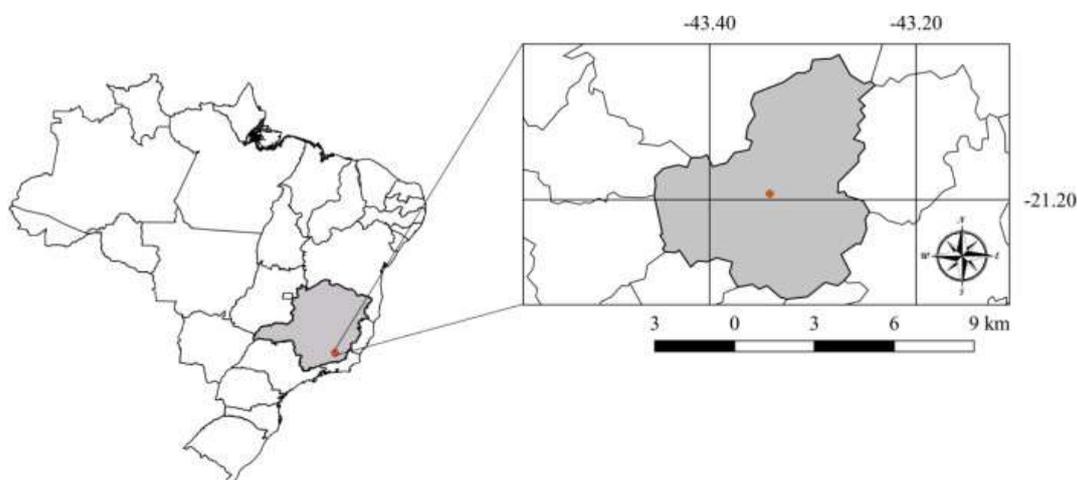
As leguminosas mais usadas na adubação verde são as crotalárias (*juncea* e *spectabilis*), o feijão de porco, o feijão guandu, a mucuna cinza e a mucuna preta. O crescimento destas plantas depende de fatores edafoclimáticos e, dentre os fatores climáticos, o comprimento da noite exerce grande influência, pois quando a semeadura ocorre sob noites longas crescentes há redução na fase vegetativa, conseqüentemente ocorre menor acúmulo de matéria seca e de nutrientes

(AMABILE, 2000; LIMA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2021a). No centro-sul do Brasil o período de semeadura das leguminosas, especialmente nas áreas de reforma do canavial, ocorre sob noites longas decrescentes e, nestas condições têm-se observado grande acúmulo de matéria seca e de nutrientes na biomassa da parte aérea das leguminosas, destacando-se a crotalária juncea como a mais produtiva (SANTOS & CAPELLO-JÚNIOR, 2003; PERIN et al. 2004; DUARTE JÚNIOR; COELHO, 2008; OLIVEIRA et al., 2011a; OLIVEIRA et al., 2021a).

A crotalária juncea tem o caule ereto semi-lenhoso, ramificado na parte superior. É uma planta originária da Índia, com porte varia de 2 m a 3 m de altura, é de rápido crescimento inicial, o que lhe confere maior competitividade com as invasoras, apresentando também um expressivo efeito supressor e alelopático sobre estas. É muito sensível ao comprimento da noite (nictoperíodo), florescendo precocemente quando semeada sob noites crescentes. Seu rápido crescimento inicial possibilita tombamento ou incorporação ao solo muito precocemente, em torno de 90 a 110 dias após o plantio. Tem apresentado bom comportamento nos solos argilosos e arenosos, sendo muito responsiva a melhoria da fertilidade do solo, especialmente a saturação por bases e ao fósforo (OLIVEIRA et al., 1998; BARRETTO; FERNANDES, 2001; PERIN et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2011a; OLIVEIRA et al., 2016b).

3 - MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma propriedade de agricultura familiar localizada no município de Mercês (Latitude 21°11'39"S e Longitude 43°20'29"W), Zona da Mata de Minas Gerais, Brasil (Figura 1). O clima da área de estudo é conforme a classificação de Koppen, tropical de altitude com chuvas durante o verão e temperatura média anual de 18 °C, com variações entre 24 °C (média das máximas) e 13,8 °C (média das mínimas). A precipitação média anual é cerca de 1.200 mm, com um excedente hídrico de outubro a abril. O relevo varia de plano a suavemente ondulado. O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, de textura média.

Figura 1 - Localização do município de Mercês - MG.

Fonte: Autor, 2023

Em setembro, foram coletadas amostras de solo na camada de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm (Tabela 1) para se avaliar a necessidade de aplicação de calcário e de gesso. De posse dos resultados da análise de solo aplicou-se 6,0 t de calcário dolomítico e 6,0 t de gesso agrícola, seguindo as recomendações de Kaminisk et al. (2002), Oliveira et al. (2007) e Raij (2008). A seguir o solo foi arado e gradeado. No início de outubro, logo após as primeiras chuvas, foi instalado o estudo, constituído por uma área com semeadura da crotalária juncea e outra área de pousio.

Na área destinada a adubação verde sulcou-se o solo a cada 50 cm e semeou-se a crotalária juncea, numa densidade de 20 kg de sementes por hectare. As sementes não foram inoculadas com rizóbium, uma vez que em estudos anteriores (CHADA & DE-POLLI, 1988; BARRETTO & FERNANDES; 2001; OLIVEIRA et al., 2011b; OLIVEIRA et al., 2021a) constataram-se ausência de efeito de inoculação sobre o acúmulo de matéria seca e nutrientes. Durante o crescimento da crotalária juncea foi realizado apenas o controle químico de formigas cortadeiras.

Tabela 1- Análise química do solo nas camadas de 0 a 20, e de 20 a 40 cm, da área de implantação da crotalária juncea.

Camada	pH em H ₂ O	P	K	Ca	Mg	Al ³⁺	H + Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m
		mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³							%	
0 a 20 cm	4,8	6,3	31	1,63	0,47	1,0	4,69	2,18	3,18	6,87	31,73	31,45
20 a 40 cm	4,6	4,9	19	0,52	0,23	1,2	4,11	0,80	2,00	4,91	16,27	60,04

pH em água: relação 1:2,5. Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺: extrator KCl 1 mol L⁻¹. P, K e Na: extrator Mehlich 1. H⁺ + Al³⁺: Extrator Acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, a pH 7,0.

No início de fevereiro do ano subsequente a semeadura, quando a crotalária juncea estava no estágio de grãos farináceos, foi avaliado o acúmulo de matéria seca na parte aérea deste adubo verde e das plantas da área de pousio. Realizaram sete amostragens sistemática, a partir de uma referência, tanto na área de adubação verde, quanto na área de pousio. A área de cada amostragem foi de 2,0 m². A crotalária juncea e as plantas da área de pousio foram cortadas rente ao solo, pesadas e subamostras das plantas foram passadas em picadeira de forrageira e secas em estufa de ventilação forçada a 65 °C até massa constante e novamente pesadas. Subamostras do material vegetal seco foram moídas e submetidas às digestões sulfúricas e nitroperclóricas, seguindo método descrito por Malavolta et al. (1997) e Silva e Queiroz (2006).

A partir dos valores de concentração de nutrientes e de acúmulo de matéria seca, foi calculado o acúmulo de nutrientes na matéria seca na parte aérea da crotalária juncea e das plantas da área de pousio.

Após as amostragens para quantificação dos acúmulos de matéria seca na parte aérea das plantas, a crotalária juncea e a vegetação da área de pousio foram incorporadas ao solo, sulcando-se a seguir, para o plantio da RB867515. O espaçamento entre sulcos foi de 1,4 metros e no fundo destes sulcos aplicou-se fósforo, na dose equivalente a 100 kg de P por hectare, utilizando-se o superfosfatotriplo. A densidade de plantio foi de 18 gemas por metro de sulco, usando-se mudas de cana com oito meses de idade, seguindo recomendação de Oliveira et al. (2019). Após o plantio, aplicou-se herbicida pré emergente para o controle de plantas daninhas. Em setembro, logo após o reinício das chuvas, adubou-se a cana-planta com potássio, na dose equivalente a 200 kg por hectare, usando o cloreto de potássio. Em janeiro do ano subsequente ao plantio, com a cana-de-açúcar na fase de crescimento máximo da cultura, avaliou-se o estado nutricional da cana-de-açúcar, na área anteriormente cultivada com adubação verde e na área de pousio, amostrando-se nos mesmos sete pontos anteriormente utilizados na avaliação do acúmulo de matéria seca na parte aérea da crotalária e das plantas da área de pousio. Foram coletadas folhas +3, seguindo-se métodos descrito por Malavolta et al. (1997), Oliveira et al. (2007) e Raji (2011). O terço médio do limbo foliar, excluído a nervura central, foi analisado quanto aos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Os teores de nitrogênio foram obtidos pelo método de Kjeldahl, o fósforo e boro por

espectrofotometria, potássio por fotometria de chama. O cálcio, magnésio, cobre, manganês, zinco e ferro foram determinados por meio da espectrofotometria de absorção atômica, o enxofre por turbodimetria (MALAVOLTA et al., 1997; SILVA, QUEIROZ, 2006).

Em julho, quando a cana estava madura avaliou-se a produção de forragem e de colmos industrializáveis, amostrando-se nos mesmos locais utilizados para a avaliação do estado nutricional. Os resultados do acúmulo de matéria seca e de nutrientes na parte aérea da crotalária juncea e na vegetação da área de pousio, o estado nutricional da cana-de-açúcar, bem como a produção de forragem e de colmos industrializáveis foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de t a 5% de probabilidade (FERREIRA, 2011).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente serão apresentados os resultados referentes ao acúmulo de matéria seca e de nutrientes na parte aérea da crotalária juncea e na vegetação da área de pousio (“Vegetação espontânea”), e posteriormente o estado nutricional da cana-de-açúcar, a produção de forragem e de colmos industrializáveis.

4.1 – Concentração e acúmulo de nutrientes na parte aérea da vegetação da área de pousio e na crotalária juncea

Na tabela 2 estão apresentados os valores dos quadrados médios para a concentração e o acúmulo de nutrientes na parte aérea da vegetação da área de pousio e na crotalária juncea. Quanto a concentração de nutrientes, observou-se apenas efeito significativo para as concentrações de nitrogênio, fósforo e magnésio. Por outro lado, para os acúmulos de nutrientes na parte aérea da vegetação da área de pousio ou na crotalária juncea, houve efeito significativo de planta para todas as variáveis avaliadas. Em média, os coeficientes de variação foram inferiores a 10%, denotando pequena variabilidade no estudo.

Tabela 2 - Quadrados médios da análise de variância para concentração e para o acúmulo de nutrientes na parte aérea da vegetação da área de pousio, e na crotalária juncea, no estudo de adubação verde em área de reforma de canavial, conduzido em Mercês - MG.

		----- Quadrados médios -----					
Fonte de	G L	Conc. N	Conc. P	Conc. K	Conc. Ca	Conc. Mg	Conc. S
Variação		----- g kg ⁻¹ -----					
Planta	1	128,95***	0,5924***	0,4791 ^{ns}	0,1340 ^{ns}	1,7081***	0,1134 ^{ns}
Amostragem	6	0,5781 ^{ns}	0,0137 ^{ns}	0,7754 ^{ns}	0,2164 ^{ns}	0,0448 ^{ns}	0,0059 ^{ns}
Resíduo	6	2,968	0,0128	1,4598	0,041	0,0258	0,0302
Média geral		13,26	1,38	12,54	3,02	2,15	1,26
C.V.(%)		12,99	8,18	9,63	6,61	7,45	13,75
		----- Quadrados médios -----					
Fonte de	G L	Ac. N	Ac. P	Ac. K	Ac. Ca	Ac. Mg	Ac.S
Variação		----- kg ha ⁻¹ -----					
Planta	1	196.056,24***	557,04***	83.657,15***	447,15***	4.357,78***	671,37***
Amostragem	6	344,85 ^{ns}	244,18 ^{ns}	1.018,73 ^{ns}	9,57 ^{ns}	13,03 ^{ns}	2,80 ^{ns}
Resíduo	6	296,34	401,16	401,16	10,01	11,76	1,41
Média geral		172,14	14,74	144,15	34,17	27,15	14,04
C.V.(%)		10,00	6,30	13,89	9,26	12,63	8,45

***, ^{ns}, respectivamente significativo a 0,1% de probabilidade, ou não significativo pelo teste F. Fonte: Autor, 2023

Na tabela 3 estão apresentados os valores médios da concentração e do acúmulo de nutrientes na parte aérea da vegetação da área de pousio e na crotalária juncea. A determinação do teor de nutrientes na biomassa das plantas de cobertura de solo é necessária para se calcular a quantidade de nutrientes acumulada nas plantas, mas para a fertilidade do solo, microbiota do solo, e nutrição da cultura que irá suceder as plantas de cobertura, o importante é massa de matéria seca e a quantidade de nutrientes que foi reciclada, ou no caso do nitrogênio, quanto foi fixado pela associação simbiótica (VUKICEVICH1 et al., 2016; CASTELLANO-HINOJOSA & STRAUSS, 2020; OLIVEIRA et al., 2021). O acúmulo de matéria seca e de nutrientes na vegetação da área de pousio, constituída principalmente por braquiária plantagínea (capim marmelada) e braquiária decumbens, foi muito inferior ao da área de cultivo com a crotalária juncea. Para o acúmulo de matéria seca na parte aérea das plantas, houve efeito significativo a 0,1% de probabilidade, tendo-se obtido valores médios de 5,30 e 17,89 t de por hectare. Desta forma a crotalária juncea teve produtividade 3,32 vezes maior que a vegetação da área do pousio. Oliveira et al. (2003) também relatam o grande potencial produtivo da crotalária juncea em área densamente com alta densidade de braquiária plantagínea.

Tabela 3 - Valores médios da concentração e o acúmulo de nutrientes na parte aérea da vegetação da área de pousio e na crotalária juncea., no estudo de adubação verde em área de reforma de canavial, conduzido em Mercês - MG.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor, 2023

A crotalária juncea é muito produtiva quando cultivada em solo com boa disponibilidade de nutrientes no solo, mas muito sensível aos baixos teores de cálcio e magnésio no solo e a alta saturação por alumínio. Oliveira et al. (2021b) conduziram um estudo em campo, num Latossolo vermelho amarelo, anteriormente utilizado para pesquisas com adubação da cana-de-açúcar. Nesse estudo, foram analisados os solos na camada de 0 a 20 cm e, nas parcelas sem uso de adubação e de corretivos de acidez nas rebrotas (Testemunha), verificaram valores médios de 18,1% para saturação por bases; 0,96 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ para o Al^{3+} ; saturação por alumínio de 56,4%, fósforo e potássio, respectivamente de 1,3 e 14 mg dm^{-3} . Nas parcelas com uso de adubação potássica, fosfatada e de corretivos de acidez nas rebrotas, verificaram valores médios de 55,8% para saturação por bases; ausência de alumínio, fósforo e potássio, respectivamente de 8,0 e 52 mg dm^{-3} . A crotalária juncea foi semeada no início de outubro e colhida quando as sementes estavam na fase de grãos farináceos duros. O acúmulo de matéria seca nas parcelas testemunhas foi em média de 5,6 t por hectare, por outro lado nas parcelas com uso de adubação potássica, fosfatada e de corretivos de acidez nas rebrotas verificou-se valor médio de 14,2 t por hectare.

Resultados de alta sensibilidade da crotalária juncea a toxidez do alumínio também são descritos por Ernani et al. (2001) e Meda (2003). Ernani et al. (2001) conduziram trabalho em casa de vegetação, usando um Latossolo bruno, com saturação por alumínio de 38,8% e saturação por bases de 24,5%. No tratamento que recebeu a aplicação de calcário em dose equivalente a 5,0 t por hectare, a saturação por bases elevou-se para 57%, neutralizando totalmente o alumínio.

Comparativamente à testemunha, o acúmulo de matéria seca da crotalária juncea no tratamento que recebeu calcário aumentou em cerca de 150%. Meda (2003) avaliou a tolerância de leguminosas ao alumínio e classificou o lab-lab, as mucunas preta, cinza e anã como muito tolerantes e o feijão guandu foi considerado como planta tolerante. Como plantas moderadamente intermediária são citadas as crotalárias mucronata, spectabilis e ochroleuca. As crotalárias juncea e breviflora foram as mais sensíveis à toxidez do alumínio. Assim, pensando tanto na produtividade da crotalária juncea quanto na da cana-de-açúcar, devem ser aplicadas doses de calcário para a elevação da saturação por bases para 60%, o que repercutirá em completa neutralização do alumínio trocável (ERNANI & ALMEIDA, 1986; OLIVEIRA et al., 2007; RAIJ, 2011a; OLIVEIRA et al., 2019).

A crotalária juncea tem sido uma das plantas mais usadas na adubação verde, tanto em pequenas quanto em médias e em grandes propriedades rurais, devido principalmente à esta sua característica de alta taxa de acúmulo de matéria seca e à ciclagem de nutrientes. Quando semeada em solos sem alumínio trocável e sob noites longas decrescentes a crotalária se destaca em relação aos adubos verdes, sendo comum relatos de acúmulo de matéria seca variando de 15 a 20 t por hectare (ALVARENGA et al., 1995; AMABILE et al., 2000; DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008; OLIVEIRA et al., 2021c). Entretanto, como é uma planta de crescimento determinado e muito sensível ao comprimento da noite, seu potencial produtivo diminuiu muito quando semeada sob noites longas crescentes, sendo bastante citados valores médios de acúmulo de matéria seca oscilando em torno de 5,0 t por hectare (BARRETO & FERNANDES, 2001; SANTOS & CAMPELO, 2003; OLIVEIRA et al., 2016).

Para o acúmulo de nutrientes na biomassa aérea, a maior diferença entre a crotalária juncea e a vegetação da área de pousio foi constatada para o nitrogênio: 237 kg, representando 440% a mais que o acumulado na vegetação da área de pousio (Tabela 3). Um fato que deve ser destacado em relação ao nitrogênio é que do total do nitrogênio acumulado na biomassa da parte aérea da crotalária, cerca de 60% a 70% originaram-se das associações simbióticas das raízes da leguminosa com as bactérias fixadoras de N₂ do ar atmosférico, resultando em aporte de quantidades expressivas deste nutriente ao sistema solo-planta (AMABILE et al., 2000; PERIN et al., 2004; RIBEIRO JÚNIOR & RAMOS, 2006), dessa forma, contribuindo para maior

sustentabilidade da cultura subsequente (OLIVEIRA et al., 1998; LIMA et al., 2010; VUKICEVICH et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2021a). Para efeito comparativo, cita-se o sulfato de amônio, um dos fertilizantes nitrogenados mais utilizados: em 100 kg desse fertilizante tem-se 20 kg de N, assim, para se obter 237 kg de N haveria necessidade de utilizar-se 1.175 kg de sulfato de amônio.

A quantidade de nitrogênio acumulado pela crotalária juncea é dependente de vários fatores, mas de um modo geral os que mais interferem são as condições climáticas como nictoperíodo, disponibilidade hídrica, radiação solar, temperaturas diurnas e noturnas, época de semeadura (inverno, primavera ou verão), práticas culturais e fertilidade do solo (OLIVEIRA et al., 2021a). Contudo, a maioria dos pesquisadores tem relatado altos valores de acúmulo de nitrogênio na biomassa aérea da crotalária juncea, variando de 230 kg de N ha⁻¹ (MASCARENHAS et al., 1994; LEAL, 2006) a 514 kg de N por hectare (TEODORO et al., 2011), sendo mais comum valores da ordem de 320 kg de nitrogênio (OLIVEIRA et al., 2003; PERIN et al., 2004; WUTKE & ARÉVALO, 2006; DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008; OLIVEIRA et al., 2011b; OLIVEIRA et al., 2021a).

O potássio foi o segundo elemento mais acumulado na parte aérea da crotalária juncea, com valores médios de 222 kg por hectare, excedendo em mais de 150 kg ao acúmulo de K observado para a vegetação da área de pousio. Para os acúmulos de fósforo, cálcio, magnésio e enxofre, a crotalária juncea também superou a vegetação da área de pousio (Tabela 3). Resultantes semelhantes ao do presente estudo também foram observados por Alvarenga et al. (1995), Amabile et al. (2000), Duarte Júnior e Coelho (2008), Teodoro et al. (2011) e Oliveira et al. (2011).

4.2 – Estado nutricional da cana-de-açúcar na área da vegetação de pousio e na área da crotalária juncea

Na tabela 4 estão apresentados os valores dos quadrados médios para a concentração de macro e micronutrientes no terço médio da folha +3 da cana-de-açúcar, utilizada como referência na avaliação do estado nutricional (MALAVOLTA et al., 1997; RAIJ et al., 2011a; OLIVEIRA et al., 2018a), das plantas na área da vegetação de pousio e na área da crotalária juncea. Não houve efeito de planta de cobertura (pousio ou adubação verde) sobre o estado nutricional das plantas. Para todos os nutrientes analisados as concentrações foliares estão dentro da faixa considerada adequada por Malavolta et al. (1997), Oliveira et al. (2007) e Raij (2011).

Para os macronutrientes os coeficientes de variação situaram-se abaixo de 10%, entretanto para os micronutrientes cobre e ferro o coeficiente de variação foi próximo de 11%.

Tabela 4 - Quadrados médios da análise de variância para concentração de nutrientes no terço médio da folha +3 da RB867515, no ciclo de cana-planta, em área anteriormente em pousio, ou com adubação verde com a crotalária juncea.

Fonte de Variação	G L	.----- Quadrados médios -----.					
		Conc. N	Conc. P	Conc. K	Conc. Ca	Conc. Mg	Conc. S
Planta	1	4,944 ^{ns}	0,012 ^{ns}	0,169 ^{ns}	0,074 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,008 ^{ns}
Amostragem	6	0,620 ^{ns}	0,019 ^{ns}	0,965 ^{ns}	0,042 ^{ns}	0,021 ^{ns}	0,011 ^{ns}
Resíduo	6	0,904	0,033	0,633	0,155	0,043	0,033
Média geral (g kg ⁻¹)		22,68	2,55	13,66	5,25	2,57	2,48
C.V.(%)		4,19	6,86	5,82	7,50	8,15	7,36

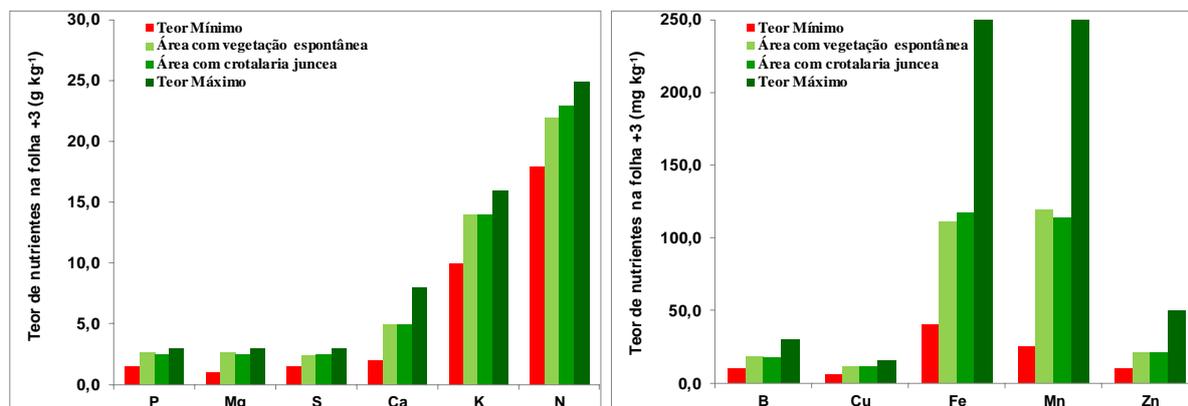
Fonte: Autor, 2023

Na revisão de literatura realizada, encontrou-se apenas as citações de Mascarenhas et al. (1994) e de Duarte Júnior e Coelho (2008), relatando o efeito da adubação verde sobre o estado nutricional da cana-de-açúcar. O estudo de Mascarenhas et al. (1994) foi conduzido por três anos, em Sales Oliveira, São Paulo, enquanto o de Duarte Júnior e Coelho (2008) foi em Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. À semelhança do presente estudo, tanto nos estudos de Mascarenhas et al. (1994), quanto no Duarte Júnior e Coelho (2008), também não observaram efeito da adubação verde com crotalária juncea, feijão de porco e mucuna preta, comparativamente à vegetação espontânea. A calagem e a gessagem antecedendo a implantação do presente estudo, e posteriormente a adubação fosfatada realizada por ocasião do plantio da cana-de-açúcar podem ter contribuído para esse resultado.

Deve-se considerar também que o estado nutricional refere-se à concentração de nutrientes na folha, e representa a quantidade de nutrientes acumulados na parte aérea das plantas. Em plantas com maior crescimento pode ocorrer diluição dos nutrientes, e estas teriam então a mesma concentração que plantas com desenvolvimento menor (MALAVOLTA et al.,1997; OLIVEIRA et al. (2007).

Na figura 2 estão apresentados os valores da concentração de nutrientes no terço da folha +3 da RB867515, na área de pousio e na área cultivada com crotalaria juncea, comparativamente aos valores citados por Malavolta et al. (1997), Oliveira et al. (2007) e Raji (2011), considerados adequados. Conforme citado anteriormente, para tanto para os macronutrientes quanto para os micronutrientes, as concentrações foliares estão dentro da faixa considerada adequada, indicando que houve bom fornecimento de elementos minerais para a cana-de-açúcar.

Figura 2 – Concentração nutrientes no terço médio da folha +3, da RB867515 na área de pousio e na área cultivada com crotalaria juncea, comparativamente aos valores citados na literatura nacional como mínimo e máximo.



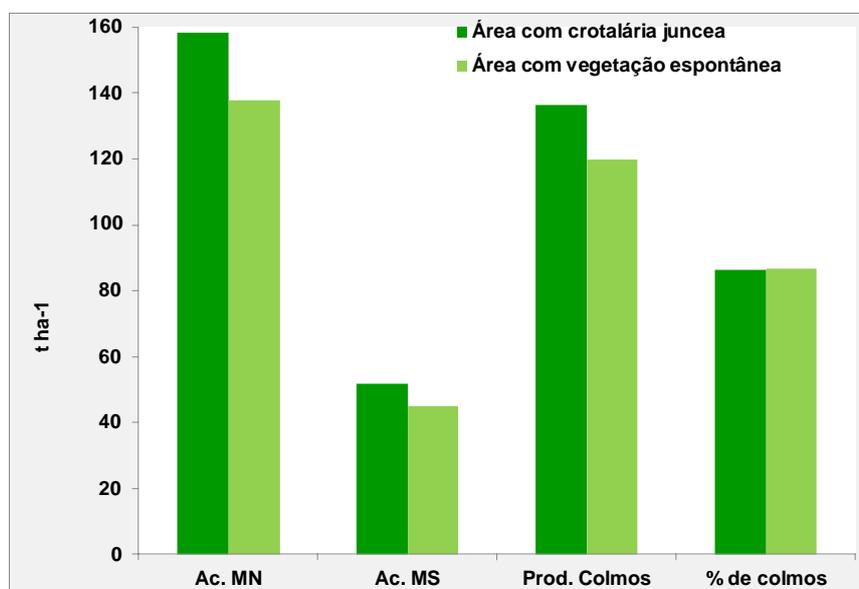
Fonte: Autor, 2023

Na figura 3 estão apresentados os valores de produção de forragem, tanto com base na matéria natural, quanto na matéria seca, a produção de colmos industrializáveis da RB867515, e o percentual de colmos industrializáveis na RB867515 na área da vegetação de pousio e na área da crotalaria juncea. Houve efeito significativo a 1,0%, de planta de cobertura do solo (pousio ou adubação verde) sobre a produção de forragem e a produção de colmos. Na área anteriormente com crotalaria juncea a produção de forragem (toda a biomassa aérea da planta) foi 20,30t a mais que na área de pousio.

Obtiveram-se valores médios de 158,3 e 138,0 t de matéria natural por hectare, respectivamente para as áreas de crotalária juncea e de pousio. Para o acúmulo de matéria seca na aérea da planta os valores médios foram de 51,7 e 45,0 t por hectare, resultando em 6,7 t a mais de matéria seca, na área de adubação verde com a crotalária.

Para a produção de colmos industrializáveis os valores médios foram de 136,5 e 119,8 t por hectare, desta forma a adubação verde aumentou a produção de colmos em 16,7 por hectare. Para o % de colmos na biomassa aérea da RB867515 o valor médio, sem efeito de planta de cobertura do solo, foi de 86,52%. A ausência de efeito significativo não se deveu a variabilidade experimental, uma vez que o coeficiente de variação foi de apenas 1,56%. A exemplo comparativo, o coeficiente de variação para a produção de forragem e de colmos industrializáveis foi da ordem de 6,0%, também baixo (FERREIRA, 2011).

Figura 3 – Produção de forragem, com base na matéria natural (Ac. MN), ou na matéria seca (Ac. MS), produção de colmos industrializáveis (Prod. Colmos), e percentual de colmos industrializáveis na RB867515 (% de colmos), na área anteriormente cultivada com crotalária juncea, ou na área de pousio



Os incrementos de produtividade obtidos no presente estudo, foram inferiores aos citados por Mascarenhas et al. (1994), em estudos conduzidos por vários anos em Sales Oliveira, SP, nos quais constaram-se aumentos de biomassa variando de 33 a 50 t por hectare. Nos trabalhos de Cáceres e Alcarde (1995), conduzidos em Piracicaba, os incrementos de produtividade nos ciclos de cana-planta em função do

cultivo da crotalária juncea, foram também um pouco maiores que os dos observados neste estudo, cerca de 28 t de biomassa por hectare. Wutke e Arévalo (2006) relatando estudos conduzidos em São Paulo, citam aumentos de produtividade variando de 9 a 200%. Oliveira et al. (2021a), em estudos conduzidos em pequenas propriedades na zona da Mata Mineira, observaram incrementos de produtividade variando de 26 a 32 t de forragem por hectare, quando foi realizado o cultivo da crotalária juncea antecedendo ao plantio da cana-de-açúcar.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo da crotalária antecedendo ao plantio da cana-de-açúcar de ano e meio, resultou em maior ciclagem de nutrientes que a vegetação da área de pousio. A maior diferença foi constatada para o nitrogênio, 237 kg por hectare, representando 440% a mais que o acumulado na vegetação da área de pousio.

Não foi observado diferença significativa entre os teores de nutrientes na folha +3 da RB867515, entre as plantas da área anteriormente cultivada com a crotalária juncea ou em pousio. Contudo, todas as plantas estavam com teores de nutrientes na folha +3 considerados adequados.

Houve efeito significativo a 1,0%, de planta de cobertura do solo (pousio ou adubação verde com crotalária juncea) sobre a produção de forragem e a produção de colmos. Na área anteriormente com crotalária juncea a produção de biomassa aérea da cana-de-açúcar foi 20,30 t a mais que na área de pousio. Para a produção de colmos industrializáveis a adubação verde aumentou a produção em 16,7 t por hectare.

A adubação verde com crotalária juncea nas áreas de reforma ou implantação de canaviais, em agricultura familiar, contribui para o aumento da produtividade de cana-de-açúcar e o uso mais eficiente dos fatores de produção, incluindo terra, capitale trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R. C. et al. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.175-185, 1995.
- 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**, v.35, p. 47-54, 2000.
- BARRETTO, A.C.; FERNANDES, M.F. **Recomendações técnicas para uso da adubação verde em solos de Tabuleiros Costeiros**. Aracaju: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 2001. 24p.
- BORGES, A.L.C. et al. O uso da cana-de-açúcar com ureia na alimentação de bovinos. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**. v.80., p.39-54. 2016.
- CÁCERES, N. T.; ALCARDE, J. C. Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). **STAB–Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.13, n.5, p.16-20, 1995.
- CASTELLANO-HINOJOSA, A.; STRAUSS, SARAH L. Impact of Cover Crops on the Soil Microbiome of Tree Crops. **Microorganisms**, v. 8., n. 328 p.1-17, 2020.
- CHADA S.S, DE-POLLI, H. Nodulação de leguminosas tropicais promissoras para a adubação verde em solo deficiente em fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, p.1197-1202. 1988.
- DUARTE JÚNIOR, J. B.; COELHO, F. C. Adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.67, p. 723-732, 2008.
- ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J. A. Comparação de métodos analíticos para avaliar a necessidade de calcário dos solos do Estado de Santa Catarina. **R. Bras. Ci. Solo**, v.10, p.143-150, 1986.
- ERNANI, P.R.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V. Influência da calagem no rendimento de matéria seca de plantas de cobertura e adubação verde, m casa de vegetação. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 25, p.897-904, 2001.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.
- KAMINSKI, J. et al. Estimativa da acidez potencial em solos e sua implicação no cálculo da necessidade de calcário. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 26, p.1107-1113, 2002.
- LEAL, M. A. A. **Produção eficiência agrônômica de compostos obtidos com a palhada de gramíneas e leguminosas para o cultivo de hortaliças orgânicas**. Tese – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2006. 113 p.

LIMA, J. D. et al. Arranjo espacial, densidade e época de semeadura no acúmulo de matéria seca e nutrientes de três adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n. 4, p. 531-540. 2010.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas – Princípios e Aplicações (2ª Edição)**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MASCARENHAS, H. A. A. et al. Efeito residual de leguminosa sobre rendimento físico e econômico da cana-planta, **Instituto Agrônomo de Campinas**. Boletim Técnico n.32. Campinas, 1994. 15 p.

MEDA, A. R. **Tolerância à toxidez do alumínio por leguminosas tropicais utilizadas em adubação verde**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2003. 109 p.

OLIVEIRA, M.W. et al. Acúmulo de matéria seca por adubos verdes semeados em diferentes épocas. In: **ENCONTRO CIENTÍFICO DOS PÓS-GRADUANDOS DO CENA/USP**. 1998. Resumos. Piracicaba, CENA/USP. p.59.

OLIVEIRA, M. W. et al. Biomassa e nitrogênio na crotalária juncea e na brachiaria plantaginea em área de plantio de cana de ano e meio. **XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (CBCS)**. Ribeirão Preto. Anais do Congresso. Botucatu / UNESP/SBCS, 2003. CD.

OLIVEIRA, M. W et al. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 239, p. 30- 43, 2007.

OLIVEIRA, M.W. et al. Taxa de crescimento, acúmulo de nutrientes e atividade alelopática da crotalária juncea. In: **III Simpósio Brasileiro de Agricultura Sustentável. 2011**. Viçosa. Anais do... III Simpósio Brasileiro de Agricultura Sustentável. 2011a. CD ROM.

OLIVEIRA, M.W. et al. Acúmulo de matéria seca de nitrogênio por crotalária juncea, crotalária spectabilis e feijão de porco, inoculados com rhizobium. In: **XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia**. 2011. Maceió. Anais do... XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia. 2011b. CD ROM.

OLIVEIRA, M. W. et al. Época de semeadura altera o crescimento e a produção de biomassa da crotalaria juncea. **I Congresso Internacional das Ciências Agrárias – COINTER**. Recife – PE. Anais do I Congresso. 2016. CD.

OLIVEIRA M.W. et al. Mineral nutrition and fertilization of sugarcane. In: **Sugarcane – Technology and Research. 1ed.** Londres: INTECH - Open Science, 2018. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/sugarcane-technology-and-research/mineral-nutrition-and-fertilization-of-sugarcane>. 2018a.

OLIVEIRA, M.W. et al. Variabilidade da fertilidade do solo, do estado nutricional da produtividade em canavial manejado homogeneamente e visualmente uniforme. In: *Agronomia: Elo da cadeia produtiva*, v.2. p.293-309. 2018b.

OLIVEIRA, M. W. et al. Sugarcane Production Systems in Small Rural Properties. In: **Multifunctionality and Impacts of Organic and Conventional Agriculture 1ed.** Londres: INTECH - Open Science, 2019. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/multifunctionality-and-impacts-of-organic-and-conventional-agriculture/sugarcane-production-systems-in-small-rural-properties>

OLIVEIRA, M.W. et al. Adubação verde com crotalaria juncea em áreas de implantação ou reforma de canaviais, em pequenas propriedades rurais. 2021. In: Oliveira, R. J. (Eds.). **Extensão Rural: práticas e pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar**. Guarujá: Editora Científica, 2021a. v. 2, cap. 3, p. 45-66.

OLIVEIRA, M.W. et al. **Produção de cana-de-açúcar para a alimentação de bovinos. Alimentos e alimentação animal**. Guarujá – SP, Editora Científica Digital, cap.6, p. 82-114, 2021b.

OLIVEIRA, M. W. et al. Fertilidade do solo e acúmulo de nutrientes na crotalaria juncea. **VI Congresso Internacional das Ciências Agrárias – COINTER**. Recife – PE. Anais do VI Congresso. 2021c.

PERIN, A. et al. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.39, p. 35-40, 2004.

RAIJ, B.V. Gesso na agricultura. Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação IAC,2008. 233p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: InternationalPlant Nutrition Institute, 2011a. 420p.

RAIJ, B. Melhorando o ambiente radicular em subsuperfície. **Informações Agrônomicas**, n. 153, POTAFOS, Piracicaba. P.8-18, 2011b.

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q, RAMOS M.L.G. Fixação biológica de nitrogênio em espécies para adubação verde. IN: **Cerrado: Adubação verde**. CARVALHO, A. M; AMABILE, R., EMBRAPA Cerrados, p. 171-209, 2006.

SANTOS, V. S.; CAMPELO JÚNIOR, J. H. Influência dos elementos meteorológicos na produção de adubos verdes, em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p. 91-98. 2003.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa: UFV. 2006. p.235.

SILVA, E.A. et al. Utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Informe Agropecuário**, v.28, n.239, p.101-119, 2007.

TEODORO, R. B. et al. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do Alto do Vale do Jequitinhonha. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 35, p.635-643, 2011.

VALADARES FILHO, S. C. et al. **Otimização de dietas à base de cana-de-açúcar**. In: Simpósio de Produção de Gado de Corte, 6. Anais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. p.121-182.

VUKICEVICH1, E, et al. Cover crops to increase soil microbial diversity and mitigate decline in perennial agriculture. A review. **Agron. Sustain. Dev.**, v. 36, n.48, p. 1-14, 2016.

WUTKE E.B, ARÉVALO R.A. Adubação verde com leguminosas no rendimento da cana-de-açúcar e no manejo de plantas infestantes. **Instituto Agrônomo de Campinas**, Campinas, 2006. Boletim técnico n.198, p.28.