

**USO DA CROTALÁRIA NA EFICIÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA
EM CULTIVARES DE CANA**

por

SOFIA BENEDINI STRINI PORTINARI BEJA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Bioenergia e Grãos.

Rio Verde - GO

Abril - 2022

**USO DA CROTALÁRIA NA EFICIÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA
EM CULTIVARES DE CANA**

por

SOFIA BENEDINI STRINI PORTINARI BEJA

Comitê de Orientação:

Orientador: Prof. Dr. Aurelio Rubio Neto - IF Goiano, campus Rio Verde

Coorientador: Prof. Dr. Lucas Anjos – IF Goiano, polo de inovação

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

BB423u BEJA, SOFIA
USO DA CROTALÁRIA NA EFICIÊNCIA DA ADUBAÇÃO
NITROGENADA EM CULTIVARES DE CANA / SOFIA BEJA;
orientador AURELIO RUBIO NETO. -- Rio Verde, 2022.
26 p.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação
em Bioenergia e Grãos) -- Instituto Federal Goiano,
Campus Rio Verde, 2022.

1. Crotalária-ochroleuca;. 2. ciclagem de N. 3.
rentabilidade. 4. adubação pós-plantio. I. RUBIO NETO,
AURELIO, orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

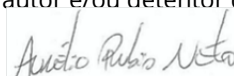
- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local / /
Data



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 37/2022 - NREPG-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
ATA Nº 50 (CINQUENTA)
BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos vinte e quatro dias do mês de maio do ano de dois mil e vinte e dois, às 08h00min (oito horas), reuniram-se os componentes da banca examinadora em sessão pública realizada por videoconferência, para procederem a avaliação da defesa de Dissertação, em nível de mestrado, de autoria de **SOFIA BENEDINI STRINI PORTINARI BEJA**, discente do Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Aurélio Rubio Neto, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida à autora da Dissertação que, em 30 min., procedeu à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu a examinada, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos, e procedida às correções recomendadas, a Dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM BIOENERGIA E GRÃOS**, na área de concentração Agroenergia, pelo Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGBG da versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade, se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Dissertação em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação de Mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da Banca Examinadora.

Membros da Banca Examinadora

Nome	Instituição	Situação no Programa
Aurélio Rubio Neto	IF Goiano - Campus Rio Verde	Presidente
Sihélio Júlio Silva Cruz	IF Goiano - Campus Iporá	Membro interno
José Milton Alves	IF Goiano - Campus Rio Verde	Membro interno

Documento assinado eletronicamente por:

- **Jose Milton Alves**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 31/05/2022 16:30:02.
- **ELCIO FERREIRA DOS SANTOS**, ELCIO FERREIRA DOS SANTOS - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (1) , em 24/05/2022 13:14:59.
- **Sihelio Julio Silva Cruz**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 24/05/2022 11:56:00.
- **Aurelio Rubio Neto**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 24/05/2022 11:47:34.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 20/05/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 391189

Código de Autenticação: bfec889753



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3620-5600

AGRADECIMENTOS:

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre ilumina os meus passos e não me deixa perder a fé.

Ao IF Goiano, pela oportunidade de ser discente do Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos.

A BP Bunge Bioenergia, nas pessoas de Diogo de Paula Tolentino, André Gonçalves, João Paulo e Jhonathan, usina onde tive o imenso prazer e oportunidade em realizar minhas pesquisas de campo e coleta de dados.

Ao meu orientador Prof. Dr. Aurelio Rubio Neto, que com muita paciência e dedicação não me deixou desistir, dividindo comigo seus conhecimentos e experiências, para me auxiliar nesse sonho e tornar realidade o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. José Milton Alves e coorientador Prof. Dr. Lucas Anjos, que nunca mediram esforços em meu processo de aprendizagem e mostraram sempre que eu seria capaz não apenas de me tornar mestre, mas também uma cientista.

A minha família, pais Cláudia e Rui e irmãs Gabriela, Joanna e Luiza, que foram fonte de inspiração e motivação, apoiando, aconselhando mesmo quando eu pensei que não seria capaz.

Ao meu noivo, Marcos, por me ouvir, ajudar e me levantar todas as vezes que cai e desisti, mostrando que tudo seria fruto e mérito de todo meu esforço.

SUMÁRIO

RESUMO:	1
ABSTRACT:	2
1. INTRODUÇÃO	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1 Delineamento experimental e análise estatística.....	10
3.2 Experimento a campo.....	12
3.3 Preparo da área.....	12
3.4 Colheita	Erro! Indicador não definido.
3.5 Avaliações	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5. CONCLUSÕES.....	19
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

USO DA CROTALÁRIA NA EFICIÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM CULTIVARES DE CANA

Por

SOFIA BENEDINI STRINI PORTINARI BEJA

(Sob Orientação do Professor Dr. Aurelio Rubio Neto IF Goiano)

RESUMO:

O Brasil é referência em produção e manejo da cana-de-açúcar, hoje o estado de Goiás é o segundo maior produtor nacional da cultura. Dessa forma, para que o incremento na produtividade seja maior de uma safra em relação a outra se faz necessário a adoção de práticas de cultivo e de interesse financeiro. A utilização da crotalária como fonte alternativa de adubação nitrogenada, antecedendo ao cultivo da cana, é uma tendência crescente frente as altas dos fertilizantes. Objetivou-se com esse trabalho demonstrar o efeito da ciclagem de Nitrogênio (N) pela crotalária no cultivo de três variedades com diferentes ciclos de maturação (IAC91-1099 precoce, RB985476 média e RB975242 tardia) cultivadas em dois manejos de adubações com e sem nitrogênio em cobertura, em que as diferenças de K nas formulações foram supridas, no município de Edéia, Goiás. O ensaio foi instalado em um delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial de 3x2, sendo 3 variedades e 2 manejos de adubação. Não ocorreu interação entre os tipos de adubo e variedades para Tonelada de Cana por Hectare (TCH) ao nível de 5% de significância, portanto os fatores foram analisados isoladamente. Independente da complementação do N, não houve incrementos em toneladas de cana por hectare (TCH) utilizando adubação nitrogenada ou sem nitrogênio. O plantio com o KCL promoveu os mesmos resultados, ou seja, a crotalária supriu totalmente a demanda dos adubos nitrogenados. Concluiu-se que um plantio eficiente de crotalária pode ser eficaz para suprir a necessidade de N da

cultura, contribuindo para geração de processos técnicos e agronômicos mais robustos para a cultura da cana-de-açúcar.

PALAVRAS-CHAVE: *Crotalaria-ochroleuca*; ciclagem de N; rentabilidade; adubação pós-plantio.

ABSTRACT:

Brazil is a reference in the sugarcane production and management, today the state of Goiás is the second largest national producer of the culture. In this way, to increase crop productivity it is need to adopt cultivation practices and financial interest. The use of sunn hemp as an alternative source of nitrogen fertilization, prior to sugarcane cultivation, is a growing trend in the face of fertilizer increases. The objective of this work was to evaluate the effect of nitrogen cycling by sunn hemp in three varieties with different development cycles (IAC91-1099, RB985476 and RB975242) cultivated in two managements of fertilizing: with and without nitrogen (10-00-40 and 00-00-60), in Edéia, Goiás. The experiment was installed in a completely randomized design in a 3x2 factorial scheme, with 3 varieties and 2 fertilization managements. There was no interaction between the types of fertilization and varieties for tons of cane per hectare (TCH) at the level of 5% of significance, so the factors were analyzed individually. Regardless of N complementation, there were no increases in TCH using KCL or formulated. Planting with KCL promotes the same results, that is, the sunn hemp completely supplied the demand for nitrogen fertilizers. It was concluded that an efficient planting of sunn hemp can be effective for the N needs of the sugarcane crop.

KEYWORDS: *Crotalaria-ochroleuca*; N cycling; profitability; post-planting fertilization.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é líder mundial em produção de cana-de-açúcar, com expectativa de uma área a ser colhida na safra 2022/23 estimada em 8.209 mil hectares, tendo o Sudeste como maior produtor, seguido do Centro-Oeste, com destaque para o estado de Goiás, segundo produtor nacional, com aproximadamente 951,3 mil hectares. A área colhida estimada que teve a redução de 1,2% se comparada a safra 2020/21. A produtividade média esperada para a cana-de-açúcar, na safra 2022/23, é de 72.609 kg ha⁻¹, 1,9% superior a 2021/22, de acordo com os dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2022).

A usina BP Bunge é a terceira maior usina do estado de Goiás, com área de produção de 60 mil hectares, possui um plantel de variedades com materiais das três instituições de pesquisa (CTC, IAC e RIDESA), e estas variedades têm picos de maturação distintos possibilitando melhor produção de açúcar total recuperável (ATR) ao longo da safra por hectare demonstrando seu potencial de produção de acordo com a época de colheita.

A baixa taxa de renovação dos canaviais e pouco investimento nos pacotes tecnológicos, deixam as médias atingidas pelo Brasil abaixo de 75.000 kg ha⁻¹ bem menor que o potencial do país (CONAB, 2022). Diante deste cenário, com a redução da área colhida, devido à escassez e grande valorização do valor da terra para expansão, torna-se necessária a adoção de melhores práticas de cultivo e melhores características de interesse financeiro, como a utilização de crotalaria, para que o incremento na produtividade seja maior de uma safra em relação a outra, otimizando os lucros e maximizando a rentabilidade do negócio.

Dentre as espécies leguminosas mais utilizadas como adubo verde, a *Crotalaria juncea* é considerada a mais produtiva, com maiores índices de cobertura e extração de nutrientes em comparação com outras leguminosas (CARVALHO *et al.*, 2014). Ela apresenta alto valor para fixação biológica do nitrogênio, indicando grande potencial para suprir ou contribuir para adequada nutrição nitrogenada da cana-de-açúcar (AMBROSANO *et al.*, 2013).

As leguminosas podem acumular mais de 5 t ha⁻¹ de material vegetal seco durante período curto no verão e acumular grandes quantidades de N e K. Muito desse N vem da fixação simbiótica do nitrogênio e pode suprir em parte ou totalmente as necessidades da cana-de-açúcar, principalmente no primeiro corte, quando a adubação verde é feita nas áreas de reforma ou implementação do novo canavial (AMBROSANO *et al.*, 2013). Em função de seu potencial de FBN e recuperação da fertilidade do solo, as leguminosas representam alternativa ao suprimento, substituição ou complementação da adubação mineral e recomposição da fertilidade do solo (SCIVITTARO *et al.*, 2000).

De acordo com o estudo econômico realizado por MASCARENHAS *et al.* (1994), o custo da produção de *Crotalaria juncea* plantada antes da reforma de um canavial pode chegar ao retorno de até 10 t.ha⁻¹ de cana-de-açúcar.

A matéria orgânica do solo (MOS) é um fator determinante da fertilidade e produtividade agrícola. Segundo Landell *et al.* (2003), a condição química da camada subsuperficial do solo é determinante na produtividade da cana-de-açúcar, aplicando essa correlação com o avanço dos cortes. Atualmente com as colheitas da cana-de-açúcar sem queimada, a palhada que permanece sobre o solo, com elevada relação carbono/nitrogênio, é uma fonte de energia (carbono) que estimula o crescimento da biomassa microbiana, que passa a demandar mais nitrogênio competindo com a cultura pelo nutriente (BASANTA, 2004).

Assim, para manter estáveis os níveis de nitrogênio (N) no sistema, a adubação nitrogenada seria necessária para restituir o nitrogênio que sai do sistema por diferentes processos de perdas (BASANTA, 2004), pois N é o elemento menos prontamente disponível para sustentar os organismos vivos (ROJAS, 2012).

Esse estudo é de extrema importância pela escassez de trabalhos desenvolvidos nessa temática. Assim, objetivou-se com o presente trabalho demonstrar o efeito da ciclagem de nitrogênio (N) pela crotalaria antecedendo o cultivo de três variedades de cana-de-açúcar

(IAC91-1099, RB985476 e RB975242) com diferentes ciclos de maturação (precoce, média e tardia, respectivamente) cultivadas em dois manejos de adubações (10-0-40 e 0-0-60) durante a operação de adubação pós-plantio.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Adubação Nitrogenada em Cana-de-Açúcar

A adubação nitrogenada na cana-de-açúcar é uma prática fundamental para o aumento da produtividade da cultura, já que o nutriente apresenta função estrutural, participa de compostos orgânicos e processos fisiológicos que garantem o crescimento e desenvolvimento da planta. Além disso, o uso de nitrogênio (N) por meio da adubação de cobertura contribui para melhor brotação e perfilhamento na cana planta e está diretamente relacionado ao aumento na produção de colmos tanto em cana planta quanto em cana soca (SCHULTZ *et al.* 2015).

A dose a ser utilizada vai depender dos resultados obtidos via análise de solo, produtividade esperada e sistema de colheita (crua ou queimada) variando de acordo com a expectativa de número de cortes. Para a adubação de plantio utiliza-se baixa quantidade de nitrogênio e altas quantidades de potássio e fósforo, pois o pico de demanda de N acontece no perfilhamento e máximo crescimento. Na adubação pós-plantio para o bom desenvolvimento dos toletes são necessárias altas quantidade de nitrogênio, que em áreas não saturadas por vinhaça complementa-se a adubação com potássio. Na cana soca é necessária uma dose maior de nitrogênio e potássio e uma menor quantidade de fósforo, pois não há mais presença de toletes e interação de bactérias com o sistema radicular (VITTI *et al.*, 2005).

Na agricultura moderna e sustentável, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) é uma forma de reduzir o uso de fontes não renováveis de nitrogênio (TORQUATO, 2015).

Boschiero *et. al.* (2020) afirmam em seu trabalho que em locais responsivos a adição de fertilizantes nitrogenados melhora o rendimento do canavial, mas a longo prazo a alta

concentração de N pode diminuir a sustentabilidade do canavial. Dessa forma, faz-se necessário a identificação de locais responsivos ou não para fertilizantes nitrogenados reduzindo riscos ambientais e perdas econômicas.

2.2 Crotalária em consórcio com Cana-de-Açúcar

A crotalária é uma leguminosa pertencente à família das Fabaceae, que apresenta sistema radicular denso e pivotante. Segundo Ritter *et al.* (2018), esse fator auxilia no rompimento das camadas compactadas do solo, aumentando a infiltração de água e possibilitando melhores condições estruturais para o crescimento e desenvolvimento de raízes, além disso, a massa verde residual proveniente do cultivo de plantas de cobertura auxilia na dissipação e energia sobre o solo, diminuindo a compactação pelo tráfego de máquinas agrícolas e o escoamento superficial. Ela destaca-se por sua boa adaptação a diversos sistemas de produção no Cerrado brasileiro, alta ciclagem de nutrientes, redução da incidência de plantas daninhas e ação antagônica sobre a população de nematoides (MAUAD *et al.*, 2019).

O cultivo de crotalária em sucessão de culturas traz diversos benefícios aos sistemas de plantio direto. Essas plantas podem ser cultivadas na entressafra, como parte do ciclo de produção, uma vez que a sucessão contínua de soja/milho/cana de açúcar tende a levar à degradação física do solo, além de reduções na disponibilidade de nutrientes do solo e atividade biológica (BARBOSA *et al.*, 2020).

A utilização de leguminosas anterior ao plantio de cana-de-açúcar é também uma alternativa à adubação nitrogenada e, além disso, possibilita incremento dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (DE RESENDE, 2002). Com a utilização de adubos verdes em sucessão com a cana-de-açúcar pode-se substituir a utilização dos adubos nitrogenados (TRENTO FILHO, 2009) e pode ser vantagem se visto pelo quesito econômico, pois esses insumos estão diretamente atrelados ao aumento do preço do petróleo.

Se visto pelo quesito ambiental a não utilização de adubos nitrogenados reduz os riscos de contaminação de reservas e locais de preservação (AMBROSANO *et al.* 2000). Dessa forma, a adubação verde com espécies de crotalária é uma alternativa bastante utilizada, de acordo com Miyasaka *et al.* (1984), essa espécie em associação com as bactérias do gênero *Rhizobium*, fixam nitrogênio atmosférico, sendo uma alternativa para a adubação nitrogenada.

Maiores quantidades de nitrogênio no sistema solo-planta são encontrados em sistemas de consórcio (PERIN *et al.*, 2003), além dos benefícios já conhecidos pela utilização da maioria das leguminosas como: redução da erosão e nematoides, supressão de plantas daninhas; aumento de produção e ciclagem de nutrientes que ficam retidos na biomassa das plantas e são gradativamente liberados e disponibilizados no solo (ALVARENGA *et al.* 2001).

A crotalária, apresenta elevada produção de fitomassa, superior a 8 mg.ha⁻¹, serve como adubo verde, com fixação de N₂ atmosférico que pode chegar a 150–165 kg ha⁻¹ (SORATTO *et al.*, 2012), devido à relação simbiótica com bactérias que fixam nitrogênio atmosférico (BARBOSA *et al.*, 2020). Mas, nem sempre o plantio da crotalária é suficiente para suprir à quantidade de matéria seca necessária para a adubação nitrogenada eficiente, por diversos fatores desde climáticos até manejo antes da data prevista, prejudicando o aproveitamento da biomassa.

Barbosa *et al.* (2020) destacam que o acúmulo máximo de nutrientes N-P-K na parte aérea de *Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis* segue a ordem K > N > P. Também para ambas as espécies, a exportação de macronutrientes pelos grãos segue a ordem N > K > P. E que o acúmulo máximo de matéria seca tende a ocorrer aos 135 dias após a emergência (DAE) para *C. juncea* e 104 DAE para *C. spectabilis*. No entanto, o melhor tempo de manejo para ambas as espécies é de até 90 DAE, quando já produziram sementes viáveis.

Tenelli *et al.* (2021) afirmam em seu trabalho que a produção de cana-de-açúcar exige aportes substanciais de fertilizantes nitrogenados e que isso pode ter consequências ambientais

se mal utilizados, dessa forma, o uso de leguminosas como a crotalária é uma estratégia promissora para reduzir a dependência de fertilizantes nitrogenados e para o manejo sustentável. Além disso, este estudo avaliou a produtividade do canavial em solo argiloso após quatro cortes consecutivos. Foi possível observar que o cultivo de crotalária em cobertura, aumentou o armazenamento de N no solo e a cobertura vegetal, após os quatro anos aumentou em 15% no solo argiloso em relação a área de pousio (sem cobertura). A crotalária em cobertura proporcionou reposição anual de fertilizantes nitrogenados de 15 kg.ha⁻¹ no solo argiloso.

Quando se maneja a crotalária, a usina em estudo adota dois manejos de adubação, em um deles a leguminosa se desenvolveu bem, ou seja, número de plantas germinadas após semeadura dentro do padrão, tempo de espera de no mínimo 90 dias para manejo, o adubo utilizado pós-plantio da cana-de-açúcar é o 00-00-60; e em locais em que houve falhas de germinação, e mau desenvolvimento da planta o adubo utilizado é o 10-00-40, sendo necessário uma dose de nitrogênio para suprir as necessidades do canavial (Plano de Qualidade Agrícola, BP Bunge Bioenergia, 2020).

2.3 Manejo Varietal em consórcio com crotalária

Nos manejos agroindustriais para formação de um canavial sob a crotalária, utilizar variedades facilitadoras fazem a diferença. Pois, elas representam materiais com a tecnologia que contribui para ganho de produtividade da cultura com custos relativamente baixos, ou seja, com maior rentabilidade e lucratividade se comparadas com as demais. No Brasil, atualmente, o desenvolvimento genético de cultivares de cana-de-açúcar é realizado por três grandes instituições de pesquisa e melhoramento genético da cana-de-açúcar a Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA); o Instituto Agronômico de Campinas (IAC); o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC).

Para garantir a rentabilidade do negócio é importante avaliar os diferentes ciclos de maturação do canavial, ambiente de solo e época de colheita; em usinas de grande porte é necessário ter variedades com ciclos de maturação diferentes, possibilitando manejo adequado de acordo com a época de plantio e colheita, incidência de pragas e doenças e ambiente de solo, por isso, faz-se necessário avaliar os diferentes ciclos de maturação (precoce, média e tardia) em função do manejo de adubação para que a matriz do terceiro eixo seja seguida, prática inovadora que pode auxiliar no aumento da produtividade dos canaviais. (CanaOnline, 2020)

A variedade IAC91-1099, é um exemplo de desenvolvimento tecnológico tem excelente produtividade ao longo dos ciclos, adaptada ao plantio mecanizado, fechamento rápido de entrelinhas, ótima colheitabilidade, cultivar de porte ereto, ótima brotação da soqueira sob palha, maturação precoce-média, indicada para ambientes médios a favoráveis (A, B e C) (IAC, 2012). Se utilizada corretamente, a variedade IAC91-1099 pode gerar incrementos na produção de 10 a 30%, quando realizado o correto manejo nutricional, associado ao ambiente de produção adequado.

A variedade RB985242, apresenta elevada sanidade, ótima brotação, perfilhamento, e rápido fechamento de entrelinhas, possui alta produtividade, com elevada estabilidade de produção, e maturação media-tardia. Ideal para plantio em ambientes de médio a baixo potencial produtivo.

Outro exemplo de variedade facilitadora de manejo é a variedade RB975476, apresenta ótima brotação, ótimo perfilhamento, com excelente fechamento de entrelinhas, possui alta produtividade, ciclo de maturação tardia, elevada estabilidade de produção e é resistente às principais doenças, indicada para ambientes de médio a alto potencial produtivo.

Um fator importante para maximização da produção, é a longevidade do canavial. E, elas dependem de diversos fatores, tais como a variedade implantada, condições climáticas, práticas

culturais, controle de pragas, doenças, método de colheita e a fertilidade do solo (PEREIRA *et al.*, 2017).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Bp Bunge Bioenergia, unidade Tropical, Rodovia Takayuki Maeda, km 51, S/n Zona Rural, município de Edéia, Goiás.

3.1 Delineamento experimental e análise estatística

O ensaio foi instalado em um delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial 3 x 2 com 4 repetições, totalizando 24 parcelas, sendo 3 variedades de cana-de-açúcar e 2 tipos de adubos. As variedades utilizadas foram precoce, média e tardia, respectivamente: IAC91-1099, RB985476 e RB975242 variedades facilitadoras de manejo. Os adubos foram: 10-00-40 e 00-00-60, aplicados na linha com equipamento de quebra lombo.

Quanto ao local do experimento, talhões com falhas, presença de pedras, locais de mau desenvolvimento do canavial, borda de matas, redes de energia, entre outras, foram descartados. Cada parcela experimental foi formada por cinco linhas de 7,5 m de largura e 10 metros de comprimento e 1,5 m entre linhas de plantio, totalizando 75 m², conforme o croqui da Figura 1.

Em que:

V1 = Variedade precoce IAC91-1099;

V2 = Variedade média RB985476;

V3 = Variedade tardia RB975242;

A1 = Adubação com KCL (00-00-60);

A2 = Adubação com formulado (10-00-40).

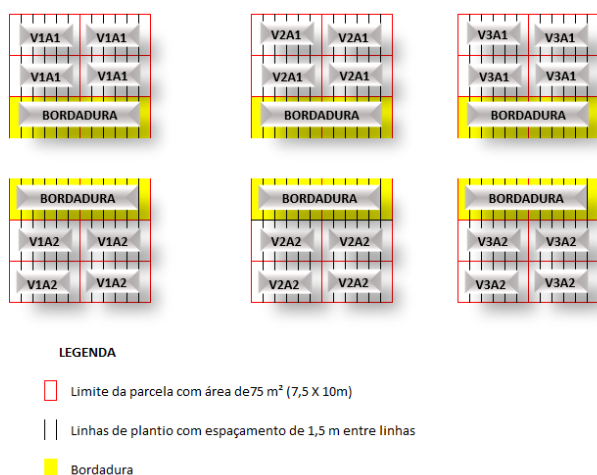


Figura 1. Croqui da área Experimental

Fonte: Dados originais da pesquisa.

Para as condições de Cerrado, o clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical com estação seca, com estiagem no período de inverno, tendo invernos secos e amenos, e com chuvas de novembro a abril sendo a precipitação média anual do município e de 1.096 mm. A umidade relativa do ar é de 62% com temperatura média anual de 26°C, condições ideais para o bom desenvolvimento da cultura.

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa computacional SISVAR®. Foi realizado teste de normalidade dos dados W de Shapiro-Wilk e teste F ($p < 0,05$) para verificar as pressuposições da análise de variância (FERREIRA, 2014). Os fatores foram analisados pelo teste de médias Tukey a 5% de probabilidade. Os gráficos foram obtidos através do programa Prism®, software que analisa e transforma os dados estatísticos em gráficos.

Na análise estatística, foi realizada a análise de variância da regressão para os tipos de N-fertilizante. Nos casos em que a interação foi significativa, realizou-se o desdobramento da interação. Nos casos em que a interação não foi significativa, foi realizada a análise de regressão para os fatores independentes (tipos dos adubos). Em todos os casos foi realizado teste de médias Tukey a 5% de probabilidade.

3.2 Condições Experimentais

No período de desenvolvimento do ensaio foram selecionadas três áreas em Latossolo Vermelho Distrófico com 60% de argila e ambiente de produção classificado como C, exceto em uma das áreas que apresenta ambiente B. Solo esse com avançado estágio de intemperização, profundos (normalmente superiores a 2 m), horizonte B muito espesso com sequência de horizontes A, B e C pouco diferenciados, teor de argila aumentado com o aumento da profundidade, com baixa capacidade de troca catiônica. (Embrapa Cerrados, 2021).

Entre outubro de 2019 e junho de 2021 foram realizadas as atividades de cultivo de cana nos locais selecionados, como descrito na figura abaixo.

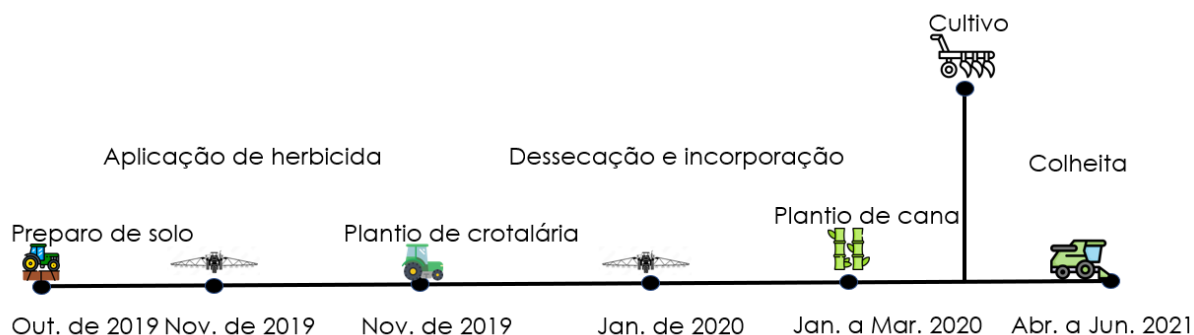


Figura 2. Ordem cronológica do manejo adotado durante o experimento.

Fonte: Dados originais da pesquisa.

3.3 Manejo do experimento

Anteriormente a instalação do experimento, foi feito no mês de outubro de 2019 o preparo de solo das áreas com aplicação de calcário e gesso incorporados com subsolador e aplicação de fosfato incorporado com grade niveladora, as doses aplicadas foram determinadas de acordo com a recomendação prevista após a análise de solo e o plano de qualidade agrícola da usina (Tabela 1).

Variedade	Calcário Dose (t/ha)	Gesso Dose (t/ha)	Fosfato 15% Dose (t/ha)
IAC91-1099	4,09	1,11	0,69

RB985476	1,02	1,00	0,93
RB975242	-	1,27	0,94

Tabela 1. Recomendações de correção.

Fonte: Plano de Qualidade Agrícola safra 19.20.

Após o preparo de solo e 24 horas antes do plantio de crotalária, para maior disponibilização de N, foi feita a aplicação de Trifluralina, 3 L ha⁻¹, em pré-emergência; na sequência, em novembro de 2019 foi realizado o plantio a lanço de crotalária da espécie Ochroleuca, com dose de 15 kg ha⁻¹, as sementes foram incorporadas com auxílio de correntes. No mês de janeiro, quando as plantas atingiram 1,20 metros foram dessecadas com Glifosato, 3 L ha⁻¹ e 2,4D + Picloran, 1,5 L ha⁻¹ e, incorporadas com auxílio de grade.

Após a incorporação da massa verde foi realizado o plantio da cana-de-açúcar de acordo com o ciclo de maturação. O plantio foi feito de forma mecanizada com mudas de 1° a 3° corte, com no máximo 12 meses, livres de raquitismo e escaldadura, doenças que interferem no desenvolvimento e brotação dos toletes e mistura varietal. Em função de ser uma área comercial o plantio da cana foi de janeiro a março e elas ficaram nessas condições por 15 meses.

As variedades RB985476, IAC91-1099 e RB975242 foram plantadas entre janeiro e março de 2020 como mostra na tabela abaixo, respectivamente (Tabela 2).

Variedade	Data de Plantio	ADUBAÇÃO		ZINCO (36%)		ENRAIZADOR		FUNGICIDA		INSETICIDA		NEMATICIDA		ADJUVANTE	
		Produto	Dose (t/ha)	Produto	Dose (l/ha)	Produto	Dose (l/ha)	Produto	Dose (l/ha)	Produto	Dose (kg/ha)	Produto	Dose (kg/ha)	Produto	Dose (l/ha)
IAC91-1099	27/01/2020	MAP (52%)	0,29	NANO ZINCO	4,0	BIOZYME	0,5	PRIORI XTRA	0,25	REGENT	0,25	QUARTZO	0,2	PROTAC	0,1
RB985476	06/03/2020	MAP (52%)	0,29	NANO ZINCO	4,0	BIOZYME	0,5	PRIORI XTRA	0,25	REGENT	0,25	QUARTZO	0,2	PROTAC	0,1
RB975242	02/02/2020	MAP (52%)	0,29	NANO ZINCO	4,0	BIOZYME	0,5	PRIORI XTRA	0,25	REGENT	0,25	QUARTZO	0,2	PROTAC	0,1

Tabela 2. Recomendações de plantio.

Fonte: Plano de Qualidade Agrícola safra 19.20.

Nos meses de março, maio e junho foi realizado o nivelamento de solo (quebra lombo) das áreas, com equipamento específico para tal atividade, dotado de uma caixa na parte traseira do implemento para realizar a adubação da linha. O adubo utilizado pós-plantio em locais em que o desenvolvimento da crotalária foi bom, foi o 00-00-60 e, em locais que houve falhas de

germinação, e mau desenvolvimento da leguminosa o adubo utilizado foi o 10-00-40. As doses aplicadas foram determinadas de acordo com a recomendação prevista após a análise da massa de crotalária, necessidade do canavial e o orçamento da usina. (Tabela 3)

Variedade	Data Quebra Lombo	Fertilizante	Dose (kg/ha)
IAC91-1099	23/03/2020	10 00 40	0,25
IAC91-1099	27/03/2020	KCL 00 00 60	0,20
RB985476	11/05/2020	10 00 40	0,18
RB985476	18/05/2020	KCL 00 00 60	0,20
RB975242	16/06/2020	10 00 40	0,25
RB975242	31/03/2020	KCL 00 00 60	0,23

Tabela 3. Recomendações de quebra lombo.

Fonte: Plano de Qualidade Agrícola safra 19.20.

A colheita foi realizada nos meses de maio e junho de 2021 de acordo com o ciclo de maturação da cultura, de forma manual com equipe própria da usina, dados de biometria foram coletados no dia antecedente a colheita e após a colheita foram realizadas as análises tecnológicas em laboratório próprio da usina.

3.4 Avaliações

Foram avaliadas as seguintes variáveis para determinação do efeito dos tratamentos: produtividade em tonelada de cana por hectare (TCH), toneladas de açúcar por hectare (TAH), açúcar total recuperável (ATR), porcentagem em massa de sólidos solúveis contidos em solução de sacarose quimicamente pura (BRIX) e análise química da folha para verificação de macro e micronutrientes.

Foram contadas todas as plantas que estavam disponíveis (colmos viáveis) nas quatro linhas centrais de cada parcela, essa amostragem foi realizada no dia anterior a colheita. Foram retirados 10 colmos aleatoriamente dentro das linhas centrais, agrupados em feixes e etiquetados para realizar as análises tecnológicas e mensuração das variáveis em laboratório próprio da empresa. Para a análise foliar, foram retiradas dessas mesmas amostras a folha +3 de cada cana,

o seu terço médio foi cortado com auxílio de um estilete e enviado para laboratório de tecido vegetal.

Para a avaliação do efeito dos tratamentos na produtividade em TCH, foi realizada a colheita mecanizada com caminhão balança com célula de carga, seguindo a matriz de colheita e ambientes de produção desenvolvida pelo IAC. Depois de colhida, toda a cana da área experimental foi enviada para a indústria para seu processamento. Para a determinação do TAH (toneladas de açúcar por hectare), unidade de medida que mais expressa a produtividade por área, foi realizado o produto do TCH pelo ATR e dividido por 1000, em todas as parcelas amostradas, conforme a equação: $TAH = (TCH * ATR) / 1000$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não ocorreu interação entre Nitrogênio e variedades para o TCH ao nível de 5% de significância. Dessa forma, os fatores foram analisados isoladamente. Não houve incremento de TCH independente da adubação nitrogenada e variedades. Evidenciando o potencial de se utilizar crotalária antecedendo o cultivo da cana, sem a necessidade de complementar com adubação química de nitrogênio (Figura 2).

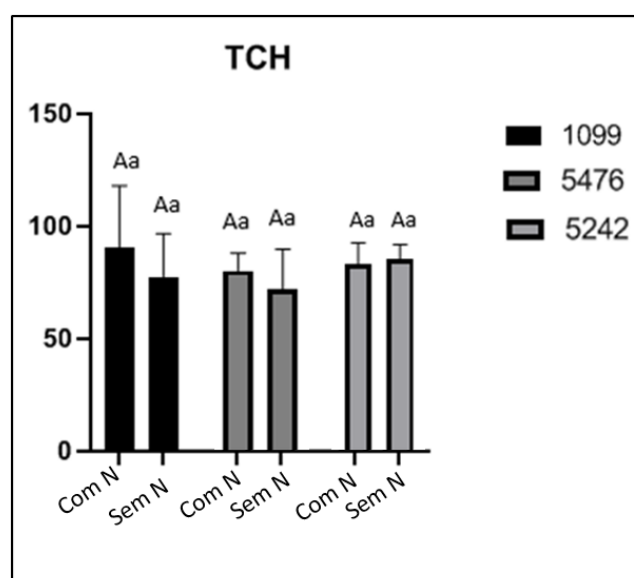


Figura 2. Resposta de toneladas de cana por hectare (TCH) em variedades IAC91-1099 (precoce), RB985476 (média), RB975242 (tardia) versus adubação nitrogenada (com N e sem N). Barra de Erro = Desvio Padrão. Letra maiúscula entre variedade e minúscula entre adubação não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A crotalária supriu totalmente a demanda dos adubos nitrogenados. Pereira (2015), também chegou a resultados similares, que na área com rotação de crotalária, não houve efeito das doses de N na produtividade dos colmos. Diversos fatores afetam a resposta da cana-planta ao N, incluindo o tipo de preparo do solo adotado, ao estoque de N na MOS, a textura do solo e ao histórico de rotação com adubos verdes (BASANTA, 2004). Ou seja, há efeito econômico positivo na adubação verde com crotalária, podendo substituir totalmente a adubação nitrogenada de plantio. Dessa forma, a crotalária tem capacidade de acúmulo de grande quantidade de N em curto intervalo de tempo, cerca de 4,5 kg ha⁻¹/dia de N, faz da crotalária uma espécie de grande potencial na utilização como adubo verde (Perin *et al.* (2014).

Houve interação entre os fatores (adubo e variedades) a 5% de significância para a variável Brix. Em que, verificou superioridade da variedade média RB985476 com plantio anterior de crotalária, atingindo média de 20,08 °Brix, 25% superior a variedade precoce IAC91-1099 com 16,01° Brix. Diferente do Caceres (1994) e Pereira (2015), que não encontraram efeitos da adubação verde na qualidade tecnológica, não proporcionou aumento nos valores de sólidos solúveis (°Brix) da cana-de-açúcar, onde as leguminosas foram plantadas.

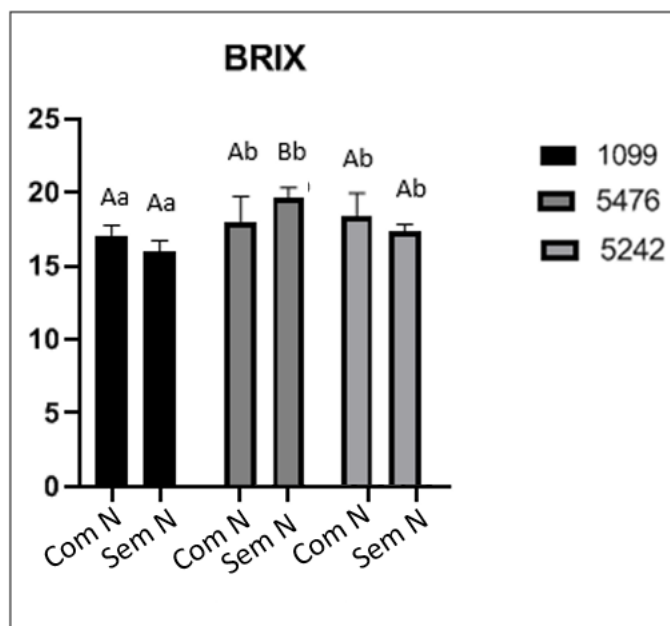


Figura 2. Resposta de BRIX em variedades IAC91-1099 (precoce), RB985476 (média), RB975242 (tardia) versus adubação nitrogenada (com N e sem N). Barra de Erro = Desvio Padrão. Letra maiúscula entre cultivares e minúscula entre adubação não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Comparando a resposta das variedades ao adubo formulado, o Brix das variedades precoce e tardia são iguais estatisticamente e diferem da variedade média, que foi maior em +2,57 °Brix. Ou seja, a RB985476, tem resposta a adubação nitrogenada complementar. O Arscoverde *et al.* (2019) encontraram resultados similares, e o brix da RB975242 foi menor em um grau que o da RB985476.

Apenas com o uso da crotalária como fonte de N, não houve diferença estatística entre as variedades, promovendo índices similares de °Brix. Há dúvidas se o tempo necessário para degradação da MS e liberação dos nutrientes foi o ideal para o ano agrícola do estudo, sendo necessárias novas pesquisas nesse sentido.

Verificou-se diferença entre o efeito isolado com e sem N para a variedade tardia a 5% de significância, para a variável ATR. Assim, como o °Brix, o ATR da variedade média foi

estatisticamente maior em relação as demais, apresentando média de 145,4 sendo superior a precoce e a tardia, que ficaram respectivamente com médias de: 112,3; 118,1 resultando em diferenças de +33,1 e +27,3.

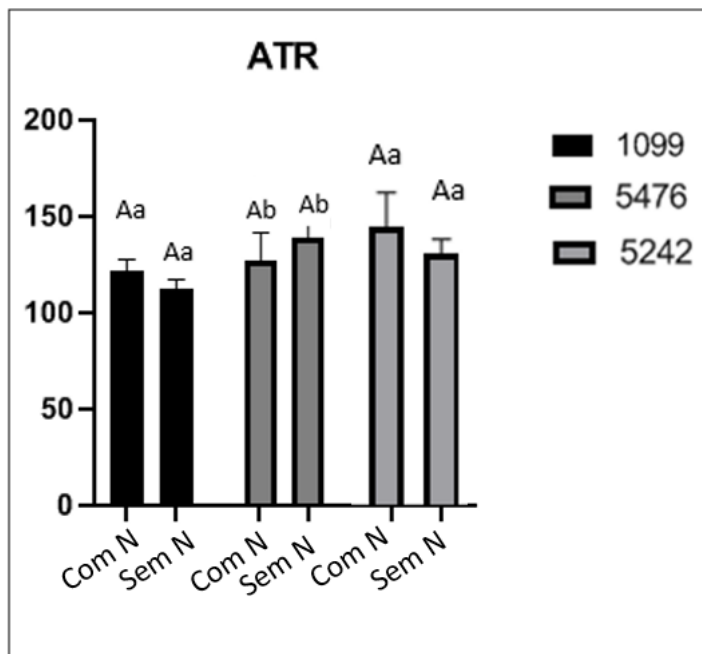


Figura 3. Resposta de ATR em variedades IAC91-1099 (precoce), RB985476 (média), RB975242 (tardia) versus adubação nitrogenada (com N e sem N). Barra de Erro = Desvio Padrão. Letra maiúscula entre cultivares e minúscula entre adubação não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para os valores de TAH, a variedade tardia se destacou em relação as demais quando utilizada crotalária como fonte de adubo nitrogenado. A variedade precoce não obteve bons resultados quando submetida a adubação complementar, as variedades média e tardia apresentaram valores semelhantes, evidenciando o potencial de se utilizar crotalária antecedendo o cultivo da cana, sem a necessidade de complementar com adubação química de nitrogênio.

Variedade	TAH		
	1099	5476	5242
Sem N	8,7	10,5	10,7
Com N	10,9	10,8	11,5

5. CONCLUSÕES

Verificou-se a eficácia do plantio de crotalária para suprir a necessidade de N da cultura. Isso poderá contribuir para geração de processos técnicos e agronômicos mais robustos para a cultura da cana-de-açúcar.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W.A.L; CRUZ, J.C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, 25-36p., 2001.

AMBROSANO, E. J.; CANTARELLA, H.; ROSSI, F.; SCHAMMASS, E. A.; SILVA, E. C. D.; AMBROSANO, G. M. B.; DIAS, F. L. F.; TRIVELIN, P. C. O.; MURAOKA, T. Desempenho de adubos verdes e da primeira soqueira de cana-de-açúcar cultivados consorciadamente. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 3, p. 80-90, 2013.

AMBROSANO, E. J.; TRIVELIN, P. C. O.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, G. M. B.; SCHAMMASS, E. A.; GUIRADO, N.; MURAOKA, T. Utilization of nitrogen from green manure and mineral fertilizer by sugar cane. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 6, p. 534-542, 2005.

ARCOVERDE, S. N., SOUZA, C., CORTEZ, J. W., MACIAK, P. A., & SUÁREZ, A. H. Soil physical attributes and production components of sugarcane cultivars in conservationist tillage systems. **Engenharia Agrícola**, 39, 216-224. 2019.

BARBOSA, I. R.; SANTANA, R. S.; MAUAD, M.; GARCIA, R. A. Produção de matéria seca e marcha de absorção de nitrogênio, fósforo e potássio em *Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 50, p. e61011-e61011, 2020.

BASANTA, M. D. V. Dinâmica do nitrogênio na cultura de cana-de-açúcar em diferentes sistemas de manejo de resíduos da colheita. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo. 2004.

BOSCHIERO, B. N.; MARIANO, E.; TORRES-DORANTE, L. O.; SATTOLO, T. M. S.; OTTO, R.; GARCIA, P. L.; DIAS, C. T. S.; TRIVELIN, P. C. O. Nitrogen fertilizer effects on sugarcane growth, nutritional status, and productivity in tropical acid soils. **Nutrient Cycling in Agroecosystems** 117, 367–382, 2020.

CACERES, N. T. Adubação verde com leguminosas em rotação com cana de açúcar (*Saccharum spp*). 1994. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo. 1994.

CARVALHO, L.; JUNIOR, C. A. S.; MEURER, I.; SILVA, G. F.; NANNI, M. R. Influence of different species of crotalaria in indicators of quality of sugarcane. **Agrarian Academy**, v. 1, n. 01, 2014.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira Cana-de-açúcar - Safra 2022/23 - Primeiro levantamento. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasil, v. 1, 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>>. Acesso em: 11 Jun. 2022.

CORRÊA, A. L.; ABBOUD, A.; GUERRA, J. G. M.; DE AGUIAR, L. A.; ARAUJO, E. D. S.; RIBEIRO, R. Efeito de pré-cultivos com crotalaria juncea e milho para produção de minimilho e alface. **Embrapa Agrobiologia-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2020.

DE RESENDE, A. V. Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato. **Embrapa Cerrados-Documents (INFOTECA-E)**, 2002.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e agrotecnologia**, v. 38, p. 109-112, 2014.

IAC, 2012. **Instituto Agrônomo de Campinas. Catálogo de variedades IAC**. 2012. Disponível em: <http://socicana.com.br>. Acesso em: 18 de jul. 2021.

LANDELL, M. G. A.; PRADO, H.; VASCONCELOS, A. C. M.; PERECIN, D.; ROSSETTO, R.; BIDÓIA, M. A. P.; SILVA, M. XAVIER, M. A. Oxisol subsurface related to sugarcane productivity. **Scientia Agrícola**, v.60, n.4 p741-745, 2003.

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; COSTA, A. A.; ROSA, F. V. COSTA, V. F. Efeito residual das leguminosas sobre o rendimento físico e econômico da canaplanta. **Boletim Científico IAC – 32**, 1994. 15p.

MAUAD, M.; SANTANA, R. S.; CARLI, T. H.; CARLI, F.; VITORINO, A. C. T.; MUSSURY, R. M.; RECH, J. Dry matter production and nutrient accumulation in *Crotalaria spectabilis* shoots. **Journal of Plant Nutrition**, v. 42, n. 6, p. 615-625, 2019.

MIYASAKA, S.; CAMARGO, O. D.; CAVALERI, P. A.; GODOY, I. D.; WERNER, J. C.; CURI, S. M.; LOMBARDI NETO, F.; MEDINA, J.C.; CERVellini, G. S.; BULISANI, E.A. Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo. **São Paulo: Cargill**. 1-109p. 1984.

PEREIRA, G. L. Transformações do nitrogênio no solo e a resposta da cana-planta à adubação nitrogenada em função da rotação com crotalaria (**Doctoral dissertation**, Universidade de São Paulo). 2015.

PEREIRA, G. S.; MAHL, D.; SOUZA, C. H. W.; PRAMPERO, V. Efeito do cultivo de crotalaria juncea em rotação com cana-de-açúcar sobre parâmetros físicos do solo. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 6, p. 1-12, 2017.

PERIN, A.; GUERRA, J.G.M.; TEIXEIRA, M.G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 38, p. 791-796, 2003.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004.

RAMOS, M.G.; VILLATORO, M.A.A.; URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. Quantification of the contribution of biological nitrogen fixation to tropical green manure crops and the residual benefit to a subsequent maize crop using ¹⁵N-isotope techniques. **Journal of Biotechnology**, v.91, p.105-115, 2001.

RITTER, P.; MARCOLIN, C.D.; MASCHIO, M.; LAMB, R.O. Uso de diferentes plantas de cobertura como alternativa na descompactação do solo e melhoria no rendimento de milho. **XII Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo**, Xanxerê. 2018.

ROJAS, O. I. A. Avaliação fisiológica e bioquímica de cana-de-açúcar variedades RB83-5089 e SP80-3280 em fase inicial de crescimento submetidas a doses de nitrato. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo. 2012.

SCHULTZ, N.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S. Resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada: fontes nitrogenadas, formas de aplicação, épocas de aplicação e efeito varietal. **Seropédica: Embrapa Agrobiologia**, v.1, n.1, 21-22p., 2015.

SCIVITTARO, W.B. et al. Utilização de nitrogênio de adubos verdes e mineral pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.4, p.917-926, 2000

SILVA, E. C. D.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M. E. D. C.; TRIVELIN, P. C. O. Aproveitamento do nitrogênio (¹⁵N) da crotalária e do milheto pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 739-746, 2006.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA, C. H. M. D.; FERRARINETO, J.; CASTRO, G. S. A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milheto, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 1462-1470, 2012.

TENELLI, S.; OTTO, R.; BORDONAL, R.O.; CARVALHO, J.L.N. How do nitrogen fertilization and cover crop influence soil C-N stocks and subsequent yields of sugarcane?. **Soil and Tillage Research**, v. 211, 2021.

TORQUATO, S. A.; SACHS, R. C. C.; FERREIRA, F. L.; AMBROSANO, B.; AMBROSANO, E. J. Potencial econômico do uso de crotalária-júncea e sulfato de amônio em cana-de-açúcar. **In IX Workshop Agroenergia**. 2015.

TRENTO FILHO, E. Consorciação intercalar em linha com crotalária e feijão guandu anão na soqueira de cana-de-açúcar. **Dissertação de Mestrado, Unoeste**. Presidente Prudente, 28p. 2009.

VITTI, G.C; QUEIROZ, F.E. DE C; OTTO, R.; QUINTINO, T.C. Nutrição e adubação da Cana-de-açúcar. Rio de Janeiro, 86p. 2005.