

UERR

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA**

DISSERTAÇÃO

**Cultivo do Sorgo Sacarino, em Sucessão à Crotalária
e Aplicação de Nitrogênio, no Sul de Roraima**

Hugo Gonçalves Gabriel Filho

2015



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA**

Cultivo do Sorgo Sacarino, em Sucessão à Crotalária e Aplicação de Nitrogênio, no Sul de Roraima

HUGO GONÇALVES GABRIEL FILHO

Sob a Orientação do Professor Dr.
Romildo Nicolau Alves

e Co-orientação do Professor
Dr. Rômulo Simões Cezar Menezes

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do Título de **Mestre em Agroecologia**, no Curso de Pós-Graduação em Agroecologia. Área de concentração em Agroecologia.

Boa Vista, RR
Agosto de 2015

Filho, Hugo Gonçalves Gabriel, 1985-.

Avaliação de sorgo sacarino cultivado após aplicação de crotalária e doses de N, no Sul do Estado de Roraima / Hugo Gonçalves Gabriel Filho – 2015.

f.: il.

Orientador: Romildo Nicolau Alves.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia.

Bibliografia.: .

1. Produtividade d Sorgo Sacarino– Sul do estado de Roraima (Caracarái - RR) - II. Universidade Estadual de Roraima. Programa de Pós-Graduação em Agroecologia. III. CULTIVO DO SORGO SACARINO, EM SUCESSÃO À CROTALÁRIA E APLICAÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO, NO SUL DE RORAIMA.

É permitida a cópia parcial ou total desta dissertação, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA**

HUGO GONÇALVES GABRIEL FILHO

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do Título de **Mestre em Agroecologia** no Curso de Pós-Graduação em Agroecologia, área de concentração em Agroecologia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM / /

Dr. Romildo Nicolau Alves.
Professor do IFRR/CNP
Orientador

Dr. Plínio Henrique Oliveira.
Gomide.
Professor da UERR

Dr^a Mahedy Araujo Bastos
Passos Castro
Professora

Dr. Bráulio Crisanto Carvalho da
Cruz
Professor do IFRR/CNP

DEDICATÓRIA

Dedico, a Deus, Criador do céu e da Terra, sustentador do universo e meu tudo, a minha Mãe Wilma Gonçalves Pacheco Gabriel, ao Orientador prof. Romildo Nicolau Alves, e a todos que de forma direta e indireta participaram e colaborarão com este projeto enfim executado.

"DO SENHOR É A TERRA E TUDO O QUE NELA EXISTE, O MUNDO E OS QUE NELE VIVEM; POIS FOI ELE QUEM FUNDOU-A SOBRE OS MARES E FIRMOU-A SOBRE AS ÁGUAS"

Salmos 24;1-2

BIOGRAFIA DO AUTOR

Hugo Gonçalves Gabriel Filho, nascido em 22 de maio de 1985, na cidade de Palmeiras de Goiás – GO, Graduado em Teologia pelo Instituto Bíblico de Anápolis-GO, Graduado em Agronomia pela Universidade Estadual de Goiás, Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Goiás, Pós-graduado em Proteção de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa, Professor da Universidade Estadual de Roraima – UERR.

RESUMO GERAL

No Sul do estado de Roraima há uma predominância de propriedades familiares. Esses agricultores trabalham com culturas anuais e frutíferas e possuem pequenas criações de bovino, ovino e suíno. Em média suas propriedades são de 60 ha. A região possui dois regimes hídricos bem definidos: um período chuvoso que, normalmente, inicia no mês de abril e se estende até outubro, e um período seco, com poucas chuvas, que vai de novembro até março. A precipitação média da região gira em torno de 1500 mm/ano. Os agricultores são carentes de tecnologias, no entanto, a região possui um elevado potencial agrícola. Diante deste quadro, a cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é pouca conhecida na região, apesar dos seus diversos usos. O sorgo pode ser utilizado para forragem, produção de grão e produção de etanol. O grão do sorgo pode ser utilizado na produção de alimentos tais como: pães, bolos e biscoitos. Vale destacar que, por não possuir glúten, o sorgo pode substituir o trigo, sendo uma ótima alternativa para os celíacos (pessoas que possuem intolerância ao glúten). Em relação ao etanol, o sorgo tem apresentado produção de álcool de até 3.500 litros/ha. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o comportamento do sorgo (SF-15), cultivado após o plantio da crotalária e aplicações parceladas de nitrogênio (N) mineral, no Sul do estado de Roraima. O trabalho foi desenvolvido em Caracarái, na vila de Novo Paraíso, no Instituto Federal de Roraima, Campus de Novo Paraíso. O experimento foi montado em bloco ao acaso em parcelas subdivididas, onde nas parcelas principais eram com e sem crotalária e nas subparcelas as doses de N (0, 45, 90, 135 e 180 kg/ha). Cada tratamento foi repetido quatro vezes. Vale destacar que o sorgo foi cultivado apenas uma vez no ano de 2015 e em apenas uma localidade do Sul do estado de Roraima. Os resultados mostraram que o sorgo pode ser considerado uma boa fonte de forragem para o pequeno produtor, no entanto, trabalhos em relação à sua qualidade precisam ser desenvolvidos. No cultivo onde não se utilizou a crotalária apresentou os melhores valores para as variáveis: espessura de colmo, altura de planta, matéria verde e seca, Brix%, produção de sólidos solúveis totais (PSST) e potencial de produção de etanol (PPE). O PPE ficou abaixo do que se encontra na literatura. Em relação ao teor de N na palhada do sorgo, não foi verificado diferença significativa ($P < 5\%$) entre as doses de 0 a 135 kg/ha de N. Esse resultado mostra a importância de se estudar a fixação de N pelo o sorgo. Diante dos resultados conclui-se que: nas pequenas propriedades o sorgo pode ser uma ótima alternativa para produção de forragem; com os resultados obtidos o sorgo não se mostrou uma boa opção para produção de etanol; e mais estudos precisam ser desenvolvidos em mais locais do Sul do estado de Roraima, utilizando técnicas específicas para comprovar a fixação de N pelo sorgo.

Palavra-chave: forragem, adubo verde, etanol, Roraima

GENERAL ABSTRACT

In the Southern state of Roraima there is a predominance of family farms. These farmers work with annual crops and fruit and have small bovine creations, sheep and swine. In their properties are average 60ha. The region has two well defined water regimes: a rainy season that normally begins in april and extends to october, and a dry period, with low rainfall, which runs from november to march. The average rainfall in the area is around 1500 mm/year. Farmers are lacking in technology, however, the region has a high agricultural potential. Given this situation, the sorghum crop (*Sorghum bicolor* L. Moench) is little known in the region, despite its many uses. Sorghum can be used for fodder, grain production and production of ethanol. The sorghum grain can be used in the production of foods such as breads, cakes and cookies. Note that, because it has no gluten, sorghum can replace wheat, and a alternative for people who have gluten intolerance. In relation to ethanol, sorghum have shown production of alcohol up to 3500 liters/ha. Therefore, this study aimed to evaluate the behavior of sorghum (SF-15), cultivated after planting crotalaria and nitrogen split applications (N) mineral in Southern state of Roraima. The study was conducted in Caracará in the Federal Institute of Roraima, New Paradise Campus. The experiment was a randomized block in a split plot where the main plots were with and without sun hemp (*Crotalaria*) and the subplots N rates (0, 45, 90, 135 and 180 kg/ha). Each treatment was replicated four times. It notes that sorghum was grown only once in 2015 and in just a Southern locality of the state of Roraima. The results showed that sorghum can be considered a good source of feed for the small farmers, however, work in relation to its quality must be developed. In cultivation where not used sun hemp showed the best values for the variables: thick thatch, plant height, fresh and dry matter, Brix%, production of total soluble solids (PTSS) and production potential ethanol (PPE). The PPE was well below that found in the literature. In relation to the N content in sorghum straw, unverified differ significantly ($P < 5\%$) doses between 0-135 kg/ha of N. This result shows the importance of studying the fixing of N by sorghum . According to these results it is concluded that: in small farms sorghum can be a great alternative for feed; with the results sorghum was not a good choice for ethanol production; and more studies need to be developed in more places than southern state of Roraima, using specific techniques to prove the N fixation by sorghum.

Key Words: forage, green manure, ethanol, Roraima

ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Potencialidade de fixação de nitrogênio por algumas leguminosas utilizadas como adubo verde.....	18
---	----

CAPÍTULO II

Tabela 1. Análise química e física da camada de 0-0,20 m.....	34
Tabela 2. Produção de MS pela crotalária.....	40
Tabela 3: Altura do sorgo.....	40
Tabela 4: Diâmetro do colmo do sorgo.....	41
Tabela 5: Variáveis quantificadas na colheita do sorgo.....	42
Tabela 6: Clorofila total em sorgo cultivado com diferentes doses de N.....	47
Tabela 7: N total na palhada do sorgo.....	43
Figura 1. Croqui da área experimental.....	36
Figura 2. Temperatura e umidade relativa do ar durante o período do experimental.....	37
Figura 3. Precipitação durante o período experimental.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIMBOLOS

BR – Rodovia Federal
C/C – Com Crotalária
CO₂ – Dióxido de Carbono
°C - Graus Celsius
D – Dia
DAC – Dias Após o Cultivo
Dr. – Doutor dm³ -
Decímetro cúbico
Ext. – Extração
FBN – Fixação Biológica de Nitrogênio
H5- 5 partículas de Hidrogênio
h – Horas
ha – Hectare
GO – Goiás g-Grama
IFRR – Instituto Federal de Roraima
maq – Maquina mg –
Miligrama mm -
Milímetros MF –
Matéria Fresca
MS - Matéria Seca
N – Nitrogênio
O5 – 5 Partículas de Oxigênio
OH – Hidroxila
PPE – Potencial de Produção de Etanol
PSST – Produção de Sólidos Solúveis Totais
pH – Potencial Hidrogênionico
RR – Roraima
R\$ - Reais
S/C – Sem Crotalária
T/ha – Toneladas por hectare
UERR – Universidade Estadual de Roraima
UFPE – Universidade Federal do Pernambuco
K – Potássio
Kg – Quilogramas
Km – Quilômetros
% - Porcentagem

Sumário

Introdução Geral.....	13
Capítulo I- Revisão de literatura.....	17
1.1 Adubação verde.....	17
1.1.1 Características morfológicas e ciclo de desenvolvimento da crotalária.....	18
1.1.2 Produção de matéria seca da crotalária	19
1.2 Sorgo sacarino.....	19
1.2.1 O sorgo para produção de biocombustível.....	21
1.2.2 Adubação na cultura do sorgo.....	22
1.2.3 Bactérias Associativa.....	23
1.2.4 Teor de clorofila na orientação para adubação.....	23
1.3 Etanol obtido a partir de sorgo sacarino.....	24
1.4. Referências.....	26
Capítulo II - Cultivo do sorgo sacarino, em sucessão à crotalária e aplicação de doses de nitrogênio, no Sul de Roraima.....	32
2.1 Introdução.....	33
2.2 Material e Métodos.....	34
2.3 Resultados e Discussão.....	39
2.4 Conclusões.....	44
2.5 Referências.....	45

INTRODUÇÃO GERAL

A discussão em volta do tema “energia renovável” tem se intensificado nos últimos anos devido, principalmente, a elevação no preço do petróleo e os debates sobre o aquecimento global e emissão de CO₂ para a atmosfera (Kohlhepp, 2010). Vale destacar que, grande parte da energia consumida em todo o mundo é oriunda do petróleo e carvão mineral (Araujo et al. 2013). O aquecimento global pode causar sérios danos entre os quais podem ser relacionados: derretimento das calotas polares, aumento do nível dos oceanos, aumento da incidência de doenças transmissíveis por mosquitos e outros vetores (malária, febre amarela e dengue), alteração no regime pluvial, intensificação de fenômenos climáticos extremos (secas, inundações, ciclones e tempestades tropicais), desertificação, perda de áreas agricultáveis, problemas relacionados ao abastecimento de água doce e aumento de fluxos migratórios, chuvas ácidas e ilhas de calor e problemas respiratórios na população dos grandes centros urbanos (Araujo et al. 2013).

O Brasil, no entanto, é o único país que possui 46,8% de sua matriz energética proveniente de fontes renováveis (Branco, 2013) tais como hidroelétricas, biomassa e o etanol da cana-de-açúcar, enquanto o mundo busca outras fontes de energia como eólica, solar, geotérmica, biodiesel e maré motriz, porém, todas essas ainda não são produzidas em grande escala e não possuem preços competitivos com o petróleo, carvão mineral e energia nuclear (Araujo, et al. 2013). O etanol, no entanto, tem sido visto como uma alternativa para diminuir problemas energéticos e ambientais em razão da escassez dos combustíveis fósseis e da poluição por eles causados (Araujo, 2013).

O etanol tem sido considerado por muitos como um combustível limpo, uma vez que tanto em sua produção como em seu uso nos carros a emissão de CO₂ para atmosfera é menor (Branco, 2013). Os Estados Unidos e o Brasil são grandes produtores de etanol provenientes de milho e cana-de-açúcar, respectivamente (Kohlhepp, 2010), ambos considerados etanol de primeira geração (Araujo, 2013). Esse etanol, principalmente, o do milho, tem sofrido sérias críticas devido derivar-se de um gênero alimentício (Araujo, 2013), o que pode causar uma menor oferta de alimento para as populações em prol da produção de combustível (Yuan et al. 2008). Vale destacar que, o Brasil e os Estados Unidos respondiam em 2007 por 79% de todo etanol produzido mundialmente. Países como Canadá, Índia e China apresentam baixas produções, no entanto, seus governos estão investindo em tecnologias (Branco, 2013).

De acordo com Araujo (2013) e Branco (2013), o etanol de segunda geração é o proveniente da celulose presente em diversas matérias-primas vegetais, por exemplo, a celulose do bagaço da cana, da casca de arroz, da palha da soja, etc. Ainda existe o etanol da terceira e quarta geração os

quais encontram-se em fase de pesquisa (Branco, 2013). O etanol é considerado um biocombustível, uma vez que ele é oriundo de vegetais. Entre os biocombustíveis encontra-se também o biodiesel, o qual tem sua origem em plantas oleaginosas tais como a soja, girassol, colza, mamona, palmeira-de-dendê entre outras (Branco, 2013; Araujo, 2013; Kohlhepp, 2010). No entanto, Branco (2013) destaca que a palavra biocombustível é um termo genérico que é utilizado para se referir a diversos materiais de origem biológica que podem ser utilizados para produção de energia.

Em relação ao Brasil duas outras vantagens podem ser relacionadas: o desenvolvimento do seu pátio industrial e o uso de áreas degradadas para a produção de biocombustível. Desenvolvimento da indústria significa geração de tecnologia e emprego. Já em relação ao uso de áreas degradadas, o Brasil possui enormes áreas de pastagens degradadas que poderiam estar sendo integradas a produção de biocombustíveis sem ser preciso desmatar áreas de florestas nativas e nem competir com gêneros alimentícios (Branco, 2013). A cana-de-açúcar é o carro chefe quando se fala em etanol produzido no Brasil (Branco, 2013; Araujo, 2013), no entanto, existem outras culturas que podem ser inseridas ao sistema de produção do etanol, por exemplo, o sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] (Ribeiro et al. 2013; Zegada-Lizarazu e Monti, 2012; Yuan et al. 2008). Essa cultura tem apresentado algumas características que têm despertado o interesse dos pesquisadores, tais como: elevada produção de colmos; colmos suculentos com açúcares diretamente fermentável; a possibilidade de uso da mesma estrutura da cana de açúcar, tanto em nível de colheita como de destilação; e resistente ao estresse hídrico, o que viabilizaria o seu cultivo até mesmo em ambiente semiárido (Ribeiro, 2013).

O sorgo sacarino também têm sido citado como uma cultura adaptada as condições de solo de baixa fertilidade (Ribeiro, 2013); no entanto, de acordo com Coelho (2011), isso é um mito, pelo contrário, o sorgo responde intensamente a adição de fertilizante. Entretanto, é interessante que se consiga uma boa produtividade de colmo com uso moderado de fertilizante, uma vez que o balanço energético positivo é extremamente importante, principalmente, para cultura destinada a produção de biocombustível (Branco, 2013). De acordo com Coelho (2011), o nitrogênio (N) e potássio (K) são os dois elementos mais absorvidos pela cultura do sorgo. O N pode ser adicionado tanto via fertilizantes químicos como através de resíduos orgânicos. Entre os resíduos orgânicos pode ser relacionado aos adubos verdes. Os adubos verdes possuem a característica de fixarem N da atmosfera além de melhorarem os atributos físicos do solo. Poucos estudos têm sido realizados relacionando a aplicação de adubos verdes e a produção de colmo de sorgo sacarino. Diante desta situação, o presente trabalho tem como justificativa que no Sul do Estado de Roraima predomina agricultores que trabalham com culturas anuais, criam gado de leite e corte. Também é possível encontrar pomares de frutíferas tais como laranja, maracujá, açaí, mamão entre outras. Os solos da região em

sua maioria são pobres em nutrientes (Pereira, 2014). De acordo com Izel (2014), Roraima possui cerca de 1.500.000 ha de áreas que sofreram ação antrópica, estando 60% dessas áreas no Sul do Estado, com características de topografia que favorecem a mecanização. De modo geral, são áreas planas ou com pequenas declividades. Essas características são favoráveis ao sistema de produção do sorgo, uma vez que a fertilidade do solo pode ser melhorada. A região também possui boa precipitação, por volta de 1500 mm, e ótima luminosidade, duas características importantes para produção de biomassa.

Em Rorainópolis, maior cidade da região Sul e a segunda do Estado, encontra-se em andamento o projeto para produção de biocombustível a partir do dendê. Vários agricultores aderiram ao projeto e encontram-se cultivando o dendê em suas propriedades. No entanto, em relação à produção de etanol não existe nenhum trabalho em andamento na região. De acordo com Ribeiro (2013), o etanol possui a característica de atender a agricultores através do uso de micro e mini-destilarias. Outras vantagens que podem ser relacionadas em relação à cultura do sorgo são: ciclo curto, por volta de 4 meses; o cultivo pode ser totalmente mecanizável e elevada produção de matéria seca (Ribeiro, 2013). Vale destacar que, com os avanços do biocombustível proveniente da celulose, o bagaço do sorgo proveniente da extração dos açúcares dos colmos, também pode ser utilizado para geração de energia (Branco, 2013). O que levaria a praticamente um aproveitamento de 100% da cultura. O sorgo ainda apresenta algumas outras vantagens em relação a outras culturas utilizadas para produção de biocombustíveis. Por exemplo, ao contrário do milho, o sorgo apresenta elevada eficiência no uso da água e nutrientes e não compete pela produção de alimento. Por outro lado, em relação à cana-de-açúcar o sorgo apresenta ciclo curto, propagação por semente, produção de amido no grão além de açúcar no colmo (Zegada-Lizarazu e Monti, 2012).

O estudo da nutrição da cultura do sorgo nas condições do Sul do Estado de Roraima é extremamente importante, uma vez que não existe nenhum estudo na região. Sabe-se, no entanto, que entre os fatores que influenciam a elevada produção de colmo está a aplicação de fertilizante (Sawargaonkar et al. 2013), principalmente, quando se eleva a densidade de cultivo (Coelho, 2011). O uso da adubação verde pode ser uma alternativa para elevar a disponibilidade de N e ao mesmo tempo reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados na cultura, melhorando o balanço energético e tornando o sistema de produção muito mais sustentável. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o sorgo cultivado em sucessão a crotalária e diferentes doses de N mineral.

CAPITULO I

CAPITULO I - REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Adubação verde

A adubação verde é uma prática estratégica, pois possibilita ao agricultor a obtenção de grandes quantidades de materiais orgânicos, num curto espaço de tempo e a baixo custo (Carvalho; Amabile, 2006), a manutenção e melhoria da fertilidade do solo, o aumento da produtividade de culturas de interesse agrícola, além de fornecimento e reciclagem de nutrientes; apresenta ainda outras vantagens como a proteção, descompactação, aumento da permeabilidade, capacidade de retenção de água, redução da acidez e aumento do teor da matéria orgânica do solo (Perin et al., 2004). No entanto, Padovan et al. (2007) chamam a atenção para o fato de que a adequação da espécie a ser utilizada constitui-se num fator de relevada importância, pois a escolha equivocada poderá frustrar a expectativa do agricultor, que além de empenhar recursos na implementação da prática, não terá os efeitos potenciais manifestados no sistema de produção.

Existem várias formas de utilização de leguminosas como fonte de N para o solo (Calegari, 2000). A mais comum é a sua utilização sob a forma de pré-cultivo, em que o adubo verde precede a cultura principal, que se beneficia posteriormente com a mineralização do N. Porém, nas condições tropicais úmidas, essa prática tem limitações quanto ao fornecimento de N em virtude das altas temperaturas e excessiva umidade, que proporcionam uma mineralização acelerada dos resíduos (Séguy et al., 1997). Se a cultura sucessora não tem sua demanda sincronizada com a mineralização do N do adubo verde, perdas significativas podem ocorrer e tornar a prática ineficiente como alternativa de adubação (Calegari, 2000).

A utilização do consórcio possibilita a pronta disponibilidade de N para a cultura principal no momento do corte da leguminosa. Neste caso, a cultura principal se beneficia do N₂ fixado pela leguminosa, seja pela excreção direta de compostos nitrogenados e pela decomposição dos nódulos e raízes, ou mais intensamente pelo corte da parte aérea da leguminosa que irá se decompor e liberar nutrientes durante o desenvolvimento da cultura principal. Normalmente, as leguminosas contêm altos teores de N em seus tecidos no período de floração, o que significa uma contribuição acima de 150 kg/ha/ano de N, com um percentual de 60% a 80% do N proveniente da fixação biológica de nitrogênio (FBN) (Giller, 2001).

Tabela 1. Potencialidade de fixação de N por algumas leguminosas utilizadas como adubo verde

Nome científico	Nome comum	Quantidade de N fixado kg.ha ⁻¹
<i>Cajanus cajan</i>	Guandu	37 a 280
<i>Canavalia ensiformis</i>	Feijão-de-porco	49 a 190
<i>Crotalaria breviflora</i>	Crotalária	98-160
<i>Crotalaria juncea</i>	Crotalária	150 a 450
<i>Crotalaria mucronata</i>	Crotalária	80-160
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	Crotalária	133-200
<i>Crotalaria spectabilis</i>	Crotalária	60-120
<i>Dolichos lab-lab</i>	Labelabe	66 a 180
<i>Lathyrus sativus</i>	Chícharo	80-100
<i>Lupinus albus</i>	Tremoço branco	128 a 268
<i>Mucuna aterrima</i>	Mucuna preta	120 a 210
<i>Mucuna cinereum</i>	Mucuna cinza	170-210
<i>Mucuna deeringiana</i>	Mucuna anã	50-100
<i>Vicia sativa</i>	Ervilhaca	90 a 180

Fonte: Derpsch & Calegari (1992); Wutke (1993)

O N é um dos nutrientes que mais limitam o crescimento das plantas nos trópicos. Portanto, o uso de adubos verdes, capazes de realizar a fixação biológica de N (FBN) eficientemente, pode representar contribuições consideráveis na viabilidade econômica e sustentabilidade dos sistemas de produção (Boddey et al., 1997), por reduzir a necessidade da aplicação de N mineral.

1.1.1 Características morfológicas e ciclo de desenvolvimento da crotalária.

Crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.) é uma leguminosa anual, de caule ereto semilenhoso, ramificado na parte superior. Planta de clima tropical e subtropical, arbustiva, cujo 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. Seu rápido crescimento inicial possibilita cortes precoces, em torno de 70 a 90 dias após o plantio. Tem apresentado bom comportamento nos solos argilosos e arenosos. Pode ser utilizada para silagem. Produz grande quantidade de sementes, o que compensa grandemente a perda ocasionada pelo ataque da lagarta-das-vagens (Barreto, 2001). É uma espécie originária da Índia, produzem fibras e celulose de alta qualidade, próprias para a indústria de papel e outros fins. Recomendada para adubação verde, em cultivo isolado, intercaladas a perenes, na reforma de canavial ou em rotação com culturas gramíneas, é uma das espécies leguminosas de mais rápido

crescimento inicial, atingindo, em estação normal de crescimento, 3,0 a 3,5 m de altura. É considerada má hospedeira de nematoides formadores de galhas e cistos (Silva, 2009).

A época mais adequada de plantio da crotalaria para obtenção de máximo rendimento varia de acordo com as condições do ambiente, sendo que a maioria dos cultivares floresce em dias curtos (Cook *et al.*, 1998). Segundo Valenzuela e Smith (2002), a crotalaria, por ser uma espécie que floresce em dias curtos, possui maior crescimento em cultivos conduzidos na primavera, verão e início do outono. Pereira (2004) observou que a época de plantio e os arranjos populacionais da crotalaria influenciam na produção de massa e de sementes, na acumulação de N e na fixação biológica.

1.1.2 Produção de matéria seca da Crotalaria.

Dentre as diversas leguminosas usadas como adubo verde, a Crotalaria é muito eficiente como produtora de massa vegetal e como fixadora de N (Salgado, 1982). Wutke (1993) diz que a *Crotalaria juncea* pode fixar 150 a 165 kg ha⁻¹/ano de N no solo, podendo chegar a 450 kg ha⁻¹/ano em certas ocasiões, produzindo 10 a 15 toneladas de matéria seca correspondendo a 41 e 217 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Aos 130 dias de idade pode apresentar raízes na profundidade de até 4,5m, sendo que 79% de seu peso se encontram nos primeiros 30 cm. Esse mesmo autor ressalta que nem sempre o rendimento de fitomassa está associado ao aumento de produções das culturas subsequente. O estudo dos adubos verdes têm demonstrado um grande potencial na recuperação da produtividade do solo. Um dos principais desafios está em se estabelecer um esquema de uso compatível das diferentes espécies com os sistemas de produção específicos de cada região, se possível nos limites de cada propriedade, levando-se em consideração os aspectos ligados ao clima, solo, infraestrutura da propriedade e condições socioeconômicas do agricultor (Calegari, 1992). A utilização dessas plantas pode visar, além da conservação e/ou melhoria da fertilidade do solo, a própria produção de sementes como fonte de renda (Bulisani, 1992).

2. Sorgo sacarino

O sorgo pertence à família Poaceae, gênero Sorghum, e a espécie cultivada comercialmente é o *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Estudos apontam que sua origem se deu em regiões de clima tropical, em especial na África (Pontes, 2013). No entanto, largamente adaptado a diferentes condições ambientais (Zegada-Lizarazu e Monti, 2012). O sorgo é de ciclo rápido, por volta de 60 a

130 dias. A temperatura ideal para o desenvolvimento do sorgo está entorno de 33^o e 34^o C. É uma cultura que não tolera temperatura abaixo de 20^o C (Pontes, 2013). Apesar das exigências climáticas apresentadas, Zegada-Lizarazu e Monti (2012) destacam que o sorgo pode crescer em zona tropical, subtropical e temperada. No geral, o sorgo requer uma temperatura diária acumulada de 2600 a 4600^oC até a sua maturidade. A temperatura mínima para germinação da semente do sorgo é de 10^o C (Zegada-Lizarazu e Monti, 2012). A demanda de água durante seu ciclo está por volta de 450 a 500 mm. Para realizar o plantio deve-se realizar uma aração e duas gradagens e no final passar um pranchão ou trilho para que haja uma uniformização do terreno (Pacheco, 1988).

Antes do cultivo é necessário a aplicação de calcário para correção da acidez e diminuição do alumínio trocável, caso seja necessário. Com base na análise química do solo recomenda-se aplicar os nutrientes que se encontram em níveis inferiores à necessidade da planta (Vasconcello et al. 1988). O sorgo é uma planta que cresce bem em uma variedade de solos desde do argiloso até o arenoso, sendo a textura média a preferida. Se desenvolve em uma faixa de pH que varia de 5,0 a 8,5. Devido essa habilidade de adaptação a diferentes solos, leva a crer que o sorgo pode ser cultivado em condições favoráveis bem como em área marginais não adequada para outras culturas (ZegadaLizarazu e Monti, 2012). O sorgo se diferencia em granífero, forrageiro e sacarino. As cultivares híbridas de sorgo granífero apresentam alta produção de grão, altura variando de 1,00 a 1,60 m, panículas bem desenvolvidas e grãos de tamanho grande. Já as cultivares destinadas a produção de forragem possuem alta produção de biomassa com satisfatório valor nutricional, enquanto que as destinadas à produção de açúcares apresentam plantas altas, colmos suculentos e doces (Casela et al. 1988).

O sorgo deve ser plantado no início do período chuvoso para que possa aproveitar o máximo à disponibilidade de água. A semeadura deve ser realizada colocando a semente em uma profundidade de 5 cm no máximo, colocando uma cobertura fina de terra sobre a semente. Já outros autores apresentam os valores entre 2,5 a 3,5 cm como a profundidade adequada de semeadura (Zegada-Lizarazu e Monti, 2012). O espaçamento utilizado geralmente tem sido de 0,5 ou 0,7 cm, sendo o de 0,7 cm o mais utilizado devido facilitar os tratos culturais. A população de plantas/ha pode varia de acordo com o objetivo do cultivo, ou seja, 200.000 plantas/ha para granífero, 150.000 plantas/ha para o forrageiro e 100.000 plantas/ha para o sacarino. No geral, são preciso de 8 a 9 kg de semente de sorgo para 1 ha (Silva et a. 1988). De acordo com Zegada-Lizarazu e Monti (2012) o espaçamento entre as linhas tem significante efeito sobre a produtividade. O controle das ervas daninhas pode ser feito de forma mecânica ou química. A remoção mecânica pode ser através da enxada, cultivador, enxada rotativa ou com um vibronivelador. O químico é através de herbicidas que foram desenvolvidos para a cultura do sorgo, sendo que as recomendações de herbicidas se

diferenciam de acordo com a finalidade do cultivo, por exemplo, o sorgo sacarino tem menor tolerância à aplicação de herbicidas (Silva et al. 1988).

1.2.1 O sorgo para produção de biocombustível

O sorgo é uma planta que possui elevada eficiência no uso da luminosidade e na fixação do carbono (C) atmosférico, sendo assim classificada como uma planta C₄. Entre os sorgos cultivados, o *Sorghum bicolor* representa tipos que têm sido selecionados não somente por sua produção de grão, mas também pela produção de forragem e açúcar. Esse último é caracterizado por genótipos que produzem colmos suculentos ricos em açúcares, predominantemente, sacarose e com valores variáveis de glicose e frutose. No geral, o conteúdo de carboidratos não estrutural é maior nos sorgos sacarinos do que nos sorgos forrageiros. Os forrageiros são compostos por carboidratos estrutural. Entretanto, todos os tipos de sorgo produzem lignocelulose que podem servir de matéria prima para a segunda geração do etanol (Zegada-Lizarazu e Monti, 2012). No caso do sorgo sacarino, os elevados conteúdos de açúcares solúveis no colmo e de carbono estrutural (obtido da celulose e hemicelulose, componentes do bagaço) podem ser usados para produção de etanol tanto da primeira quanto da segunda geração. Atualmente, genótipos de sorgo para alta produção de celulose vêm sendo desenvolvidos (Zegada-Lizarazu e Monti, 2012). De acordo com esse mesmo autor, os sorgos sacarino e forrageiro não são completamente distintos entre eles, ou seja, possuem muitas características em comum. Por exemplo, em híbridos classificados para forragem é comum encontrar elevado teor de açúcar e vice-versa. É possível encontrar os diferentes usos do sorgo na tabela 1.

Vale destacar que, o biocombustível proveniente dos açúcares solúveis presentes no sorgo é mais econômico do que do amido contido no milho, uma vez que esse último necessita de um prétratamento para conversão do amido em substâncias fermentáveis. Já em relação a outras culturas, por exemplo, a cana-de-açúcar e beterraba, o sorgo mostra elevada adaptação a diferentes ambientes e condições de solo. Estimativas de produção de etanol a partir do sorgo têm sido apresentadas entre 2130 e 5700 L/ha em diferentes condições ambientais nos Estados Unidos, tendo as maiores produções a região Sul do país (Zegada-Lizarazu e Monti, 2012). De acordo com Sawargaonkar et al. (2013), o sulco proveniente do sorgo contém por volta de 16 a 18% de açúcar fermentável, o qual pode ser fermentado em etanol por leveduras com eficiência de 93%. O etanol produzido pelo sorgo tem qualidade de queima superior, com alto valor de octano e menos emissão de enxofre (Sawargaonkar et al. 2013).

1.2.2 Adubação na cultura do sorgo

Como para as outras culturas, as doses ótimas de fertilizantes para a cultura do sorgo depende dos níveis de fertilidade da área onde será cultivado (Zegada-Lizarazu e Monti, 2012). Em geral, o sorgo é menos exigente do que outras culturas (Sawargaonkar et al. 2013; Zegada-Lizarazu e Monti, 2012), por exemplo, ele requer 40% a menos de N do que o milho, fato que afeta grandemente o balanço energético da cultura. A menor resposta do sorgo ao N em relação ao milho é devido a menor absorção, comparativamente, o sorgo absorve mais no final do cultivo e de forma gradual durante o cultivo. Logo, parece que o tempo de fertilização é mais importante do que a dose. Estudos têm apresentado maiores altura de planta, diâmetro de colmo e produção de matéria seca em plantas fertilizadas com N no estágio vegetativo do que no de reprodução. Os resultados de pesquisas chegam a ser contraditórios, uma vez que doses de N de 0, 84 e 168 kg/ha, sob irrigação e não irrigações não apresentaram efeito na produção de açúcares fermentáveis, enquanto que em outros trabalhos as doses de N reduziram à qualidade do sulco, conseqüentemente, a produção do etanol (Zegada-Lizarazu e Monti, 2012). Autores como Sawargaonkar *et al.* (2013) encontraram que a aplicação de N teve efeito significativo sobre o conteúdo de açúcar, produção de colmo verde, produção de sulco e na produção potencial de etanol, aumentando em 27%, 35%, 38% e 56%, respectivamente, em relação ao controle, na dose de 90 kg de N por ha. Ainda segundo esses autores, a dose de 90 kg/ha de N e o espaçamento entre linha de 60 cm causaram o melhor retorno econômico para híbrido estudado.

Elevadas doses de N pode aumentar o crescimento vegetativo e assim reduzir a concentração de açúcar, como geralmente ocorre para culturas produtoras de açúcares. Resultados mostram que a fertilização moderada parece ser muito mais adequada para a alta produção de etanol na cultura do sorgo. Uma possibilidade interessante e que pode reduzir a aplicação de N mineral na cultura do sorgo é a rotação do sorgo com leguminosas. Trabalhos têm mostrados que na rotação leguminosa/sorgo, a legumina pode contribuir com até 140 kg/ha de N para o sorgo. Autores têm apresentado que o N fixado pela soja tem aumentado por volta de 35 a 41% a produção do sorgo. No entanto, esse acréscimo na produção precisa ser melhor pesquisado, uma vez que pesquisas têm apresentado elevada infecção por fungos micorrizas no sistema radicular do sorgo quando cultivado em rotação com leguminosa, o que pode também está contribuindo significativamente para o acréscimo na produção (Zegada-Lizarazu e Monti, 2012). Em solos ácidos e com baixos níveis de fósforo (P), a aplicação inicial pode dar bons resultados em termos de vigor inicial e produção de

etanol. Em relação ao potássio (K), a sua disponibilidade pode ser importante para o acúmulo de açúcar, uma vez que é bem conhecida essa função do K em outras culturas produtoras de açúcar tais como na cana-de-açúcar e beterraba. No entanto, a adequada disponibilidade do K pode ser importante no manejo da cultura por adicionar vigor ao colmo e reduzir tombamento (ZegadaLizarazu e Monti, 2012).

1.2.3 Bactérias Associativas

O sorgo possui metabolismo C4, apresentando grande eficiência no aproveitamento da luz solar, e ainda responde positivamente ao uso de fertilizantes nitrogenados, apesar de que não há recomendação específica para cultura, uma vez que se utiliza a mesma recomendação para o milho. Assim como para o milho, o N para o sorgo sacarino é o nutriente que mais limita sua produtividade sendo, portanto o elemento mais requerido (Civardi et al., 2011). Assim sendo, o uso de fertilizantes nitrogenados é uma prática costumeira e responsável por elevar os custos da produção agrícola das culturas, e que em certos casos, pode gerar danos ao ambiente, tendo em vista que parte do total aplicado é perdido (Chavarria e Mello, 2011). Reis Junior et al. (2010), afirmaram que a baixa eficiência dos fertilizantes nitrogenados ocorre devido à ação da lixiviação, volatilização de amônia, desnitrificação, erosão e imobilização microbiana, fatores os quais, apresentam difícil controle. Este afirma ainda que a baixa eficiência dos fertilizantes nitrogenados ocorre devido à ação da lixiviação, volatilização de amônia, desnitrificação, erosão e imobilização microbiana, fatores os quais, apresentam difícil controle.

1.2.4 Teor de clorofila na orientação de adubação nitrogenada

A agricultura de precisão, dentre outras finalidades, está sendo proposta como uma nova filosofia de manejo dos cultivos que poderá contribuir para a diminuição da sub ou super-utilização de fertilizantes nitrogenados. Trata-se de uma tecnologia de informação que possibilita o gerenciamento da atividade agrícola levando-se em consideração a variabilidade espacial e temporal do solo e da cultura, permitindo desta forma a otimização de recursos do ambiente e o uso racional de insumos agrícolas (Fraisse, 1998). Este novo conceito de agricultura pode ser importante na modificação do quadro atual por possibilitar a aplicação localizada de insumos agrícolas no local correto e nas quantidades requeridas. A agricultura de precisão faz uso intenso de tecnologias que

foram desenvolvidas fora do contexto tradicional da pesquisa agropecuária, tais como Sistema de Posicionamento por Satélite (GPS/GLONASS), Sistema Geográfico de Informações (GIS/SIG) e Sensoriamento Remoto (Fraisse, 1998). Uma abordagem similar, mas que não utiliza estes equipamentos mais sofisticados pode ser feita através da realização de amostragens pontuais de algum parâmetro de solo e/ou de planta. É neste contexto que o monitoramento do nível de N em plantas de cereais, através da determinação do teor de clorofila na folha no estágio de desenvolvimento vegetativo, se enquadra na agricultura de precisão. O desenvolvimento do medidor portátil de clorofila para realização de leituras instantâneas do seu teor na folha, sem haver necessidade de sua destruição, surge como nova ferramenta para avaliação do nível de N nas plantas em cereais (Varvel et al., 1997; Blackmer e Schepers, 1995).

O teor de clorofila da folha também se correlaciona positivamente com o teor de N na planta (Schadchina e Dmitrieva, 1995) e com o rendimento das culturas (Smeal e Zhang, 1994; Piekielek e Fox, 1992). Esta relação é atribuída, principalmente, ao fato de que 50 a 70% do N total das folhas ser integrante de enzimas (Chapman e Barreto, 1997) que estão associadas aos cloroplastos (Stocking e Ongun, 1962). As leituras efetuadas pelo medidor portátil de clorofila correspondem ao teor relativo de clorofila presente na folha da planta. Os valores são calculados pelo equipamento com base na quantidade de luz transmitida pela folha, em dois comprimentos de ondas, com diferentes absorbâncias da clorofila (Minolta, 1989). A metodologia utilizada para prever a necessidade de adubação suplementar de N em cereais, através do teor de clorofila avaliado em um medidor portátil, baseia-se na criação de variabilidade no início de desenvolvimento das culturas. Geralmente, a variabilidade é gerada pelo emprego de diferentes níveis de N na semeadura. No estágio em que se deseja determinar os níveis críticos de leitura do clorofilômetro, que são os níveis acima dos quais não é esperada resposta à aplicação de fertilizantes nitrogenados, fazem-se as leituras com o equipamento e aplicam-se de dois a três níveis de N. Com o rendimento de grãos e as leituras SPAD obtidas no estágio desejado determina-se o valor que corresponde ao nível crítico de leitura do clorofilômetro.

1.3 Etanol obtido a partir de sorgo sacarino

Etanol e álcool etílico são sinônimos. Ambos se referem a um tipo de álcool constituído por dois átomos de carbono, cinco átomos de hidrogênio e um grupo hidroxila. Ao contrário da gasolina, o etanol é uma substância pura, composta por um único tipo de molécula: C_2H_5OH . Na produção do etanol, no entanto, é necessário diferenciar o etanol anidro (ou álcool etílico anidro) do etanol hidratado (ou álcool etílico hidratado). A diferença aparece apenas no teor de água contida no etanol:

enquanto o etanol anidro tem o teor de água em torno de 0,5%, em volume, o etanol hidratado, vendido nos postos de combustíveis, possui cerca de 5% de água, em volume embora a especificação brasileira defina essas características em massa, o comentário feito expressa os dados em volume, para harmonização da informação com a prática internacional. Cerca de 80% da produção brasileira de etanol tem como destino o uso carburante, 5% é destinado ao uso alimentar, perfumaria e álcoolquímica e 15% para exportação. O etanol anidro é usado na produção da denominada gasolina C, que é a única gasolina que pode ser comercializada no território nacional para abastecimento de veículos automotores. As distribuidoras de combustíveis adquirem o etanol anidro das destilarias e a gasolina A (“pura”) das refinarias, fazendo uma mistura desses dois na proporção que pode variar entre 20 e 25% de anidro. Isso significa que as distribuidoras de combustíveis são, de fato, formuladoras de gasolina C: adquirem no mercado dois produtos (gasolina A e álcool anidro, que não podem ser vendidos separadamente ao consumidor final) e produzem um novo, a gasolina C, própria para consumo pelos veículos (Carvalho, 2007)

O etanol é um combustível produzido a partir de fontes renováveis e, na utilização como oxigenante da gasolina, reduz as emissões de gases de Efeito Estufa. Essas duas características lhe dão uma importância estratégica no combate à intensificação do Efeito Estufa e seus efeitos nas mudanças climáticas globais, e colocam o produto em linha com os princípios do desenvolvimento sustentável. Em comparação com o petróleo e seus derivados, apresenta baixa toxidez e elevada biodegradabilidade, fatores de maior importância no caso de derramamentos acidentais e vazamentos de combustível em costas litorâneas, solos, águas superficiais e subterrâneas. Isso quer dizer que, em caso de acidentes, os impactos ambientais do etanol serão substancialmente menores e a recomposição do meio ambiente ocorrerá mais rapidamente em comparação com os combustíveis fósseis (Carvalho, 2007).

Dentre as diversas matérias-primas renováveis disponíveis para produção de etanol, especial destaque vem sendo dado ao sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), que é um tipo de sorgo de porte alto, caracterizado, principalmente, por apresentar colmo doce e succulento como o da cana-de-açúcar. O sorgo sacarino já é fonte de produção de etanol em países como Índia, China, Austrália e África do Sul. Considerado a “cana-de-açúcar” do meio oeste americano, o sorgo sacarino é hoje umas das apostas americanas para substituir o milho na produção de etanol. No Brasil, o programa de melhoramento de sorgo sacarino da Embrapa Clima Temperados foi reativado recentemente com foco para o desenvolvimento de cultivares híbridas com maior teor de açúcares e cultivares insensíveis à temperatura e ao fotoperíodo, permitindo elevadas produções de biomassa e o plantio em qualquer época do ano (neste caso já com foco para o etanol de 2ª geração) (Emygdio, 2009)

O sorgo sacarino, originário do Sudão, é uma cultura rústica com aptidão para cultivo em áreas tropicais, subtropicais e temperadas. Apresenta ampla adaptabilidade, tolerância a estresses abióticos e pode ser cultivado em diferentes tipos de solos. As facilidades de mecanização da cultura, o alto teor de açúcares diretamente fermentáveis contidos no colmo, a elevada produção de biomassa e a antecipação da colheita com relação à cana-de-açúcar colocam o sorgo sacarino como uma excelente matéria prima para produção de etanol. Outra vantagem do sorgo sacarino em relação à cana-de-açúcar é o fato de apresentar ciclo curto, permitindo que a cultura seja estabelecida e colhida durante a entre safra da cana-de-açúcar, beneficiando a indústria alcooleira, que não ficaria sem matéria prima para a produção de etanol nesse período. O sorgo sacarino ainda apresenta a vantagem de ser propagado via sementes e de ser mais eficiente no uso de insumos e de água que a cana-de-açúcar. Há ainda a possibilidade de aproveitamento dos co-produtos da produção do etanol, grãos e bagaço, respectivamente, para produção de ração animal e uso direto na alimentação animal. Estudos em andamento na Embrapa Clima Temperado avaliam a viabilidade técnica e econômica desses aspectos (Emygdio, 2009)

4 Referências

ARAÚJO, M. S. M. Relatório de análise do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: MDL: estudos de caso. Rio de Janeiro: COPPE, UFRJ, 2013. 135 p.

BRANCO, S.M. Energia e Meio Ambiente. Ed. Moderna, 2013.

BULISANI, E.A. Adubação verde nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. In: COSTA, M.B.B. (Coord.) Adubação verde no sul do Brasil. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. p.57-195.

CALEGARI, A. Coberturas verdes em sistemas intensivos de produção. In: workshop nitrogênio na sustentabilidade de sistemas intensivos de produção AGROPECUÁRIA, 2000, Dourados. Anais. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Embrapa Agrobiologia, 2000. p.141-153.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando à melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 36, n. 10, p. 1287-1293, out. 2001.

CALEGARI, A; MOUDARDO, A.; BULIZANI, E.A.; DA COSTA, M.B.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M.B.B.(Coord.). Adubação verde no sul do Brasil. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. p.1-55.

CARVALHO, Eduardo Pereira. Produção e uso do etanol combustível no Brasil, São Paulo – SP, 2007,http://www.ambiente.sp.gov.br/wpcontent/uploads/publicacoes/etanol/producao_etanol_unica.pdf, Acessado em 03 de fevereiro de 2015.

CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. Cerrado: adubação verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 369 p.

CASELA, C. R.; BORGONOV, R. A.; SCHAFFERT, R. E. et al. cultivares de sorgo. Informe Agropecuária, Belo horizonte, v.12, n.144, p.40-43,1988.

CHAPMAN, S.C., BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. Agronomy Journal, Madison, v.89, n.4, p.557-562, 1997.

CHAVARRIA, G.; MELLO, N. Bactérias do gênero Azospirillum e sua relação com gramíneas. Revista Plantio Direto 125, setembro/outubro de 2011. Disponível em:

http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=1075. Acessado em: Abril de 2014

CIVARDI, E. A.; SILVEIRA NETO, A. N.; RAGAGNIN, V. A.; GODOY, E. G.; BROD, E. Uréia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 52-59, 2011.

COELHO, A. M. & REZENDE, A. V. Exigências nutricionais e adubação do milho safrinha. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular técnica, 111).

COOK CG, SCOTT JR. AW & Chow P (1998) Planting date and cultivar effects on growth and stalk yield of sunn hemp. Industrial Crops and Products, 8:89-95.

DATE, R.A. Inoculated legumes in cropping systems of the tropics. Field Crops Research, Amsterdam, v.65, p.123-136, 2000.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. Plantas para adubação verde de inverno. Londrina: IAPAR, 1992. 80p. (Circular, 73).

DURÃES, Frederico O. M., Sorgo sacarino: desenvolvimento de tecnologia agrônômica, , Agroenergia em revista, ano II, pag 8, 2011.acessado dia 03 de fevereiro de 2015.

EMYGDIO, Beatriz Marti, Produção de etanol a partir de sorgo sacarino http://www.grupocultivar.com.br/arquivos/Artigo_sorgo_Beatriz.pdf, 2009.acessado em 03 de fevereiro de 2015.

FRAISSE, C.W. Agricultura de precisão - oportunidades e desafios. Curitiba : UFPR, 28 de maio, 1998. Palestra proferida na Mostra Sobre Agricultura de Precisão (CD ROM 9p.)

FURLANI JUNIOR, E.; NAKAGAWA, J.; BULHÕES, L.J.; MOREIRA, J.A.A.; GRASSI FILHO, H. Correlação entre leituras de clorofila e níveis de nitrogênio aplicados. Bragantia, v.55, p.171-175, 1996.

GILLER, K.E. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. 2nd ed. Wallingford: CAB International, 2001. 448p.

KOHLHEPP, Gerd. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. Estudos Avançados., São Paulo, v. 24, n. 68, 2010 Disponível em: www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000100017&lng=en&nrm=iso . Acesso em 24 jul.2015.

MINOLTA CAMERA Co., Ltda. Manual for chlorophyll meter SPAD 502. Osaka : Minolta, Radiometric Instruments divisions. 1989. 22p.

OLIVEIRA, I.P.; ARAÚJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (Coord.). Cultura comum no Brasil. Piracicaba: Potafos, 1996. p.169-221

PACHECO, C. R. Experience with pearl millet at the Granja Rezende Farm. In: INTERNATIONAL PEARL MILLET WORKSHOP, 1999, Planaltina, DF. Proceedings. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1988. p. 141-145

PARRELLA, Rafael Augusto da Costa, Melhoramento genético do sorgo sacarino, Agroenergia em revista, ano II, pag 7, 2011. Acessado dia 03 de fevereiro de 2015.

PADOVAN, M. P. et al. Plantio direto de repolho sobre a palhada de adubos verdes num sistema sob manejo orgânico. Revista Brasileira de Agroecologia, Cruz Alta, v. 2, n. 2, p. 333-336, 2007. Edição de resumos do V Congresso Brasileiro de Agroecologia, Guarapari, ES, 2007. Disponível em: <<http://www.abaagroecologia.org.br/ojs2/index.php/rbagroecologia/article/view/7220/5293> .Acesso em: 12 jul. 2011.

PEREIRA AJ (2004) Produção de biomassa e de sementes de *Crotalaria juncea* a partir de diferentes arranjos populacionais e épocas do ano. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 68p.

PERIN, A. et al. Efeito residual da adubação verde no rendimento de brócolo (*Brassica oleraceae* L. var. Italica) cultivado em sucessão ao milho (*Zea mays* L.). Revista Ciência Rural, Santa Maria, RS, v. 34, n. 6, p. 1739-1745, 2004.

RAMBO, L.; SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Parâmetros de planta para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura em milho. Ciência Rural, Santa Maria, v.34, p.1637-1645, 2004.

RIBEIRO, M. N. Comercialização de energia eólica no Brasil: desenvolvimento de sistemas de apoio em leilões para agentes geradores, 2013. 145p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SAWARGAONKAR, G. L.; PATIL, M. D.; PAVANI, E.; REDDY, B. V. S. R.; MARIMUTHU, S. Nitrogen response and water use efficiency of sweet sorghum cultivars. Field Crops Research. 149: 245-251. 2013.

SALGADO, A.L.B.; AZZINI, A.; FEITOSA, C.T; PETINELLI, A.; VEIGA, A.A. Efeito da adubação NPK na cultura da Crotalária. *Bragantia*, v.41, p.21-33, 1982.

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; TRENTINI, A.; CORTES, N. de A. Gestão da fertilidade de culturas mecanizadas nos trópicos úmidos: o caso das frentes pioneiras nos cerrados e florestas úmidas no centro norte do Mato Grosso. In: PEIXOTO, R.T. dos G.; AHRENS, D.C.; SAMAHA, M.J. (Ed.).

Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável. Ponta Grossa: Iapar, 1997. p.124-157.

SILVA, Belquior Benoni da.; MENDES, Flávio Bertin Gandara.; KAGEYAMA, Paulo Yoshio.; Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Pró-Reitoria de Cultura e Extensão Universitária: Programa Aprender com Cultura e Extensão Projeto:

“Desenvolvimento econômico, social e ambiental da agricultura familiar pelo conhecimento agroecológico, 2009. 02p.

SILVA, Sebastião. Plantas Forrageiras de A a Z, editora Aprenda Fácil, Viçosa – MG, 2009, 225p.:

SIMILI, F.F.; REIS, R.A.; FURLAN, B.N.; PAZ, C.C.P.; LIMA, M.L.P.; BELLINGIERI, P.A. Resposta do híbrido de sorgosudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade in vitro da matéria orgânica. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.32, n.2, p.474-480, 2008.

SMEAL, D., ZHANG, H. Chlorophyll meter evaluation for nitrogen management in corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.25, n.9/10, p.1495-1503, 1994.

STOKING, C.R., ONGUN, A. The intracellular distribution of some metallic elements in leaves. *American Journal of Botany*, Columbus, v.49, n.3, p.284-289, 1962.

VALENZUELA H & Smith J (2002) 'Tropic sun' sunnhemp. Hawaii: Cooperative Extension Service, College of Tropical Agriculture and Human Resources. 3p. (Sustainable Agriculture Green Manure Crops, August 2002, SA-GM-11).

VARVEL, G.E., SCHEPERS, J.S., FRANCIS, D.D. Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.61, n.4, p.1233-1239, 1997.

VASCONCELLOS, C.A.; SANTOS, H.L. dos; FRANÇA, G.E. Calagem e adubação na cultura do sorgo In: EMBRAPA/CNPMS (Ed). *Recomendações técnicas para o cultivo do sorgo*. 3.ed. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, p.19-26, 1988.

YUAN, J.S.; TILLER, K.H.; AL-AHMAD, H.; STEWART, N.R.; STEWART Jr., C.N. Plants to power: bioenergy to fuel the future. *Trends in Plant Science* 13:421-429, 2008.

WUTKE, E.B. Adubação Verde, manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A.; MASCARENHAS, H.A.A. *Curso de adubação verde no Instituto Agrônômico*. Campinas: Instituto Agrônômico, 1993. p.17-29. (Documentos, 15).

ZEGADA-LIZARAZU, W.; MONTI, A. Are we ready to cultivate sweet sorghum as a bioenergy feedstock? A review on field management practices. *Biomass and Bioenergy*, Oxford, v. 40, p. 1-12, 2012.

CAPITULO II

CULTIVO DO SORGO SACARINO, EM SUCESSÃO À CROTALÁRIA E APLICAÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO, NO SUL DE RORAIMA

Hugo G. G. Filho¹; Romildo N. Alves²; Hipólito R. Pereira³; Natália M. Lacerda⁴; Tarcísio G. Rodrigues²; Carlos H.L. Matos²; Dário C. Primo⁵; José N. Tabosa⁶; Gabriel C. Gomes⁷

Resumo: O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é pouco conhecido entre os agricultores do Sul do estado de Roraima, apesar do seu potencial tanto para produção de forragem como para produção de biocombustível. O Sul do estado possui um grande potencial agrícola mesmo estando inserido em um ambiente amazônico. Diante disto, o presente trabalho teve como objetivo cultivar o sorgo sacarino (SF-15), após aplicação de um adubo verde e doses de nitrogênio (N). O trabalho foi desenvolvido no período de 2014/2015, na Vila de Novo Paraíso, Caracaraí, Roraima. O delineamento experimental foi em bloco ao acaso com parcelas subdivididas, com dez tratamentos e quatro repetições, sendo os tratamentos principais com (C/C) e sem crotalária (S/C) e os secundários as seguintes doses de N: 0, 45, 90, 135 e 180 kg/ha. Os resultados demonstraram que o cultivo S/C foi superior em relação ao cultivo C/C, para as variáveis altura de planta, diâmetro de colmo, matéria verde e seca, Brix%, produção de sólidos solúveis totais (PSST) e potencial de produção de etanol (PPE). O sorgo se apresentou como uma boa opção para forragem, no entanto, quanto ao PPE apresentou um valor bem inferior do que normalmente se encontra na literatura. Quanto às adubações nitrogenadas, as doses entre 0 e 135 kg/ha de N não se diferenciaram estatisticamente para a variável teor de N na palhada, o que levanta a hipótese de fixação Associativos.

Palavras-chave: forragem, adubo verde, etanol, Roraima

SWEET SORGHUM CULTIVATION IN SUCCESSION TO SUN HEMP AND NITROGEN LEVELS IN SULTHERN RORAIMA

Abstract: Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) is little known among farmers in the South of the state of Roraima, despite its potential both for forage production and for biofuel production. The state of the South has a large agricultural potential even when inserted in an Amazonian environment. Given this, the present study aimed to cultivate sweet sorghum (SF-15) after application of a green manure and nitrogen (N). The study was conducted in the 2014/2015 period, in New Paradise Village, Caracaraí, Roraima. The experimental design was a random block with split plot, with ten treatments and four repetitions, being the main treatments with and without sun hemp and the side the following doses of N: 0, 45, 90, 135 and 180 kg/ha. The results showed that the cultivation without sun hemp was higher than the cultivation with sun hemp for the variables plant height, stem diameter, fresh and dry matter, Brix%, production of total soluble solids (PTSS) and production potential ethanol (PPE). Sorghum is presented as a good option for fodder, however, as the PPE submitted a much lower value than is normally found in the literature. As for nitrogen fertilizers, doses between 0 and 135 kg/ha of N did not differ statistically for the variable N content in the straw, which raises the possibility of fixing N by sorghum

Key Words: forage, green manure, ethanol, Roraima

Introdução

As alterações climáticas causadas, principalmente, pelo queima de combustíveis fósseis, têm sido motivo de pesquisas por parte da comunidade científica nos últimos anos. Essa queima tem causado o acréscimo de gases na atmosfera, os quais foram denominados de gases do efeito estufa (Sawargaonkar et al. 2013). Esses gases têm sido responsáveis pelo a elevação da temperatura do planeta. Diante disto, pesquisas têm sido desenvolvidas com objetivos de buscar a redução do uso dos combustíveis fósseis. Frente a esse cenário, o foco tem sido basicamente, a produção de biocombustíveis (biodiesel e etanol).

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) pode ser uma opção para os agricultores, uma vez que é uma planta C₄, apresenta uma boa produção de biomassa e possui multiuso (Magalhães et al. 2014). Um desses usos é a produção de etanol, no caso do sorgo sacarino. Outras vantagens do sorgo é que pode ser cultivado em um ambiente tropical e não faz parte da dieta alimentar (Sawargaonkar et al. 2013). Segundo Zegada-Lizarazu e Monti (2012), o sorgo tem apresentado uma produção de etanol entre 2130 e 5700 l ha⁻¹. O suco proveniente do sorgo contém por volta de 16 a 18% de açúcar fermentável, o qual pode ser transformado em etanol por leveduras com eficiência de 93%. O etanol produzido pelo sorgo tem qualidade de queima superior, com alto valor de octano e menos emissão

de enxofre (Sawargaonkar et al. 2013). Vale apenas destacar que, o sorgo sacarino também pode ser utilizado como forragem. Poucos agricultores do Sul do Estado de Roraima conhecem a cultura do sorgo e não existem informações fitotécnicas locais tais como: altura de planta, diâmetro de colmo, produção de matéria fresca e seca, Brix% e produção de caldo.

Em relação à fertilidade do solo, sabe-se que o N é um elemento importante para cultura do sorgo, principalmente, para as cultivares de alta produção. Para a recomendação da dose de N é preciso considerar a expectativa de produção, as propriedades do solo, a cultivar e a sequência de cultivo. No geral, o sorgo é menos exigente em adubação nitrogenada do que o milho e a cana de açúcar (Sawargaonkar et al. 2013). Essa baixa exigência, pode estar relacionada à associação do sorgo com bactérias diazotróficas Associativas (Bergamaschi et al 2007).

É importante ressaltar que, a inserção do sorgo nos arranjos produtivos locais deve acontecer de forma mais sustentável possível, tais como: com redução ou eliminação do uso de defensivos agrícolas, diminuição de fertilizantes de média a alta solubilidade, controle cultural das ervas daninhas e uso de plantas como adubos verdes. Em relação à adubação verde, várias plantas podem ser utilizadas. Entre essas as do gênero *Crotalaria*. Essas plantas apresentam boa produção de fitomassa e fixam nitrogênio (N) (Dourado et al. 2001). Elas também tendem a melhorar as propriedades físicas do solo, bem como melhora a disponibilidade hídrica para a planta subsequente e elevar a atividade microbiana do solo. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a cultivar SF-15 de sorgo sacarino quando cultivada após aplicação da crotalária e diferentes doses de N, no Sul do Estado de Roraima.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Sul do Estado de Roraima, no município de Caracará, no Instituto Federal de Roraima, Campus Novo Paraíso, localizado na BR-174, Km-512, durante os anos de 2014/2015. O Campus Novo Paraíso encontra-se nas seguintes coordenadas geográficas: latitude 1° 15' 01,46", longitude 60° 29' 12,30" e uma altitude de 83,09 m. As coordenadas foram determinadas utilizando um GPS, marca Garmin Venture, com precisão de 1,2 m. A análise química e física da camada de 0-0,20 m do solo encontra-se na Tabela 1. As análises foram realizadas de acordo com o manual da Embrapa (2009). O N total foi determinado de acordo com Thomas et al. (1967). Na figura 1, encontram-se a temperatura média em graus Celsius ($T^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (UR%). Na figura 2, encontra-se a precipitação do período experimental. O trabalho foi montado em blocos com parcelas subdivididas, sendo os tratamentos principais: com (C/C) e sem crotalária (C/S) (*Crotalaria juncea*). E os secundários: 0, 45, 90, 135 e 180 kg/ha de N. Foram

realizadas quatro repetições. A subparcela continha 20 fileiras de 9 m de comprimento espaçadas entre si por 0,3 m. Cada parcela foi composta por 5 subparcelas. A área de cada subparcela foi de 9m de largura por 6m de comprimento (54m^2). Na figura 1, encontra-se o croqui da área experimental. Para área útil foi definido 1m^2 bem no centro de cada subparcela, onde foram tomadas as observações.

Tabela 1: Análise química e física da camada de 0-0,20m

pH	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	(H+Al)	Al	SB	CTC
		-----cmol _c dm ⁻³ -----						
5,3	3,3	0,06	1,0	0,3	2,5	0,2	1,4	3,9
V	m	Nt⁽¹⁾	Areia	Silte	Argila			
	-----%-----	g Kg ⁻¹	-----g kg-----					
36,0	12,8	0,02	640	71	289			

⁽¹⁾Nt: nitrogênio total

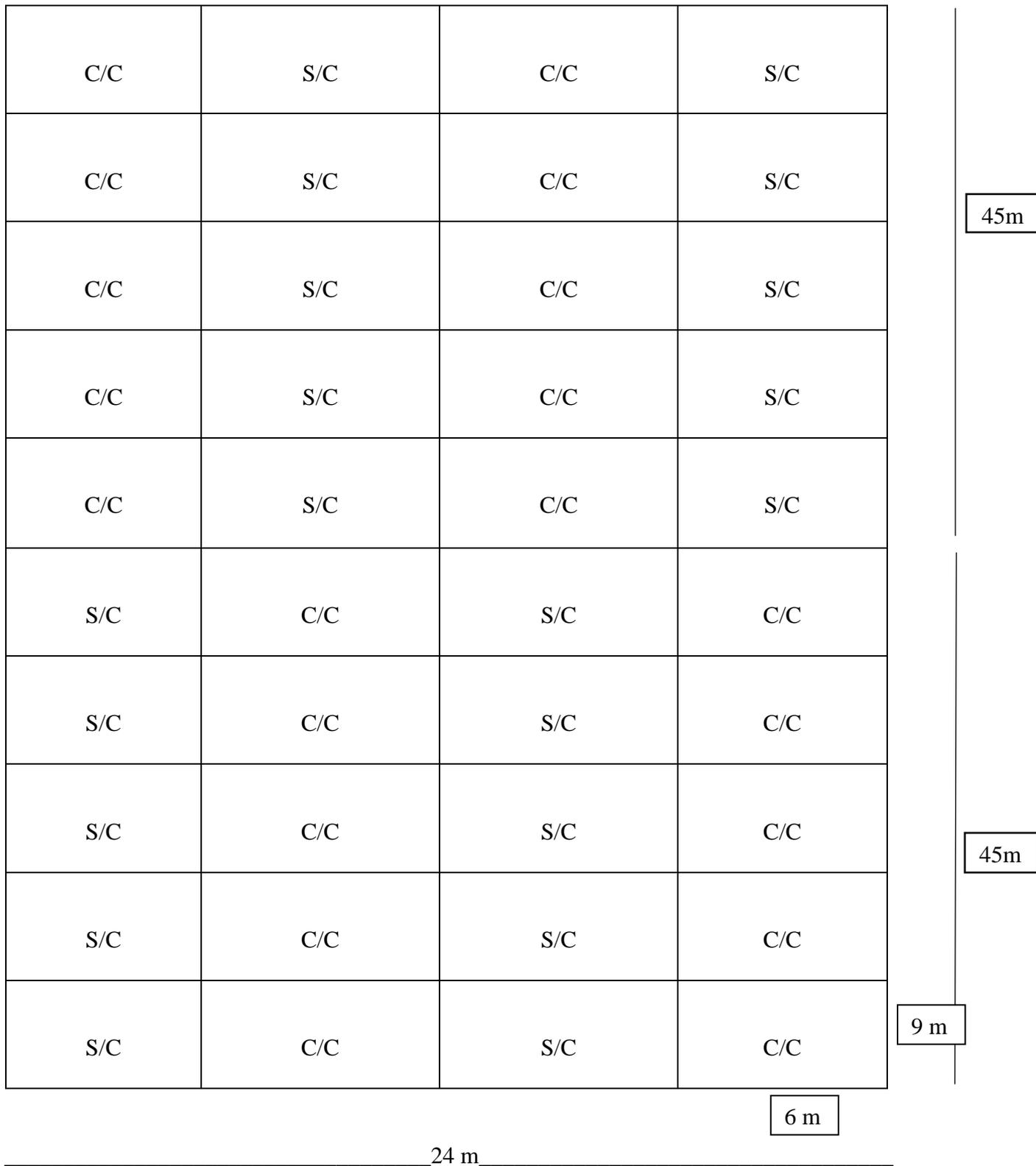


Figura 1: Croqui da área experimental.

O experimento teve uma área total de 2.160 m². A área do experimental foi arada e gradeada, sendo em seguida definido os blocos. Com base nos valores da análise química do solo foi realizada a calagem (Vergütz e Novais, 2014). O calcário foi aplicado em toda à área no momento do plantio da crotalária. Aplicou-se o 1,1 t/ha de calcário dolomítico. A dose de calcário foi calculada através do método da neutralização do Al³⁺ e elevação de Ca²⁺ + Mg²⁺ (Alvarez et al. 1999). As variáveis climáticas foram coletadas utilizando um termômetro Hygrotherm Digital. A precipitação foi determinada com um pluviômetro. A crotalária foi, cortada e deixada. O plantio da crotalária foi realizado abrindo-se sulcos espaçados 0,20m entre si e colocando, aproximadamente, 20 sementes por metro linear. A semente da crotalária foi adquirida no mercado local.

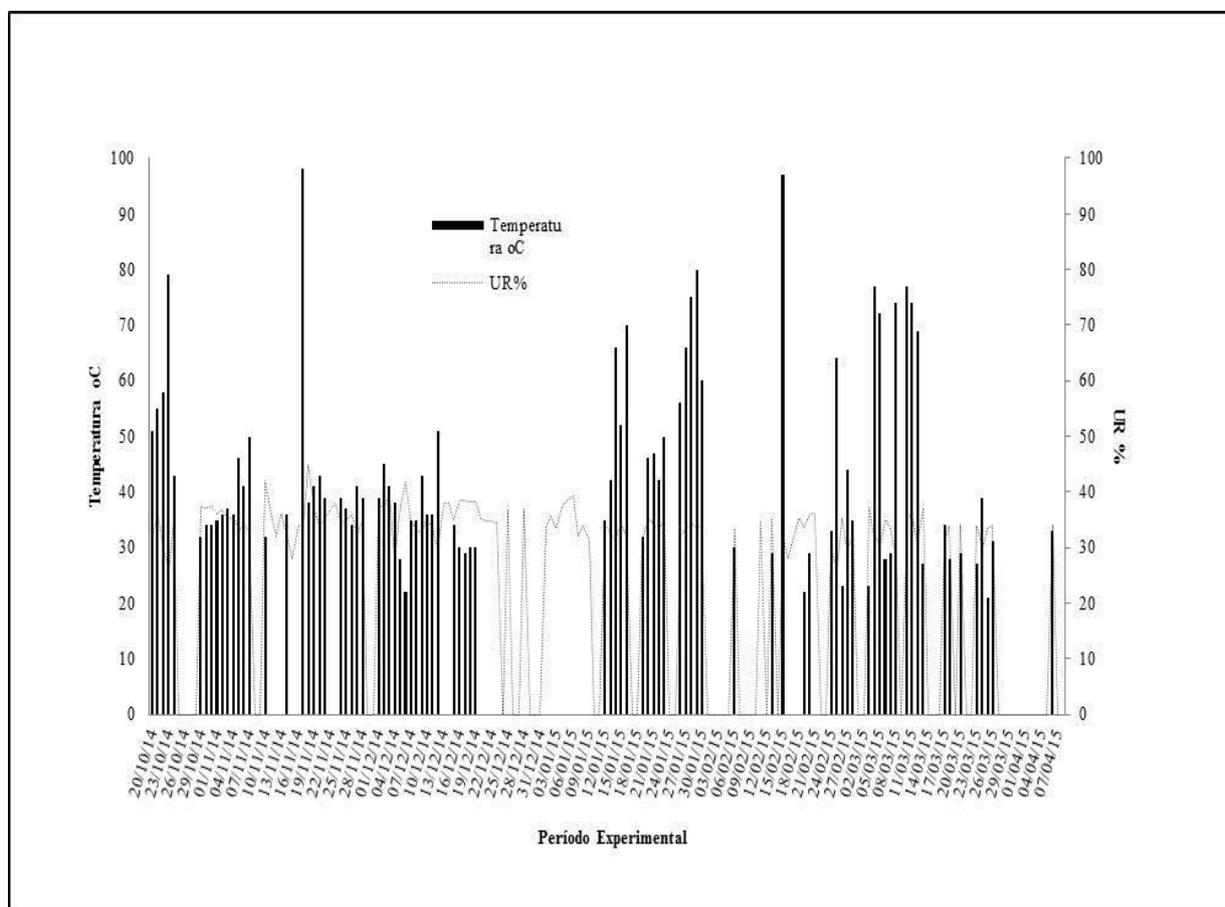


Figura 2: Temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimental.

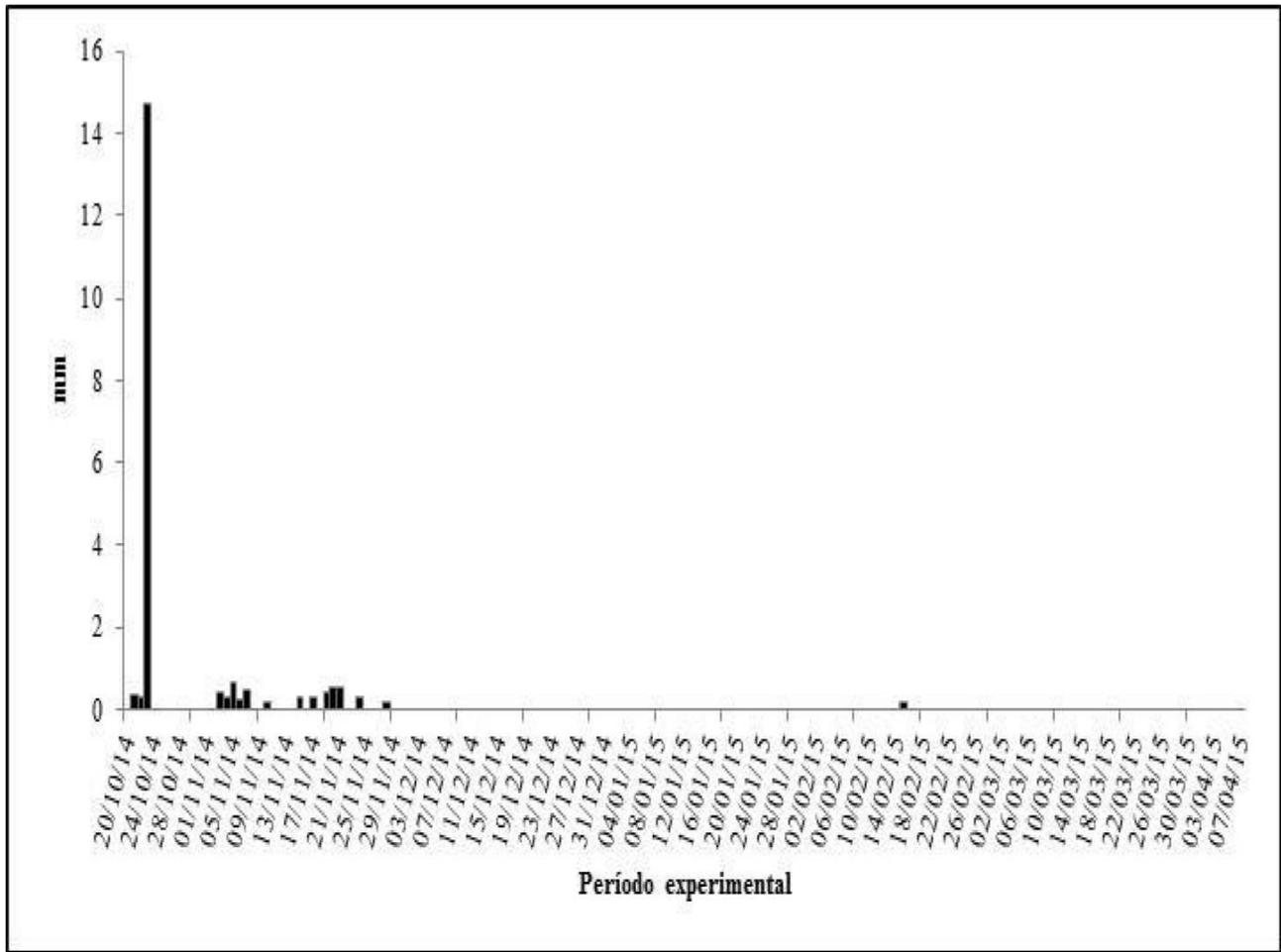


Figura 3: Precipitação durante o período experimental

Nas parcelas C/C, aplicou-se uma dose de 100 kg/ha de P_2O_5 e 29 dias após o plantio (DAP) aplicou-se 50 kg/ha de K_2O . A crotalária foi cortada a partir do momento que visualmente 50% das plantas estavam em florescimento. A fitomassa da crotalária foi coletada utilizando-se um gabarito medindo 0,40x0,40m, o qual foi jogado três vezes de forma aleatória dentro de cada sub parcela, sendo toda a fitomassa presente dentro do gabarito coletada e acondicionada em sacola de papel e levadas para o laboratório para pesagem e secagem em estufa de ventilação forçada a 65 °C por 72 horas, para determinação da matéria seca (MS).

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) foi plantado em 07/01/2015 em toda área experimental. Nas parcelas S/C, aplicou-se uma dose de 100 kg/ha de P_2O_5 e após 8 DAP do sorgo 100 kg/ha de K_2O . Nas parcelas C/C realizou-se a complementação da adubação potássica, aplicando-se os 50 kg/ha de K_2O restantes. Utilizaram-se o super simples e o cloreto de potássio para aplicação de P e K, respectivamente. O sorgo foi plantado no espaçamento de 0,50 m entre linhas e

0,20 m entre plantas. Utilizou-se a cultivar SF-15 proveniente do Instituto Agrônomo do Pernambuco (IPA). As doses de N foram divididas em três partes iguais e aplicadas aos 0, 30 e 60 DAP do sorgo. Utilizou-se a ureia irrigado como fonte de N. O controle das ervas daninhas foi realizado através da capina, sendo realizada apenas uma durante o ciclo do sorgo. Não se utilizou nenhum tipo de defensivo agrícola. Tanto a crotalaria como o sorgo foram irrigados por aspersão 1 hora por dia, exceto nos dias de chuvas. O sorgo foi colhido em 07/04/2015, com 101 dias. A colheita foi realizada a partir do momento que as plantas emitiram os pendões e iniciaram o enchimento dos grãos.

As variáveis estudadas foram: altura de planta, diâmetro de colmo, produção de matéria verde (MV) e seca (MS), grau Brix%, extração de caldo, produção de sólidos solúveis totais (PSST), potencial de produção de etanol (PPE), N total na palhada e a clorofila total. A altura foi medida do solo até a extremidade final da folha bandeira, utilizando uma trena. O colmo foi medido com um paquímetro digital da marca Caliper, realizando a leitura sempre do lado mais ovalado do colmo. Tanto para a altura como para o diâmetro utilizou-se seis plantas no centro das subparcelas. Para produção de MV e MS do sorgo, foi demarcada no centro da subparcela uma área de 2x2m, onde todas as plantas foram coletadas e pesadas. Em seguida, uma sub amostra foi retirada levada ao laboratório, pesada e colocada em uma estufa de ventilação forçada a 65 °C por 72 horas, para determinação da MS. Uma subamostra de (colmo+folha) foi retirada, pesada e passada em um moinho elétrico de cana para retirada do caldo. A extração do caldo foi calculada dividindo o peso do caldo pelo bagaço (colmo+folha). O Brix % foi determinado utilizando um refratômetro modelo 0-90% Brix. O PSST foi determinado pela multiplicação da produção de MV (t/ha) x % de caldo extraído x Brix %. O PPE foi quantificado utilizando a seguinte equação apresentada por Sawargaonkar et al. (2013):

$$PPE(L/ha) = \text{produção de caldo}(L/ha) \times \text{Brix \%} / 100 \times 0.85 / 1.76$$

Para determinação do N total (Nt), o sorgo (colmo+folha+pendão) foi passado em uma forrageira e uma sub amostra retirada, pesada, seca em estufa (a 65 °C por 72 horas), em seguida triturada em um moinho tipo Willey e digerida com H₂SO₄+H₂O₂. A quantificação se deu através de um destilador Kjeldahl, segundo metodologia de Thomas et al. (1967). A clorofila total foi avaliada utilizando o Clorofi**LOG** (CFL1030), marca Falker. As leituras foram realizadas em seis plantas no centro da subparcela, utilizando sempre a folha oposta a folha bandeira. Para as análises

estatísticas utilizou-se o SISVAR, versão 5.3, Ferreira, 2011. Realizou-se a análise de variância e, posteriormente, o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

A produção de MS pelo adubo verde não se diferenciou entre as subparcelas do delineamento (Tabela 2). Para a região não foi encontrado dados de produção de MS pela crotalária. De acordo com Dourado et al (2001), a crotalária possui um potencial de produção de MS que pode variar de 10 a 15 t/ha. Esses autores verificaram para uma dose de fósforo (P) de 120 kg/ha de P₂O₅ uma produção de 3,5 t/ha de MS de crotalária, com um corte aos 60 dias. Essa produção ficou um pouco abaixo dos valores encontrados no presente trabalho os quais variaram de 4,9 a 5,92 t/ha (Tabela 2), com um corte aos 75 dias. Acredita-se que a crotalária teria uma produção de MS bem mais elevada caso tivesse uma maior disponibilidade hídrica. Apesar da pouca precipitação (Figura 2) e das irrigações realizadas durante o período de cultivo, esses fatores não foram suficientes para que a crotalária conseguisse expressar o seu potencial de produção. Vale destacar que, a crotalária foi plantada no período mais seco do Sul do Estado de Roraima que vai de novembro a abril.

Tabela 2: Produção de MS pela crotalária

Subparcela	MS (t/ha)
1 (0) ⁽¹⁾	4,96a
2 (45)	5,95a
3 (90)	5,62a
4 (135)	5,92a
5 (180)	5,29a
CV%	33,12

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ⁽¹⁾ Os valores que se encontram entre parênteses são as doses de N que foram aplicadas logo após o plantio do sorgo.

É importante destacar que, para as tabelas 3, 4 e 5, o quadro de análise de variância apresentou diferença significativa apenas para o uso do adubo verde, não apresentando diferença significativa para as doses de N e a interação adubo verde x doses de N. Em relação à altura de planta, observa-se que S/C apresentou os maiores valores, diferenciando-se estaticamente dos valores C/C (Tabela 3). O cultivo C/C é que corresponde ao convencional. As alturas verificadas aos 60 DAP

ficaram próximas das alturas verificadas por Albuquerque et al. (2012), que foram de 1,97 a 2,39m, ao estudarem o sorgo em localidades com diferentes altitudes, em Minas gerais. Vale destacar que, no momento da colheita aos 101 DAP o sorgo apresentava uma altura bem maior do que 3m. De acordo com Pinho et al. (2014), diferente do sorgo granífero, o sacarino pode atingir até 4m de altura. Alguns fatores podem ter influenciado para a superioridade do cultivo S/C, que são: a) a fitomassa da crotalária deixada em superfície pode ter influenciado no desenvolvimento inicial do sorgo, o que levou a um retardo das plantas no cultivo C/C; e/ou b) no cultivo C/C toda adubação fosfatada e metade da potássica foram realizadas no momento do plantio da crotalária, enquanto que no cultivo S/C toda adubação foi realizada no momento do plantio do sorgo, o que pode ter proporcionado uma melhor condição de desenvolvimento das plântulas de sorgo.

Tabela 3. Altura do sorgo

Tratamentos	20	30	40	50	60
-----cm-----					
C/C⁽¹⁾	26,93b	39,52b	55,80b	92,12b	143,15b
S/C⁽²⁾	31,56a	57,23a	78,41a	130,20a	183,10a
CV%	21,07	20,21	21,90	25,23	18,34

⁽¹⁾ Com crotalária; ⁽²⁾ Sem crotalária. Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O cultivo S/C também foi superior em relação ao cultivo C/C para o diâmetro do colmo do sorgo. No entanto, aos 60 DAP não houve diferente estatística entre S/C e C/C (Tabela 4). De acordo com Pinho et al (2014), o diâmetro do colmo do sorgo pode apresentar um variação de 5 a 30 mm, diminuindo a medida que se aproxima da panícula. No presente trabalho variou de 2,78 a 22,04 mm (Tabela 4). Em relação à MV o cultivo S/C produziu 20% a mais do que o cultivo C/C, enquanto que para a MS o cultivo S/C produziu 25% a mais do que o C/C. Os valores de produção de MV do presente trabalho independente do uso ou não do adubo verde ficaram superiores do que os valores verificados por Albuquerque et al. (2012) que foi de 45,75 t/ha. Os valores elevados encontrados no presente trabalho (73,22 e 91,50 t/ha de MV) deve-se, principalmente, ao espaçamento de cultivo utilizado no estudo o qual adensou a cultura. O sorgo é uma planta que apresenta perfilhamento e no presente estudo não foi realizado o desbaste. Vale destacar também que a competição do sorgo com as ervas daninhas foi baixa, visto que se realizou apenas uma capina durante todo o ciclo do sorgo. Valor médio de 61 t/ha de produção de MV pelo sorgo foi verificado por Giacomini et al (2013). Com base nos dados de produção de MV (Tabela 5), o sorgo apresentasse como uma boa opção para forragem, no entanto, estudo de qualidade do material precisa ser desenvolvido. Vale destacar que,

na região a produção de forragem não é limitante, mas por outro a forragem que é produzida na maioria das propriedades agrícolas locais é de baixa qualidade.

A extração do caldo apresentou baixa eficiência (24,07% C/C e 26,04% S/C), não diferenciando estatisticamente entre o uso ou não do adubo verde (Tabela 5). Provavelmente, devido o método de extração que foi em um moinho elétrico, equipamento de baixa eficiência. Isso, no entanto, refletiu no PSST e posteriormente no PPE. Outro fator que pode levar também a uma baixa eficiência de extração de caldo é o atraso no corte da planta. Giacomini et al (2013) ao estudarem 25 cultivares de sorgo, na região central de Tocantins, verificaram em média um período de 58 dias para o florescimento das cultivares. No presente trabalho, realizou-se o corte após a emissão do pendão, o que pode ter sido um dos fatores para o baixo rendimento de caldo. Vale destacar que, uma cultivar com 50% de rendimento de caldo é considerada uma boa produtora de caldo (Giacomini et al, 2013).

Tabela 4. Diâmetro do colmo do sorgo

Tratamento	20	30	40	50	60
	-----mm-----				
C/C ⁽¹⁾	2,78b	6,96b	12,91b	19,87b	19,95a
S/C ⁽²⁾	4,29a	9,75a	16,33a	22,04a	19,48a
CV%	21,74	35,10	24,32	14,48	10,54

⁽¹⁾ Com crotalária; ⁽²⁾ Sem crotalária. Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Variáveis quantificadas na colheita do sorgo

Tratamento	MS ⁽³⁾ t/ha	MV ⁽⁴⁾ t/ha	Extração do caldo ⁽⁵⁾ %	Brix %	PSST ⁽⁶⁾ t/ha	PPE ⁽⁷⁾ l/ha
C/C ⁽¹⁾	15,94b	73,22b	24,07a	7,83b	13.707b	661,98b
S/C ⁽²⁾	21,35a	91,50a	26,04a	9,19a	22.888a	1.105,42a
CV%	36,72	33,34	32,19	20,52	54,52	54,52

⁽¹⁾ Com crotalária; ⁽²⁾ Sem crotalária. Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽³⁾ Matéria seca. ⁽⁴⁾ Matéria Verde. ⁽⁵⁾ Extração de caldo. ⁽⁶⁾ Produção de sólidos solúveis totais. ⁽⁷⁾ Potencial de produção de etanol.

Os valores de Brix% encontrados (Tabela 5) ficaram abaixo do valor verificado por Giacomini et al (2013) que foi de 21,12%. Os baixos valores de Brix% verificados no presente estudo podem estar relacionados com o período de corte. No entanto, nas condições ambientais do Sul do Estado de Roraima é preciso mais estudo para verificar o ponto de corte ideal para a cultura do sorgo, caso o mesmo tenha como destino a produção de etanol. Valores de Brix% verificados por Albuquerque et al. (2012) ficaram bem acima dos valores observados no presente estudo, 16,47 e

18,86 de Brix%. Em relação à produção de etanol, o PPE ficou bem abaixo do citado na literatura. De acordo com Zegada-Lizarazu e Monti (2012), o sorgo apresenta um potencial de produção de etanol entre 2130 e 5700 L ha⁻¹. No presente trabalho, quem apresentou o maior potencial foi o cultivo S/C com um valor de 1.105,42 l/ha (Tabela 4). Vale destacar que, tanto o PSST como o PPE são variáveis que se calculam a partir de outras variáveis, o que causa um acúmulo de erro, fazendo com que as mesmas apresentem um CV% elevado (Tabela 5).

Na tabela 6 encontra-se a clorofila total do sorgo medido através de um clorofilômetro. De acordo com Godoy et al. (2003), de 50 a 70% do Nt na planta encontra-se na folha e em associação com enzimas presentes nos cloroplastos. Logo, geralmente, a leitura do clorofilômetro se correlaciona bem com o teor de N na folha. Vale destacar que, os teores foliares de clorofila encontram-se relacionados com fatores de estresse tais como deficiência hídrica e mineral, principalmente, o N (Junio, 2009).

Tabela 6. Clorofila total em sorgo cultivado com diferentes doses de N

Doses de N	Clorofila Total %							
	-----30-----		-----40-----		-----50-----		-----100-----	
--Kg/ha-	C/C	S/C	C/C	S/C	C/C	S/C	C/C	S/C
0	34,81aA	36,65aA	34,17aA	31,30bA	31,79aA	25,51bB	32,86aA	32,48aA
45	35,16aA	37,69aA	36,53aA	35,30abA	35,03aA	33,80aA	35,78aA	36,42aA
90	34,54aB	38,94aA	33,88aA	35,17abA	35,14aA	36,28aA	39,27aA	36,83aA
135	35,92aA	38,08aA	35,29aA	36,77abA	37,53aA	34,97aA	35,43aA	37,09aA
180	36,24aB	40,62aA	32,68aB	39,55aA	37,73aA	35,29aA	36,13aA	38,01aA
CV%	5,32		7,74		9,90		9,26	

Médias seguidas de letras minúsculas e iguais na coluna e letras maiúsculas e iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No presente trabalho, observa-se (Tabela 6) que no geral os teores de clorofila total das plantas de sorgo não se diferenciaram entre si, nem entre o uso do adubo verde e nem entre as dose de N e sua interação. Esses dados, juntamente, com os da tabela 7 fortalece a hipótese de que o sorgo fixou N. Já existem na literatura reportada alguns trabalhos que relatam a fixação de N do sorgo, um deles é o trabalho de Bergamaschi et al (2007). Logo, estudos são necessários com a cultura do sorgo no Sul do estado de Roraima, entre eles um estudo utilizando isótopo estável, para confirmação da

fixação do sorgo. É possível verificar que entre 0 e 135 kg/ha de N, não foi verificada diferença estatística significativa (Tabela 7).

Tabela 7: N total na palhada do sorgo

Doses de N (kg/ha)	N total
	-----g/kg---
0	9,45b
45	9,62b
90	9,71b
135	11,46ab
180	12,68a
CV%	16,51

Médias seguidas de letras minúsculas e iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Conclusões

O sorgo apresentou baixa demanda por N, provavelmente, devido uma possível fixação;

O uso do adubo verde não apresentou os resultados esperados, possivelmente, ao pouco tempo de estudo;

Referências

ALBUQUERQUE, C. J. B.; TARDIN, F. D.; PARRELLA, R. A. C.; GUIMARÃES, R. M. O.; SILVA, K. M. Sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades em Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*. 11: 69-85. 2012.

ALVAREZ V. V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. *In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T.; ALVAREZ V. V. H.* Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação. Viçosa. 1999. 359p.

BERGAMASCHI, C.; ROESCH, L. F. W.; QUADROS, P. D.; CAMARGO, F. A. O. Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas a cultivares de sorgo forrageiro. *Ciência Rural*. 37: 727-733. 2007.

DOURADO, M. C.; SILVA, T. R. B.; BOLONHEZI, A. C. Matéria seca e produção de grãos de *Crotalaria juncea* L. submetida à poda e adubação fosfatada. *Scientia Agrícola*. 58: 287-293. 2001.

EMBRAPA: Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF. 2009.

GIACOMINI, I; PEDROZA, M. M; SIQUEIRA, F. L. T.; MELLO, S. Q. S.; CERQUEIRA, F. B.; SALLA, L. Uso potencial de sorgo sacarino para produção de etanol no estado do Tocantins. *Revista Agroambiental*. 5: 73-81. 2013.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; BULL, L. T. Utilização da medida do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada em plantas de pimentão. *Revista brasileira de Ciência do Solo*. 27: 1049-1056. 2003.

JUNIO, E. B. Características estruturais, teores de clorofila e suas relações com o nitrogênio foliar e a biomassa em Capim-Tifton 85. UFRR. 2009. 49p. (Dissertação de mestrado).

MAGALHÃES, P.C.; Durães, F.O.M.; Rodrigues, J.A.S. (2014) Fisiologia da planta de sorgo. Sete Lagoas - MG: Embrapa Milho e Sorgo, Boletim técnico-86, 4p.

PINHA, R. G. V.; FIORINI, I. V. A.; SANTOS, A. O. Botânica. *In: BOREM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELLA, R.* Sorgo: do plantio à colheita. Editora UFV. Viçosa. 275p.

SAWARGAONKAR, G. L.; PATIL, M. D.; PAVANI, E.; REDDY, B. V. S. R.; MARIMUTHU, S. Nitrogen response and water use efficiency of sweet sorghum cultivars. *Field Crops Research*. 149: 245-251. 2013.

THOMAS, R. L.; SHEARRD, R. W.; MOYER, J. R. Comparasion of conventional and automated procedures for N, P and K analysis of plant material using a single digestion. *Agronomy Journal*. 59: 240-243. 1967.

VERGUTZ, L.; NOVAIS, R. F. Adubação. *In: BOREM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELLA, R.* Sorgo: do plantio à colheita. Editora UFV. Viçosa. 275p.

ZEGADA-LIZARAZU, W.; MONTI, A. Are we ready to cultivate sweet sorghum as a bioenergy feedstock? A review on field management practices. *Biomass and Bioenergy*. 40: 1-12. 2012.