



**Universidade Federal de Alagoas - UFAL**  
**Centro de Ciências Agrárias - CECA**  
**Curso de Graduação em Agronomia**



**PAULO RICARDO APRÍGIO CLEMENTE**

**CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES PELA CROTALARIA**  
**JUNCEA EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE SEMEADURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do curso de Agronomia do Centro do Ciências Agrárias - CECA, da Universidade Federal de Alagoas – UFAL como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

**RIO LARGO - AL, 2012**

**PAULO RICARDO APRÍGIO CLEMENTE**

**CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES PELA CROTALARIA  
JUNCEA EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE SEMEADURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do curso de Agronomia do Centro do Ciências Agrárias - CECA, da Universidade Federal de Alagoas – UFAL como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira

**RIO LARGO - AL, 2012**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**COORDENAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**



**ATA DE REUNIÃO DE BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE  
 TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Aos 02 (dois) dias do mês de Fevereiro do ano de 2012, às 09h (nove) horas, sob a Presidência do Professor **Mauro Wagner de Oliveira**, em sessão pública na sala 3 do Programa de Pós-Graduação do Centro de Ciências Agrárias, km 85 da BR 104 Norte, Rio Largo-AL, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES PELA CROTALARIA JUNCEA EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE SEMEADURA” do aluno **Paulo Ricardo Aprígio Clemente**, sob matrícula **2008g0241** requisito obrigatório para conclusão do Curso de Agronomia, assim constituída: Prof. Dr. **Mauro Wagner de Oliveira**, CECA/UFAL (Orientador); Prof. MSc. **Jakes Halan de Queiroz Costa**, CECA/UFAL e Prof. MSc. **Cícero Alexandre Silva**, CECA/UFAL. Iniciados os trabalhos, foi dado a cada examinador um período máximo de 30 (trinta) minutos para a arguição ao candidato. Terminada a defesa do trabalho, procedeu-se o julgamento final, cujo resultado foi o seguinte, observada a ordem de arguição: Prof. MSc. **Cícero Alexandre Silva**, nota 9,5 (Nove e meio), Prof. MSc. **Jakes Halan de Queiroz Costa**, nota 9,5 (Nove e meio) e Prof. Dr. **Mauro Wagner de Oliveira**, nota 9,5 (Nove e meio) Apuradas as notas, o candidato foi considerado **APROVADO**, com média geral 9,5 (**Nove e meio**). Na oportunidade o candidato foi notificado do prazo de máximo de 30 (trinta) dias, a partir desta data, para entregar a Coordenação do Trabalho de Conclusão de Curso, devidamente protocolada, da versão definitiva do trabalho defendido, em 4 (quatro) vias, impressas e encadernadas e uma cópia digitalizada em CD com as correções sugeridas pela Banca, sem o que está avaliação se tornará sem efeito, passando o aluno a ser considerado reprovado. Nada mais havendo a tratar, os trabalhos foram encerrados para a lavratura da presente ATA, que depois de lida e achada conforme, vai assinada por todos os membros da Banca Examinadora, pela coordenadora do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) e pela coordenadora do Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo/AL, 02 de Fevereiro de 2012.

1º Examinador \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira (Orientador)

2º Examinador \_\_\_\_\_

Prof. MSc. Jakes Halan de Queiroz Costa

3º Examinador \_\_\_\_\_

Prof. MSc. Cícero Alexandre Silva

Coordenador do TCC \_\_\_\_\_

Profa. Dra. Roseane Cristina Prêdes Trindade

Coordenador do Curso de Agronomia \_\_\_\_\_

Profa. Dra. Leila de Paula Rezende

Primeiramente a Deus, pai de infinita bondade.

Aos meus pais José Paulo Clemente e Irani Aprígio Clemente.

Ao meu irmão Pablo Irvyng Aprígio Clemente.

**DEDICO**

A todos os meus familiares, em especial à minha mãe.

A minha namorada, Sacha Natália pelo incentivo.

A todos os amigos e docentes, que ajudaram nesta árdua caminhada.

**OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pela vida, por estar sempre no meu caminho, iluminando e guiando às escolhas certas.

Aos meus pais: José Paulo Clemente e Irani Aprígio Clemente, que foram à base de tudo pra mim, apoiando-me nos momentos difíceis com força, confiança, amor, ensinando-me a persistir nos meus objetivos e ajudando a alcançá-los.

Ao meu irmão Pablo Irvyng Aprígio Clemente, agradeço pela companhia, carinho e momentos de descontração vividos a cada dia, que nos ajudaram a superar as diferenças.

À toda minha família em especial minhas avós Iracy Aprígio e Marinete Clemente e aos meus padrinhos Gerinaldo Sabino e Dagilza dos Santos.

Àos meus amigos e colegas de graduação em especial à: Vinicius Santos Gomes da Silva, Yolanda de Melo de Oliveira, Rivan Júnior Estrela Pinto e Luiz Eduardo Rocha e Silva.

Ao meu orientador, professor e amigo Dr. Mauro Wagner de Oliveira, agradeço os ensinamentos, as cobranças, exigências, dinamismo, confiança e por acreditar em meu potencial.

Aos professores José Paulo Vieira da Costa, Jakes Halan Queiroz Costa e Cícero Alexandre Silva que contribuíram bastante para minha formação profissional.

Enfim a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para o sucesso deste trabalho.

Muito obrigado.

**LISTA DE TABELAS**

- TABELA 01** Quadrados médios da análise de variância para os efeitos de épocas de semeaduras (Ep. Sem.), dias após as semeaduras (DAS) e, interação de épocas de semeadura com dias após a semeadura (Ep. Sem. x DAS) sobre o índice de área foliar da crotalaria juncea semeada em quatro épocas. 23
- TABELA 02** Valores médios do índice de área foliar das quatro épocas de semeaduras. 24
- TABELA 03** Valores médios do índice de área foliar das avaliações realizadas aos 24, 48, 72 e 96 dias após a semeadura, para as quatro épocas de semeaduras. 25
- TABELA 04** Quadrados médios da análise de variância para os efeitos de épocas de semeaduras (Ep. Sem.) sobre a altura de plantas, acúmulo de matéria seca (Ac. MS), acúmulo de nitrogênio (Ac. N), acúmulo de fósforo (Ac. P) e acúmulo de potássio (Ac. K) na biomassa da parte aérea da crotalaria juncea. 29
- TABELA 05** Valores médios da altura de planta e acúmulo de matéria seca, por ocasião da colheita das plantas, em função da época de semeadura. 29

| <b>SUMÁRIO</b>  | <b>Pág</b> |
|---|------------|
| <b>RESUMO</b> .....                                     | 9          |
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....                              | 11         |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....                   | 13         |
| 2.1. ADUBAÇÃO VERDE E ORGÂNICA.....                     | 14         |
| 2.2. CARACTERÍSTICAS DA CROTALARIA JUNCEA.....          | 15         |
| 2.3. CRESCIMENTO, ACÚMULO DE NUTRIENTES E ALELOPATIA... | 16         |
| <b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....                      | 21         |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....                  | 23         |
| 4.1. ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR .....                        | 23         |
| 4.2. CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES.....           | 28         |
| 4.3. ALTURA DA PLANTA E ACÚMULO DE MATÉRIA SECA.....    | 29         |
| <b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....                    | 34         |
| <b>6. REFERÊNCIAS BIBIOGRÁFICAS</b> .....               | 35         |



## RESUMO

CLEMENTE, P. R. A. **Crescimento e acúmulo de nutrientes pela crotalaria juncea em função da época de semeadura**. Rio Largo: CECA – UFAL, 2011. (TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO).

As condições climáticas, especialmente o comprimento da noite, têm grande influência na fisiologia e desenvolvimento das leguminosas usadas como adubo verde, uma vez que sob noites longas crescentes as plantas são induzidas ao florescimento, interrompendo ou diminuindo seu crescimento vegetativo. Nesse contexto o presente trabalho teve o objetivo de estudar o crescimento e acúmulo de nutrientes na crotalaria juncea semeada em quatro épocas, visando determinar o período de semeadura que propicia os maiores acúmulos de matéria seca e de nutrientes. As semeaduras da crotalaria foram realizadas em 02 de outubro, 16 de outubro, 02 de novembro, 17 de novembro. O estudo foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL), localizado no município de Rio Largo, Alagoas. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Antecedendo a implantação do estudo aplicou-se composto orgânico na área experimental, em quantidade equivalente a dez toneladas de matéria seca por hectare. No transcorrer do ciclo da cultura não houve necessidade de controlar pragas ou doenças. Realizaram-se avaliações do índice de área foliar (IAF), da altura das plantas e do acúmulo de matéria seca e de nitrogênio, fósforo e potássio na biomassa da parte aérea. As avaliações do IAF foram realizadas aos 24, 48, 72 e 96 dias após a semeadura (DAS). Para cada época de semeadura, na fase de grãos em formação mediu-se a altura das plantas, cortando-as, a seguir, rente ao solo e determinou-se posteriormente o acúmulo de matéria seca e de nitrogênio, fósforo e potássio na biomassa da parte aérea. Os resultados do IAF, altura de plantas e acúmulo de nutrientes foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott- Knott a 5% de probabilidade. Houve efeito significativo da época de semeadura sobre o IAF, altura de plantas e acúmulo de matéria seca na biomassa da parte aérea, por outro lado, o acúmulo de N, P e K não foi influenciado pela época de semeadura. O IAF das plantas originárias das semeaduras realizadas em 02 de outubro, 16 de outubro e 02 de novembro foram estatisticamente semelhantes, obtendo-se valor médio para o período de

24 a 96 DAS, de 4,9. O IAF das plantas da quarta época de semeadura foi de 4,1, havendo, portanto redução de cerca de 20% em relação às demais épocas. Considerando o valor médio do IAF de cada uma das quatro avaliações, verificou-se que houve efeito significativo de época apenas nas avaliações realizadas aos 72 e 96 dias. As plantas de crotalaria juncea originárias da quarta época de semeadura apresentaram comparativamente às outras três épocas, reduções de 16 e 22%, para as avaliações realizadas aos 72 e 96 dias. Como consequência da redução da área foliar na fase de crescimento das plantas e também de alterações na fisiologia da crotalaria, principalmente da indução ao florescimento, o atraso na semeadura repercutiu em menor altura de planta e acúmulo de matéria. Entretanto, não houve efeito de no acúmulo de N, P e K na biomassa da parte aérea, possivelmente devido à adubação com composto e a alta fertilidade do solo da área experimental. A altura média de planta e o acúmulo médio de matéria seca na biomassa da parte aérea para as três primeiras épocas de semeadura foram, respectivamente de 287 cm e 13,5 t/ha, enquanto a média da quarta época foi de 255 cm e de 10,7 t/ha. O acúmulo médio de N, P e K biomassa da parte aérea foi respectivamente de 265, 25 e 256 kg/ha. As semeaduras realizadas no início de outubro a início de novembro proporcionaram os maiores índices de área foliar, crescimento da planta e acúmulo de matéria seca.

**Palavras-chave:** adubação verde, acúmulo de matéria seca, acúmulo de nutrientes.

## 1. INTRODUÇÃO

A adubação verde é uma prática cultural que melhora as propriedades física, químicas e biológicas do solo, resultando em aumento de produtividade da cultura subsequente. Na cultura da cana-de-açúcar adota-se a prática da adubação verde, sobretudo com leguminosas, por ocasião da reforma do canavial, após o quinto ou sexto corte e antes do plantio da cana de ano e meio. A crotalaria juncea é uma das plantas mais usadas como adubo verde em áreas de reforma de canavial, principalmente devido ao seu rápido crescimento e grande acúmulo de matéria seca e nitrogênio (AMABILE et al., 2000, DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008; OLIVEIRA et al., 2007).

A quantidade de biomassa acumulada pela crotalaria juncea é dependente de vários fatores, mas de um modo geral os que mais interferem são as condições climáticas como nictoperíodo (comprimento da noite), disponibilidade hídrica, radiação solar, temperaturas diurnas e noturnas; época de semeadura (inverno, primavera ou verão), práticas culturais e fertilidade do solo. Em Alagoas estudos conduzidos por Aristides et al. (2009) no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA-UFAL), com a semeadura dos adubos verdes realizada em maio, portanto sob noites longas crescentes, constatou-se florescimento precoce dos adubos, reduzindo muito o acúmulo de matéria seca na biomassa da parte aérea, especialmente o da crotalaria juncea.

Há relatos de vários pesquisadores (RODRIGUES 1994; PERIN et al., 2004; AMABILE et al., 2000, WUTKE & ARÉVALO, 2006; OLIVEIRA et al., 2007; DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008) que a capacidade de acúmulo de matéria pela crotalaria varia de 12 a 18 t de matéria seca por hectare, enquanto o nitrogênio acumulado na parte aérea da planta alcança 300 kg/ha ou mais, sendo que cerca de 60 a 70% desse nitrogênio é originário da fixação biológica do N<sub>2</sub> atmosférico (PERIN et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2007). Por esses motivos, o cultivo desta leguminosa em áreas de reforma de canavial permite elevar a eficiência do uso de insumos, da terra e da mão-de-obra, além contribuir para aumentar a sustentabilidade do sistema e a produtividade da lavoura (VITTI & MAZZA, 2002; WUTKE & ARÉVALO, 2006; OLIVEIRA et al., 2007; DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008).

Não foram encontrados na literatura consultada trabalhos que avaliassem na região nordeste do Brasil o crescimento e o acúmulo de matéria seca e nutrientes pela crotalaria juncea semeada na primavera. Assim, no presente estudo, conduzido no CECA/UFAL, avaliou-se o crescimento e acúmulo de nutrientes pela crotalaria juncea semeada nos meses de outubro e novembro, com o objetivo de comparar os resultados obtidos com os do centro-sul do Brasil, onde essa leguminosa é muito utilizada na adubação verde em áreas de reforma de canavial.

Pretende-se com esse estudo estimular trabalhos de seleção e melhoramento de plantas de crotalaria juncea com período juvenil mais longo, menos sensíveis ao comprimento da noite e portanto de maior potencial produtivo, quando semeada no inverno.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Na atualidade, há grande preocupação com o meio ambiente, especialmente com a conservação dos recursos naturais, com a ciclagem de nutrientes e com a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Nesse contexto, têm-se utilizado a adubação verde com leguminosas como plantas recobridoras do solo, recicladoras de nutrientes e fixadoras de nitrogênio do ar atmosférico (CÁRCERES & ALCARDE, 1995; FERNANDES et al., 1999; AMABILE et al., 2000; FAVERO et al., 2001). O crescimento destas plantas depende de fatores edafoclimáticos e, dentre os fatores climáticos, o comprimento da noite exerce grande influência, pois quando a semeadura ocorre sob noites longas crescentes há redução na fase vegetativa, conseqüentemente ocorre menor acúmulo de minerais e de proteína e carboidratos solúveis (AMABILE et al., 2000; OLIVEIRA et al, 2007).

No centro-sul do Brasil o período de semeadura das leguminosas, especialmente nas áreas de reforma do canavial, ocorre sob noites longas decrescentes e, nestas condições têm-se observado grande acúmulo de matéria seca e de nutrientes na biomassa da parte aérea das leguminosas (VITTI & MAZZA, 2002; MENDES et al, 2003, OLIVEIRA et al, 2010). Em Alagoas e Pernambuco, a semeadura dessas leguminosas ocorre no início do período chuvoso: abril – início de maio, sob noites longas crescentes e, portanto, o potencial produtivo dessas plantas é menor que o verificado no centro-sul (ARISTIDES et al., 2009; WUTKE & ARÉVALO, 2006; DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008).

A adubação verde com *crotalaria juncea* é sem dúvida uma das tecnologias de grande potencial para aumentar a eficiência de insumos, da terra e da mão de obra na cultura da cana-de-açúcar, à semelhança do verificado em outras regiões produtoras de cana no Brasil (DEMATTÊ, 2005; WUTKE & ARÉVALO, 2006; OLIVEIRA et al., 2010), uma vez que o manejo inadequado das terras agrícolas associado às práticas de queima de restos culturais, aração e gradagem, tem contribuído para degradar o terreno, especialmente por reduzir seu teor de matéria orgânica. A matéria orgânica do solo, originária em sua maior parte da vegetação e de seus resíduos, exerce ação protetora contra a desagregação e também melhora as propriedades física, químicas e biológicas do terreno. Há diversas formas de se manter ou

elevar o teor de matéria orgânica do solo, porém o uso de adubos verdes tem sido uma das mais utilizadas; tanto em pequenas, quanto em médias e grandes propriedades (OLIVEIRA et al., 2007; AMABILE et al., 2000).

## 2.1 ADUBAÇÃO VERDE E ORGÂNICA

Adubação verde é o cultivo de plantas com o propósito de incorporá-las ao solo, visando aumentar o teor de matéria orgânica do solo e manter ou, até mesmo, elevar sua fertilidade. Dentre as principais características desejáveis de uma planta a ser utilizada como adubo verde podem-se destacar: possibilidade de mecanização desde a semeadura até a colheita de sementes; capacidade de se associar às bactérias fixadoras do nitrogênio do ar atmosférico; crescimento rápido para controlar plantas daninhas; possuir mecanismos, ou sintetizar compostos, que auxiliem no controle de pragas como, por exemplo, nematóides e doenças; ausência de sementes dormentes; sistema radicular vigoroso e profundo que auxilie na reciclagem de nutrientes das camadas mais profundas e na descompactação dos solos, pois o uso intensivo do solo com práticas convencionais, como a excessiva mecanização, tem reduzido a matéria orgânica e causado compactação desses solos (AMABILE et al., 2000; WUTKE & ARÉVALO, 2006; ARISTIDES et al., 2009). Diversas leguminosas possuem estas características, mas de modo geral há preferência pela *crotalaria juncea* na região Centro-Sul do Brasil e, pela *Crotalaria spectabilis* em Alagoas e Pernambuco (DEMATTE, 2005; ARISTIDES et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2010).

Outro aspecto a ser considerado é o fornecimento de substrato orgânico e mineral para os microorganismos do solo, assim, a adubação verde também contribui para a melhoria da qualidade biológica do terreno (DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008; OLIVEIRA et al., 2007), OLIVEIRA et al., 2011)

A adubação verde pode ser implantada tanto em áreas em que se faz o preparo do solo para incorporar restos culturais, calcários, fosfatos ou outros pós de rocha, como em áreas cobertas por palhadas ou restos culturais que devem ter sido roçados ou picados. Para a adubação verde em áreas de reforma de canavial, normalmente, é dada preferência às leguminosas sobretudo por causa de sua capacidade de fixação do nitrogênio do ar, entretanto, outras espécies são também utilizadas como adubos verdes ou

como plantas de cobertura (WUTKE & ARÉVALO, 2006; AMBROSANO et al., 2005). Alvarenga et al. (2001) e Oliveira et al. (2007) citam que na escolha de plantas de adubação verde e cobertura de solo é imprescindível conhecer sua adaptação à região e sua capacidade de crescer num ambiente menos favorável, devendo-se considerar a produtividade de fitomassa, disponibilidade de sementes, rusticidade quanto a déficit hídrico e potencial dessas plantas para controle de pragas e doenças e, se possível o efeito sobre a cultura subsequente, especialmente a produtividade.

## **2.2 CARACTERÍSTICAS DA CROTALARIA JUNCEA**

A crotalaria juncea é uma planta anual, ereta, de porte arbustivo e que diminui a formação de folhas quando começa a florescer. É preciso atenção no seu cultivo em solos que nunca foram corrigidos, pois é muito sensível ao alumínio, presente em quase todos os solos brasileiros (AMBROSANO et al., 2005, OLIVEIRA et al, 2007). A deficiência de cátions básicos, associada aos altos teores de alumínio, ferro e manganês, é prejudicial ao crescimento do sistema radicular e, conseqüentemente, de toda a planta. Especialmente em relação ao alumínio há muitas observações experimentais indicando que a maior parte da ação fitotóxica desse elemento ocorre no sistema radicular, causando redução no alongamento radicular (OLIVEIRA et al., 2007).

De forma geral, a grande maioria dos pesquisadores refere-se à toxidez do Al, mas o  $\text{Al}(\text{OH})_2^+$  e o  $\text{Al}^{3+}$  são as formas fitotóxicas do alumínio, que afetam a divisão celular; inibem o crescimento das raízes; causam a precipitação do fósforo, tanto no solo como no interior das raízes; diminuem a absorção de água e de nutrientes; afetam a fotossíntese e, por consequência, a produtividade das culturas. Após a aplicação do calcário há elevação do pH do solo e essa neutralização da acidez do solo forma  $\text{Al}(\text{OH})_3$  e precipita o alumínio (RAIJ et al, 1996; OLIVEIRA et al, 2007).

Assim, torna-se necessário realizar a análise de solos para se determinar a necessidade de calagem e gessagem, visando neutralizar o alumínio e fornecer cálcio e magnésio, inclusive para a cultura subsequente á adubação verde. Antecedendo a implantação da crotalaria juncea recomenda-se coletar amostras de solo das camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm de profundidade. Os resultados da análise da camada de 0 a 20 cm serão

utilizados para recomendar a adubação e a calagem e os da camada de 20 a 40 cm, para os cálculos da necessidade de gessagem. Antecedendo a coleta das amostras de solo, é necessário dividir a área em unidades homogêneas, levando-se em consideração, dentre outros, o histórico da área, os tipos de solo (cor, textura, profundidade), a localização e topografia (várzea, encosta, platô), a cobertura vegetal e as adubações anteriores (RAIJ et al, 1996; VITTI & MAZZA, 2002; OLIVEIRA et al, 2007) .

Para adubação verde e produção de sementes, recomenda-se utilizar espaçamentos variando de 25 a 50 cm entre linhas, distribuindo-se 25 a 40 sementes por metro (WUTKE & ARÉVALO, 2006, OLIVEIRA et al, 2007).

### **2.3 CRESCIMENTO, ACÚMULO DE NUTRIENTES E ALELOPATIA**

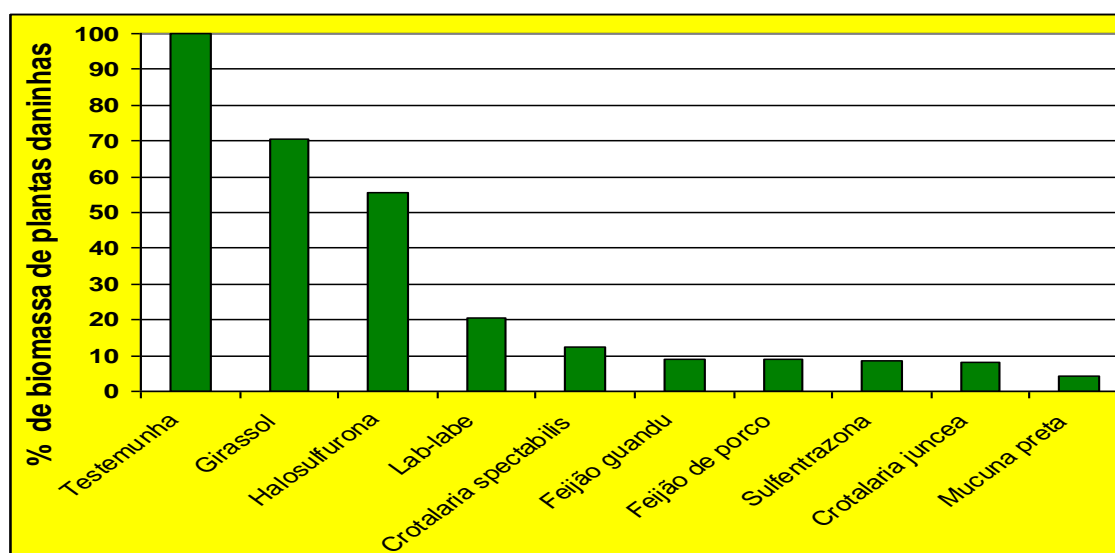
A crotalaria juncea apresenta alta taxa de crescimento e esse rápido crescimento resulta em grande altura da planta. Oliveira et al. (2011) citam taxas de crescimento em altura, da crotalaria juncea, variando de três a cinco cm por dia, durante a fase máxima de crescimento da cultura, que ocorre entre 45 a 75 dias após a semeadura. A associação de alta taxa de crescimento com elevada altura de planta, causa sombreamento do solo, com efeito sobre as outras plantas, especialmente as daninhas. Essa característica da crotalaria a torna uma planta passível de ser utilizada em método de controle cultural de plantas daninhas (OLIVEIRA et al., 2007). Os métodos culturais são práticas que visam tornar a cultura mais competitiva em relação às plantas daninhas e englobam a redução de espaçamentos de plantio, cultivos intercalares ou rotação com adubos verdes (OLIVEIRA et al., 2007; WUTKE & ARÉVALO, 2006).

Informações sobre o efeito da crotalaria juncea sobre as plantas daninhas podem ser obtidas no estudo conduzido por Wutke e Arévalo (2006), em área de renovação de canavial, em Piracicaba - SP, onde as principais plantas espontâneas eram o capim colônia, a tiririca e a aneleira. O objetivo do trabalho foi quantificar a redução da biomassa das plantas daninhas por herbicidas e adubos verdes e, para tanto, houve parcelas em pousio (testemunha), parcelas que receberam aplicação dos herbicidas Sulfentrazone (Boral 500 SC em pré-emergência) e Halosulfurona (Sempra 750 GRDA + Aterbane a 0,5%, ambos em pós-emergência) e parcelas nas quais foram



semeados os adubos verdes: crotalaria juncea, crotalaria spectabilis, feijão guandu, feijão de porco, girassol, lab-labe e mucuna preta.

Aos 150 dias após a implantação do trabalho, e imediatamente antes da implantação do canavial, avaliou-se o controle do mato quantificando-se a redução de biomassa das plantas daninhas em cada parcela, em relação à testemunha. Verificou-se que a crotalaria juncea e a mucuna preta reduziram a biomassa das plantas daninhas em mais de 90% (Figura 1), revelando-se, portanto, como excelente método de controle cultural. A altura média da crotalaria juncea foi de 2,95 m, com acúmulo de matéria seca de 12,8 t/ha, enquanto nas parcelas testemunha, mesmo com a presença de capim colônio, o acúmulo de biomassa foi de apenas 5,5 t de matéria seca por hectare. Assim, a semeadura da crotalaria além de reduzir a infestação por plantas daninhas aumentou a matéria orgânica a ser incorporada ao solo. A planta também é considerada “má” hospedeira dos nematóides formadores de galhas (*Meloydogyne spp*), sendo, portanto, interessante na rotação com culturas que são sujeitas ao ataque desses nematóides, como forma de reduzir sua infestação na área (AMABILE et al., 2000; OLIVEIRA et al, 2007; DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008).



**Figura 1** - Percentual de infestação por plantas daninhas, aos 150 dias de ciclo, em área de renovação de canavial, mantidas em pousio (Testemunha), cultivadas com adubos ou pulverizadas com herbicida (Halosulfurona e Sulfentrazona).

Fonte: Wutke & Arévalo (2006).

Efeito supressor da crotalaria juncea sobre as plantas daninhas é citado por Oliveira et al. (2007), ao constatarem que a semeadura da crotalaria em área

densamente infestada com capim marmelada, reduziu a biomassa dessa gramínea em 60% e, aumentou o aporte de matéria seca em 5,0 t/ha e o de nitrogênio em 180 kg/ha. Estes resultados foram confirmados por Duarte Júnior e Coelho (2008), pois verificaram que a *crotalaria juncea* destacou-se quanto à taxa de cobertura do solo, tendo-se observado que aos 50 dias após a emergência, as plantas recobriam 100% do solo, contribuindo para o controle da erosão e das plantas daninhas.

Além do efeito físico de sombreamento, a *crotalaria juncea* libera compostos orgânicos, originários do seu metabolismo secundário, designados de compostos alelopáticos, que inibem a germinação das sementes das plantas daninhas ou retardam seu desenvolvimento (WUTKE & ARÉVALO, 2006; OLIVEIRA et al., 2011). Observações de campo realizada por OLIVEIRA et al (2011), mostrada na figura 2, comprovam esse efeito alelopático sobre as plantas daninhas, constatado pela ausência de mato em entrelinha ensolarada. A semeadura desta *crotalaria* foi realizada em uma área vizinha a uma pastagem de *Brachiaria*, e, portanto o banco de sementes dessa área deveria ser grande.



**Figura 2** – *Crotalaria juncea* na fase inicial de crescimento (A) e seu efeito alelopático sobre as plantas daninhas (B), constatado pela ausência de mato em entrelinha ensolarada.

Fonte: Oliveira et al. (2011)

A *crotalaria juncea* é muito sensível ao comprimento da noite (nictoperíodo), florescendo precocemente sob noites longas crescentes e, conseqüentemente, interrompendo o crescimento e diminuindo o acúmulo de matéria seca e ciclagem de nutrientes, especialmente de nitrogênio (AMABILE, 2000, VITTI & MAZZA, 2002). Em estudo conduzido por Oliveira et al. (2010),

verificou-se para semeaduras realizadas nas três primeiras épocas, início de outubro a início de novembro, o acúmulo de matéria seca e de nitrogênio na biomassa da parte aérea da *crotalaria juncea*, bem como a altura da planta foram estatisticamente semelhantes. Para as semeaduras realizadas em meados de novembro, início e meados de dezembro verificaram-se reduções percentuais médias no acúmulo de matéria seca, comparativamente ao início de outubro, de cerca de 20, 35 e 40%. Em relação ao acúmulo de nitrogênio, as reduções observadas foram da ordem de 20, 30 e 40%. Para a altura da planta, essas reduções situaram-se em torno de 6, 13 e 24%, comparativamente à altura das plantas da primeira época de semeadura.

Devido a sensibilidade da *crotalaria juncea* ao nictoperíodo atraso na semeadura repercute em florescimento precoce. Em estudos conduzidos por Oliveira et al. (2010, 2011) em diversas regiões produtoras de cana de Minas Gerais foi observado que por volta de quarenta dias após a emergência, as plantas estão aptas a receber o estímulo para a indução floral, assim para as semeaduras realizadas a partir de meados de novembro, quando as plantas tiverem cerca de quarenta dias pós-emergência, as noites estarão aumentando de comprimento e ocorrerá florescimento precoce das plantas. A época do ano mais favorável ao cultivo de *crotalaria juncea* está relacionada ao aproveitamento mais adequado da água, temperatura e luz disponíveis, que são fatores que interferem diretamente na produção maior ou menor de massa verde e de sementes. Como esses fatores variam de região para região, as melhores épocas de semeadura também variam (ALVARENGA et al., 2001). Amabile et al. (2000) em estudo do comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura, observaram que o florescimento e o crescimento da *crotalaria juncea* foram influenciados pela época de semeadura, uma vez que comparando, por exemplo, a semeadura realizada em 12 de novembro com a de 07 de janeiro, constaram-se decréscimos superiores a 50% no acúmulo de matéria seca na biomassa da parte aérea.

Nos estudos conduzidos por Oliveira et al. (2010) o acúmulo de nitrogênio na biomassa da parte aérea da *crotalaria juncea* variou em função da época de semeadura. Para as semeaduras realizadas de início de outubro a início de novembro, os acúmulos de nitrogênio na biomassa da parte aérea da *crotalaria* oscilam em torno de 300 kg/ha, confirmando as observações de

Amabile et al. (2000), Alvarenga et al. (1995), Duarte Júnior e Coelho (2008) e, Perin et al. (2004). Do total do nitrogênio acumulado na biomassa da parte aérea da crotalaria, cerca de 60% a 70% originou-se das associações simbióticas das raízes da leguminosa com as bactérias fixadoras de  $N_2$  do ar atmosférico, resultando em aporte de quantidades expressivas deste nutriente ao sistema solo-planta (PERIN et al., 2004), contribuindo para maior sustentabilidade da cultura subsequente. Para efeito comparativo, cita-se o sulfato de amônio, um dos fertilizantes nitrogenados mais utilizados: em 100 kg desse fertilizante tem-se 20 kg de N, assim, para se obter 200 kg de N haveria necessidade de utilizar-se 1.000 kg de sulfato de amônio.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em área experimental do campus Delza Gitaí do Centro de Ciências Agrárias (CECA), da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), em Latossolo Amarelo Coeso Distrófico, sendo o clima tropical chuvoso, com verões secos. A área experimental havia recebido calagem e gessagem a um ano e cultura antecessora foi soja no verão e pousio no inverno.

Antecedendo a implantação do estudo foi aplicado composto orgânico originário de resíduos da indústria sucroalcooleira, em dose equivalente a 10 t de matéria seca por hectare. Previamente coletaram-se amostra desse composto, que foi analisada quimicamente, seguindo-se métodos descritos por Malavolta et al. (1989). O composto apresentou teores de 24, 22, 8, 27 e 8 g/kg de matéria seca, respectivamente para N, P, K, Ca e Mg, sendo de 55% o teor de matéria seca.

O estudo constou de quatro épocas de semeadura de crotalaria juncea: 02 de outubro, 16 de outubro, 02 de novembro, 17 de novembro. As sementes de crotalaria juncea, cultivar IAC-KR1, foram cedidas pela Empresa Piraí. A densidade de semeadura foi duas vezes maior que a recomendada pela empresa (50 sementes/m de sulco), desbastando-se para 25 plantas por metro de sulco aos sete dias após a emergência das plantas. Não foi realizada inoculação das sementes com rhizobium. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de seis sulcos de três metros de comprimento, espaçados de 0,50 metro. Adotou-se esse espaçamento com o objetivo de facilitar a irrigação, realizada manualmente com regadores. O turno de rega foi de 2 a 3 dias, aplicando-se volume de água que variou de 10 a 20 mm, conforme exigência da cultura. No transcorrer do ciclo da cultura não houve necessidade de controlar pragas ou doenças.

Realizaram-se avaliações do índice de área foliar (IAF), da altura das plantas e do acúmulo de matéria seca e de nitrogênio, fósforo e potássio na biomassa da parte aérea. As avaliações do IAF foram realizadas aos 24, 48, 72 e 96 dias após a semeadura (DAS), utilizando-se um integrador, modelo "LI-3100 Area Metter" (LI-Cor)

Para cada época de semeadura, na fase de grãos em formação, mediu-se a altura das plantas, cortando-as, a seguir, rente ao solo. Após a determinação da matéria fresca, o material vegetal foi passado em picadeira de forragem, subamostrado, seco a 65 °C em estufa de ventilação forçada e, após atingirem massa constante, foi determinada a matéria seca. Para a quantificação do acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio, as subamostras, após secas, foram moídas em moinho inoxidável e submetidas à digestão sulfúrica e nítrico-perclórica, seguindo métodos descritos por Malavolta et al. (1989).

Os valores de IAF, altura da planta por ocasião da colheita, biomassa seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

Houve efeito altamente significativo das épocas de semeaduras, dos dias após a semeadura e, da interação de épocas de semeadura com dias após a semeadura sobre o índice de área foliar da crotalaria juncea semeada em 02 de outubro, 16 de outubro, 02 de novembro e 17 de novembro (Tabela 1).

**TABELA 1-** Quadrados médios da análise de variância para os efeitos de épocas de semeaduras (Ep. Sem.), dias após as semeaduras (DAS) e, interação de épocas de semeadura com dias após a semeadura (Ep. Sem. x DAS) sobre o índice de área foliar da crotalaria juncea semeada em quatro épocas.

| Fonte de variação    | Quadrado médio |
|----------------------|----------------|
| Ep. Sem.             | 2,56***        |
| DAS                  | 183,97***      |
| Ep. Sem. x DAS       | 1,077**        |
| C.V.(%) <sup>1</sup> | 12,65          |

\*\*, \*\*\*, significativo a 1 e 0,1%, respectivamente pelo teste F. <sup>1</sup> Coeficiente de variação

Na tabela 2 é mostrado o valor médio do IAF de cada uma das quatro épocas de semeadura. Somente o IAF médio da semeadura realizada em 17 de novembro foi estatisticamente diferente das demais. Para a semeadura realizada em 17 de novembro, cerca da metade do ciclo das plantas foi sob noites crescente, induzindo a planta ao florescimento mais precoce.

**TABELA 2-** Valores médios do índice de área foliar para as quatro épocas de semeaduras.

| Época de Semeadura | IAF ( m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) |
|--------------------|--|
| 17 de novembro     | 4,11 a                                 |
| 16 de outubro      | 4,86 b                                 |
| 02 de outubro      | 4,89 b                                 |
| 02 de novembro     | 4,96 b                                 |

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

A crotalaria juncea é uma planta muito sensível ao nictoperíodo, florescendo precocemente quando o comprimento das noites aumenta, conforme observado por Amabile et al. (2000) e Oliveira et al. (2010). Nos estudos conduzidos por Souza (1953), no campo experimental da Universidade Federal de Goiás, localizado no Centro de Ciências Agrárias e Biológicas no Campus de Jataí, Estado de Goiás, com latitude de 17°53'S e longitude 51°43'W, observou que a crotalaria juncea foi a leguminosa que floresceu primeiro. A semeadura foi realizada em 23 de fevereiro e aos 67 dias após a semeadura a crotalaria juncea estava em florescimento pleno. A crotalaria spectabilis estava em florescimento pleno aos 89 após a semeadura e o feijão guandu (*Cajanus cajan L.*) aos 98 dias. Aristides et al. (2009) conduziu estudos no Centro de Ciências Agrárias (CECA), da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). A semeadura dos sete adubos verdes: crotalaria juncea, crotalaria ochroleuca, crotalaria spectabilis, mucuna cinza, feijão de porco, mucuna preta, feijão guandu fava larga, foi realizada no início de abril. Esses autores também constataram que a crotalaria juncea foi a espécie de florescimento mais precoce.

O efeito de épocas de amostragem sobre o IAF, dentro das quatro épocas de semeaduras, foi notado nas avaliações realizadas aos 72 e 96 dias após a semeadura, uma vez que, como citado na tabela 1, houve efeito interativo de época de semeadura e dias após a semeadura. Na tabela 3 estão apresentados os valores médios do índice de área foliar das avaliações realizadas aos 24, 48, 72 e 96 dias após a semeadura, para as quatro épocas de semeaduras.



**TABELA 3** - Valores médios do índice de área foliar das avaliações realizadas aos 24, 48, 72 e 96 dias após a semeadura, para as quatro épocas de semeaduras.

| Época de semeadura                    | Dias após a semeadura |        |        |        |
|---------------------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
|                                       | 24                    | 48     | 72     | 96     |
| IAF (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) |                       |        |        |        |
| 02 de outubro                         | 1,42 a                | 2,53 a | 6,10 b | 9,53 b |
| 16 de outubro                         | 1,50 a                | 2,58 a | 6,35 b | 9,02 b |
| 02 de novembro                        | 1,47 a                | 2,45 a | 6,27 b | 9,67 b |
| 17 de novembro                        | 1,44 a                | 2,50 a | 5,20 a | 7,32 a |

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

Analisando a tabela 3 observa-se que o valor médio do IAF para as avaliações realizadas aos 24 e 48, oscilou em torno de 1,5 e 2,5, respectivamente. A crotalaria juncea apresenta alta taxa de crescimento, tanto em semeaduras de primavera, quanto verão e inverno (OLIVEIRA et al, 2007; AMABILE et al.,2000; ARISTIDES et al., 2009), tornando uma espécie com grande potencial de controle de erosão, uma vez que mesmo nas fases iniciais de crescimento observa-se elevado índice de área foliar, que repercute em alto percentual de recobrimento de solo. Manter a superfície do solo coberta por materiais vegetais ou resíduos é, segundo Alvarenga et al. (1995) e Amado et al. (1987), o manejo mais recomendado para proteção e conservação do solo. A velocidade com que determinada espécie cobre o solo tem grande influência no controle da erosão, pois no período inicial de crescimento das culturas semeadas em áreas aradas ou gradeadas, o solo se encontra desprotegido e, portanto mais susceptível a erosão e, é também nessa época que ocorrem as chuvas de maior potencial erosivo (AMADO et al.,1987; BERTOL et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2007).

O potencial de recobrimento dos solos pela crotalaria juncea é conhecido a várias décadas. Souza (1953), citado por Alvarenga et al. (1995), em sua tese de doutoramento, com competição de adubos verdes em área de cultivo de cana-de-açúcar, observou que a crotalaria juncea apresentou maior rapidez e uniformidade na emergência, menor variação na densidade de plantas, maior resistência às condições adversas e maior produção de massa verde e seca do

que a mucuna anã, a mucuna preta, o feijão guandu, o feijão de porco, a soja perene e as crotalarias paulina e spectabilis.

Em estudo conduzido por Alvarenga et al. (1995) em um argissolo, na Universidade Federal de Viçosa, pode-se observar que crotalaria juncea foi um dos adubos que recobriu o solo mais rapidamente, sendo superada apenas pelo feijão de porco. Aos 20 dias após a emergência a cobertura do solo nas parcelas com feijão de porco era de aproximadamente 60% e a da crotalaria juncea de 40%. O autor obteve equação de regressão, relacionando cobertura do solo (Cobertura) e a idade das plantas (x), em dias após a emergência crescimento igual a:

$$\text{Cobertura} = 88,1621 / (1 + e^{(2,7627 - 0,1277x)}), \text{ com } R^2 \text{ de } 0,98.$$

Amado (1989), em estudos conduzidos em Santa Catarina e, Bertol et al. (2002) em pesquisa conduzidas em lavouras de milho, constataram que o recobrimento uniforme de 20% do solo, com resíduos vegetais, resulta em redução de perda de aproximadamente 50% em relação ao solo descoberto.

A crotalaria juncea também foi o destaque quanto à taxa de cobertura do solo nos estudos conduzidos por Duarte Júnior e Coelho (2008). Aos 51 dias após a emergência estimou-se que a crotalaria proporcionou 100% de cobertura. Essa característica de alta velocidade de cobertura no período inicial confere à crotalaria bom potencial no controle da erosão e proteção do solo em curto espaço de tempo. A alta taxa de cobertura inicial da crotalaria superou significativamente a vegetação espontânea ou plantas daninhas. Espécies de adubos verdes com rápida taxa de cobertura do solo, além dos benefícios citados anteriormente, exerce efeito supressivo sobre as plantas daninhas auxiliando no seu manejo ou até mesmo no controle.

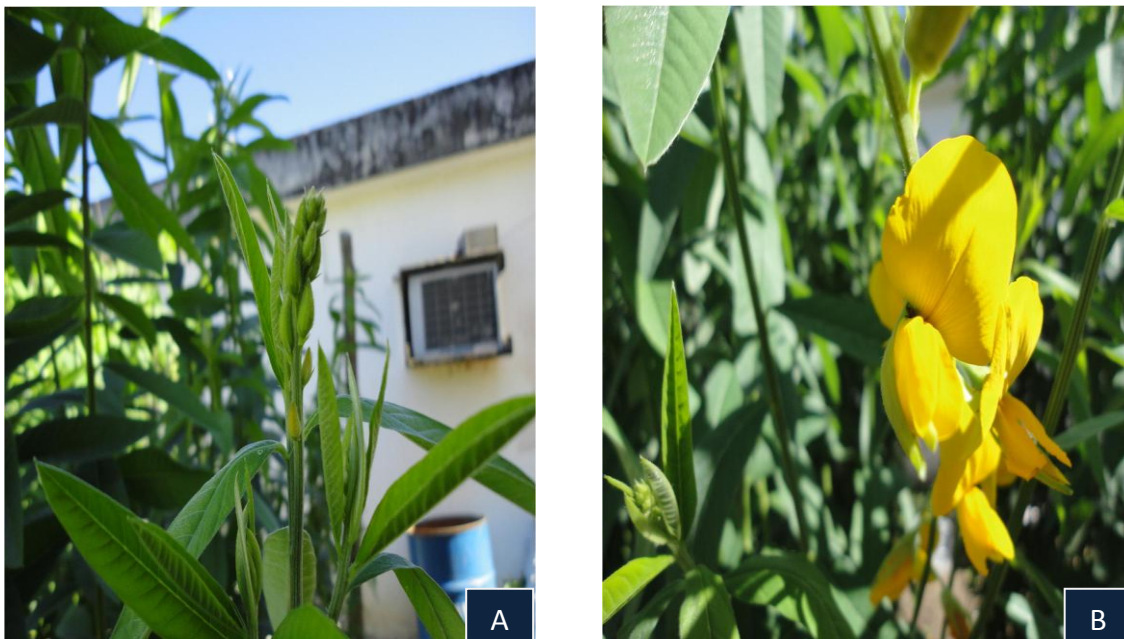
Excelente recobrimento do solo e controle de plantas daninhas foi observado por Oliveira et al. (2011) em estudos conduzidos na Zona da Mata Mineira. Aos 40 dias após a emergência as plantas estavam com altura oscilando em torno de 1,5 m, com IAF de aproximadamente em torno de 3,0. Desta forma a adubação verde com crotalaria foi um método eficaz de controle de erosão (Figura 3) uma vez que o solo da área era declivoso e foi arado e gradeado, após a aplicação de calcário e gesso.



**Figura 3** – *Crotalaria juncea* aos 40 dias após a emergência, cultivada em solo de encosta. Pode-se notar a excelente cobertura do solo e o abafamento das plantas daninhas pela leguminosa.

Fonte: Oliveira et al. (2011)

Houve efeito significativo da época de semeadura para o IAF, nas avaliações realizadas aos 72 e 96 dias (Tabela 3). As plantas de *crotalaria juncea* originárias da quarta época de semeadura apresentaram comparativamente às outras três épocas, reduções de 16 e 22%, para as avaliações realizadas aos 72 e 96 dias. Essas diferenças devem ter sido originárias de alterações na fisiologia da planta, especialmente da indução do florescimento (Figura 4), que resulta em menor crescimento e formação de área foliar, uma vez que as vagens passam a ser drenos preferenciais dos fotoassimilados. Nos trabalhos conduzidos por Amabile et al. (2000) verificou-se antecipação no florescimento da *crotalaria* de 30 dias, quando comparou-se a semeadura de 07 de janeiro com a de 12 de novembro.



**Figura 4** – Planta de crotalaria, da quarta época de semeadura, na fase inicial de indução de florescimento (A) e, flor da crotalaria juncea (B).

Fonte: Oliveira, M.W.

As observações do presente estudo reforçam os relatos de outros autores (WUTKE & ARÉVALO, 2006; AMBROSANO et al., 2005, OLIVEIRA et al., 2010) de que por volta de quarenta dias após a emergência, as plantas estão aptas a receber o estímulo para a indução floral. Assim para as semeaduras realizadas a partir de meados de novembro, quando as plantas tiverem cerca de quarenta dias pós-emergência, as noites estarão aumentando de comprimento e plantas florescerão mais cedo, diminuindo a altura das plantas e o acúmulo de matéria seca na biomassa da parte aérea.

## **4.2 CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES**

Houve efeito significativo das épocas de semeaduras na altura de planta e acúmulo de matéria seca na biomassa da parte aérea da crotalaria juncea, porém não se constatou efeito para os acúmulos de nitrogênio, fósforo e potássio (Tabela 4).

**TABELA 4** - Quadrados médios da análise de variância para os efeitos de épocas de semeaduras (Ep. Sem.) sobre a altura de plantas, acúmulo de matéria seca (Ac. MS), acúmulo de nitrogênio (Ac. N), acúmulo de fósforo (Ac. P) e acúmulo de potássio (Ac. K) na biomassa da parte aérea da crotalaria juncea.

| Fonte de variação    | Altura de planta           | Ac. MS        | Ac. N                | Ac. P               | Ac. K                |
|----------------------|----------------------------|---------------|----------------------|---------------------|----------------------|
|                      | ----- Quadrado médio ----- |               |                      |                     |                      |
| Ep. Sem.             | 1.086,90**                 | 7.770.991,73* | 282,16 <sup>ns</sup> | 33,06 <sup>ns</sup> | 298,75 <sup>ns</sup> |
| C.V.(%) <sup>1</sup> | 4,18                       | 7,11          | 6,88                 | 17,73               | 8,36                 |

#### 4.3 ALTURA DE PLANTA E ACÚMULO DE MATÉRIA SECA

Na tabela 5 estão apresentados os testes de médias para a altura de planta e acúmulo de matéria seca, por ocasião da colheita das plantas, em função da época de semeadura.

**TABELA 5** - Valores médios da altura de planta e acúmulo de matéria seca, por ocasião da colheita das plantas, em função da época de semeadura.

| Época de semeadura | Altura de planta | Ac. MS   |
|--------------------|------------------|----------|
|                    | -----cm-----     | kg/ha    |
| 02 de outubro      | 285 b            | 13.467 b |
| 16 de outubro      | 292 b            | 13.645 b |
| 02 de novembro     | 283 b            | 13.156 b |
| 17 de novembro     | 254 a            | 10.614 a |

Na semeadura realizada em 17 novembro foi observado os menores valores médios de altura de planta e acúmulo de matéria seca na biomassa da parte aérea, possivelmente, consequência do menor índice de área foliar observada nessa época de semeadura, nas avaliações realizadas aos 72 e 96 dias após a semeadura, conforme citado na tabela 3. Mesmo tendo ocorrido redução de 12% na altura de planta e 20% no acúmulo de matéria seca, os valores médios obtidos na semeadura de 17 de novembro são cerca de três vezes maiores que os relatados por Aristides et al. (2009), para a crotalaria juncea semeada no CECA/UFAL em abril, reforçando a grande influência do nictoperíodo na fisiologia desse adubo verde.

Os acúmulos de matéria seca obtidos nas três primeiras épocas de semeadura, cerca de 13 t/ha, são de mesma ordem dos citados por Mendes et al. (2003), Oliveira et al. (2007), Oliveira et al. (2010) em diversos estudos conduzidos na Zona da Mata Mineira, também com a semeadura crotalaria juncea sendo realizada no período de início de outubro a início de novembro. Desta forma pode-se especular que a obtenção de plantas de crotalaria juncea com maior período juvenil deverá elevar a produção de matéria seca, uma vez que acúmulo de matéria seca da crotalaria semeadas em abril (ARISTIDES et al., 2009), logo no início do período chuvoso em Alagoas, são cerca de três vezes menor que os do presente estudo.

A crotalaria juncea devido ao rápido crescimento na fase inicial da cultura e ao porte elevado apresenta vantagem competitiva quando semeada em área infestadas por plantas daninhas, como observado por Mendes et al (2003). Esses autores semearam crotalaria juncea em área de grande infestação de capim marmelada (*Brachiaria plantaginea*) e verificaram grande competitividade da crotalaria juncea comparada com a gramínea, pois ocorreu redução de 60% na biomassa desta brachiaria, mas, por outro lado, o cultivo da crotalaria juncea aumentou em cerca de 120% o acúmulo de biomassa seca sobre o solo. Wutke & Arévalo (2006) em observações realizadas em área de reforma de canavial, em Piracicaba, SP, verificaram, em média e, em relação ao pousio, controle eficiente, pois o cultivo de adubos verdes reduziu a biomassa dos adubos verdes em mais de 80%, controle semelhante ao controle químico à base de sulfentazona. Os adubos verdes usados pelos autores foram: crotalaria juncea, cv IAC-1; crotalaria spectabilis; feijão-deporco; guandu, cv IAC-Fava Larga; lab-labe, cv IAC-697 e mucuna preta.

Estudos do potencial alelopático de folhas e hastes de crotalaria juncea foram desenvolvidos por Oliveira et al. (2011), usando extratos hidroalcoólicos. Os extratos hidroalcoólicos foram elaborados a partir de folhas, secas em estufa a 40 °C, moídas e maceradas em etanol. Realizaram-se três extrações, de sete dias cada. Os extratos foram reunidos e utilizados para o teste de atividade alelopática. Os extratos hidroalcoólicos foram dissolvidos em etanol, obtendo-se soluções com concentração de 0,25; 0,50; 1,0 e 2,0%. Disco de papéis de filtro Whatman n°. 1, impregnados com 1,0 ml dessas soluções, foram colocados em placas de Petri, transferindo-se a seguir 25 sementes de

alface para cada placa. Foram usadas cinco replicatas para cada concentração, incluindo-se uma testemunha. A germinação foi conduzida em fotoperíodo de 12 horas de luz / 12 horas de escuro, a 25°C, sendo os discos regados diariamente com água destilada. Os resultados dos testes de atividade alelopática confirmaram as observações de campo. A redução percentual da germinação, aos sete dias após iniciado os testes, foi de 47,5; 66,0; 75,3 e 95,9%, para as concentrações de extrato etanólico a 0,25; 0,50; 1,0 e 2,0%, respectivamente. No sétimo dia após iniciado os testes, o extrato etanólico a 0,25; 0,50; 1,0 e 2,0% causou, respectivamente, reduções de crescimento na radícula e no caulículo das plântulas de alface de 17,9 e 54,4; 34,9 e 69,3; 54,8 e 80,8 e, 88,9 e 97%, comparativamente à testemunha.

O acúmulo de nutrientes na biomassa da parte aérea da crotalaria juncea não foi influenciado pelas épocas de semeadura (Tabela 4), talvez devido à adubação orgânica realizada antes da semeadura e, a fertilidade do solo. Os valores médios de nitrogênio, fósforo e potássio acumulado na biomassa da parte aérea da crotalaria juncea foram, respectivamente, 265; 26 e 256 kg/ha, que são de mesma ordem de grandeza dos relatados por Amabile et al. (2000), Alvarenga et al. (1995), Duarte Júnior & Coelho (2008) e, Perin et al. (2004). Do total do nitrogênio acumulado na biomassa da parte aérea da crotalaria, aproximadamente 60% origina-se das associações simbióticas das raízes da leguminosa com as bactérias fixadoras de N<sub>2</sub> do ar atmosférico, resultando em aporte de quantidades expressivas deste nutriente ao sistema solo-planta (PERIN et al., 2004), contribuindo para maior sustentabilidade da cultura subsequente. Para efeito comparativo, cita-se o sulfato de amônio, um dos fertilizantes nitrogenados mais utilizados: em 100 kg desse fertilizante tem-se 20 kg de N, assim, para se obter 200 kg de N haveria necessidade de utilizar-se 1.000 kg de sulfato de amônio.

Atingir sustentabilidade, segundo Oliveira et al. (2010), significa reduzir, ou pelo menos estabilizar, a carga ambiental total criada pela totalidade das atividades de produção e, uma das maneiras de alcançar bons resultados, pode estar na mudança de tecnologia usada nesses sistemas ou a maneira como está sendo conduzida a produção. Assim, poder-se-ia pensar na inoculação das sementes de crotalaria juncea com bactérias fixadoras do nitrogênio do ar atmosférico como uma forma de aumentar a fixação biológica

do N<sub>2</sub> e o aporte de nitrogênio no sistema solo-planta. Entretanto, trabalhos conduzidos em três fazendas da Zona da Mata Mineira, duas Usinas da Zona da Mata Alagoana e em áreas experimentais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, mostraram que a inoculação das sementes de crotalaria com bactérias fixadoras do nitrogênio do ar atmosférico não aumentou o aporte de nitrogênio no sistema solo-planta (GAVA et al., 2011).

Uma das possíveis causas seria a elevada população nativa destas bactérias nos solos, entretanto, como citado por Ribeiro Júnior & Ramos (2006) e Gava et al. (2011), o fato de as leguminosas apresentarem alta nodulação com estirpes nativas não significa que aquelas bactérias tenham eficiência máxima, pois muitas dessas estirpes têm alta capacidade competitiva, dificultando a introdução de outras estirpes via inoculação das sementes. Uma das maneiras para avaliar a eficiência da população nativa é o estudo da resposta da leguminosa à adubação mineral e, nesses estudos, têm-se verificado que a associação simbiótica pode não fixar o nitrogênio atmosférico em quantidade suficiente, revelando, desta forma, que a eficiência desta associação precisa ser melhorada (OLIVEIRA et al, 2007; GAVA et al., 2011; OLIVEIRA et al, 2010). Rodrigues et al. (1994), conduziram estudo em um solo podzólico vermelho amarelo, série Itaguaí, para verificarem o efeito da inoculação das sementes de mucuna-preta com as estirpes de rhizobium BR-7701 e BR-7702 e, as de feijão de porco, com as estirpes BR-3102 e BR-2003. Os autores também observaram que a inoculação das sementes desses dois adubos verdes com rhizobium não gerou um aumento do acúmulo de matéria seca e de nitrogênio pelas plantas, uma vez que não houve diferença entre os tratamentos com sementes inoculadas e a testemunha. Esses autores citam ainda trabalhos anteriores nos quais se verificou que a inoculação de sementes de adubos verdes, com estirpes selecionadas de rhizobium, não resultou em aumento de acúmulo de matéria seca e de nitrogênio.

Outro item que deve ser mencionado é o aumento de produtividade da cana nas áreas de reforma de canavial, anteriormente cultivadas com crotalaria juncea. Para acúmulo de matéria seca pela crotalaria juncea, da ordem de 13 t/ha, têm-se observado incremento de produtividade no ciclo de cana-planta e primeira rebrota, variando de 20,8 a 40 t de colmos industrializáveis por hectare



(MASCARENHAS et al.,1994, WUTKE & ARÉVALO, 2006; OLIVEIRA et al., 2007, DUARTE JÚNIOR & COELHO, 2008; OLIVEIRA et al., 2010) que cobriram com folga os custos de produção, que variam, em preços equivalentes, de 8 a 12 t de colmos por hectare (MASCARENHAS et al.,1994; OLIVEIRA et al., 2010).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no presente estudo mostraram que a crotalaria juncea, semeada na primavera, tem grande potencial de acúmulo de matéria seca e nitrogênio;

O nictoperíodo influenciou no desenvolvimento da crotalaria juncea, tendo-se verificado efeito significativo da época de semeadura sobre o índice de área foliar, altura de plantas e acúmulo de matéria seca na biomassa da parte aérea, por outro lado, o acúmulo de N, P e K não foi influenciado pela época de semeadura;

O índice de área foliar das plantas originárias das semeaduras realizadas em 02 de outubro, 16 de outubro e 02 de novembro foram semelhantes e, cerca de 20% maiores que o das plantas da semeadura de 17 de novembro;

A redução do IAF na fase de crescimento das plantas repercutiu em menor desenvolvimento e acúmulo de matéria seca;

A quantidade de nitrogênio fixado/reciclado pela crotalaria juncea pode contribuir para maior sustentabilidade do sistema e aumento da produção da cultura subsequente, especialmente da cana-de-açúcar;

A implementação de um programa de seleção/obtenção de plantas de crotalaria juncea com período juvenil mais longo pode ser uma das alternativas para se aumentar o potencial de produção de matéria seca dessa leguminosa, para semeaduras realizadas no início do período chuvoso, sob noites crescentes.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p. 175-185, 1995.

ALVARENGA, R.C.; LARA CABEZAS, W. A.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 1, p. 25-36, 2001.

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

AMADO, T. J. C.; ALMEIDA, E. X.; DALL'AGNOL, I.; MATOS, A. T. **Determinação de cobertura do solo por adubos verdes**. Florianópolis: EMPASC, 1987. 6p. (Pesquisa em andamento, 78).

AMADO, T. J. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa do manejo do resíduo cultural de soja na redução das perdas de solo por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.13, p.251-257, 1989.

ARISTIDES, E. V. S.; CALHEIROS, A. S.; OLIVEIRA, M. W.; OLIVEIRA, T. B. A.; GAVA, G. J. C. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em adubos verdes utilizados em reforma de canavial. **XXXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 2009.

BERTOL, I.; SCHICH, J.; BATISTELA, O. Razão de perdas de solo e fator C para milho e aveia preta em rotação com outras culturas em três tipos de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.545-552, 2002.

CARCERES, N.T.; ALCARDE, J.C. Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). **STAB-Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.13, n.5, p.16-20, 1995.

DEMATTE, J. L. I. Recuperação e manutenção da fertilidade dos solos. **Informações Agrônomicas**, n 111, set., 2005.

DUARTE JÚNIOR, J. B.; COELHO, F. C. Adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.67, p. 723-732, 2008.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; COSTA, L. M.; ALVARENGA, R. C.; NEVES, J. C. L. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 11, p. 1355-1362, nov. 2001.

FERNANDES, M. F.; BARRETO, A. C.; EMÍDIO FILHO, J. Fitomassa de adubos verdes e controle de plantas daninhas em diferentes densidades populacionais de leguminosas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.34. n.9. p.1593-1600. 1999.

GAVA, G. J. C.; OLIVEIRA, M. W.; KOLIN, O. T.; ARISTIDES, E. V. S.; GOMES, L. A. Acúmulo de matéria seca e de nitrogênio por *crotalaria juncea*, *crotalaria spectabilis* e feijão de porco, inoculados com rhizobium. **XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, 1989. 201p.

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; COSTA, A. A.; ROSA, F. V.; COSTA, V. F. Efeito residual de leguminosa sobre rendimento físico e econômico da cana-planta. Campinas, **Instituto Agrônomo**, 1994.

MENDES, L. C.; BARBOSA, M. H. P.; OLIVEIRA, M. W.; ALBINO, G. D.; SOARES, M. R.; ANTONIAZZI JÚNIOR, R. L. Biomassa e nitrogênio na *crotalaria juncea* e na *Brachiaria plantaginea* em área de plantio de cana de ano e meio. **XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (CBCS)**. Ribeirão Preto. Anais do Congresso. Botucatu / UNESP/SBCS, 2003. CD.

OLIVEIRA, M. W.; FREIRE, F. M.; MACÊDO, G. A. R.; FERREIRA, J. J. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. In: **Informe Agropecuário**, v. 28, n.239, 2007. Belo Horizonte. p. 30-43.

OLIVEIRA, M.W.; BRIGHENTE, I. M.C.; A. OLIVEIRA, T. B. A.; GAVA, G. J. C.; ARISTIDES, E.V.S.; CARVALHO, A. T. Taxa de crescimento, acúmulo de nutrientes e atividade alelopática da *crotalaria juncea*. In: III Simpósio Brasileiro de Agricultura Sustentável. 2011. Viçosa. **Anais do...** III Simpósio Brasileiro de Agricultura Sustentável. 2011. CD ROM.

OLIVEIRA, T. B. A.; SELIG, P. M.; CAMPOS, L. M. S.; OLIVEIRA, M. W.; ARISTIDES, E. V. S. A adubação verde com *crotalaria juncea* por ocasião da reforma do canavial aumenta a produtividade e diminui os custos de produção. Ponencia apresentada al VIII Congreso Latinoamericano de Sociologia Rural, Porto de Galinhas, 2010. CD ROOM.

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, p. 35-40, 2004.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A; FURLANI, A.M.C., eds. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas & Fundação IAC (Boletim Técnico, 100), 1996. 255p.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A & FURLANI, A.M.C., eds. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas & Fundação IAC (Boletim Técnico, 100), 1996. 255p.

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

RODRIGUES, E. F.; DE-POLLI, H.; EIRA, P. A. Inoculação, calagem e adubação para mucuna-preta e feijão de porco num solo podzólico vermelhoamarelo. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v. 29, n.5, p. 807-814, 1994.

SOUZA, D. F. **A adubação verde e o problema dessa prática na lavoura canavieira paulista**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1953. 47p. Tese de doutorado.

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar. **Informações Agronômicas**, v. 97, p. 1-16.2002 (Encarte Técnico).

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