UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL - AGRONOMIA

CARACTERIZAÇÃO DE LEGUMINOSAS PARA ADUBAÇÃO VERDE DE CANAVIAIS EM SOLO DE TABULEIRO COSTEIRO, PENEDO, ALAGOAS

DANILO CÉSAR OLIVEIRA DE CERQUEIRA

RIO LARGO, ESTADO DE ALAGOAS, BRASIL
MARÇO DE 2011

DANILO CÉSAR OLIVEIRA DE CERQUEIRA

CARACTERIZAÇÃO DE LEGUMINOSAS PARA ADUBAÇÃO VERDE DE CANAVIAIS EM SOLO DE TABULEIRO COSTEIRO, PENEDO, ALAGOAS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Alagoas, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

Orientador: Prof. Dr. Gilson Moura Filho
Co-orientador: Prof. Dr. Abel Washington de Albuquerque

RIO LARGO, ESTADO DE ALAGOAS, BRASIL
MARÇO DE 2011

CARACTERIZAÇÃO DE LEGUMINOSAS PARA ADUBAÇÃO VERDE DE CANAVIAIS EM SOLO DE TABULEIRO COSTEIRO, PENEDO, ALAGOAS

DANILO CÉSAR OLIVEIRA DE CERQUEIRA

Dissertação defendida e aprovada em 25 de Março de 2011 pela banca examinadora:

Orientador:

Prof. Dr. Gilson Moura Filho
Unidade Acadêmica CECA/UFAL

Examinadores:

Prof. Dr. Abel Washington de Albuquerque
Unidade Acadêmica CECA/UFAL

Prof.ª Dr.ª Vilma Marques Ferreira
Unidade Acadêmica CECA/UFAL

Dr. José Valdemir Tenório da Costa
Usina Coruripe, Coruripe, Alagoas

OFEREÇO

Ao meu orientador acadêmico, Prof. Dr. Gilson Moura Filho

pelo excelente exemplo de profissionalismo,
pelo convívio no âmbito científico e
por ter criado de forma sábia todas as condições para a realização desse projeto.

AGRADECIMENTOS

Ao Soberano Deus, cujo nome é JEOVÁ, por me conferir o dom da vida e por me ensinar a vivê-la por meio das suas santas escrituras;

Aos meus pais, José Cláudio Freire de Cerqueira e Venise Maria Oliveira de Cerqueira, pelo amor abnegado com o qual têm me educado e pelo exemplo de pais carinhosos e generosos que sei que sempre serão;

Aos meus irmãos, Daniel César Oliveira de Cerqueira e Cláudia Danielle Oliveira de Cerqueira, pelo convívio familiar edificante e pelo estímulo fraterno que tanto me deu alegria para que eu perseverasse nos momentos difíceis;

À FAPEAL, pela concessão da bolsa de mestrado que serviu para financiar os meus deslocamentos até o local da pesquisa e também e para compra de parte dos materiais necessários para a execução desse projeto;

À coordenação e ao colegiado do curso de Pós-Graduação em Agronomia, pelo apoio concedido;

A todos os professores do CECA que de forma direta ou indireta me incentivaram a prosseguir na carreira acadêmica;

À Usina Paisa pela parceria com a UFAL para que essa pesquisa pudesse ser realizada de forma cabal;

À Usina Coruripe por também contribuir com essa pesquisa;

À Piraí Sementes, na pessoa do Sr. José Donizeti Carlos, por nos fornecer as sementes dos adubos verdes avaliados nesse trabalho;

Ao Técnico Agrícola Sr. Gerson, do corpo técnico da Usina Paisa, pela dedicação e apoio sincero na execução de cada etapa desse trabalho;

Aos trabalhadores rurais da equipe de experimentação agrícola da Usina Paisa, pela forma ordeira com a qual trabalharam sob minha supervisão no levantamento de dados biométricos dessa pesquisa;

Aos colegas do Laboratório de Solo, Água e Energia do CECA, William, Valdelane, Manoel, Fábio, Henrique, Leila, Adriano, Rubens, pelo apoio, contribuição e companheirismo;

Aos colegas de sala de aula que me apoiaram nas atividades acadêmicas e que, portanto, também são partícipes nessa conquista,

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram com aminha vida acadêmica e também que participaram na realização desse trabalho.

Caracterização de leguminosas para adubação verde de canaviais em solo de Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas

RESUMO GERAL

A expansão da área cultivada com cana-de-açúcar incorpora, a cada safra, regiões de solos pobres, de baixa fertilidade natural e baixa CTC. A adubação verde pode ser utilizada na renovação dos canaviais com grandes benefícios para o solo, no entanto, para cada condição edafoclimática faz-se importante um estudo para definir quais as leguminosas mais adequadas para servirem como adubos verdes e para avaliar os efeitos na cultura da cana-de-açúcar. Este trabalho experimental teve por objetivo caracterizar o crescimento e a extração de nutrientes de determinadas espécies de leguminosas utilizadas como adubos verdes e suas respectivas influências na produtividade e índices tecnológicos da cana-de-açúcar em solo de Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas. Este experimento foi desenvolvido em área de exploração comercial, na Fazenda Perocabinha, lote 25, Usina Paisa, situada no município de Penedo, Alagoas. A temperatura média característica da região é 25,8°C com média das máximas de 30,2°C e média das mínimas de 21,3°C. A precipitação média anual é de 1700 mm sendo que o período chuvoso se estende de Abril ao início de Setembro. A área experimental foi situada em Tabuleiro Costeiro em um Argissolo Amarelo Distrófico. Este trabalho foi organizado para ser executado em duas etapas. Na primeira fase foi realizado o plantio em arranjo experimental de algumas espécies leguminosas, fase implantada na época das chuvas, os tratamentos foram os seguintes: T1= *Crotalaria spectabilis*, T2= *Crotalaria juncea*, T3= *Crotalaria ochroleuca*, T4= *Crotalaria breviflora*, T5= *Feijão Guandu*, T6= Torta de filtro, T7= Testemunha. Na fase final, em sucessão à adubação verde, foi realizada a renovação do canavial apenas com uma variedade de cana-de-açúcar, a RB98579, que foi plantada sobre as mesmas parcelas experimentais com o intuito de avaliar a influência da adubação verde na produtividade da cultura. O experimento foi constituído por sete tratamentos, 5 repetições e suas parcelas apresentaram 70 m² (7m x 10m). O delineamento estatístico foi o de blocos casualizados e os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância. Após 100 dias de cultivo, foram realizadas todas as avaliações nas leguminosas e na cana-de-açúcar as medições foram realizadas no final do ciclo da cultura. Verificou-se que ocorrem diversas diferenças biométricas entre as leguminosas estudadas, a produção de fitomassa, o acúmulo nutricional e a eficiência nutricional também diferiram de um adubo verde para o outro. Constatou-se que há um ganho de 15 t ha^{-1} de cana-de-açúcar quando os canaviais são cultivados em sucessão a adubos verdes. O rendimento industrial é incrementado em 6 t ha^{-1} de açúcar quando se utiliza da adubação verde em canaviais.

Palavras-chave: adubos verdes, *Crotalaria*, cana-de-açúcar.

Characterization of leguminous green manure for sugarcane on soil of Coast Plains, Penedo, Alagoas

GENERAL ABSTRACT

The expansion of area cultivated with sugar cane incorporates every season, areas of poor soils, low fertility and low CEC. Green manure can be used in the renovation of the reeds with great benefits to soil, however, climate and soil for each condition it is important for a study to define the most suitable legumes to serve as green manure and to evaluate the effects of culture cane sugar. This experimental study aimed to characterize growth and nutrient uptake of certain species of legumes used as green manure and their influences on productivity and technological indices of cane sugar in the soil of the Coast Plains, Penedo, Alagoas. This experiment was conducted in the area of commercial exploitation, in Perocabinha Farm, Lot 25, Paisa Power Plant, located in the city of Penedo, Alagoas. The average temperature characteristic of the region is 25.8 ° C with maximum temperatures of 30.2 ° C and mean minimum of 21.3 ° C. The average annual precipitation is 1,700 mm and the rainy season extends from April to early September. The experimental area was located in a Coastal Board Hapludalf. This work was organized to run in two steps. In the first phase was carried out planting in the experimental arrangement of some legume species, phase implemented in the rainy season, the treatments were: T1= *Crotalaria spectabilis* T2= *Crotalaria juncea*, T3= *Crotalaria ochroleuca*, T4= *Crotalaria breviflora*, T5= pigeonpea, T6= Filter cake, T7 = Witness. In the final phase, in succession to green manure, were the renovation of the cane field with just one variety of cane sugar, RB98579, which was planted on the same plots with the aim of evaluating the influence of green manure on productivity culture. The experiment consisted of seven treatments, five replicates and their plots had 70 square meters (7m x 10m). The statistical design was randomized blocks and the results were subjected to analysis of variance. After 100 days of cultivation, all assessments were carried out in pulses and cane sugar measurements were made at the end of the cycle. There are several differences that occur between legumes studied, biomass production, nutrient accumulation and nutrient efficiency also differed by a green manure to another. It was found that a gain of 15 t ha^{-1} of cane sugar when sugar cane is grown in rotation green manures. The industrial output is increased by 6 t ha^{-1} sugar when using the green manure in cane fields.

Keywords: green manure, *Crotalaria*, sugar cane.

Lista de Figuras

Introdução **Pág.**

Figura 1. Experimento de Mestrado (CECA-UFAL) implantado na Usina Paisa, Penedo, AL. A= C. spectabilis aos 40 dias de cultivo com bom crescimento inicial. B= C. spectabilis aos 60 dias após o plantio. C= C. spectabilis aos 100 dias após o plantio. D= sementes da C. spectabilis..... **5**

Figura 2. Experimento de Mestrado (CECA-UFAL) implantado na Usina Paisa, Penedo, AL. A= C. juncea aos 40 dias de cultivo com crescimento inicial muito rápido. B= C. juncea aos 60 dias após o plantio. C= C. juncea aos 100 dias após o plantio. D= sementes da C. juncea..... **6**

Figura 3. Experimento de Mestrado (CECA-UFAL) implantado na Usina Paisa, Penedo, AL. A= sementes da C. ochroleuca. B= C. ochroleuca aos 40 dias de cultivo com crescimento inicial muito lento. C= C. ochroleuca aos 60 dias após o plantio. D= C. ochroleuca aos 100 dias após o plantio..... **8**

Figura 4. Experimento de Mestrado (CECA-UFAL) implantado na Usina Paisa, Penedo, AL. A= C. breviflora aos 40 dias de cultivo com crescimento inicial muito lento. B= C. breviflora aos 60 dias após o plantio com dificuldade de fechar a entrelinha. C= C. breviflora aos 60 dias após o plantio em panorama na parcela experimental. D= C. breviflora aos 100 dias após o plantio. E= sementes da C. breviflora..... **9**

Figura 5. Experimento de Mestrado (CECA-UFAL) implantado na Usina Paisa, Penedo, AL. A= Feijão Guandu (Cajanus cajan) aos 40 dias de cultivo com crescimento inicial muito lento. B= Feijão Guandu aos 60 dias após o plantio com ótimo fechamento da entrelinha. C= Feijão Guandu aos 100 dias após o plantio. D= detalhe das vagens verdes do Guandu..... **10**

Capítulo 1

Figura 1. Balanço hídrico e amplitude térmica por decêndio referente ao período de Janeiro a Dezembro de 2009, Usina Paisa, Penedo, Alagoas..... **19**

Figura 2. Experimento de Mestrado (CECA-UFAL) implantado na Usina Paisa, Penedo, AL. A= C. juncea aos 40 dias de cultivo com ótima taxa de crescimento inicial. B= C. juncea aos 60 dias após o plantio demonstrando ótimo efeito de supressão sobre as ervas daninhas..... **23**

Figura 3. Experimento de Mestrado (CECA-UFAL) implantado na Usina Paisa, Penedo, AL. A= Crescimento inicial muito baixo da C. breviflora (aos 40 dias após o plantio). B= Alta incidência de ervas daninhas na parcela com C. breviflora (aos 60 dias após o plantio)..... **23**

Capítulo 2

Figura 1. Balanço hídrico e amplitude térmica por decêndio referente ao período de Janeiro a Dezembro de 2009, Usina Paisa, Penedo, Alagoas..... **32**

Figura 2. Coleta de amostras de solo..... **33**

Figura 3. Fitomassa e distribuição de raízes de adubos verdes aos 100 dias de cultivo em Argissolo Amarelo Distrófico, Penedo (AL)..... **36**

Capítulo 3

Figura 1. Balanço hídrico e amplitude térmica por decêndio referente ao período de Janeiro a Dezembro de 2009, Usina Paisa, Penedo, Alagoas..... **46**

Capítulo 4

Figura 1. Balanço hídrico e amplitude térmica por decêndio referente ao período de Janeiro a Dezembro de 2009, Usina Paisa, Penedo, Alagoas..... **58**

Capítulo 5

Figura 1. Balanço hídrico e amplitude térmica por decêndio referente ao período de Janeiro a Dezembro de 2009, Usina Paisa, Penedo, Alagoas..... **73**

Lista de Tabelas

Capítulo 1		**Pág.**
Tabela 1.	Adubos Verdes, densidade de plantio, percentual de germinação das sementes utilizadas e especificação da cultivar utilizada.....	**19**
Tabela 2.	Produção de massa verde, porcentagem de massa seca (PMS) e produção de massa seca de adubos verdes, aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL).....	**21**
Tabela 3.	Descrição das características morfológicas das leguminosas aos 100 dias após o plantio (DAP), Penedo (AL).....	**22**
Tabela 4.	Descrição do número de plantas perdidas durante os 100 dias após o plantio (DAP), Penedo (AL).....	**24**
Capítulo 2		
Tabela 1.	Adubos Verdes, densidade de plantio, percentual de germinação das sementes utilizadas e especificação da cultivar utilizada.....	**33**
Tabela 2.	Fitomassa de raízes em adubos verdes, aos 100 dias após o plantio em Argissolo, Penedo (AL).....	**35**
Tabela 3.	Fitomassa de raízes rente as plantas, aos 100 dias de cultivo em Argissolo, Penedo (AL).....	**38**
Tabela 4.	Fitomassa de raízes na entrelinha, aos 100 dias após o plantio em Argissolo, Penedo (AL).....	**39**
Capítulo 3		
Tabela 1.	Adubos Verdes, densidade de plantio, percentual de germinação das sementes utilizadas e especificação da cultivar utilizada.....	**47**
Tabela 2.	Teor de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de adubos verdes, aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL).....	**48**
Tabela 3.	Quantidades médias de macronutrientes incorporados ao solo pelo cultivo de adubos verdes (parte aérea), aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL).....	**49**
Tabela 4.	Teor de Zn, Fe, Mn, Cu e B na parte aérea de adubos verdes, aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL).....	**50**

Tabela 5. Quantidades médias de micronutrientes incorporados ao solo pelo cultivo de adubos verdes, aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL)**.....** **51**

Capítulo 4

Tabela 1. Adubos Verdes, densidade de plantio, percentual de germinação das sementes utilizadas e especificação da cultivar utilizada**.....** **59**

Tabela 2. Eficiência de Absorção (EAP), de Translocação (ETP), de Utilização (EUP), de Conversão de Biomassa do Fósforo (ECP) e o Conteúdo Total (CTP) desse elemento em adubos verdes, aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL)**.....** **60**

Tabela 3. Eficiência de Absorção (EACa), de Translocação (ETCa), de Utilização (EUCa), de Conversão de Biomassa do Cálcio (ECCa) e o Conteúdo Total (CTCa) desse elemento em adubos verdes, aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL)**.....** **61**

Tabela 4. Eficiência de Absorção (EAMg), de Translocação (ETMg), de Utilização (EUMg), de Conversão de Biomassa do Magnésio (ECMg) e o Conteúdo Total (CTMg) desse elemento em adubos verdes, aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL)**.....** **62**

Tabela 5. Eficiência de Absorção (EAN), de Translocação (ETN), de Utilização (EUN), de Conversão de Biomassa do Nitrogênio (ECN) e o Conteúdo Total (CTN) desse elemento em adubos verdes, aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL)**.....** **63**

Tabela 6. Eficiência de Absorção (EAK), de Translocação (ETK), de Utilização (EUK), de Conversão de Biomassa do Potássio (ECK) e o Conteúdo Total (CTK) desse elemento em adubos verdes, aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL)**.....** **64**

Tabela 7. Eficiência de Absorção (EAS), de Translocação (ETS), de Utilização (EUS), de Conversão de Biomassa do Enxofre (ECS) e o Conteúdo Total (CTS) desse elemento em adubos verdes, aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL)**.....** **65**

Capítulo 5

Tabela 1. Adubos Verdes, densidade de plantio, percentual de germinação das sementes utilizadas e especificação da cultivar utilizada..... **73**

Tabela 2. Índices Tecnológicos [Brix, Pol da cana corrigida (PCC) e Fibra] da cana-de-açúcar (RB92579) cultivada até os 12 meses, Penedo (AL)..... **75**

Tabela 3. Índices Tecnológicos [Pureza, Açúcares Redutores (AR), Açúcares Redutores Totais (ART)] da cana-de-açúcar (RB92579) cultivada até os 12 meses, Penedo (AL)..... **76**

Tabela4. Açúcares Totais Recuperáveis (ATR), Produtividade Agrícola (TCH) e Produtividade Industrial (TPH) da cana-de-açúcar (RB92579) cultivada até os 12 meses, Penedo (AL)..... **77**

SUMÁRIO

Pág.

Introdução Geral..... 1

Revisão de Literatura..... 3

Capítulo 1: Fitomassa da parte aérea e características morfológicas de adubos verdes cultivados em solo de Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas**..... 14**

Resumo..... 15

Abstract..... 15

Introdução..... 16

Material e Métodos..... 18

Resultados e Discussão..... 21

Conclusões..... 25

Literatura Citada..... 25

Capítulo 2: Fitomassa e distribuição de raízes de adubos verdes cultivados em solo de Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas**..... 28**

Resumo..... 29

Abstract..... 29

Introdução..... 30

Material e Métodos..... 32

Resultados e Discussão..... 35

Conclusões..... 39

Literatura Citada..... 40

Capítulo 3: Teor e acúmulo nutricional de adubos verdes cultivados em Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas**..... 42**

Resumo..... 43

Abstract..... 43

Introdução..... 44

Material e Métodos..... 46

Resultados e Discussão..... 48

Conclusões..... 51

Literatura Citada..... 52

Capítulo 4: Eficiência nutricional dos macronutrientes em adubos verdes cultivados em solo de Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas**..... 54**

Resumo..... **55**
Abstract..... **55**
Introdução..... **56**
Material e Métodos..... **58**
Resultados e Discussão..... **60**
Conclusões..... **66**
Literatura Citada..... **66**
Capítulo 5: Produtividade agrícola e rendimento industrial da cana-de-açúcar em sucessão à adubação verde em Penedo, Alagoas..... **69**
Resumo..... **70**
Abstract..... **70**
Introdução..... **71**
Material e Métodos..... **72**
Resultados e Discussão..... **75**
Conclusões..... **78**
Literatura Citada..... **78**

INTRODUÇÃO GERAL

Caracterização de leguminosas para adubação verde de canaviais em solo de Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas

INTRODUÇÃO GERAL

A adubação verde com leguminosas nos solos de Tabuleiros Costeiros de Alagoas pode resultar em grandes benefícios: ganho de matéria orgânica (Teodoro et al., 2009) e nutrientes minerais (Brenes, 2003) para o solo, reciclagem dos nutrientes (Ricci et al., 2005; Silva et al., 2002) para as camadas mais superficiais e em formas mais facilmente assimiláveis, melhoria na estrutura do solo (Latif et al., 1992), especificamente na sua porosidade e na capacidade de reter água (Griffith et al., 1986) e nutrientes, favorece o desenvolvimento e distribuição radicular da cultura implantada na seqüência de uma adubação verde (Chaves, 2000), além de trazer uma ótima contribuição para a biota do solo e supressão contra o crescimento de ervas daninhas (Pereira, 2004).

Realizaram-se muitos experimentos com a utilização de leguminosas na adubação verde de solos pobres. Entre as espécies estudadas estavam *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria breviflora* e *Crotalaria ochroleuca*. Eles avaliaram, além de outras variáveis, a produção de massa verde (MV), de massa seca (MS) e a altura de planta no final do cultivo. Verificaram o seguinte: para *C. spectabilis* (MV de 20000-30000 kg ha^{-1}, MS de 4000-6000 kg ha^{-1} e altura de 1,2-1,5 m), para *C. juncea* (MV de 50000-70000 kg ha^{-1}, MS de 15000-20000 kg ha^{-1} e altura de 2,0-3,0 m), para *C. ochroleuca* (MV de 20000-30000 kg ha^{-1}, MS de 7000-10000 kg ha^{-1} e altura de 1,5-2,0 m) e para *C. breviflora*(MV de 15000-20000 kg ha^{-1}, MS de 2000-3000 kg ha^{-1} e altura de 0,8-1,0m) (Luz et al., 2005).

Para cada condição edafoclimática faz-se importante um estudo para definir quais as espécies mais adaptadas para servirem como adubo verde. A capacidade de acumular nutrientes e a eficiência na utilização nutricional são características muito ligadas a cada genótipo. A interação da espécie com as condições ambientais resultam em diferentes resultados quanto à produção de biomassa e o teor nutricional encontrado nesse material.

Apesar dos comprovados benefícios da adubação verde nos canaviais são poucos os trabalhos de avaliação das leguminosas como adubos verdes no estado de Alagoas. Este trabalho experimental teve por objetivo caracterizar o crescimento e a extração de nutrientes de determinadas espécies de leguminosas utilizadas como adubos verdes e suas respectivas influências na produtividade e índices tecnológicos da cana-de-açúcar em solo de Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas.

REVISÃO DE LITERATURA

Os solos de Tabuleiro Costeiro do estado de Alagoas são, em geral, solos naturalmente pobres e de baixa capacidade de troca catiônica. E atualmente, a maior parte dos solos agricultáveis de Alagoas encontra-se sob intensa taxa de extração de nutrientes por meio do cultivo da cana-de-açúcar. A prática da adubação verde com leguminosas resulta em benefícios físicos, químicos e biológicos para o solo. Para exemplificar alguns desses benefícios podem ser citados: a redução da erosão, a descompactação, a estruturação e aeração, o aumento do teor de matéria orgânica (Chaves, 1999), a maior disponibilidade de nitrogênio (Brenes, 2003), a redução da incidência de vegetação espontânea (Pereira, 2004), a reciclagem de nutrientes (Ricci et al., 2005; Silva et al., 2002) e a diminuição na infestação de pragas nas culturas de interesse econômico.

As leguminosas possuem características peculiares que influenciam muito na escolha dessa família de plantas para a adubação verde (Barreto & Fernandes, 2001). Essas plantas conseguem realizar a fixação biológica do N_2 atmosférico e aproveitar esse nutriente para a formação de biomassa e para acúmulo na sua parte aérea, isso ocorre de forma biológica graças à associação simbiótica das raízes das leguminosas com bactérias do gênero Rhizobium. Além dessa característica, as leguminosas possuem um sistema radicular pivotante e aprofundam de modo eficaz suas raízes mesmo em solos com camadas adensadas (Foloni et al., 2006).

No final do ciclo dos adubos verdes, com a decomposição da biomassa produzida ocorre o aporte de matéria orgânica para o solo e com a decomposição das raízes formam-se os bioporos, canalículos que facilitam a infiltração e retenção de água no solo. Os bioporos são mais estáveis do que poros formados por implementos mecânicos, devido a pressão exercida lateralmente pela raiz à medida que esta cresce dentro do poro, e pela ação de microrganismos que atuam na decomposição da mucilagem produzida pela raiz (Cresswell & Kirkegaard, 1995).

As leguminosas também possuem excelente eficiência de absorção de nutrientes e isso resulta em uma ótima reciclagem de nutrientes que inclui a recuperação de nutrientes lixiviados para as camadas sub-superficiais (20 – 40 cm e 40 – 60 cm) como o potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), e o nitrogênio na forma de nitrato (NO_3^-), além de elementos de baixa mobilidade e que possuem problema de fixação junto aos

colóides do solo como o fósforo (P) e o Molibdênio (Mo) em algumas regiões(Silva et al., 2002).

Para uma adubação verde ser eficaz quanto à possibilitar ganho de fertilidade para o solo, tem que haver um bom acúmulo nutricional na biomassa produzida pelos adubos verdes. Teodoro et al. (2009) avaliaram leguminosas quanto à produção de fitomassa da parte aérea e quanto ao acúmulo de macronutrientes. Constataram que essas espécies acumulam considerável massa de N, P e K, na seguinte ordem: N>K>P. Uma leguminosa do gênero Crotalaria chegou a acumular 547,60 kg ha^{-1} de N, 66,70 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 211,10 kg ha^{-1} de K_2O.

No entanto, os adubos verdes geralmente são cultivados em solos degradados e de baixa fertilidade, por isso as leguminosas utilizadas nessas áreas precisam ter uma excelente eficiência nutricional (Rozane et al., 2007). Para determinar a eficiência nutricional de uma planta primariamente pode se observar o índice da eficiência de absorção que indica a capacidade que a planta possui para extrair certo nutriente do solo, a extensão do sistema radicular e a taxa de influxo do nutriente são muito importantes para se calcular esse índice. Em seguida, observa-se o índice da eficiência de translocação que demonstra a capacidade que a planta possui de encaminhar o nutriente absorvido nas raízes para a parte aérea, onde será utilizado para a produção de biomassa, por exemplo. Outro índice fundamental é o índice da eficiência de utilização que é a capacidade que uma planta possui de redistribuir e reutilizar um nutriente mineral de órgãos senescentes. E finalmente, o índice da eficiência de conversão que demonstra a capacidade de produção de biomassa a partir de cada unidade de um nutriente absorvido.

Crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis*)

Leguminosas tropicais como a *Crotalaria spectabilis* têm ampla utilização na agricultura como adubo verde, cobertura morta, fixação de nitrogênio, controle de nematóides e reciclagem de nutrientes, entre outras.

A *Crotalaria spectabilis* é uma planta anual, de crescimento ereto e determinado, podendo atingir altura de 1,0 a 1,5 m, com potencial de produção de matéria seca de 4 a 6 t ha^{-1} (Figura 1). Esta espécie é de ampla adaptação ecológica, recomendada para adubação verde, com crescimento inicial lento (Favero et al., 2001), sendo sugerida como planta-armadilha em solos infestados por nematóides formadores de galhas (Meloidogyne incógnita e M. javanica), por ser má hospedeira/não

multiplicadora dos mesmos (Wutke, 1993; Fahl et al., 1998) e também de Pratylenchus spp. (Monteiro, 1993) e do nematóide do cisto - Heterodera spp.

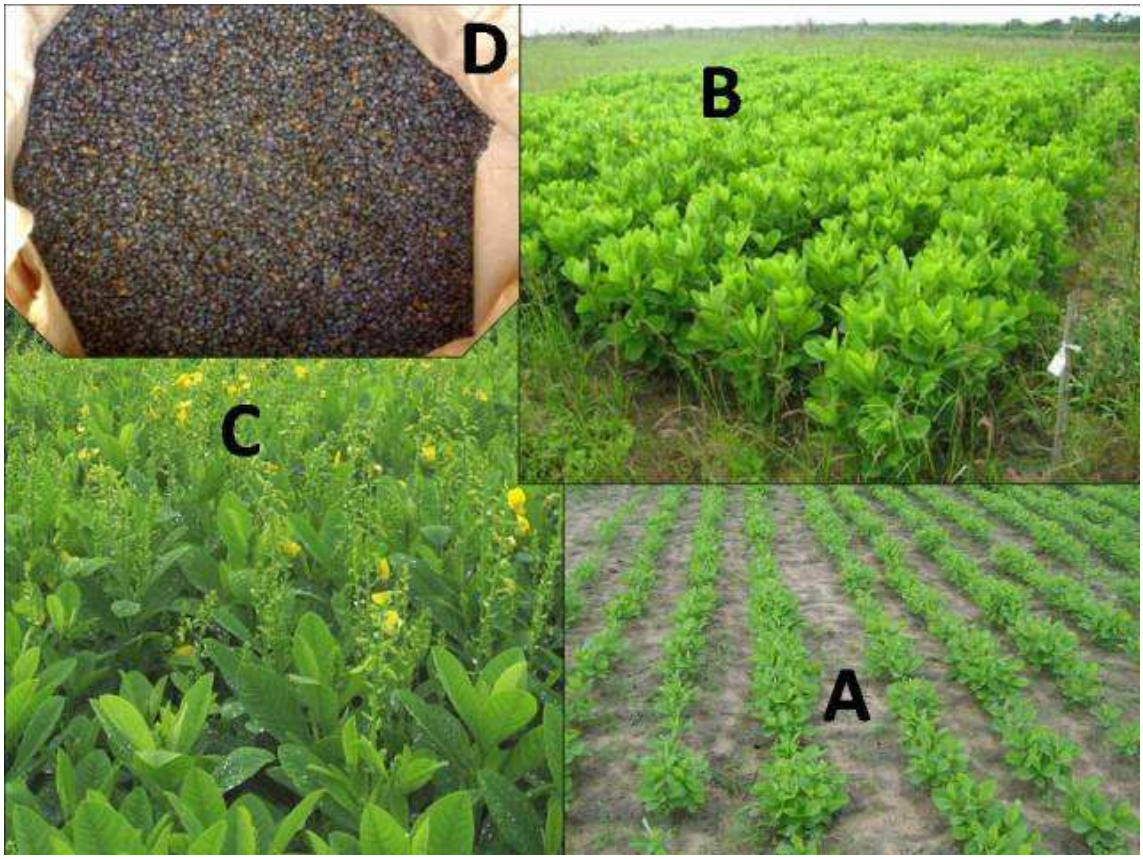

Figura 1. Experimento de Mestrado (CECA-UFAL) implantado na Usina Paisa, Penedo, AL. **A=** *C. spectabilis* aos 40 dias de cultivo com bom crescimento inicial. **B=** *C. spectabilis* aos 60 dias após o plantio. **C**= *C. spectabilis* aos 100 dias após o plantio. **D**= sementes da *C. spectabilis*.

Essa leguminosa fixa nitrogênio em torno de 100 a 160 kg ha^{-1} e apresenta melhoria da qualidade do solo, tal como fácil nodulação. Possui outra finalidade como a produção de fibras para a fabricação de papel. Devido ao seu porte baixo é bastante utilizada nas entrelinhas das lavouras de citros e café (Sodré Filho et al., 2004).

A Crotalária Spectabilis tem ação nematicida em *Meloidogyne javanica* e *Pratylencus brachyurus*, por isso, é o adubo verde mais indicado para o controle nas áreas com infestações mistas das duas espécies de nematóides das galhas e nematóides das lesões, portanto muito eficiente no seu controle.

Cultivar utilizada na adubação verde: Comum

Pleno florescimento: 100 a 120 dias para semeaduras em épocas mais favoráveis

Gasto de Sementes: 9-12 kg ha^{-1} e 12 a 15 kg ha^{-1}, para semeaduras em linha e a lanço, respectivamente.

Espaçamento entrelinhas: 50 cm; em semeaduras tardias recomendam-se espaçamentos menores.

Sementes: 25 a 40 sementes/m; 50 a 80 sementes m^{-2} (Fahl et al., 1998)

Crotalária Juncea (*Crotalaria juncea*)

A *Crotalaria juncea* é planta anual, arbustiva, de crescimento ereto e determinado podendo atingir de 3,0 a 3,5 m de altura (Figura 2), com potencial de produção de matéria seca em torno de 15 a 20 t ha^{-1}. Adapta-se bem em solos de média fertilidade, mas que sejam bem drenados.

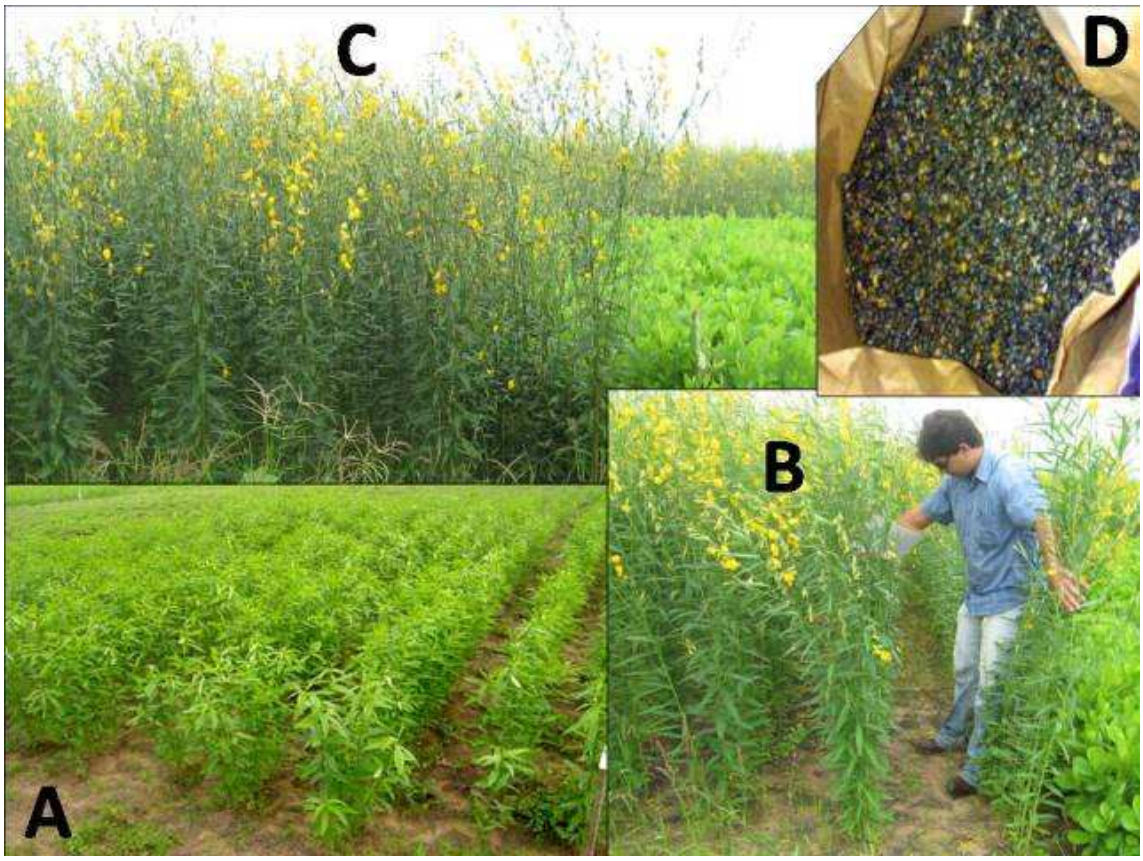

Figura 2. Experimento de Mestrado (CECA-UFAL) implantado na Usina Paisa, Penedo, AL. **A=** *C. juncea* aos 40 dias de cultivo com crescimento inicial muito rápido. **B=** *C. juncea* aos 60 dias após o plantio. **C**= *C. juncea* aos 100 dias após o plantio. **D**= sementes da *C. juncea*.

Essa espécie é originária da Índia, com ampla adaptação às regiões tropicais, as plantas 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 graníferas, é uma das espécies leguminosas de mais rápido crescimento inicial (Favero et al., 2001).

É uma planta melhoradora e recuperadora de solos, sendo muito utilizada em solos de café, cana de açúcar, milho, algodão, entre outras culturas de importância nacional.

Apresenta produção de biomassa variando em geral de 15-60 t ha^{-1} de massa verde, um bom sistema radicular melhorando a infiltração de água e boa capacidade de fixar nitrogênio e promover uma elevada reciclagem de vários nutrientes no perfil do solo, contribuindo para um aumento de rendimento nos cultivos posteriores (milho, soja, trigo, etc.) (Sodré Filho et al., 2004). Normalmente quase não tem problemas com pragas e/ou doenças. A *Crotalaria juncea* produz fibras e celulose de alta qualidade, próprias para a indústria de papel e outros fins, considerada leguminosa anual.

A *Crotalaria juncea* é muito eficiente na cobertura de solo, sendo considerada a campeã na produção de biomassa vegetal. No entanto, não resiste a geadas e, por isso, deve ser semeada entre Setembro e Janeiro nas regiões onde possam ocorrer geadas, estendendo-se até março em outros locais (Sodré Filho et al., 2004). Nas condições edafoclimáticas das regiões sul e sudeste, essa leguminosa é uma excelente opção para fixação de nitrogênio em torno de 300 a 400 Kg ha^{-1}, apresentando característica essencial para melhoria do solo como fácil nodulação. Além disso, é uma planta pouco exigente em água e responde como planta de dia curto, ou seja, seu florescimento ocorre mais cedo.

Cultivares utilizadas na adubação verde: IAC-1 e IAC-KR1.

Pleno florescimento: 120 a 140 dias para semeaduras em épocas mais favoráveis

Gasto de Semente: 25-40 e 30-50 kg ha-1, para semeaduras em linha e a lanço, respectivamente.

Espaçamento entrelinhas: 50 cm; em semeaduras tardias recomendam-se espaçamentos menores.

Sementes: 25 a 40 sementes/m; 50 a 80 sementes m^{-2} (Fahl et al., 1998)

Crotalária ochroleuca (*Crotalaria ochroleuca*)

A *Crotalaria ochroleuca* é uma leguminosa muito rústica e adaptada a condições de baixa fertilidade. Trata-se de uma planta anual, de crescimento arbustivo ereto, que pode atingir 1,5 a 2,0 m de altura (Figura 3). Foi introduzida na região dos Cerrados, devido à possibilidade de desenvolver-se em solos quimicamente “pobres” e com baixos teores de matéria orgânica. Apresenta potencial produtivo de 7 a 10 t ha^{-1} de matéria seca, podendo atingir valores de até 17 t ha^{-1} (Amabile et al., 2000).

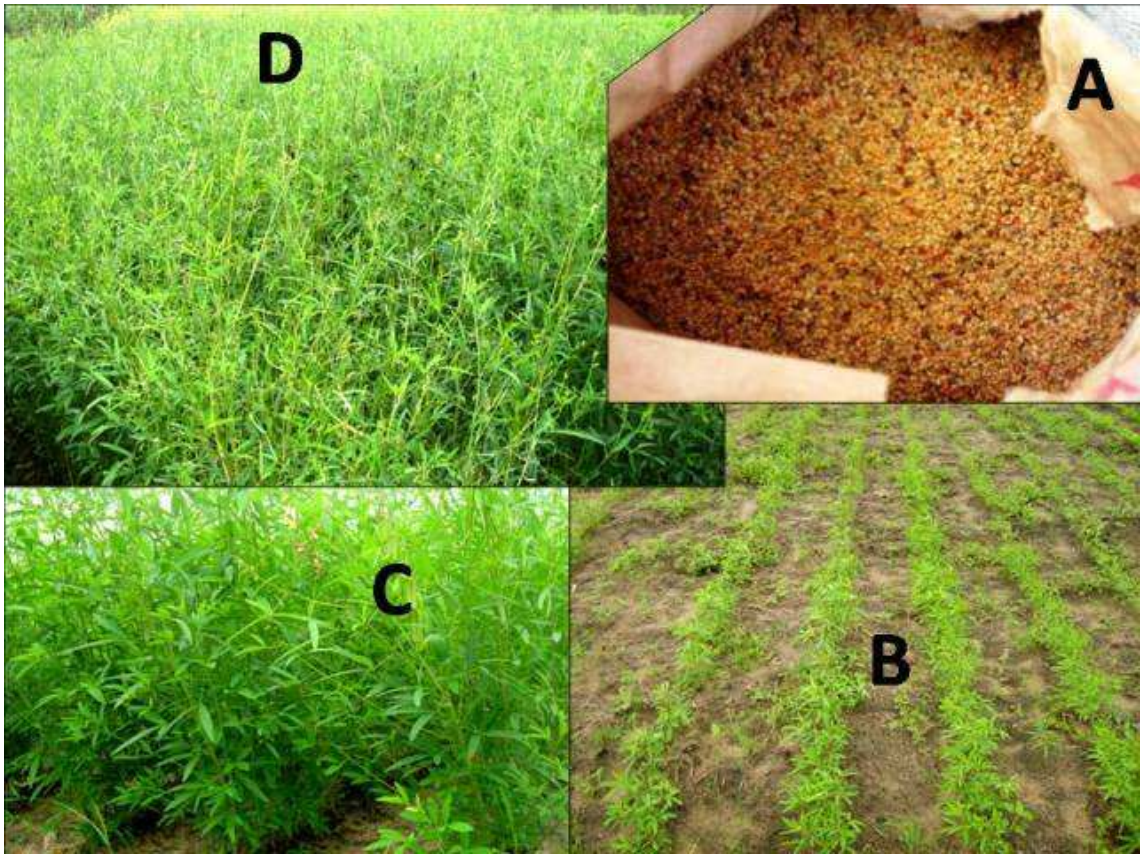

Figura 3. Experimento de Mestrado (CECA-UFAL) implantado na Usina Paisa, Penedo, AL. **A**= sementes da *C. ochroleuca*. **B=** *C. ochroleuca* aos 40 dias de cultivo com crescimento inicial muito lento. **C=** *C. ochroleuca* aos 60 dias após o plantio. **D**= *C. ochroleuca* aos 100 dias após o plantio.

Cultivar utilizada na adubação verde: Comum

Pleno florescimento: 90 a 100 dias

Gasto de Semente: 12 a 15 kg ha^{-1}, para semeaduras em linha e a lanço, respectivamente.

Espaçamento: 50 cm.

Sementes: 30 sementes/m; 75 sementes m^{-2} (Piraí Sementes, 2005)

Crotalária breviflora (*Crotalaria breviflora*)

A *Crotalaria breviflora* é uma leguminosas de porte baixo, no final do ciclo não atinge nem 1 m de altura, apresenta boa ramificação lateral, quase com um porte em forma de moita (Figura 4). Pelas suas características morfológicas pode ser utilizada nas entrelinhas das lavouras de café ou pomares, sem perda para a cultura de interesse quanto à exposição à luz solar. Essa leguminosa também é uma planta má hospedeira de nematóides, contribuindo para a diminuição da população destes no solo (Piraí Sementes, 2005; Costa, 1992).

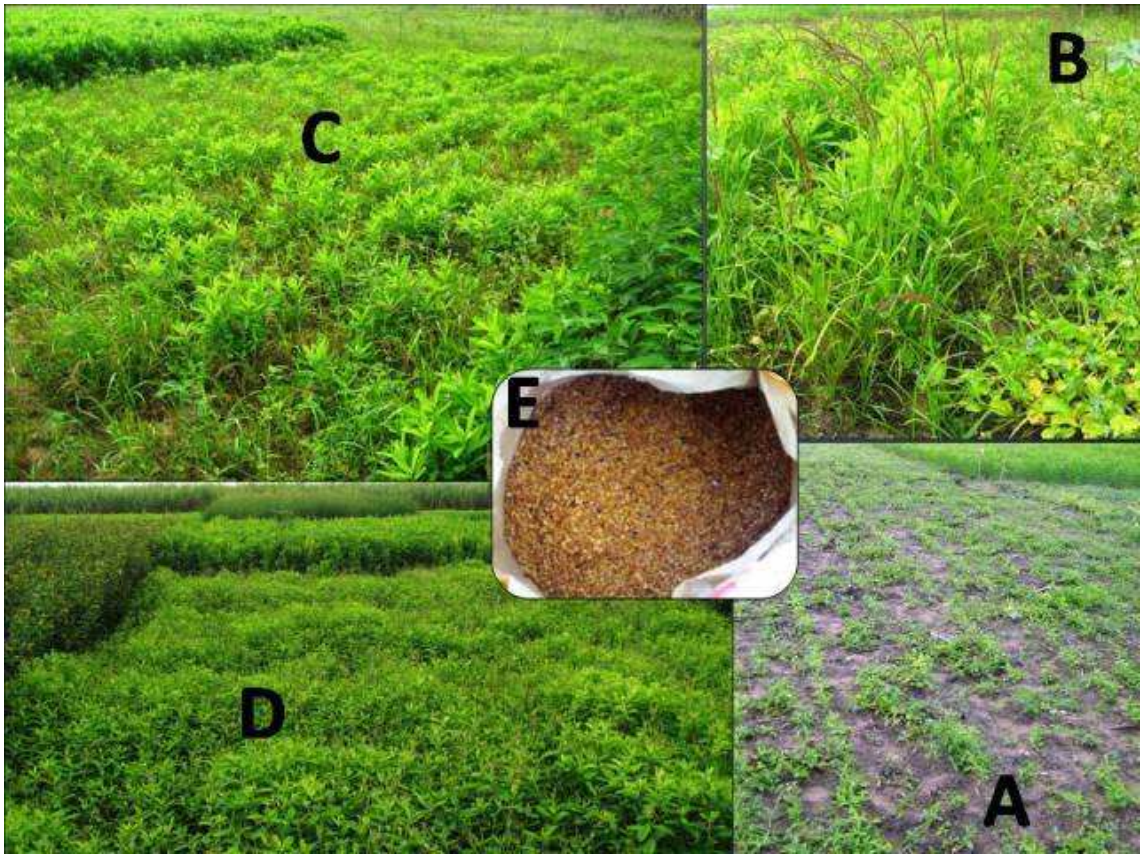

Figura 4. Experimento de Mestrado (CECA-UFAL) implantado na Usina Paisa, Penedo, AL. **A=** *C. breviflora* aos 40 dias de cultivo com crescimento inicial muito lento. **B=** *C. breviflora* aos 60 dias após o plantio com dificuldade de fechar a entrelinha. **C=** *C. breviflora* aos 60 dias após o plantio em panorama na parcela experimental. **D**= *C. breviflora* aos 100 dias após o plantio. **E**= sementes da *C. breviflora*.

Cultivar utilizada na adubação verde: Comum

Pleno florescimento: 100 a 120 dias para semeaduras em épocas mais favoráveis

Gasto de Sementes: 9-12 kg ha-1 e 12 a 15 kg ha-1, para semeaduras em linha e a lanço, respectivamente.

Espaçamento entrelinhas: 50 cm; em semeaduras tardias recomendam-se espaçamentos menores.

Sementes: 30 a 35 sementes/m; 75 a 80 sementes/m2 (Pirai Sementes, 2005)

Feijão Guandu (*Cajanus cajan*)

O guandu é uma leguminosa de porte ereto, com desenvolvimento inicial lento, ciclo predominantemente semi-perene, de múltiplos usos - adubo verde, alimentação humana e animal, quebra-ventos, e comumente cultivada nas regiões tropicais e subtropicais. Adaptada a uma ampla faixa de precipitação pluvial, é resistente à seca, desenvolvendo-se mais adequadamente em temperaturas mais elevadas, sobretudo na faixa de 18º a 30ºC, sendo obtidos, por ano, 8 a 12 t ha^{-1} de matéria seca. A maioria dos

genótipos é sensível ao fotoperíodo, havendo resposta positiva ao florescimento em dias curtos (Wutke, 1993; Fahl et al., 1998; Amabile et al., 2000).

No guandu ocorrem acentuadas reduções na duração da fase vegetativa e na produção de biomassa quando se adia sua semeadura para janeiro a março, quando os dias se tornam mais curtos, devido à sensibilidade ao fotoperíodo (Amabile et al., 2000). Essa espécie, quando semeada na primavera, pode-se atingir produção de até 13 t ha^{-1} de matéria seca (Barradas et al., 2001).

A maioria dos cultivares tem duração de ciclo normal, mas há aquele com ciclo curto, também conhecido como guandu anão, cujas plantas são anuais, de crescimento arbustivo ereto, com 1,0 a 1,2 m de altura e potencial de produção de 4 a 7 t ha^{-1} de matéria seca (Figura 5) (Calegari, 1995).

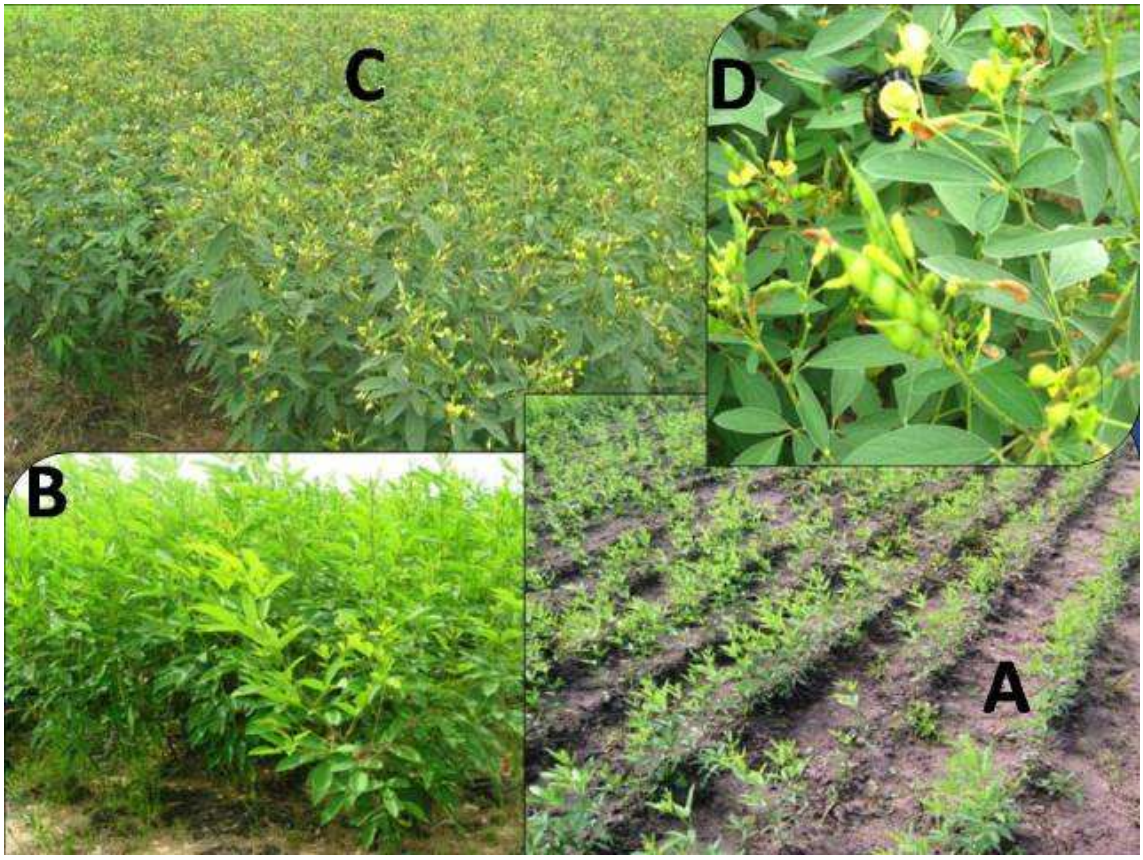

Figura 5. Experimento de Mestrado (CECA-UFAL) implantado na Usina Paisa, Penedo, AL. **A=** Feijão Guandu (*Cajanus cajan*) aos 40 dias de cultivo com crescimento inicial muito lento. **B=** Feijão Guandu aos 60 dias após o plantio com ótimo fechamento da entrelinha. **C=** Feijão Guandu aos 100 dias após o plantio. **D**= detalhe das vagens verdes do Guandu.

Cultivares utilizadas na adubação verde: Kaki e IAC-Fava Larga, de ciclo normal, e IAPAR-43-Aratã, de ciclo curto e porte anão.

Época de semeadura: outubro a março; até janeiro a produção de fitomassa é favorecida e as semeaduras mais tardias são recomendadas para produção de sementes.

Pleno florescimento: 150 a 180 dias (ciclo normal) e 90 a 120 dias (ciclo curto/anão)

Gasto de Sementes: a) para adubação verde: 60 a 80 kg ha^{-1}, para semeaduras em linhas e a lanço, respectivamente; b) para sementes: 20 a 60 kg ha^{-1}, dependendo do espaçamento adotado, para semeaduras em linhas. Para materiais de ciclo curto recomendam-se 25 a 30 kg ha^{-1}, para semeadura em linha e a lanço, respectivamente.

Espaçamento entrelinhas: a) para adubação verde: 50 cm; b) para sementes: 50 a 100 cm, em função da época de semeadura; para semeaduras mais tardias recomendam-se os menores espaçamentos.

Sementes: a) para adubação verde: 15 sementes/m ou 30 sementes/m^2; b) para sementes: 10 sementes/m ou 10 a 20 sementes/m^2; para materiais de ciclo curto recomendam-se 20 sementes/m ou 50 sementes/m^2 (Fahl et al, 1998).

LITERATURA CITADA

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

Barradas, C. A. A.; Freire, L. R.; Almeida, D. L.; De-Polli, H. Comportamento de adubos verdes de inverno na região serrana fluminense. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.36, p.1461-1468, 2001.

Barreto, A. C.; Fernandes, M. F. Recomendações técnicas para uso da adubação verde em solos de tabuleiros costeiros. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001, 24 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 19)

Brenes, L. Producción orgânica: algunas limitaciones que enfretan los pequenos productores. Manejo Integrado de Plagas y Agroecologia, Turrialba, n. 70, p. 7-13, 2003.

Calegari, A. Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná. Londrina: IAPAR, 1995. 118p. (IAPAR, Circular, 80)

Chaves, J. C. D. Efeito de adubação mineral, orgânica e verde sobre a fertilidade do solo, nutrição e produção do cafeeiro. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil,

1., 2000, Poços de Caldas, MG. Resumos Expandidos. Brasília, DF: Embrapa Café; Belo Horizonte: Minasplan, p. 1389-1392, 2000.

Chaves, J. C. D. Modelo para utilização de adubos verdes em lavouras cafeeiras. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 25, 1999, Franca-SP. Trabalhos Apresentados. Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, p. 179-180, 1999.

Costa, M.B.B. Adubação Verde no Sul do Brasil. AS-PTA, Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa. 1992. 346p.Cresswell, H. P. & Kirkegaard, J. A. Subsoil amelioration by plant roots – the process and the evidence. Aust. J. Soil Res., 33: 221-239, 1995.

Fahl, J.I.; Camaergo, M. B. P. de; Pizzinatto, M. A.; Betti, J. A.; Melo, A. M. T. de; de Maria, I. C.; Furlani, A. M. C. Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. Campinas, Instituto Agronômico, 6.ed. rev. atual. 1998. 396p. (Boletim 200).

Favero, C.; Jucksch, I.; Alvarenga, R. C.; Costa, L. M. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.36, p.1355-1362, 2001.

Foloni, J. S. S.; Lima, S. L.; Bull, L. T. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, n.1, p.49-57, 2006.

Griffith, D.R.; J.V. Mannering; J.E. Box. Soil and moisture management with reduced tillage. In: M.A. Sprague; G.B. Triplett (Eds.). No-tillage and surface-tillage agriculture: the tillage revolution. New York, Wiley, p.19-57, 1986.

Latif, M.A.; G.R. Mehuys; A.F. Mckenzie; I. Alli; M.A. Faris. Effects of legumes on soil physica and quality in maize crop. Plant and Soil, v.140, p.15-23, 1992.

Luz, P.H.C.; Vitti, G. C.; Quintino, T. A.; Oliveira de, D. B. Utilização de adubação verde na cultura da cana-de-açúcar. ESALQ, GAPE - Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Piracicaba, 2005, 53p.

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

Pereira, A. J. Produção de biomassa aérea e 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, p.68, 2004.

Piraí Sementes, Folhetos promocionais, http://www.pirai.com.br, 2005.

Ricci, M. S. F.; Alves, B. J. R.; Miranda, S. C.; Oliveira, F. F. Growth rate nutricional status of organic coffee cropping system. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 62, n. 2, p.138-144, 2005.

Rozane, D. E.; Prado, R. DE M.; Franco, C. F.; Natale, W. Eficiência de absorção, transporte e utilização de macronutrientes por porta-enxertos de caramboleira, cultivados em soluções nutritivas. Revista Ciência Agrotécnica, v. 31, n. 4, p. 1020-1026, 2007.

Silva, J. A. A. da; Vitti, G. C.; Stuchi, E. S.; Sempionato, O. R. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranjeira-'pêra'. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 24, n. 1, p. 225-230, abril, 2002.

Sodré Filho, J.; Cardoso, A. N.; Carmona, R.; Carvalho, A. M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.39, n.4, p.327-334, 2004.

Teodoro, R. B.; Oliveira, F. L. de; Silva, D. M. N. da; Favero, C. Produção de Fitomassa e Acúmulo de Nutrientes em Leguminosas Arbustivas, no Município de Turmalina – MG. Rev. Bras. De Agroecologia, v.4, n.2, 2009.

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

CAPÍTULO 1

Fitomassa da parte aérea e análise de crescimento de adubos verdes cultivados em solo de Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas

Fitomassa da parte aérea e análise de crescimento de adubos verdes cultivados em solo de Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas

Danilo César Oliveira de Cerqueira, Gilson Moura Filho, Abel Washington de Albuquerque & José Valdemir Tenório da Costa

RESUMO

A produção de fitomassa é uma das principais características de um adubo verde e em cada condição edafoclimática precisa ser avaliada. Os objetivos deste trabalho foram quantificar e comparar a massa seca da parte aérea e realizar uma análise de crescimento de cinco leguminosas utilizadas como adubo verde em solo de Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas. Este experimento foi realizado no campo, os adubos verdes foram cultivados em um Argissolo Amarelo distrocoeso, até os 100 dias após o plantio. Nessa fase foi colhida uma amostra de 1m² de cada parcela para a quantificação da fitomassa e também foram realizadas as medições biométricas para a análise de crescimento. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados através do teste de Scott Knott ao nível de 5 % de probabilidade. Verificou-se que a *Crotalaria spectabilis* ficou entre as mais produtivas quanto à fitomassa da parte aérea. Por outro lado, a *Crotalaria breviflora* não se desenvolveu bem nas condições edafoclimáticas avaliadas e foi a espécie de menor fitomassa. E a *Crotalaria juncea* destacou-se como a espécie de maior porte e de ótima produção de fitomassa.

Palavras-chave: leguminosa, adubação verde, matéria seca da parte aérea

Biomass of shoots and growth analysis of green manure grown in soil Coast Plains, Penedo, Alagoas

ABSTRACT

The biomass production is a major feature of a green manure and in every climate and soil condition must be assessed. Our objectives were to quantify and compare the dry mass of shoot and conduct a growth of five legumes used as green manure in soil Coast Plains, Penedo, Alagoas. This experiment was conducted in the field, the green manures were grown in an Ultisol distrocoeso until 100 days after planting. In this phase sample was collected from each plot of 1m ² for the quantification of biomass and also biometric measurements were taken for analysis of growth. Data were subjected to analysis of variance and compared by the Scott Knott test at 5% probability. It was found that the Crotalaria spectabilis was among the most productive in the biomass of shoots. On the other hand, Crotalaria breviflora not developed and evaluated in the environmental conditions and species was less biomass. And Crotalaria juncea stood out as the larger species and optimum biomass production.

Keywords: legumes, green manure, dry matter of shoot

INTRODUÇÃO

Os solos nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas, intensivamente cultivados com a cana-de-açúcar, encontram-se sob altos índices de extração para manter o crescimento e desenvolvimento dos canaviais, além disso, esses solos já são naturalmente pobres, apresentam baixa concentração de Ca e Mg, baixa capacidade de troca catiônica e baixo teor de matéria orgânica. E especialmente em solos muito arenosos, nos quais a capacidade de adsorver nutrientes e de reter água é muito reduzida, uma prática agrícola que forneça matéria orgânica para o solo é imprescindível para uma agricultura de qualidade (Heinrichs et al., 2005; Faria et al., 2007). Fernandes et al. (2007) referem-se a adubação verde como uma atividade fundamental para a exploração agrícola, economicamente viável, de solos de baixa fertilidade e pobres em matéria orgânica, em diversas partes do mundo.

A utilização de leguminosas como adubo verde nos solos de Tabuleiros Costeiros de Alagoas pode resultar em grandes benefícios: ganho de matéria orgânica (Teodoro et al., 2009) e nutrientes minerais (Brenes, 2003) para o solo, reciclagem dos nutrientes (Ricci et al., 2005; Silva et al., 2002) para as camadas mais superficiais e em formas mais facilmente assimiláveis, melhoria na estrutura do solo (Latif et al., 1992), especificamente na sua porosidade e na capacidade de reter água (Griffith et al., 1986) e nutrientes, favorece o desenvolvimento e distribuição radicular da cultura implantada na seqüência de uma adubação verde (Chaves, 2000), além de trazer uma ótima contribuição para a biota do solo e supressão contra o crescimento de ervas daninhas (Pereira, 2004).

Luz et al. (2005) realizaram uma série de experimentos com a utilização de leguminosas na adubação verde. Entre as espécies estudadas estavam *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria breviflora* e *Crotalaria ochroleuca*. Eles avaliaram, além de outras variáveis, a produção de massa verde (MV), de massa seca (MS) e a altura de planta no final do cultivo. Verificaram o seguinte: para *C. spectabilis* (MV de 20000-30000 kg ha^{-1}, MS de 4000-6000 kg ha^{-1} e altura de 1,2-1,5 m), para *C. juncea* (MV de 50000-70000 kg ha^{-1}, MS de 15000-20000 kg ha^{-1} e altura de 2,0-3,0 m), para *C. ochroleuca* (MV de 20000-30000 kg ha^{-1}, MS de 7000-10000 kg ha^{-1} e altura de 1,5-2,0 m) e para *C. breviflora*(MV de 15000-20000 kg ha^{-1}, MS de 2000-3000 kg ha^{-1} e altura de 0,8-1,0m).

Diversos outros trabalhos já foram realizados para quantificar a fitomassa da parte aérea de adubos verdes e para descrever a altura de planta no fim do cultivo, muitos resultados diferentes foram obtidos. Garcia (2002) observou que a *C. spectabilis* só produziu 1200 kg ha^{-1} de matéria seca e só atingiu 0,9 m de altura de planta. Perin et al. (2004) verificaram que a *C. juncea* produziu 9300 kg ha^{-1}, já Dourado et al. (2001) constataram um produção de 12400 kg ha^{-1} de matéria seca para a *C. juncea*. Carvalho et al. (2003) verificaram a *C. juncea* com altura de planta inferior a 2 m no final no cultivo.

Para cada condição edafoclimática faz-se necessário um estudo para definir quais as espécies mais adaptadas para servirem como adubo verde. A capacidade de acumular nutrientes e a eficiência na utilização nutricional são características muito ligadas a cada genótipo. A interação da espécie com as condições ambientais resultam em diferentes resultados quanto à produção de biomassa e o teor nutricional encontrado nesse material (Teodoro et al., 2009; Perin et al., 2004).

Apesar dos comprovados benefícios da adubação verde nos canaviais são poucos os trabalhos de avaliação das leguminosas como adubos verdes no estado de Alagoas. Os objetivos deste trabalho foram: (1) quantificar e comparar a massa seca da parte aérea e (2) realizar uma análise de crescimento de cinco leguminosas utilizadas como adubo verde em solo de Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas.

MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi conduzido na área destinada a ensaios da Usina Paisa, fazenda Perocabinha, lote 25, no município de Penedo, Alagoas. A temperatura média característica da região é 25,8 °C com média das máximas de 30,2 °C e média das mínimas de 21,3 °C. A umidade relativa do ar varia entre 65 % e 95 %. A precipitação média anual é de 1700 mm e o seu período chuvoso se estende de Abril ao início de Setembro. O solo está situado em Tabuleiro Costeiro e foi classificado como Argissolo Amarelo distrocoeso.

A área experimental havia sido deixada em condição de pousio por dois anos consecutivos. Não foi constatada necessidade para a prática de calagem. O preparo do solo foi realizado com duas gradagens com grade de discos de 20", e em seguida, sulcagem manual com enxadas, os sulcos ficaram com 3 cm de profundidade e com 50 cm de espaço entrelinhas.

Na época das chuvas, no dia 11 de Junho de 2009 foi realizado o plantio das leguminosas. Aos 100 dias após o plantio, no estágio de plena floração das leguminosas que ocorre quando cerca de 50 % das plantas já apresentam flores e algumas plantas já demonstram o início da maturação das suas vagens, ocorrida no dia 20 de setembro de 2009, foram realizados os levantamentos.

Durante o período do cultivo das leguminosas (de 11/06/2009 a 20/09/2009) a temperatura média foi de: 24,6 ºC, a média das mínimas foi de 20,2 ºC e a média das máximas de 29,0 ºC (Figura 1).

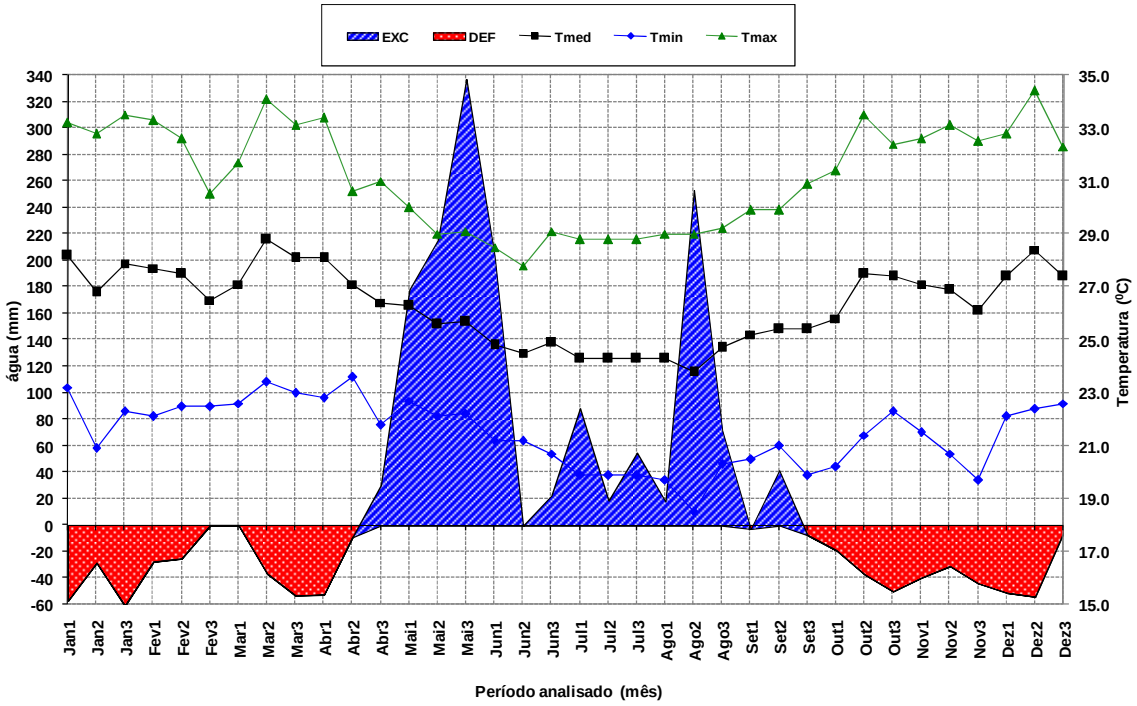

Figura 1. Balanço hídrico e amplitude térmica por decêndio referente ao período de Janeiro a Dezembro de 2009, Usina Paisa, Penedo, Alagoas.

As espécies avaliadas estão descritas na Tabela 1. O plantio foi realizado manualmente seguindo as recomendações de densidade de plantio (Tabela 1).

Tabela 1. Adubos Verdes, densidade de plantio, percentual de germinação das sementes utilizadas e especificação da cultivar utilizada

Adubo Verde	Nº de sementes / m	Germinação (%)	Cultivar
T1 = *Crotalaria spectabilis*	43	60	COMUM
T2 = *Crotalaria juncea*	27	60	IAC-KR-1
T3 = *Crotalaria ochroleuca*	45	75	COMUM
T4 = *Crotalaria breviflora*	35	75	COMUM
T5 = *Cajanus cajan* L (Guandu)	20	70	ARATA ANÃO

A massa verde das leguminosas foi determinada a partir de uma amostra de 1 m² colhida no centro de cada parcela experimental. Para a estimativa da massa seca foi triturada uma sub-amostra de 200 g da massa verde e mantida em estufa com ventilação forçada a 65 ºC até atingir massa constante.

A análise de crescimento das leguminosas foi realizada aos 100 dias de cultivo. Foram avaliadas as seguintes características:

1. *Diâmetro do caule de plantas:* medido com o auxílio de um paquímetro (em milímetro), a 15 cm da superfície do solo, em 10 plantas por parcela;
2. *Altura de plantas:* determinada em 10 plantas por parcela, medindo-se com uma trena desde a superfície do solo até a gema do ramo mais alto da planta;

3. *Número de ramos por planta:* realizada a contagem do número de ramos em 10 plantas por parcela;

4. *Número de plantas por metro linear:* foi determinado pela média do número de plantas encontrado em quatro metros lineares, sendo dois metros em uma linha central e mais dois metros em outra linha central de cada parcela.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco repetições. A parcela experimental teve 70 m² (7m x 10m) com área útil de 24 m^2 (3m x 8m). Os resultados obtidos referentes à massa verde, massa seca e análise de crescimento foram submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas entre si por meio do teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os adubos verdes estudados apresentaram diferenças significativas quanto à fitomassa de matéria verde e matéria seca. Também diferiram quanto à percentagem de massa de matéria seca (PMS) (Tabela 2).

Tabela 2. Produção de massa verde, porcentagem de massa seca (PMS) e produção de massa seca de adubos verdes, aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL)

Adubo Verde	Parte aérea das leguminosas de cobertura		
	Massa Verde	PMS	Massa Seca
	(Kg ha^{-1})	(%)	(kg ha^{-1})
C. spectabilis	35.320a	23,26c	8220a
C. juncea	22.960b	37,34a	8560a
C. ochroleuca	24.080b	31,52b	7520a
C. breviflora	18.080c	24,00c	4340c
Cajanus cajan	18.020c	33,32b	6020b
Média	23.692	29,89	6.932
C.V. (%)	15,85	7,33	12,85
QMR	14094330**	4,8004000**	793600,30**

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fitomassa da parte aérea

A *C. spectabilis* (8220 kg ha^{-1}), *C. juncea* (8560 kg ha^{-1}) e *C. ochroleuca* (7520 kg ha^{-1}) produziram a maior massa seca da parte aérea em relação às demais espécies estudadas. Superaram a produção de fitomassa do Guandu em 33 % e, a produção da *C. breviflora* em quase 100 % (Tabela 2).

A *C. breviflora* com 4340 kg ha^{-1} de massa seca na parte aérea foi a leguminosa menos produtividade. E na faixa intermédia, com 6020 kg ha^{-1}, ficou o feijão guandu.

Teodoro et al. (2009) observaram a *Crotalaria juncea*, a *Crotalaria spectabilis* e o *Cajanus cajan* no quesito produção de massa seca da parte aérea e verificaram os seguintes resultados: *C. juncea* (14.700 kg ha^{-1}), *C. spectabilis* (8.120 kg ha^{-1}) *C. cajan* (2.820 kg ha^{-1}). Possivelmente as menores produtividades encontradas neste trabalho estão relacionadas às condições de menor fertilidade do solo.

Apesar de ter ocorrido neste experimento que a *C. juncea* demonstrou a mesma capacidade produtiva de biomassa que *C. spectabilis* e *C. ochroleuca*, na média em torno de 8000 kg ha^{-1} (Tabela 2), em uma série de outros experimentos a *C. juncea* tem superado essas outras espécies, muitas vezes com o dobro e o triplo da biomassa produzida pelas demais, a massa seca fica entre 15000 – 20000 kg ha^{-1} (Teodoro et al., 2009; Luz et al., 2005).

A análise de crescimento realizada neste experimento revelou diferenças significativas para altura de planta, diâmetro do caule e número de ramos por planta nas cinco espécies de leguminosas cultivadas até os 100 dias após o plantio, conforme indicado na Tabela 3.

Tabela 3. Análise de crescimento das leguminosas aos 100 dias após o plantio (DAP), Penedo (AL)

Adubo Verde	H	D	NR
	(m)	(mm)	(u. a.)
C. spectabilis	1,47 C	6,62 A	130 A
C. juncea	2,15 A	8,02 A	30 C
C. ochroleuca	1,78 B	7,24 A	60 C
C. breviflora	0,90 E	4,90 B	60 C
Guandu Anão	1,28 D	6,82 A	90 B
Média	1,51	6,72	7,7
QMR	1,144**	6,617**	72,970**
CV %	6,7	16,3	34,7

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. H (Altura de planta), D (Diâmetro do caule a 20 cm do solo) e NR (Número de Ramos por 10 plantas).

Altura de Planta

Quanto à altura de planta (H) observa-se na Tabela 3 que os valores variam entre 0,90 e 2,15 m de acordo com as espécies de adubos verdes, apresentando uma média de 1,51 m. A leguminosa de porte mais alto foi a *C. juncea* (2,15 m) e a menor foi a *C. breviflora* (0,90 m). E apesar da *C. spectabilis* possuir um porte médio de 1,47 m percebeu-se que é uma altura muito boa, pois facilita o manejo do adubo verde.

No estado do Piauí em Tabuleiros Costeiros, Garcia (2002) cultivou por 100 dias a *C. spectabilis* que só atingiu 0,9 m de altura no período de plena floração, valor muito a quem do encontrado no presente trabalho. Isso comprova que essas leguminosas apresentam grandes variações na morfologia diante de diferentes condições climáticas.

Outros pesquisadores (Carvalho et al., 2003) verificaram que a *C. juncea* no estágio de plena floração atingiu altura também inferior em relação à encontrada neste trabalho. Após 105 dias do plantio obtiveram a *C. juncea* com altura média de 1,92 m. No entanto, o Guandu Anão cultivado por eles neste mesmo período atingiu uma altura bem superior a encontrada neste trabalho (1,74 m) (Tabela 3).

Todas as leguminosas foram avaliadas aos 100 dias de cultivo, porém foi observado que a *C. juncea* alcançou maior altura de planta. Esse evento destaca uma grande vantagem na utilização dessa espécie, além de ser uma planta arbustiva, de crescimento ereto e determinado, destaca-se pelo crescimento inicial muito rápido

(Figura 2) que é fundamental na redução da incidência de plantas daninhas (Luz et al., 2005).

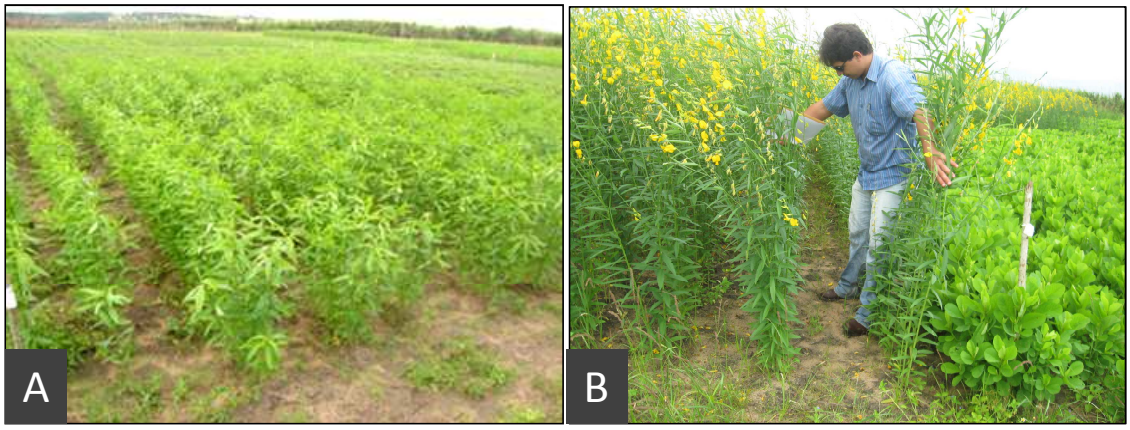

Figura 2. Experimento de Mestrado (CECA-UFAL) implantado na Usina Paisa, Penedo, AL. **A=** C. juncea aos 40 dias de cultivo com ótima taxa de crescimento inicial. **B=** C. juncea aos 60 dias após o plantio demonstrando ótimo efeito de supressão sobre as ervas daninhas.

Por outro lado, a *C. breviflora* possui uma taxa de crescimento e desenvolvimento muito baixo, conforme a Figura 3 demonstra. Por não conseguir atingir rapidamente um porte capaz de sombrear o espaço entre plantas há uma proliferação das ervas daninhas. Sem o controle dessas ervas fica inviável o cultivo dessa leguminosa no espaçamento de 0,5 m entrelinhas sem capina ou outra prática de controle do mato.

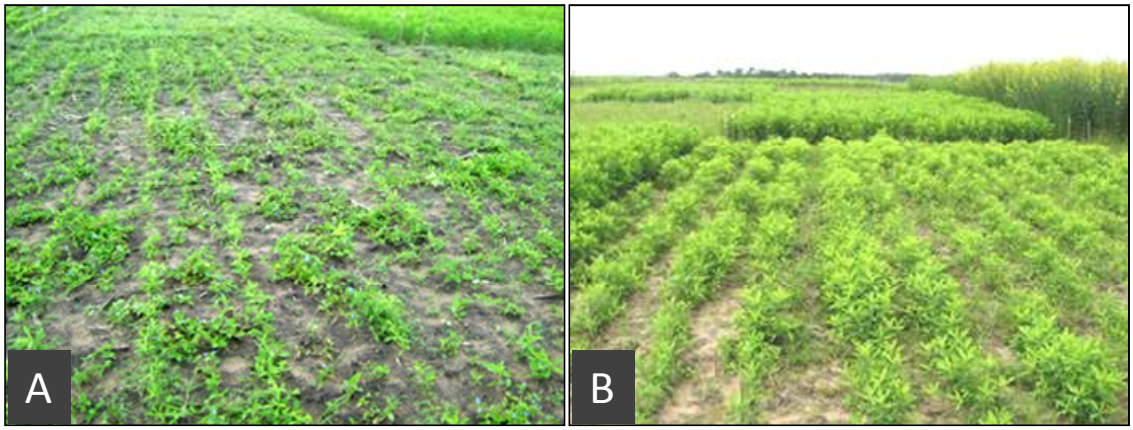

Figura 3. Experimento de Mestrado (CECA-UFAL) implantado na Usina Paisa, Penedo, AL. **A=** Crescimento inicial muito baixo da *C. breviflora* (aos 40 dias após o plantio). **B=** Alta incidência de ervas daninhas na parcela com *C. breviflora* (aos 60 dias após o plantio)

Diâmetro do caule

No quesito diâmetro do caule (D) (Tabela 3), percebeu-se que quatro das cinco leguminosas apresentaram um diâmetro de caule similar que pode ser representado pela média de 6,72 mm. No entanto, apenas a *C. breviflora* ficou a quem, verificou-se um diâmetro médio de 4,90 mm.

Em um trabalho que se avaliou a fitomassa da *Crotalaria juncea* foi determinado o valor médio de diâmetro para o caule, que atingiu 10,3 mm (Dourado et al., 2001). Esse diâmetro médio, além de ser bem maior do que o encontrado neste trabalho (8,02 mm) foi conseguido sob a condição de plantio adensado (20 plantas por metro linear). Isso indica o elevado potencial produtivo de fitomassa que a *C. juncea* possui. Em uma condição boa de fertilidade do solo provavelmente apresentará plantas mais desenvolvidas com caules mais espessos e consecutivamente mais produtivos quanto à produção de massa seca.

Número de ramos/10 plantas

O número de ramos variou em média de 30 para 130 unidades por 10 plantas, respectivamente entre *C. juncea* e a *C. spectabilis* (Tabela 3).

Alguns pesquisadores também contabilizaram o número de ramos na *Crotalaria juncea*, indicaram que aos 105 após o plantio possuía 110 ramos por grupo de 10 plantas (Dourado et al., 2001). Apesar do período de cultivo ser bastante próximo, o número de ramos foi muito superior ao do que o encontrado neste trabalho, provavelmente essa variação esta relacionada a uma condição edafoclimática mais favorecida, com solo mais fértil e maior disponibilidade hídrica.

Número de plantas por metro linear

Ocorreu um destaque muito grande para a *C. spectabilis* no número de plantas/metro, enquanto as outras leguminosas apresentaram entre 12 e 14 plantas por metro, a *C. spectabilis* apresentou 25 plantas (Tabela 4).

Tabela 4. Descrição do número de plantas perdidas durante os 100 dias após o plantio (DAP), Penedo (AL)

Adubo Verde	Sementes\ m	Germinação	Plantas\m 10 DAP	Plantas\m 100 DAP	Plantas\m PERDIDAS
C. spectabilis	43	60	26	25 A	1
C. juncea	27	60	16	14 B	2
C. ochroleuca	45	75	34	13 B	21
C. breviflora	35	75	26	12 B	14
Cajanus cajan	20	70	14	12 B	2
Média				15,3	
QM				154,334**	
CV %				32,1	

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A *C. spectabilis* apesar de apresentar altura de planta bem inferior (Tabela 3) ao da *C. juncea* iguala-se na produção de matéria seca da parte aérea (Tabela 2), isso está ligado ao fato que a *C. spectabilis* demonstra um maior número de ramos por planta e um maior número de plantas por metro linear (Tabela 4).

A recomendação do distribuidor indica uma densidade de sementes muito inferior para *C. juncea* (27 sementes por metro) em relação a *C. spectabilis* (43 sementes por metro) (Tabela 1), provavelmente isso esta relacionado à taxa de crescimento mais rápido da *C. juncea*, o que lhe possibilita estabelecer-se em menos tempo e sucumbir o crescimento de ervas daninhas.

Por outro lado, a taxa de crescimento inicial da *C. spectabilis* é baixa, graças a essa característica um maior número de plantas consegue se estabelecer porque a competição entre elas, por água, luz e nutrientes, é reduzida.

CONCLUSÕES

1. A *C. spectabilis* se destacou por estabelecer uma maior população de plantas na área e também por suas plantas possuírem maior número de ramos, proporcionando uma ótima produção de massa seca;
2. A *C. juncea* foi uma das leguminosas mais produtivas quanto à massa seca da parte aérea e também apresentou crescimento inicial mais rápido, isso possibilitou ótima supressão das ervas daninhas na área cultivada;
3. A *C. breviflora* foi a leguminosa menos produtiva quanto à massa seca da parte aérea nas condições edafoclimáticas locais, em solo de Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas.

LITERATURA CITADA

Brenes, L. Producción orgânica: algunas limitaciones que enfretan los pequenos productores. Manejo Integrado de Plagas y Agroecologia, Turrialba, n. 70, p. 7-13, 2003.

Carvalho de, S. R. L.; Rezende de, J. O.; Fernandes, J. C.; Pereira, A. P. Cinética Do Crescimento De Leguminosas E Gramíneas Com Alto Poder Relativo De Penetração De Raízes Em Solo Coeso Dos Tabuleiros Costeiros Do Recôncavo Baiano. Magistra, Cruz das Almas - BA, v. 15, n. 2, 2003.

Chaves, J. C. D. Efeito de adubação mineral, orgânica e verde sobre a fertilidade do solo, nutrição e produção do cafeeiro. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. Resumos Expandidos. Brasília, DF: Embrapa Café; Belo Horizonte: Minasplan, p. 1389-1392, 2000.

Dourado, M. C.; da Silva, T. R. B.; Bolonhezi, A. C. Matéria seca e produção de grãos de Crotalaria juncea L. submetida à poda e adubação fosfatada. Scientia Agricola, v.58, n.2, p.287-293, 2001.

Faria, C. M. B.; Costa, N. D.; Faria, A. F. Atributos químicos de um Argissolo e rendimento de melão mediante o uso de adubos verdes, calagem e adubação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, n.2, p.299-307, 2007.

Fernandes, A. R.; Morais, F. I. de O.; Linhares, L. C. F.; SILVA, G. R. Produção de matéria seca e eficiência nutricional para P, Ca e Mg em leguminosas herbáceas. Acta Amazonica, v. 37, n.2,p.169 – 176, 2007.

Garcia, L. F. Introdução e avaliação de leguminosas para adubação verde em solos arenosos de tabuleiros costeiros do Piauí. Rev. Fac. Agron, Maracay,v.28, p. 93-103, 2002.

Griffith, D.R.; J.V. Mannering; J.E. Box. Soil and moisture management with reduced tillage. In: M.A. Sprague; G.B. Triplett (Eds.). No-tillage and surface-tillage agriculture: the tillage revolution. New York, Wiley, p.19-57, 1986.

Heinrichs, R.; Vitti, G. C.; Moreira, A.; Figueiredo, P. A. M.; Fancelli, A. L.; Corazza, E. J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, n.1, p.71-79, 2005.

Latif, M.A.; G.R. Mehuys; A.F. Mckenzie; I. Alli; M.A. Faris. Effects of legumes on soil physica and quality in maize crop. Plant and Soil, v.140, p.15-23, 1992.

Luz, P.H.C.; Vitti, G. C.; Quintino, T. A.; Oliveira de, D. B. Utilização de adubação verde na cultura da cana-de-açúcar. ESALQ, GAPE - Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Piracicaba, 2005, 53p.

Pereira, A. J. Produção de biomassa aérea e 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, p.68, 2004.

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. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.39, n.1, p.35-40, 2004.

Ricci, M. S. F.; Alves, B. J. R.; Miranda, S. C.; Oliveira, F. F. Growth rate nutricional status of organic coffee cropping system. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 62, n. 2, p.138-144, 2005

Silva, J. A. A., Vitti, G. C., Stuchi, E. S., Sempionato, O. R. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranjeira-pêra. Revista Brasileira de Fruticultura, Cruz das Almas, v. 24, p. 225-230, 2002.

Teodoro, R. B.; Oliveira, F. L. de; Silva, D. M. N. da; Favero, C. Produção de Fitomassa e Acúmulo de Nutrientes em Leguminosas Arbustivas, no Município de Turmalina-MG. Rev. Bras. De Agroecologia, v.4, n.2, 2009.

CAPÍTULO 2

Fitomassa e distribuição de raízes de adubos verdes cultivados em solo de Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas

Fitomassa e distribuição de raízes de adubos verdes cultivados em solo de Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas

Danilo César Oliveira de Cerqueira, Gilson Moura Filho, Abel Washington de Albuquerque & José Valdemir Tenório da Costa

RESUMO

Os solos de Tabuleiro Costeiro apresentam camadas subsuperficiais adensadas, algumas leguminosas são capazes de romper essas camadas coesas e melhorar as condições de cultivo para a cultura seguinte. Objetivou-se nesta pesquisa quantificar a massa de raiz e caracterizar a distribuição do sistema radicular de cinco leguminosas utilizadas como adubo verde na região dos Tabuleiros Costeiros, Penedo, Alagoas. Este experimento foi realizado no campo, os adubos verdes foram cultivados em um Argissolo Amarelo distrocoeso, até os 100 dias após o plantio. Nesse momento foram colhidas amostras de solo de forma integral para a determinação de massa seca de raízes em cada camada do solo até os 100 cm de profundidade. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados através do teste de Scott Knott ao nível de 5 % de probabilidade. Verificou-se que a *Crotalaria spectabilis* foi a única espécie que aprofundou raízes até os 80 cm de profundidade e também foi a espécie com maior potencial para romper camadas adensadas no solo. Por outro lado, foi observado que a *Crotalaria juncea* e a *Crotalaria ochroleuca* produziram menor massa de raiz nas camadas subsuperficiais.

Palavras-chave: sistema radicular, adubação verde, camadas coesas do solo

Biomass and root distribution of cultivated green manure in soil of Coast Plains, Penedo, Alagoas

ABSTRACT

The soils of coastal subsurface layers have hardened, some legumes are able to break through these layers cohesive and better growing conditions for the next crop. The objective of this research was to quantify root mass and characterize the distribution of the root system of five legumes used as green manure in the region of Coastal Plains Penedo, Alagoas. This experiment was conducted in the field, the green manures were grown in an Ultisol distrocoeso until 100 days after planting. At this time soil samples were collected in full for the determination of dry mass of roots in each layer of soil to 100 cm deep. Data were subjected to analysis of variance and compared by the Scott Knott test at 5% probability. It was found that the *Crotalaria spectabilis* was the only species that has deepened the roots to 80 cm deep and was also the species with the greatest potential to break hardened layers in the soil. Moreover, we observed that the *Crotalaria juncea* and *Crotalaria ochroleuca* produced lower root mass in the deep layers.

Keywords: root system, green manure, cohesive soil layers

INTRODUÇÃO

A maior parte dos solos agricultáveis do estado de Alagoas encontra-se nos Tabuleiros Costeiros que apresentam, como uma das principais características, horizontes coesos situados, em geral, nas camadas de 30 a 60 cm de profundidade (Jacomine, 2001). Esses horizontes dificultam o crescimento radicular das culturas e geralmente são manejados com escarificação ou subsolagem mecânica, no entanto, a prática da adubação verde pode ser utilizada com efeitos sinergéticos (Barreto & Fernandes, 2001).

A utilização de leguminosas como *Crotalaria spectabilis, Crotalaria juncea, Crotalaria breviflora, Crotalaria ochroleuca* e *Cajanus cajan* traz diversos benefícios comprovados para solos pobres e de baixa capacidade de troca catiônica como os encontrados nos Tabuleiros Costeiros (Heinrichs et al., 2005; Faria et al., 2007), tais como: redução da erosão, descompactação, estruturação e aeração, aumento do teor de matéria orgânica (Chaves, 1999), maior disponibilidade de nitrogênio (Brenes, 2003), redução da incidência de vegetação espontânea (Pereira, 2004), reciclagem de nutrientes (Ricci et al., 2005; Silva et al., 2002) e diminuição na infestação de pragas nas culturas de interesse econômico.

Além da produção de biomassa da parte aérea que é uma característica muito importante das leguminosas utilizadas como adubos verdes, alcançando em média 15.000 kg ha^{-1} dependendo da condição de fertilidade do solo. Outras características são muito observadas na escolha de uma espécie para a prática da adubação verde: a quantidade de raiz produzida e a distribuição radicular nas camadas do solo (Scaranari & Inforzato, 1952). As raízes de crescimento pivotante e extensas das leguminosas podem romper camadas adensadas e estruturar as partes desagregadas do solo, conseguem alcançar camadas subsuperficiais e reciclar nutrientes minerais para a camada superficial (Chaves, 1999; Ricci et al., 2005).

O sistema radicular ramificado e profundo dessas plantas possibilita a recuperação de nutrientes lixiviados para as camadas sub-superficiais (20 – 40 cm e 40 – 60 cm) como o potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), e o nitrogênio na forma de nitrato (NO_3^-), além de disponibilizar, para as culturas subseqüentes, elementos de baixa mobilidade e que possuem problema de fixação junto aos colóides do solo como o fósforo (P) e o Molibdênio (Mo) (Silva et al., 2002).

Foloni et al. (2006) trabalharam avaliando o crescimento radicular de adubos verdes em camadas coesas e constataram que as plantas do gênero Crotalaria são muito

indicadas para a escarificação biológica com ótima formação de bioporos (canalículos formados durante o crescimento das raízes dos adubos verdes), há a formação desses canalículos à medida que as raízes se deterioram. Os bioporos são mais estáveis do que poros formados por implementos mecânicos, devido a pressão exercida lateralmente pela raiz à medida que esta cresce dentro do poro, e pela ação de microrganismos que atuam na decomposição da mucilagem produzida pela raiz (Cresswell & Kirkegaard, 1995).

A produção de fitomassa de raiz é uma característica muito importante. Algumas espécies possuem uma massa radicular mais extensa e mais profunda, que possibilita romper com facilidade camadas coesas do solo, outras espécies apresentam uma massa radicular pequena, mas com ótima capacidade de absorver nutrientes em baixa disponibilidade e isso favorece o estabelecimento de uma adubação verde em áreas degradadas e com problemas de baixa fertilidade (Fernandes et al., 2007).

Moura e Silva et al. (2002) pesquisaram em Petrolina (PE) a distribuição dos sistemas radiculares de leguminosas e observaram, por exemplo, que a *Crotalaria juncea* aprofundava raízes até a camada de 60 cm. O estudo de distribuição radicular dos adubos verdes é muito importante para se conhecer os perfis radiculares de cada espécie e também para poder identificar aquele adubo verde que possui um caráter mais decisivo na expansão radicular e que poderá ser mais efetivo para descompactar as camadas adensadas geralmente encontradas na subsuperfície dos solos de Tabuleiros Costeiros (Jacomine, 2001).

As espécies do gênero Crotalaria e o feijão guandu (*Cajanus cajan*) são descritos como leguminosas com ótima produção de raízes e com a capacidade de romper camadas subsuperficiais coesas no solo. Todavia, é de se esperar que essas espécies possuam características distintas quanto à fitomassa e distribuição radicular (Piraí Sementes, 2005).

Os objetivos desta pesquisa foram: (1) quantificar a massa seca de raiz e (2) caracterizar a distribuição do sistema radicular de cinco leguminosas utilizadas como adubo verde em solo de Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas.

MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi conduzido na área destinada a ensaios da Usina Paisa, fazenda Perocabinha, lote 25, no município de Penedo, Alagoas. A temperatura média característica da região é 25,8 °C com média das máximas de 30,2 °C e média das mínimas de 21,3 °C. A umidade relativa do ar varia entre 65 % e 95 %. A precipitação média anual é de 1700 mm e o seu período chuvoso se estende de Abril ao início de Setembro (Figura 1). O solo está situado em Tabuleiro Costeiro e foi classificado como Argissolo Amarelo distrocoeso.

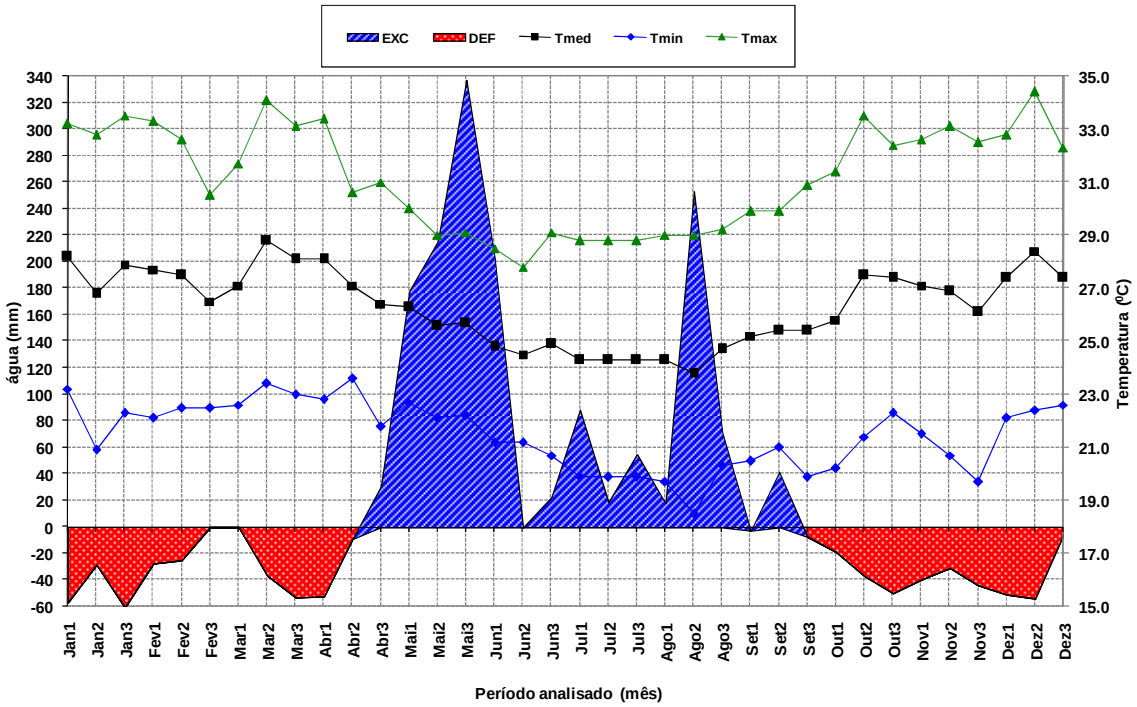

Figura 1. Balanço hídrico e amplitude térmica por decêndio referente ao período de Janeiro a Dezembro de 2009, Usina Paisa, Penedo, Alagoas.

A área experimental havia sido deixada em condição de pousio por dois anos consecutivos. Não foi constatada necessidade para a prática de calagem. O preparo do solo foi realizado por meio de duas gradagens com grade de discos de 20", e em seguida, sulcagem manual com enxadas, os sulcos ficaram com 3 cm de profundidade e com 50 cm de espaço entrelinhas.

Na época das chuvas, no dia 11 de Junho de 2009 foi realizado o plantio das leguminosas. Aos 100 dias após o plantio, no estágio de plena floração das leguminosas que ocorre quando cerca de 50 % das plantas já apresentam flores e algumas plantas já

demonstram o início da maturação das suas vagens, ocorrida no dia 20 de setembro de 2009, foram realizados os levantamentos.

As espécies avaliadas estão descritas na Tabela 1. O plantio foi realizado manualmente seguindo as recomendações de densidade de plantio (Tabela 1).

Tabela 1. Adubos Verdes, densidade de plantio, percentual de germinação das sementes utilizadas e especificação da cultivar utilizada

Adubo Verde	Nº de sementes / m	Germinação (%)	Cultivar
T1 = *Crotalaria spectabilis*	43	60	COMUM
T2 = *Crotalaria juncea*	27	60	IAC-KR-1
T3 = *Crotalaria ochroleuca*	45	75	COMUM
T4 = *Crotalaria breviflora*	35	75	COMUM
T5 = *Cajanus cajan* L (Guandu)	20	70	ARATA ANÃO

A massa seca de raízes foi quantificada por camadas (0 – 20, 20 – 40, 40 – 60, 60 – 80 e 80 – 100 cm de profundidade), foram retirados blocos de solo com as seguintes dimensões 25 cm x 50 cm x 20 cm em cada camada do solo. O solo foi passado em peneira de 2 mm e as raízes foram lavadas para separá-las das partículas de solo. Em seguida as raízes secaram em estufa de ventilação forçada a 65 ºC até atingir peso constante.

Com o auxílio de uma cavadoura manual (área de corte: 12,5 cm x 12,5 cm) foram retiradas amostras de solo de 12,5 cm em 12,5 cm no sentido de uma linha de plantio até a outra linha de plantio, passando pelo espaço entre linha.

Para quantificar a fitomassa radicular rente as plantas foram utilizadas sub-amostras justapostas às plantas até os primeiros 12,5 cm. E a porção central do bloco de solo, com 25 cm de comprimento representou a sub-amostra para a fitomassa de raízes na entrelinha (Figura 2).

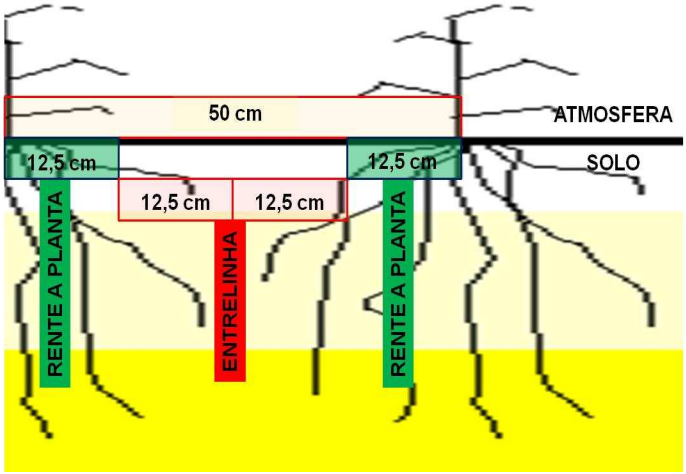

Figura 2. Coleta de amostras de solo.

Os dados de massa de matéria seca de raiz foram estipulados para kg ha^{-1} e a distribuição percentual de raízes no perfil do solo foi calculada comparando a massa de raiz de cada camada com a massa total de raiz no perfil.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco repetições. A parcela experimental teve 70 m² (7m x 10m) com área útil de 24 m^2 (3m x 8m). Os resultados obtidos referentes à massa verde, massa seca e análise de crescimento foram submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas entre si por meio do teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis*)

Aos 100 dias de cultivo em um Argissolo Amarelo Distrófico, a *Crotalaria spectabilis* produziu uma fitomassa seca de raízes igual a 856,9 kg ha^{-1} sendo: 575 kg ha^{-1} na camada de 0 – 20 cm; 172,2 kg ha^{-1} na camada de 20 – 40 cm; 83,4 kg ha^{-1} na camada de 40 – 60 cm e 25,9 kg ha^{-1} na camada de 60 – 80 cm (Tabela 2).

Tabela 2. Fitomassa de raízes em adubos verdes, aos 100 dias após o plantio em Argissolo, Penedo (AL).

Camadas do Solo (cm)	Adubos Verdes					Média
	C. spectabilis	*C. juncea*	*C. ochroleuca*	*C. breviflora*	*Cajanus cajan*	
	Massa total de matéria seca de raízes (kg ha^{-1})					
00 - 20	575,4 aC	233,8 aE	800,2 aA	553,4 cD	711,4 aB	574,8
20 – 40	172,2 bA	83,00 bC	86,40 bC	132,6 bB	129,3 bB	120,7
40 – 60	83,40 cA	23,20 cD	30,70 cD	47,80 cC	57,80 cB	48,60
60 – 80	25,90 dA	00,00 dB	00,00 dB	00,00 dB	00,00 dB	05,20
Média	214,2	85,00	229,3	183,5	224,6	

F.V.	GL	QMR
Bloco	4	44,96000^{ns}
Adubos Verdes (A)	4	71802,29**
Resíduo a	16	75,52405
Camadas do Solo (C)	3	1725119**
Interação (A x C)	12	57088,71**
Resíduo b	60	73,84896
CVa (%)	4,6	
CVb (%)	4,6	
Média	187,3	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e, seguidas por letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.** significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F. ^{ns} não significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F.

Quanto à distribuição do sistema radicular verificou-se que cerca de 87 % das raízes da *Crotalaria spectabilis* ficaram na camada de 0 – 40 cm. Além disso, entre as espécies estudadas foi a que apresentou melhor aprofundamento radicular, suas raízes conseguem atingir a camada de 60 – 80 cm (Figura 3B).

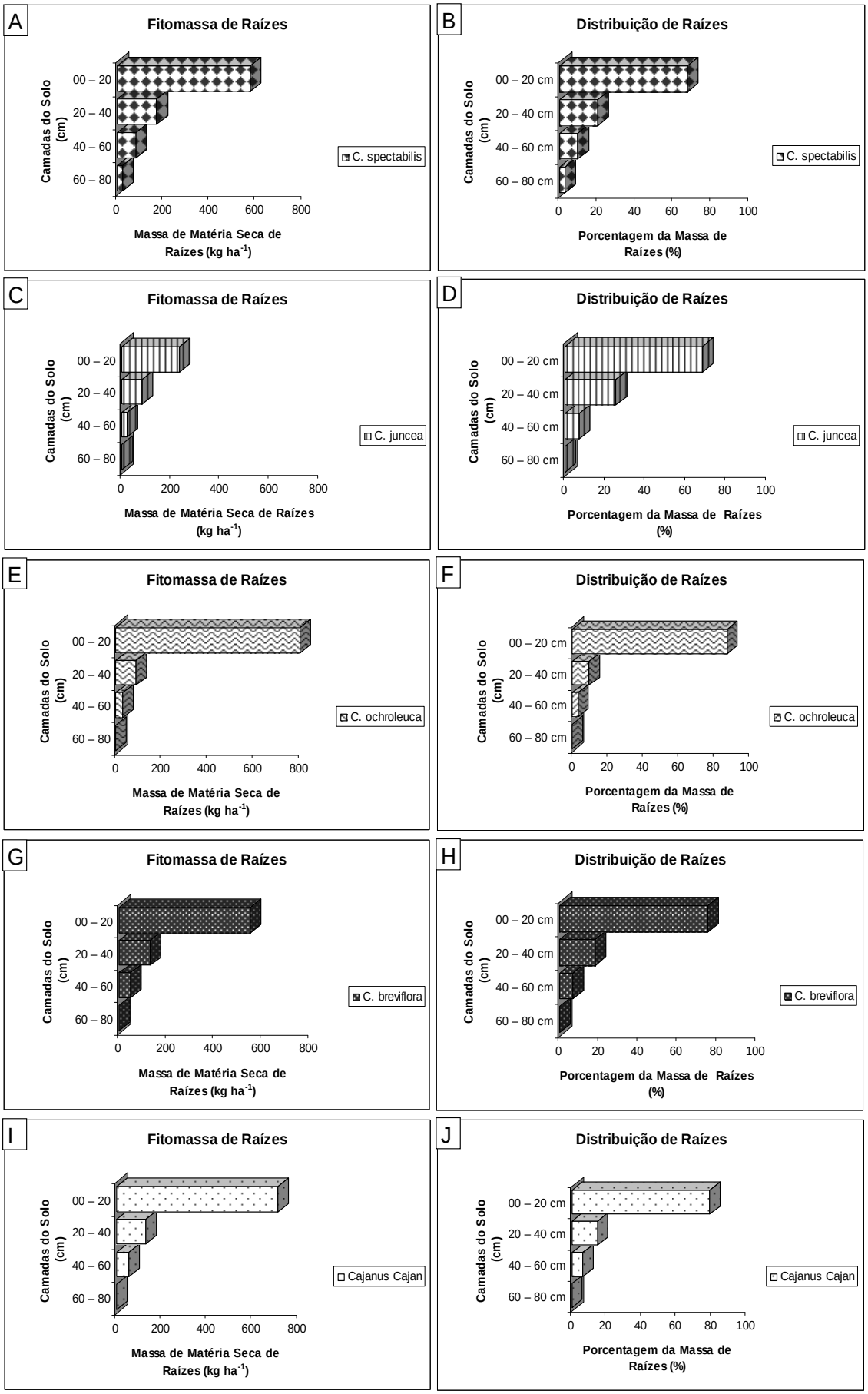

Figura 3. Fitomassa e distribuição de raízes de adubos verdes aos 100 dias de cultivo em Argissolo Amarelo Distrófico, Penedo (AL).

A produção de fitomassa radicular da *Crotalaria spectabilis* foi superior em comparação aos demais adubos verdes tanto na camada de 20 – 40 cm (172,2 kg ha^{-1}) como na camada de 40 – 60 cm (83,40 kg ha^{-1}) (Tabela 1). Graças a essa característica a *C. spectabilis* destacou-se como a espécie mais indicada para a prática da escarificação biológica. Especialmente em associação com práticas mecânicas (subsolagem ou escarificação) será eficaz em romper as camadas coesas geralmente encontradas na faixa de 30 a 60 cm de profundidade nos solos de Tabuleiros Costeiros (Jacomine et al., 2001).

Crotalária juncea (*Crotalaria juncea*)

Observou-se que mais de 93 % das raízes da *Crotalaria juncea* ficam na camada de 0 – 40 cm e suas raízes só são aprofundadas até a camada de 40 - 60 cm (Figura 3D). Moura e Silva et al. (2002) também pesquisaram sobre a distribuição radicular e puderam constatar que as raízes da *C. juncea* só alcançam os 60 cm de profundidade.

Em relação ao crescimento e à ótima produção de biomassa da parte área, a *Crotalaria juncea* produziu uma massa radicular muito pequena. Entre as espécies estudadas foi a que apresentou menor massa de raízes, correspondente a 340,0 kg ha^{-1} sendo: 233,8 kg ha^{-1} na camada de 0 – 20 cm; 83,0 kg ha^{-1} na camada de 20 – 40 cm e 23,2 kg ha^{-1} na camada de 40 – 60 cm (Tabela 1).

Apesar de ser uma leguminosa muito eficiente nutricionalmente e adaptada a condições de baixa fertilidade, a *C. juncea* não é indicada para a prática da escarificação biológica.

Crotalária ochroleuca (*Crotalaria ochroleuca*)

Considerando a produção de fitomassa de raízes da *Crotalaria ochroleuca* aos 100 dias de cultivo em um Argissolo Amarelo Distrófico, verificou-se uma massa de 917,3 kg ha^{-1} sendo: 800,2 kg ha^{-1} na camada de 0 – 20 cm; 86,4 kg ha^{-1} na camada de 20 – 40 cm e 30,7 kg ha^{-1} na camada de 40 – 60 cm (Tabela 1).

O sistema radicular dessa leguminosa ficou distribuído da seguinte forma: quase 90 % das raízes da *Crotalaria ochroleuca* ficaram na camada de 0 – 20 cm e suas raízes só conseguiram se aprofundar até 60 cm (Figura 3F). A produção de fitomassa de raízes da *Crotalaria ochroleuca* na camada de 0 – 20 cm foi de 800,2 kg ha^{-1} e superou os demais adubos verdes estudados. A fitomassa radicular da *Crotalaria juncea* na mesma camada foi três vezes menor (233,8 kg ha^{-1}), o que demonstra a grande capacidade de produzir raízes da *C. ochroleuca* (Tabela 1). Apesar de ter sido a espécie que mais produziu raízes, constatou-se que essa leguminosa apresenta um sistema radicular muito

superficial e que não demonstra a característica natural de romper camadas coesas do solo.

Nas camadas de 20 – 40 cm e 40 – 60 cm a *Crotalaria ochroleuca* foi a leguminosa menor produtora de fitomassa de raízes: 51,20 kg ha^{-1} e 18,10 kg ha^{-1}, respectivamente, rente as plantas nas camada de 20 – 40 e 40 – 60 cm (Tabelas 3). Fica evidente que essa leguminosa não aprofunda raízes de forma eficiente nas camadas sub-superficiais, e, portanto, não é indicada para romper a camada coesa dos solos de Tabuleiros Costeiros, geralmente encontrada na faixa que vai de 30 a 60 cm de profundidade.

Tabela 3. Fitomassa de raízes rente as plantas, aos 100 dias de cultivo em Argissolo, Penedo (AL).

Camadas do Solo (cm)	Adubos Verdes					Média
	C. spectabilis	*C. juncea*	*C. ochroleuca*	*C. breviflora*	*Cajanus cajan*	
	Massa de matéria seca de raízes rente as plantas (kg ha^{-1})					
00 - 20	340,5 aC	133,4 aE	447,8 aA	305,0 aD	414,9 aB	328,3
20 – 40	100,0 cA	46,70 bC	51,20 bC	79,20 bB	76,20 bB	70,70
40 – 60	48,30 cA	14,60 cC	18,10 cC	29,30 cB	33,40 cB	28,70
60 – 80	15,80 dA	00,00 dB	00,00 dB	00,00 dB	00,00 dB	03,20
Média	126,2	48,70	129,3	103,4	131,1	

F.V.	GL	QMR
Bloco	4	16,40010^{ns}
Adubos Verdes (A)	4	24285,79**
Resíduo a	16	15,15200
Camadas do Solo (C)	3	560064,1**
Interação (A x C)	12	18274,09**
Resíduo b	60	19,53672
CVa (%)	3,6	
CVb (%)	4,1	
Média	107,7	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e, seguidas por letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. ** significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F. ^{ns} não significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F.

Crotalária breviflora (*Crotalaria breviflora*)

Destrinchando a distribuição do sistema radicular da *Crotalaria breviflora* observou-se que quase 20 % das raízes da *Crotalaria breviflora* ficaram na camada de 20 – 40 cm e que suas raízes conseguem se aprofundar até a profundidade de 60 cm (Figura 3H). O fato dessa espécie aprofundar boa parte de suas raízes, tanto rente às plantas como na entrelinha, na camada de 20 – 40 cm (Tabelas 3 e 4) caracteriza essa leguminosa como uma planta escarificadora que beneficiará fisicamente o solo.

Tabela 4. Fitomassa de raízes na entrelinha, aos 100 dias após o plantio em Argissolo, Penedo (AL).

Camadas do Solo (cm)	Adubos Verdes					Média
	C. spectabilis	C. juncea	C. ochroleuca	C. breviflora	Cajanus cajan	
	Massa de Matéria Seca de Raízes na entrelinha à 25 cm da planta (kg ha^{-1})					
00 - 20	234,9 aD	100,3 aE	352,3 aA	248,5 aC	296,5 aB	246,5
20 – 40	72,20 bA	36,30 bC	35,20 bC	53,40 bB	53,10 bB	50,00
40 – 60	35,00 cA	08,60 cD	12,60 cD	18,60 cC	24,30 cB	19,80
60 – 80	10,10 dA	00,00 dB	00,00 dB	00,00 dB	00,00dB	02,00
Média	88,00	36,30	100,0	80,10	93,50	

F.V.	GL	QMR
Bloco	4	17,50400^{ns}
Adubos Verdes (A)	4	12775,55**
Resíduo a	16	35,19598
Camadas do Solo (C)	3	957953,2**
Interação (A x C)	12	11005,45**
Resíduo b	60	27,86302
CVa (%)	7,5	
CVb (%)	6,6	
Média	79,60	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e, seguidas por letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. ** significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F. ^{ns} não significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F.

A *Crotalaria breviflora* produziu uma fitomassa radicular correspondente a 733,8 kg ha^{-1} sendo: 553,4 kg ha^{-1} na camada de 0 – 20 cm; 132,6 kg ha^{-1} na camada de 20 – 40 cm e 47,8 kg ha^{-1} na camada de 40 – 60 cm (Tabela 1).

Feijão Guandu (*Cajanus cajan*)

Aos 100 dias de cultivo em Argissolo Amarelo Distrófico, o *Cajanus cajan* produziu um total de 898,5 kg ha^{-1} sendo: 711,4 kg ha^{-1} na camada de 0 – 20 cm; 129,3 kg ha^{-1} na camada de 20 – 40 cm e 57,8 kg ha^{-1} na camada de 40 – 60 cm.

Quanto à distribuição do sistema radicular percebe-se que quase 15 % das raízes do *C. cajan* ficam na camada de 20 – 40 cm. As suas raízes conseguem se aprofundar até a profundidade de 60 cm (Figura 3J).

CONCLUSÕES

1. A *Crotalaria spectabilis* foi a única, entre as espécies estudadas, que aprofundou raízes até os 80 cm de profundidade e também apresentou o melhor potencial para romper camadas subsuperficiais coesas no solo;

2. A C*rotalaria juncea* pode ter dificuldades em romper camadas subsuperficiais coesas no solo;

3. A *Crotalaria ochroleuca* se destacou por produzir maior massa de raiz na camada superficial, porém pode ter dificuldade em romper camadas coesas na subsuperfície.

4. A *Crotalaria breviflora* apresentou ótimo potencial para romper adensamentos na camada de 20 – 40 cm do solo.

5. O feijão Guandu produziu muita raiz e demonstrou ótimo potencial para romper adensamentos na camada de 20 – 40 cm do solo.

LITERATURA CITADA

Barreto, A. C.; Fernandes, M. F. Recomendações técnicas para uso da adubação verde em solos de tabuleiros costeiros. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001, 24 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 19)

Brenes, L. Producción orgânica: algunas limitaciones que enfretan los pequenos productores. Manejo Integrado de Plagas y Agroecologia, Turrialba, n. 70, p. 7-13, 2003.

Chaves, J. C. D. Modelo para utilização de adubos verdes em lavouras cafeeiras. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 25, 1999, Franca-SP. Trabalhos Apresentados. Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, p. 179-180, 1999.

Cresswell, H. P. & Kirkegaard, J. A. Subsoil amelioration by plant roots – the process and the evidence. Aust. J. Soil Res., 33: 221-239, 1995.

Faria, C. M. B.; Costa, N. D.; Faria, A. F. Atributos químicos de um Argissolo e rendimento de melão mediante o uso de adubos verdes, calagem e adubação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, n.2, p.299-307, 2007.

Fernandes, A. R.; Morais, F. I. de O.; Linhares, L. C. F.; Silva, G. R. Produção de matéria seca e eficiência nutricional para P, Ca e Mg em leguminosas herbáceas. Acta Amazonica, v. 37, n.2,p.169 – 176, 2007.

Foloni, J. S. S.; Lima, S. L.; Bull, L. T. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, n.1, p.49-57, 2006.

Heinrichs, R.; Vitti, G. C.; Moreira, A.; Figueiredo, P. A. M.; Fancelli, A. L.; Corazza, E. J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e

de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, n.1, p.71-79, 2005.

Jacomine, P. K. T. Cintra, F. L. D; Anjos, J. L. DOS; Ivo, W. M. P. DE M. Evolução do conhecimento sobre solos coesos do Brasil. In: Workshop Coesão em Solos dos Tabuleiros Costeiros Anais. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p.161-168, 2001.

Moura e Silva, J. A.; Gomes, T. C. de A.; Soares, E. M. B.; Sá, P. G. de; Silva, M. S. L. da; Faria, C. M. B. de. Caracterização de sistemas radiculares de leguminosas cultivadas sob irrigação no vale do são Francisco. Programa RHAE, Resumo expandido, Embrapa Semi-Árido, CP. 23, 56.300-970, Petrolina, PE, 2002.

Pereira, A. J. Produção de biomassa aérea e 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, p.68, 2004.

Piraí Sementes, Folhetos promocionais, http://www.pirai.com.br, 2005.

Ricci, M. S. F.; Alves, B. J. R.; Miranda, S. C.; Oliveira, F. F. Growth rate nutricional status of organic coffee cropping system. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 62, n. 2, p.138-144, 2005.

Scaranari, H. J. & Inforzato, R. Sistema radicular das principais leguminosas empregadas como adubo verde em cafezal. Bragantia, v.12 ,n.7-9, pp.291-298, 1952.

Silva, J. A. A., Vitti, G. C., Stuchi, E. S., Sempionato, O. R. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranjeira-pêra. Revista Brasileira de Fruticultura, Cruz das Almas, v. 24, p. 225-230, 2002.

CAPÍTULO 3

Teor e acúmulo nutricional de adubos verdes cultivados em Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas

Teor e acúmulo nutricional de adubos verdes cultivados em Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas

Danilo César Oliveira de Cerqueira, Gilson Moura Filho, Abel Washington de Albuquerque & Valdemir Tenório da Silva

RESUMO

A adubação verde não é realizada na maioria das lavouras no estado de Alagoas; diante de pesquisas que esclareçam o benefício à fertilidade dos solos essa realidade pode mudar. Este experimento objetivou obter e comparar os teores e acúmulos de macro e micronutrientes reciclados na parte aérea de leguminosas utilizadas como adubos verdes em Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas. Os adubos verdes foram cultivados até os 100 dias após o plantio e tiveram a determinação de fitomassa de matéria seca, teor nutricional e acúmulo nutricional. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados através do teste de Scott Knott ao nível de 5 % de probabilidade. A *Crotalaria spectabilis* destacou-se como a espécie que mais acumulou macronutrientes e micronutrientes. Por outro lado, a *Crotalaria breviflora* foi a leguminosa que menos acumulou nutrientes.

Palavras-chave: adubos verdes, biomassa, matéria seca

Nutritional content and accumulation of green manure grown in the Coast Plains, Penedo, Alagoas

ABSTRACT

Green manure is not performed in most crops in the state of Alagoas, in the face of research clarifying the benefits to soil fertility can change this reality. This experiment aimed to obtain and compare the content and accumulation of macro and micro nutrients recycled in the shoots of legumes used as green manure in the Coast Plains, Penedo, Alagoas. Green manures were cultured until 100 days after planting and had the determination of biomass dry matter, nutrient content and nutrient accumulation. Data were subjected to analysis of variance and compared by the Scott Knott test at 5% probability. The *Crotalaria spectabilis* stood out as the species which accumulated macronutrients and micronutrients. On the other hand, the legume *Crotalaria breviflora* was less accumulated nutrients.

Keywords: green manure, biomass, dry matter

INTRODUÇÃO

A prática sustentável da adubação verde consiste no cultivo de plantas com o objetivo primordial de incorporá-las ao solo para a recuperação de fertilidade. O manejo da adubação verde pode se dá de três formas básicas: gradear o solo incorporando na camada arável os adubos verdes; triturar as plantas e distribuir o material vegetal na superfície do solo ou, aplicar herbicida e tombar as plantas sobre a camada superficial (Luz et al., 2005).

Existem vários critérios para que uma espécie vegetal possa ser enquadrada como um adubo verde. A família das leguminosas tem sido preferida pela capacidade que suas plantas têm de fixar o nitrogênio atmosférico por meio de um processo biológico em associação com bactérias do gênero Rhizobium. Além disso, as leguminosas possuem um sistema radicular pivotante, ou seja, com uma raiz central principal, porém, suas raízes secundárias são bastante ramificadas e possuem muita facilidade em aprofundar-se no solo.

A prática da adubação verde resulta em excelente aporte de matéria orgânica ao solo como consequência da decomposição do material vegetal manejado. À medida que a decomposição da matéria orgânica alcança níveis mais avançados passa a haver a formação de colóides orgânicos que aumentam a capacidade de troca catiônica do solo (Silva et al., 2002). Além disso, as raízes dos adubos verdes acabam produzindo bioporos que contribuem para uma melhor aeração do solo e também melhor capacidade de retenção de água.

Silva et al. (2002) avaliaram a reciclagem de nutrientes realizada pelos adubos verdes. Essa reciclagem envolve a recuperação de nutrientes lixiviados para as camadas sub-superficiais (20 – 40 cm e 40 – 60 cm) como o potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), e o nitrogênio na forma de nitrato (NO_3^-), elementos de baixa mobilidade e que possuem problema de fixação junto aos colóides do solo como o fósforo (P) e o Molibdênio (Mo).

O acúmulo nutricional na biomassa produzida pelas leguminosas depende muito das condições edafoclimáticas. Além do teor de cada nutriente, a produção de matéria seca é fundamental no resultante acúmulo de nutrientes. Todavia, as leguminosas apresentam grande variação de fitomassa mesmo quando cultivadas no mesmo solo. Susuki et al. (2008) cultivaram *C. juncea* e *C. cajan* em dois anos consecutivos e observaram que a fitomassa do *C. cajan* dobrou e que a *C. juncea* apresentou um

aumento de 50 % de um ano em comparação com o outro. Pott et al. (2008) também avaliaram o *C. cajan* e a *C. juncea* e atestaram que ocorre grande variação na produção de fitomassa, nesse experimento em função da disponibilidade de fósforo.

Teodoro et al. (2009) avaliaram três leguminosas: *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis* e *Cajanus cajan*, quanto à produção de fitomassa da parte aérea e quanto ao acúmulo de macronutrientes. Considerando a fitomassa seca da parte aérea houve os seguintes resultados: *C. juncea* (14.700 kg ha^{-1}), *C. spectabilis* (8.120 kg ha^{-1}) *C. cajan* (2.820 kg ha^{-1}), destacando a *C. juncea* como a melhor leguminosa, entre as estudadas, no quesito aporte de matéria orgânica ao solo. E, quanto ao acúmulo de macronutrientes, constatou-se que essas espécies acumulam considerável massa de N, P e K, na seguinte ordem: N>K>P. Novamente destacou-se a *C. juncea*, por ter sido a maior acumuladora de N (547,60 kg ha^{-1}), de P_2O_5 (66,70 kg ha^{-1}) e de K_2O (211,10 kg ha^{-1}).

Perin et al. (2004) constataram superioridade do gênero Crotalaria quanto aos teores nutricionais. O material vegetal produzido apresentou-se muito rico em macronutrientes na sequência: N>K>Ca>Mg>P, os teores variaram de 32,7 g kg^{-1} para o N até 3,5 g kg^{-1} para o P. Considerando o acúmulo de nutrientes observaram os seguintes valores médios: N (305,04 kg ha^{-1}), P_2O_5 (74,70 kg ha^{-1}), K_2O (351,94 kg ha^{-1}), Ca (90,87 ka ha^{-1}) e Mg (64,03 kg ha^{-1}) (Perin et al., 2004).

Silva et al. (2002) também investigaram o teor e o acúmulo de nutrientes em alguns adubos verdes, entre as espécies estudadas, estavam as seguintes leguminosas *C. juncea*, *C. spectabilis* e *C. cajan*. A análise dos teores de N e de P revelou as espécies mais ricas na ordem decrescente: *C. cajan* > *C. spectabilis* > *C. juncea*. Os teores de macro e micronutrientes encontrados nas leguminosas estudadas foram: N (14 a 21 g kg^{-1}), P (1,3 a 1,9 g kg^{-1}), K (13 a 19 g kg^{-1}), Ca (6 a 11 g kg^{-1}), Mg (3 a 4 g kg^{-1}), S (1 a 1,4 g kg^{-1}), B (18 a 30 mg kg^{-1}), Cu (7 a 12 mg kg^{-1}), Fe (228 a 456 mg kg^{-1}), Mn (55 a 74 mg kg^{-1}) e Zn (21 a 26 mg kg^{-1}). E as quantidades médias acumuladas para os macro e micronutrientes foram: N (160 kg ha^{-1}), P_2O_5 (35 kg ha^{-1}), K_2O (165 kg ha^{-1}), Ca (80 kg ha^{-1}), Mg (36 kg ha^{-1}), S (11 kg ha^{-1}), B (200 g ha^{-1}), Cu (87 g ha^{-1}), Fe (3600 g ha^{-1}), Mn (610 g ha^{-1}) e Zn (210 g ha^{-1}).

Diante do exposto, o objetivo desse experimento foi quantificar e comparar os teores e acúmulos de macro e micronutrientes reciclados na parte aérea de leguminosas utilizadas na prática agrícola da adubação verde, na região de Tabuleiros Costeiros, Penedo, Alagoas.

MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi conduzido na área destinada a ensaios da Usina Paisa, fazenda Perocabinha, lote 25, no município de Penedo, Alagoas. A temperatura média característica da região é 25,8 °C com média das máximas de 30,2 °C e média das mínimas de 21,3 °C. A umidade relativa do ar varia entre 65 % e 95 %. A precipitação média anual é de 1700 mm e o seu período chuvoso se estende de Abril ao início de Setembro (Figura 1). O solo está situado em Tabuleiro Costeiro e foi classificado como Argissolo Amarelo distrocoeso.

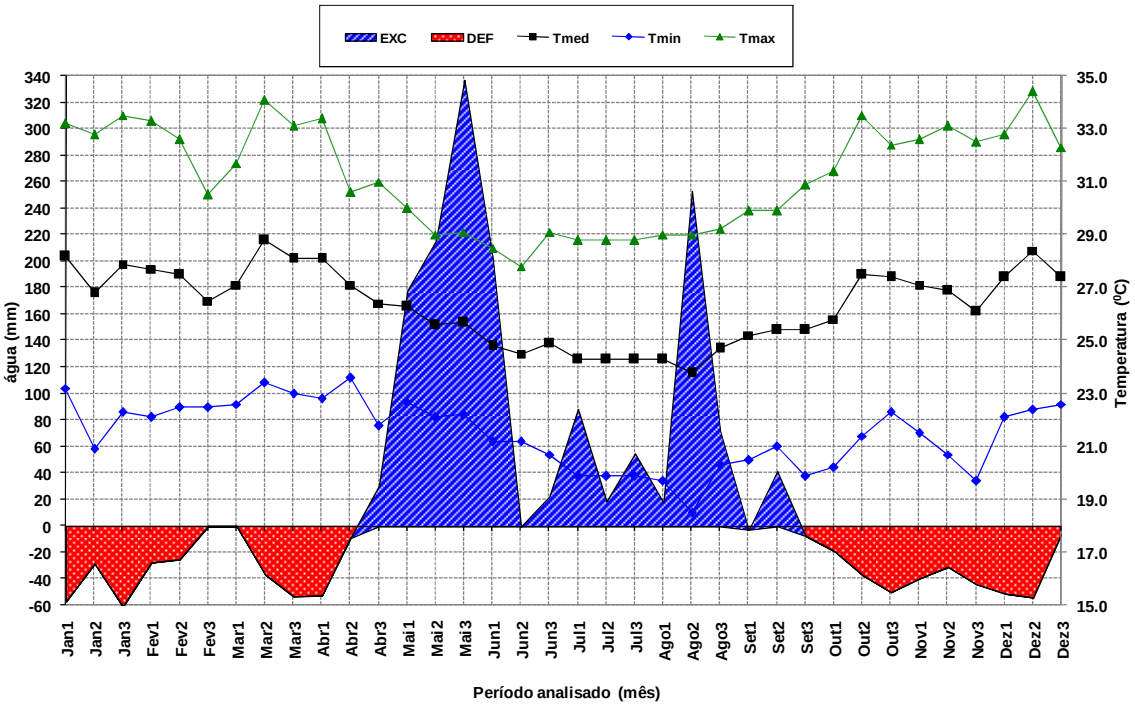

Figura 1. Balanço hídrico e amplitude térmica por decêndio referente ao período de Janeiro a Dezembro de 2009, Usina Paisa, Penedo, Alagoas.

A área experimental havia sido deixada em condição de pousio por dois anos consecutivos. Não foi constatada necessidade para a prática de calagem. O preparo do solo foi realizado por meio de duas gradagens com grade de discos de 20", e em seguida, sulcagem manual com enxadas, os sulcos ficaram com 3 cm de profundidade e com 50 cm de espaço entrelinhas.

Na época das chuvas, no dia 11 de Junho de 2009 foi realizado o plantio das leguminosas. Aos 100 dias após o plantio, no estágio de plena floração das leguminosas que ocorre quando cerca de 50 % das plantas já apresentam flores e algumas plantas já

demonstram o início da maturação das suas vagens, ocorrida no dia 20 de setembro de 2009, foram realizados os levantamentos.

As espécies avaliadas estão descritas na Tabela 1. O plantio foi realizado manualmente seguindo as recomendações de densidade de plantio (Tabela 1).

Tabela 1. Adubos Verdes, densidade de plantio, percentual de germinação das sementes utilizadas e especificação da cultivar utilizada

Adubo Verde	Nº de sementes / m	Germinação (%)	Cultivar
T1 = *Crotalaria spectabilis*	43	60	COMUM
T2 = *Crotalaria juncea*	27	60	IAC-KR-1
T3 = *Crotalaria ochroleuca*	45	75	COMUM
T4 = *Crotalaria breviflora*	35	75	COMUM
T5 = *Cajanus cajan* L (Guandu)	20	70	ARATA ANÃO

A colheita das plantas foi realizada 100 dias após a germinação das sementes. E, a massa de matéria seca foi calculada a partir de amostras com 1m² colhidas na parte central de todas as parcelas experimentais. Essas amostras foram colocadas em sacos de papel devidamente identificados e levadas para a estufa com circulação forçada de ar a 65ºC, até obtenção de peso constante. Após a determinação do peso do material seco, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley, com abertura de malha de 1 mm e em seguida sofreram digestão nitroperclórica para a obtenção de extrato para as determinações nutricionais.

A partir do extrato foram determinados os teores de P por colorimetria, os de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica, os de S por turbidimetria (Malavolta et al., 1997), os de K por fotômetro de chama (EMBRAPA, 1997), os de B por colorimetria de azometina H e os de Mo pela colorimetria do tiocianato (Malavolta et al., 1997).

As amostras destinadas à determinação do N foram submetidas à digestão sulfúrica, sendo este determinado por colorimetria, usando-se o reagente de Nessler. O acúmulo de cada nutriente foi estimado a partir do teor do nutriente presente em cada amostra, multiplicado pela massa de matéria seca da parte aérea de cada tratamento.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco repetições. A parcela experimental teve 70 m² (7m x 10m) com área útil de 24 m^2 (3m x 8m). Os resultados obtidos referentes à massa verde, massa seca e análise de crescimento foram submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas entre si por meio do teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O material vegetal proveniente dos adubos verdes estudados apresentou teores nutricionais na seguinte ordem: N>K>Ca>Mg>P>S, Perin et al. (2004) também estudaram o teor de macronutrientes em leguminosas e encontraram a mesma ordem decrescente: N>K>Ca>Mg>P, isso reforça que as leguminosas são excelentes fontes de nitrogênio e potássio, principalmente. O feijão guandu anão (*Cajanus cajan*) destacou-se por possuir o material mais rico em nitrogênio, em fósforo e em enxofre, além de possuir o mesmo teor de potássio que a *C. spectabilis* e a *C. breviflora* (Tabela 2).

Tabela 2. Teor de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de adubos verdes, aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL)

Adubo Verde	Parte aérea das leguminosas de cobertura Teor de macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	(g kg^{-1})					
Crotalaria spectabilis	18,8c	1,8c	12,2a	12,3a	4,2b	1,4b
Crotalaria juncea	16,8d	1,6d	7,7b	7,9c	3,1c	1,4b
Crotalaria ochroleuca	17,4d	2,0b	9,8c	7,0c	4,5a	1,6b
Crotalaria breviflora	24,3b	1,8c	12,8a	13,1a	4,2b	1,7b
Cajanus cajan	28,5a	2,7a	12,4a	9,5b	3,2c	2,2a
Média	21,2	2,0	11,0	10,0	3,8	1,7
C.V. (%)	4,49	5,94	8,57	8,97	5,40	13,23
QMR	0,903**	0,014**	0,886**	0,796**	0,043**	0,048**

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O teor de nitrogênio foi menor na *C. juncea* (16,8 g kg^{-1}) e atingiu 28,5 g kg^{-1} no *Cajanus cajan* (Anão). O teor de P foi muito baixo, variando de 1,6 g kg^{-1} (C. juncea) até 2,7 g kg^{-1} (feijão guandu). O teor de enxofre também foi muito baixo e no caso das leguminosas estudadas, todas com exceção do feijão guandu (2,2 g kg^{-1}) ficaram com um teor de enxofre próximo de 1,5 g kg^{-1}. Silva et al. (2002) também constataram que o material proveniente de leguminosas utilizadas como adubo verde apresentam baixos teores de fósforo e de enxofre. Provavelmente isso tem ocorrido pelo fato de se cultivar adubos verdes em solo com baixa disponibilidade de fósforo e com o problema de falta de matéria orgânica.

Por outro lado, os maiores teores observados foram os de nitrogênio e de potássio, respectivamente, na média, 21 e 11 g kg^{-1} (Tabela 2). O material vegetal é muito rico em nitrogênio graças à fixação biológica do N atmosférico e, possivelmente, o alto teor de K é elevado pelo fato desse nutriente ser facilmente lixiviado para

camadas subsuperficiais e com a utilização dos adubos verdes tem sido recuperado (Teodoro et al., 2009).

O acúmulo dos macronutrientes foi muito satisfatório e ocorreu na seguinte ordem N>K>Ca>Mg>P>S, Perin et al. (2004) também constatou que as leguminosas acumulam mais N, depois K e na sequência P. Entre as espécies estudadas houve diferenças relevantes (Tabela 3).

Tabela 3. Quantidades médias de macronutrientes incorporados ao solo pelo cultivo de adubos verdes (parte aérea), aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL)

Adubo Verde	Nutrientes incorporados ao solo Macronutrientes					
	N	P_2O_5#	K_2O#	Ca	Mg	S
	(kg ha^{-1})					
Crotalaria spectabilis	155a	34a	119a	100a	34a	12a
Crotalaria juncea	143a	32a	79b	67b	26b	12a
Crotalaria ochroleuca	130b	35a	88b	53b	34a	12a
Crotalaria breviflora	105c	18b	67c	57b	18c	7b
Cajanus cajan	171a	37a	89b	57b	19c	13a
Média	141	31	88	67	26	11
C.V. (%)	12,34	13,97	11,32	13,41	14,16	20,61
QMR	301,9**	3,563**	69,27**	80,06**	13,99**	5,364**

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. (#) Valores de P e K transformados ao equivalente em Kg ha^{-1} de P_2O_5 e K_2O. Fator de conversão para P=2,3 e K=1,2.

Todas as leguminosas estudadas apresentaram bom acúmulo de macronutrientes nas condições edafoclimáticas avaliadas. A *C. spectabilis* se destacou por ter sido a maior acumuladora de macronutrientes com cerca de 150 kg ha^{-1} de N, 34 kg ha^{-1} de P_2O_5, 119 kg ha^{-1} de K_2O, 100 kg ha^{-1} de Ca, 34 kg ha^{-1} de Mg e 12 kg ha^{-1} de S.

Entre os macronutrientes, o mais acumulado nesse trabalho foi o N, no entanto, Teodoro et al. (2009) encontraram valores muito superiores trabalhando com duas espécies em comum: 257,80 kg ha^{-1} para *C. spectabilis* e 547,60 kg ha^{-1} para *C. juncea*. Talvez esse incremento esteja relacionado a uma melhor condição de fertilidade do solo, além disso, melhores condições microbiológicas no solo podem ter possibilitado maiores taxas de fixação biológica do N atmosférico.

Silva (2006) verificou que 68,34 % e 74,46 % do N presente no tecido vegetal das leguminosas *C. juncea* e *C. spectabilis*, respectivamente, foi oriundo do processo de fixação biológica de N_2 (FBN). Essas informações permitem estimar que 98 kg ha^{-1} e 115 kg ha^{-1} do N acumulado na biomassa da *C. juncea* e *C. spectabilis*,

respectivamente, é proveniente da FBN. Estes valores apontam uma das principais vantagens de se utilizar leguminosas na adubação verde: o aporte de N ao solo.

O acúmulo de K_2O pelos adubos verdes tem potencial para ser muito maior, Perin et al. (2004) trabalhando com leguminosas encontraram valores em torno de 350 kg ha^{-1} de K_2O. Enquanto neste trabalho, a *C. spectabilis* acumulou 119 kg ha^{-1} e as demais espécies variaram entre 67 e 89 kg ha^{-1}. Por outro lado, esse fato permite observar que as leguminosas estudadas têm uma excelente eficiência de conversão de potássio, sendo uma característica fundamental para o crescimento e estabelecimento de uma adubação verde em condição de baixa fertilidade do solo (Fenandes et al., 2007).

Apesar da *Crotalaria breviflora* apresentar um material vegetal, da parte aérea, mais rico em N, K e Ca do que a *Crotalaria juncea* (Tabela 2), não conseguiu acumular mais N, K e Ca que a *Crotalaria juncea* (Tabela 3). Por isso os teores nutricionais não podem ser utilizados como parâmetro para a escolha de melhores adubos verdes, sem observar as quantidades acumuladas de cada nutriente.

Quanto aos teores de micronutrientes houve diferença entre as espécies estudadas e os teores encontrados foram bem semelhantes aos encontrados por Silva et al., (2002) (Tabela 4).

Tabela 4. Teor de Zn, Fe, Mn, Cu e B na parte aérea de adubos verdes, aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL)

Adubo Verde	Parte aérea das leguminosas de cobertura Teor de micronutrientes				
	Zn	Fe	Mn	Cu	B
			(mg kg^{-1})		
Crotalaria spectabilis	44,2a	97,2e	19,6c	8,2c	36,4a
Crotalaria juncea	33,6b	125,6d	24,0b	5,6e	21,1d
Crotalaria ochroleuca	44,0a	174,6c	25,8b	6,2d	27,5c
Crotalaria breviflora	25,2c	216,0b	18,8c	9,2b	30,5b
Cajanus cajan	41,0a	259,0a	36,2a	10,2a	31,2b
Média	37,6	174,5	24,9	7,9	29,3
C.V. (%)	11,81	8,95	7,17	5,08	4,66
QMR	19,725**	243,63**	3,1850**	0,1600**	1,8640**

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os teores médios dos micronutrientes nessa pesquisa foram: 37,6 mg kg^{-1} de Zn; 174,5 mg kg^{-1} de Fe; 24,9 mg kg^{-1} de Mn; 7,9 mg kg^{-1} de Cu e 29,3 mg kg^{-1} de B. O teor de Fe mostrou-se inúmeras vezes maior que os teores de Cu, de Mn, de Zn e de B, o que também foi observado por Silva et al., (2002).

Cajanus cajan apresentou o material vegetal mais rico em Fe, Mn e Cu (259, 36 e 10 mg kg^{-1}, respectivamente) e ficou entre as três espécies mais ricas em Zn (41 mg kg^{-1}). A *Crotalaria spectabilis* foi identificada como a mais rica em B (36 mg kg^{-1}) entre as leguminosas estudadas, já a *Crotalaria breviflora* foi a mais pobre em Zn (25 mg kg^{-1}).

O acúmulo de micronutrientes na parte aérea das leguminosas estudadas segue a seguinte ordem decrescente: Fe>Zn>B>Mn>Cu. A *Crotalaria breviflora* foi a espécie que menos acumulou micronutrientes entre as espécies estudadas (Tabela 5).

Tabela 5. Quantidades médias de micronutrientes incorporados ao solo pelo cultivo de adubos verdes, aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL)

Adubo Verde	Nutrientes incorporados ao solo Micronutrientes				
	Zn	Fe	Mn	Cu	B
			(g ha^{-1})		
Crotalaria spectabilis	362a	795b	161b	67a	298a
Crotalaria juncea	285b	1062b	204a	48b	180b
Crotalaria ochroleuca	333a	1320a	195a	47b	206b
Crotalaria breviflora	109c	935b	81c	40b	132c
Cajanus cajan	248b	1558a	217a	61a	188b
Média	267	1134	172	53	201
C.V. (%)	17,87	16,48	14,27	13,25	14,02
QMR	2282,0**	34918**	600,69**	48,514**	793,35**

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A *Crotalaria ochroleuca* ficou entre as espécies que mais acumularam Zn, Fe e Mn (333, 1320, 195 g ha^{-1}, respectivamente). A *Crotalaria spectabilis* acumulou mais B (298 g ha^{-1}) e ficou entre as duas que mais acumularam Cu (67 g ha^{-1}). Apesar de ter ficado entre as maiores acumuladoras de N, P_2O_5 e S (Tabela 2), a *Crotalaria juncea* não se destacou no acúmulo de micronutrientes (Tabela 5).

CONCLUSÕES

1. A *C. spectabilis* destacou-se entre as espécies estudadas, como a maior acumuladora de nutrientes na parte aérea;
2. A *C. ochroleuca* e o *C. cajan* ficaram entre as maiores acumuladoras de micronutrientes na parte aérea;

3. A *Crotalaria breviflora* foi a espécie que menos acumulou nutrientes na biomassa da parte aérea;

4. Não se pode utilizar o teor nutricional, mas sim, o acúmulo nutricional como parâmetro para se eleger os materiais vegetais mais indicados como adubo verde.

LITERATURA CITADA

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos RJ. Manual de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro. 1997. 212 p.

Fernandes, A. R.; Morais, F. I. de O.; Linhares, L. C. F.; Silva, G. R. Produção de matéria seca e eficiência nutricional para P, Ca e Mg em leguminosas herbáceas. Acta Amazonica, v. 37, n.2,p.169 – 176, 2007.

Luz, P. H. C., Vitti, G. C., Quitino, C. A., Oliveira, D. B. Utilização de Adubação Verde na cultura da Cana-de-açúcar. Relatório Técnico, Piracicaba, São Paulo, 2005.

Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

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. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.39, n.1, p.35-40, jan. 2004.

Pott, C. A.; Müller, M. M. L.; Bertelli, P. B.Adubação verde como alternativa agroecológica para recuperação da fertilidade do solo. Ambiência, Guarapuava, PR, v.3, n.1, p. 51-63, 2007.

Silva, E.E. Manejo orgânico da cultura da couve em rotação com o milho, consorciados com leguminosas para adubação verde intercalar em plantio direto. 2006. Dissertação de Mestrado(Mestrado em Fitotecnia) – UFRRJ, Seropédica . 2006.

Silva, J. A. A. da; Vitti, G. C.; Stuchi, E. S.; Sempionato, O. R. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranjeira-‘pêra’. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 24, n. 1, p. 225-230, abril, 2002.

Suzuki, L. E. A. S.; Alves, M. C.; Suzuki, L. G. A. S.; Rodrigues, R. A. S. Fitomassa de plantas de cobertura sob diferentes sistemas de cultivo e sucessão de culturas em Selvíria – MS. Científica, Jaboticabal, v.36, n.2, p.123 - 129, 2008.

Teodoro, R. B.; Oliveira, F. L. de; Silva, D. M. N. da; Favero, C. Produção de Fitomassa e Acúmulo de Nutrientes em Leguminosas Arbustivas, no Município de Turmalina – MG. Rev. Bras. De Agroecologia, v.4, n.2, 2009.

CAPÍTULO 4

Eficiência nutricional dos macronutrientes em adubos verdes cultivados em solo de Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas

Eficiência nutricional dos macronutrientes em adubos verdes cultivados em solo de Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas

Danilo César Oliveira de Cerqueira, Gilson Moura Filho, Abel Washington de Albuquerque & José Valdemir Tenório da Costa

RESUMO

Quanto mais eficiente nutricionalmente uma espécie, melhor se adaptará às condições degradas e de baixa fertilidade encontradas na maioria dos solos de Tabuleiro Costeiro. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência nutricional de N, P, K, Ca, Mg e S em leguminosas geralmente utilizadas como adubos verdes em Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas. Os adubos verdes foram cultivados até os 100 dias após o plantio. Para o estudo da eficiência nutricional foram calculados os seguintes índices: de absorção, de utilização, de translocação e de conversão, além do conteúdo total de macronutrientes. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste Scott Knott ao nível de 5 % de probabilidade. Entre as leguminosas estudadas, a *Crotalaria juncea* é a leguminosa mais eficiente em relação aos macronutrientes nos índices de absorção, utilização, translocação e conversão. O *Cajanus cajan* não apresenta boa eficiência nutricional na utilização do fósforo, por isso não é a espécie mais adaptada à condição de baixa disponibilidade de fósforo.

Palavras-chave: índice de absorção, índice de translocação, adubação verde

Nutritional efficiency of macronutrients in green manures grown in soil of the Coast Plains, Penedo, Alagoas

ABSTRACT

The more efficient a nutritionally species better adapt to degraded conditions and low fertility found in most soils of coastal plains. The aim of this study was to evaluate the nutritional efficiency of N, P, K, Ca, Mg and S in legumes commonly used as green manures Coast Plains, Penedo, Alagoas. Green manures were cultured until 100 days after planting. To study the nutritional efficiency was calculated the following indices: the absorption, utilization, and translocation of conversion, in addition to the total content of macronutrients. Data were subjected to analysis of variance and compared by the Scott Knott test at 5% probability. Among the legumes studied, the legume *Crotalaria juncea* is more efficient in relation to macronutrients in the rates of absorption, utilization, conversion and translocation. The *Cajanus cajan* not exhibit good nutritional efficiency in the use of phosphorus, so it is not the species most adapted to the condition of low phosphorus availability.

Keywords: absorption index, translocation index, green manure

INTRODUÇÃO

Geralmente as áreas destinadas à prática da adubação verde são áreas degradadas, exauridas pelo intenso uso agrícola ou naturalmente de baixa fertilidade e com baixo teor de matéria orgânica. Especialmente nessas condições a eficiência nutricional da espécie vegetal afetará de forma decisiva à sua produção de biomassa (Rozane et al., 2007).

A eficiência nutricional de uma espécie vegetal pode ser determinada através da análise conjunta de índices de eficiência. Primariamente pode se observar o índice da eficiência de absorção que indica a capacidade que a planta possui para extrair certo nutriente do solo, a extensão do sistema radicular e a taxa de influxo do nutriente são muito importantes para se calcular esse índice. Em seguida, observa-se o índice da eficiência de translocação que demonstra a capacidade que a planta possui de encaminhar o nutriente absorvido nas raízes para a parte aérea, onde será utilizado para a produção de biomassa, por exemplo. Outro índice fundamental é o índice da eficiência de utilização que é a capacidade que uma planta possui de redistribuir e reutilizar um nutriente mineral de órgãos senescentes. E finalmente, o índice da eficiência de conversão que demonstra a capacidade de produção de biomassa a partir de cada unidade de um nutriente absorvido (Li et al., 1991; Siddiqi & Glass, 1981; Swiader et al., 1994).

Rozane et al. (2007) utilizaram-se do índice de absorção para determinar os portas-enxertos mais eficientes em macronutrientes para caramboleira. Tomaz et al. (2008) estudando mudas enxertadas de cafeeiro utilizaram o índice de translocação como um dos requisitos básicos para determinar as mudas mais eficientes nutricionalmente. E vários são os estudos atuais que também usam o índice de utilização e o índice de para detectar a eficiência nutricional nas mais variadas espécies vegetais. (Rozane et al., 2007; Tomaz et al.,2008; Fernandes et al., 2007)

No estudo da eficiência nutricional de mudas de cafeeiro, Tomaz et al. (2008) puderam observar que o índice da eficiência de absorção seguiu a ordem decrescente K>Ca>Mg. No índice de translocação também ocorreu a mesma sequência K>Ca>Mg, no entanto, os valores de translocação do Mg, por exemplo, só alcançaram 71 %. Todavia, evidencia-se que as espécies utilizadas como adubo verde precisam expressar a característica de encaminhar, em abundância, os nutrientes absorvidos para sua parte aérea.

Fernandes et al. (2007) estudando a eficiência nutricional de leguminosas, utilizadas como adubos verdes, perceberam que os índices de translocação e de utilização, aos 60 dias de cultivo, respeitaram a seguinte ordem Ca>Mg>P. As espécies estudadas apresentaram translocação de Ca, Mg e P superior a 80 % e apresentaram utilização de Ca, Mg e P em torno de 85 $kg^2\ g^{-1}$.

Tomaz et al. (2009) avaliou o índice de absorção de N, P, S em mudas enxertadas de cafeeiro, e constatou que a absorção de N foi em torno de 140 g kg^{-1}, a absorção de P próximo de 7 g kg^{-1} e a absorção de S em média 11 g kg^{-1}. No caso das leguminosas, o índice de absorção de N tem a tendência de ser superior pelo fato de que somada à absorção ocorrerá também a fixação biológica. (Perin et al., 2003)

A eficiência de conversão de N geralmente é inferior aos outros elementos pelo alto teor de nitrogênio encontrado na composição das folhas verdes. Por outro lado, a retranslocação interna do nitrogênio é muito intensa e isso resulta no aumento do índice da eficiência de utilização do nitrogênio, especialmente em leguminosas herbáceas (Caldeira et al., 2002).

No estudo de eficiência nutricional não se pode desaperceber do nível de disponibilidade do nutriente porque as plantas possuem a tendência de absorver mais aquele nutriente mais disponível no solo. Todavia, quanto maior a absorção menor a eficiência nutricional, pois, quando a taxa de crescimento de um vegetal é menor que a taxa de absorção de um nutriente, sua eficiência de conversão será reduzida. Frequentimente, esse problema ocorre com o potássio (Silva et al., 2002).

Outro fator que precisa ser levado em consideração na análise da eficiência nutricional de uma planta é o tempo de cultivo. Geralmente, quando o vegetal ultrapassa a fase de crescimento vegetativo diminui a sua eficiência de conversão, principalmente em plantas que acumulam muito nutriente na sua biomassa (Carvalho et al., 2003).

A prática agrícola da adubação verde resulta em muitos benefícios para o sistema agrícola, especialmente, em regiões de solos pobres (Luz et al., 2005). Quanto mais eficiente nutricionalmente mais adaptável será o adubo verde para a condição de solo degradado. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência nutricional de N, P, K, Ca, Mg e S em cinco leguminosas geralmente utilizadas como adubo verde em solo de Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas.

MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi conduzido na área destinada a ensaios da Usina Paisa, fazenda Perocabinha, lote 25, no município de Penedo, Alagoas. A temperatura média característica da região é 25,8 °C com média das máximas de 30,2 °C e média das mínimas de 21,3 °C. A umidade relativa do ar varia entre 65 % e 95 %. A precipitação média anual é de 1700 mm e o seu período chuvoso se estende de Abril ao início de Setembro (Figura 1). O solo está situado em Tabuleiro Costeiro e foi classificado como Argissolo Amarelo distrocoeso.

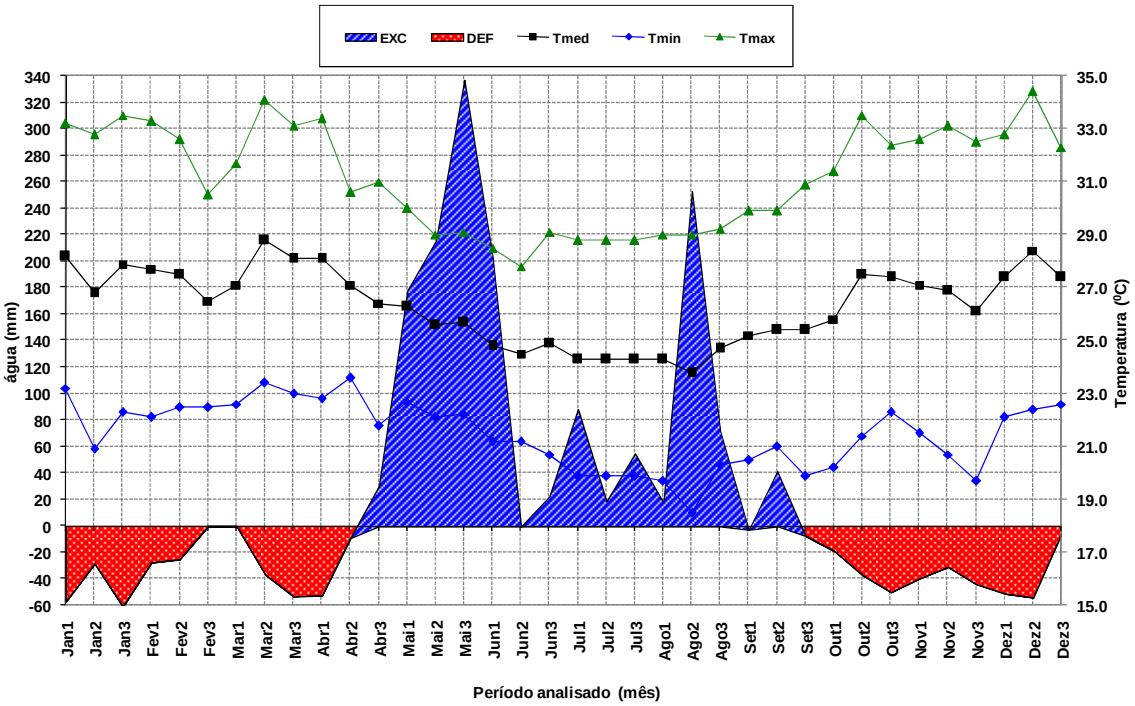

Figura 1. Balanço hídrico e amplitude térmica por decêndio referente ao período de Janeiro a Dezembro de 2009, Usina Paisa, Penedo, Alagoas.

A área experimental havia sido deixada em condição de pousio por dois anos consecutivos. Não foi constatada necessidade para a prática de calagem. O preparo do solo foi realizado por meio de duas gradagens com grade de discos de 20", e em seguida, sulcagem manual com enxadas, os sulcos ficaram com 3 cm de profundidade e com 50 cm de espaço entrelinhas.

Na época das chuvas, no dia 11 de Junho de 2009 foi realizado o plantio das leguminosas. Aos 100 dias após o plantio, no estágio de plena floração das leguminosas que ocorre quando cerca de 50 % das plantas já apresentam flores e algumas plantas já

demonstram o início da maturação das suas vagens, ocorrida no dia 20 de setembro de 2009, foram realizados os levantamentos.

As espécies avaliadas estão descritas na Tabela 1. O plantio foi realizado manualmente seguindo as recomendações de densidade de plantio (Tabela 1).

Tabela 1. Adubos Verdes, densidade de plantio, percentual de germinação das sementes utilizadas e especificação da cultivar utilizada

Adubo Verde	Nº de sementes / m	Germinação (%)	Cultivar
T1 = *Crotalaria spectabilis*	43	60	COMUM
T2 = *Crotalaria juncea*	27	60	IAC-KR-1
T3 = *Crotalaria ochroleuca*	45	75	COMUM
T4 = *Crotalaria breviflora*	35	75	COMUM
T5 = *Cajanus cajan* L (Guandu)	20	70	ARATA ANÃO

A colheita das plantas foi realizada 100 dias após a germinação das sementes. A massa seca da parte aérea foi calculada a partir de amostras com 1m². E a massa seca de raiz foi quantificada a partir de amostra integral de solo (25 cm x 50cm x 100cm). Após a determinação da massa seca, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley, com abertura de malha de 1 mm e em seguida sofreram digestão nitroperclórica para a obtenção de extrato para as determinações nutricionais.

Com os dados de fitomassa de raízes, fitomassa da parte aérea, fitomassa total e o teor nutricional foram calculados os seguintes índices da eficiência nutricional:

1. Eficiência de Absorção (E.A.) = Massa total do nutriente absorvido / Massa da matéria seca de raiz (Swiader et al., 1994)
2. Eficiência de Translocação (E.T.) = Massa do nutriente na parte aérea / Massa total do nutriente absorvido (Li et al., 1991)
3. Eficiência de Utilização (E.U.) = (Massa da matéria seca total)^2 / Massa total do nutriente absorvido (Siddiqi & Glass, 1981)
4. Eficiência de Conversão (E.C.) = Massa da matéria seca da parte aérea / Massa do nutriente na parte aérea (Li et al., 1991)

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco repetições. A parcela experimental teve 70 m² (7m x 10m) com área útil de 24 m^2 (3m x 8m). Os resultados obtidos referentes à massa verde, massa seca e análise de crescimento foram submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas entre si por meio do teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCURSÃO

Eficiência nutricional de P, Ca e Mg

O índice de translocação seguiu a seguinte ordem Mg>Ca>P e o índice de utilização, na média, ficou da seguinte forma P>Mg>Ca (Tabelas 2, 3 e 4). Esses dados não foram correspondentes aos encontrados por Fernandes et al. (2007) que tanto para translocação como para utilização seguiram a sequência Ca>Mg>P. Porém Fernandes et al. (2007) estudaram espécies diferentes de adubos verdes e só cultivaram as plantas por sessenta dias. Isso indica que o fator fisiológico pertinente a cada genótipo é fundamental na eficiência nutricional e também que a eficiência nutricional vai mudar de acordo com o tempo de cultivo do vegetal.

Tabela 2. Eficiência de Absorção (EAP), de Translocação (ETP), de Utilização (EUP), de Conversão de Biomassa do Fósforo (ECP) e o Conteúdo Total (CTP) desse elemento em adubos verdes, aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL)

Adubo Verde	Eficiência Nutricional do Fósforo (P)				
	EAP ($g\ kg^{-1}$)	ETP (%)	EUP ($kg^2\ g^{-1}$)	ECP ($kg\ kg^{-1}$)	CTP ($kg\ ha^{-1}$)
Crotalaria spectabilis	17,8b	95,8b	5399,3a	564,1b	15,3a
Crotalaria juncea	43,2a	97,8a	5427,0a	624,5a	14,7a
Crotalaria ochroleuca	17,5b	94,2c	4481,7b	507,5b	16,1a
Crotalaria breviflora	11,9c	92,4d	2935,5c	549,6b	8,8b
Cajanus cajan (Anão)	19,2b	94,7c	2779,9c	371,2c	17,2a
Média	21,9	95,0	4204,7	523,4	14,4
C.V. (%)	12,2	0,8	15,2	7,0	13,1
QMR	7,13800**	0,50940**	406751**	1355,40**	3,56285**

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A *Crotalaria breviflora* apresentou a pior eficiência nutricional de fósforo, com a menor eficiência de absorção de (11,9 g kg^{-1}) e a menor acumulação desse nutriente em seu material vegetal (8,8 kg ha^{-1}). No entanto, a *Crotalaria juncea* demonstrou a melhor eficiência de absorção de fósforo (43,2 g kg^{-1}) que foi mais que o dobro da eficiência de absorção das outras leguminosas (Tabela 2).

Quanto à eficiência de utilização de fósforo, o principal índice da eficiência nutricional, destacaram-se: *C. spectabilis* (5399,3 $kg^2\ g^{-1}$) e *C. juncea* (5427,0 $kg^2\ g^{-1}$) como as mais eficientes. Todavia, *C. breviflora* e *Cajanus cajan* apresentaram os piores índices de utilização de fósforo e não atingiram nem 60 % da eficiência da *C. juncea* (Tabela 2). Todas as espécies possuem excelente eficiência de translocação de fósforo,

acima de 92 %. Destaca-se nesse índice *C. juncea* (97,8 %) como a mais eficiente e *C. breviflora* (92,4 %) como a menos eficiente (Tabela 2).

Na avaliação da eficiência de conversão de fósforo percebeu-se que *Cajanus cajan* foi menos eficiente, produzindo 253 kg a menos de massa seca da parte aérea por kg de fósforo absorvido, quando comparada com a *C. juncea*. E avaliando o conteúdo total de fósforo percebe-se que não diferiu entre *C. juncea, C. ochroleuca, C. spectabilis* e *Cajanus cajan,* no entanto, a *C. breviflora* acumulou apenas 8,8 kg ha^{-1} e se destacou como menor acumuladora de fósforo.

As leguminosas estudadas estão incluídas numa categoria de plantas que conseguem manter uma ótima eficiência de absorção de fósforo mesmo em situação de baixa disponibilidade de fósforo no solo. Por exemplo, Tomaz et al. (2009) verificaram que a absorção de fósforo em mudas de café fica em torno de 7 g kg^{-1}, valor que não atinge 50 % da absorção da *C. spectabilis* e nem 20 % da absorção da *C. juncea*.

A *Crotalaria juncea* e a *C. ochroleuca* foram as espécies mais eficientes na utilização do cálcio absorvido, com mais de 1100 kg^2 g^{-1} e também foram as espécies mais eficientes na conversão de massa seca da parte aérea em função do cálcio: 130,8 kg kg^{-1} e 144,6 kg kg^{-1}, respectivamente (Tabela 3)

Tabela 3. Eficiência de Absorção (EACa), de Translocação (ETCa), de Utilização (EUCa), de Conversão de Biomassa do Cálcio (ECCa) e o Conteúdo Total (CTCa) desse elemento em adubos verdes, aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL)

Adubo Verde	Eficiência Nutricional do Cálcio (Ca)				
	EACa (g kg^{-1})	ETCa (%)	EUCa (kg^2 g^{-1})	ECCa (kg kg^{-1})	CTCa (kg ha^{-1})
Crotalaria spectabilis	120,9b	97,2b	797,1b	81,8c	103,7a
Crotalaria juncea	206,6a	98,3a	1158,4a	130,8a	70,2b
Crotalaria ochroleuca	62,5c	92,5d	1253,9a	144,6a	52,2b
Crotalaria breviflora	82,4c	95,2c	426,1c	76,6c	60,5b
Cajanus cajan (Anão)	68,7c	93,4d	778,7b	105,6b	61,6b
Média	108,2	95,3	882,8	107,9	70,64
C.V. (%)	15,7	0,9	17,9	11,1	12,9
QMR	288,609**	0,67320**	25034,5**	142,785**	82,7707**

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

As eficiências de utilização de cálcio da *Crotalaria spectabilis* e do *Cajanus cajan* (Anão) foram cerca de 30 % inferiores as da *C. juncea* e da *C. ochroleuca*. Já a eficiência de utilização da *Crotalaria breviflora* foi cerca de 60 % inferior em relação à *C. juncea*. Considerando a eficiência de absorção de cálcio destacou-se a *C. juncea*

como a mais eficiente (206,6 g kg^{-1}) enquanto *C. ochroleuca, C. breviflora* e *Cajanus cajan* foram as piores, com uma eficiência de absorção de cálcio inferior a 83 g kg^{-1} (Tabela 3)

As espécies estudadas possuem excelente eficiência de translocação de cálcio, acima de 92 %, na pesquisa de Fernandes et al. (2007) a translocação de cálcio das leguminosas estudadas por eles ficou acima de 80 %. Destacaram-se na translocação de cálcio a *C. juncea* (98,3 %) como a mais eficiente e a *C. ochroleuca* (92,5 %) como a menos eficiente.

Por outro lado, na eficiência de conversão de cálcio percebeu-se que a *C. breviflora* foi a menos eficiente, produzindo 68 kg a menos de massa seca da parte aérea por kg de cálcio absorvido, quando comparada com a *C. ochroleuca*. O conteúdo total de cálcio não diferiu entre *C. juncea, C. ochroleuca, C. breviflora* e *Cajanus cajan*, no entanto, *C. spectabilis* acumulou 103,7 kg ha^{-1} e se destacou como maior acumuladora de cálcio. (Tabela 3)

A *Crotalaria breviflora* foi a pior leguminosa, entre as estudas, na eficiência de utilização do magnésio com 1355,3 kg^2 g^{-1} e apresentou uma das piores eficiências de absorção do magnésio menos que 35 % da eficiência de absorção da *Crotalaria juncea.* A eficiência de utilização de magnésio da *Crotalaria juncea* foi a melhor, superando em mais de 100 % a *C. breviflora*. E também na eficiência de absorção de magnésio destacou-se a *C. juncea* como a mais eficiente (80,8 g kg^{-1}) enquanto *Cajanus cajan* ficou entre as duas piores, com uma eficiência de absorção de magnésio em torno de 23 g kg^{-1}. (Tabela 4)

Tabela 4. Eficiência de Absorção (EAMg), de Translocação (ETMg), de Utilização (EUMg), de Conversão de Biomassa do Magnésio (ECMg) e o Conteúdo Total (CTMg) desse elemento em adubos verdes, aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL)

Adubo Verde	Eficiência Nutricional do Magnésio (Mg)				
	EAMg (g kg^{-1})	ETMg (%)	EUMg (kg^2 g^{-1})	ECMg (kg kg^{-1})	CTMg (kg ha^{-1})
Crotalaria spectabilis	41,0b	97,8a	2348,4b	239,8b	35,1a
Crotalaria juncea	80,8a	98,7a	2901,0a	325,2a	27,5b
Crotalaria ochroleuca	38,9b	95,7b	2008,7b	223,1b	35,6a
Crotalaria breviflora	25,9c	96,5b	1355,3c	239,7b	19,0c
Cajanus cajan (Anão)	23,1c	93,9c	2313,9b	311,8a	20,7c
Média	41,9	96,5	2185,5	267,9	27,6
C.V. (%)	12,4	0,7	13,8	5,8	13,6
QMR	27,0028**	0,39435**	90434,7**	237,689**	13,9829**

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Todos os adubos verdes estudados possuem excelente eficiência de translocação de magnésio, acima de 93 %. Destacam-se nesse índice *C. juncea* (98,7 %) como a mais eficiente e *Cajanus cajan* (93,9 %) como menos eficiente. Considerando a eficiência de conversão percebe-se que *C. juncea* e *Cajanus cajan* foram mais eficientes, produzindo cerca de 80 kg a mais de massa seca da parte aérea por kg de magnésio absorvido, quando comparadas com a *C. spectabilis*. E o conteúdo total de magnésio não diferiu entre *C. breviflora* e *Cajanus cajan* ficando em torno de 20 kg ha^{-1} (Tabela 4).

Os valores para os índices de utilização para Ca, Mg e P foram muito superiores aos dados médios encontrados por Fernandes et al. (2007) que encontraram valores em torno de 85 kg^2 g^{-1} (Tabelas 2, 3 e 4). Possivelmente isso aconteceu porque a fertilidade do solo na região na qual Fernandes et al. (2007) realizaram seu trabalho, era muito boa, e diante de ótima disponibilidade nutricional a eficiência de utilização desses nutrientes diminui de forma inversamente proporcional (Caldeira et al, 2002).

Eficiência nutricional de N, K e S

Observou-se que a eficiência de utilização do N foi muito inferior em relação ao K e ao S (Tabelas 4, 5, 6). No entanto, todas as espécies avaliadas são leguminosas, essas espécies obtêm cerca de 70 % do nitrogênio através do processo de fixação biológica (Silva, 2006). A avaliação da eficiência de conversão nos permite observar uma necessidade de N>K>S para converter biomassa pelos adubos verdes estudados (Tabelas 5, 6 e 7).

Tabela 5. Eficiência de Absorção (EAN), de Translocação (ETN), de Utilização (EUN), de Conversão de Biomassa do Nitrogênio (ECN) e o Conteúdo Total (CTN) desse elemento em adubos verdes, aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL)

Adubo Verde	Eficiência Nutricional do Nitrogênio (N)				
	EAN ($g\ kg^{-1}$)	ETN (%)	EUN ($kg^2\ g^{-1}$)	ECN ($kg\ kg^{-1}$)	CTN ($kg\ ha^{-1}$)
Crotalaria spectabilis	188,7b	96,2b	509,8a	53,2b	161,8b
Crotalaria juncea	446,7a	97,9a	526,9a	60,3a	152,0b
Crotalaria ochroleuca	153,6c	93,1e	506,8a	57,8a	140,7c
Crotalaria breviflora	153,7c	94,9c	228,3b	41,3c	112,8d
Cajanus cajan (Anão)	203,8b	94,0d	261,8b	35,2d	182,9a
Média	229,3	95,2	406,7	49,6	150,0
C.V. (%)	12,3	0,6	14,9	6,8	11,7
QMR	3670,40**	0,28525**	3670,40**	11,4410**	308,745**

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Quanto à eficiência de absorção de nitrogênio destacou-se a *C. juncea* como a mais eficiente (446,7 g kg^{-1}) enquanto *C. ochroleuca*, *C. breviflora* foram as piores com uma eficiência de absorção de nitrogênio inferior a 160 g kg^{-1}. As espécies estudadas possuem excelente eficiência de translocação de nitrogênio, acima de 93 %. Destacaram-se nesse índice a *C. juncea* (97,9 %) como a mais eficiente e a *C. ochroleuca* (92,5 %) como a menos eficiente (Tabela 5).

Verificou-se quanto a eficiência de conversão de N percebeu-se que o *Cajanus cajan* foi a menos eficiente, produzindo 25 kg a menos de massa seca da parte aérea por kg de nitrogênio, quando comparada com a *C. juncea*. O conteúdo total de nitrogênio não diferiu entre *C. juncea e C. spectabilis* ficando em torno de 160 kg ha^{-1}. A *C. breviflora* acumulou apenas 112,8 kg ha^{-1} e se destacou como menor acumuladora de nitrogênio. *Cajanus cajan* destacou-se como menos eficiente na utilização e na conversão do nitrogênio, por outro lado, foi o adubo verde que mais acumulou nitrogênio (182,9 kg ha^{-1}) (Tabela 5).

A *Crotalaria juncea* apresentou a melhor eficiência nutricional de potássio, sua eficiência de conversão foi superior em mais de 28 kg de matéria seca por kg de potássio absorvido. Por outro lado, o material vegetal que mais acumulou potássio foi a *Crotalaria spectabilis* com pouco mais de 100 kg ha^{-1} (Tabela 6).

Tabela 6. Eficiência de Absorção (EAK), de Translocação (ETK), de Utilização (EUK), de Conversão de Biomassa do Potássio (ECK) e o Conteúdo Total (CTK) desse elemento em adubos verdes, aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL)

Adubo Verde	Eficiência Nutricional do Potássio (K)				
	EAK (g kg^{-1})	ETK (%)	EUK (kg^2 g^{-1})	ECK (kg kg^{-1})	CTK (kg ha^{-1})
Crotalaria spectabilis	117,1b	98,8a	829,3b	83,0c	100,3a
Crotalaria juncea	198,8a	99,1a	1176,0a	130,9a	67,8b
Crotalaria ochroleuca	81,4c	98,2b	955,7b	102,6b	74,6b
Crotalaria breviflora	78,6c	97,2c	446,9d	78,3c	57,7c
Cajanus cajan (Anão)	84,9c	97,3c	630,2c	81,3c	76,3b
Média	112,1	98,1	807,6	95,2	75,3
C.V. (%)	11,8	0,2	16,5	9,3	11,1
QMR	174,691**	0,04635**	7821,26**	78,2158**	69,7856**

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Quanto à eficiência de absorção de potássio destacou-se a *C. juncea* como a mais eficiente (198,8 g kg^{-1}) enquanto *Cajanus cajan* ficou entre as três piores, com uma eficiência de absorção de potássio em torno de 85 g kg^{-1}. Os adubos verdes

estudados também possuem excelente eficiência de translocação de potássio, acima de 97 %. Destacam-se nesse índice *C. juncea* e *C. spectabilis*, acima de 99 %, como as mais eficientes e *Cajanus cajan* e C. *breviflora*, com pouco mais de 97 %, como as menos eficientes (Tabela 6).

Na eficiência de conversão de potássio percebeu-se que a *C. juncea* foi a mais eficiente, produzindo 28 kg a mais de massa seca da parte aérea por kg de potássio absorvido, quando comparadas com a *C. ochroleuca*. O conteúdo total de potássio foi menor na *C. breviflora* ficando em torno de 58 kg ha^{-1}, por outro lado, *C. spectabilis* acumulou mais de 100 kg ha^{-1} e se destacou como maior acumuladora de potássio (Tabela 6).

As espécies mais eficientes na utilização de enxofre foram: *Crotalaria spectabilis* (6234,9 kg^2 g^{-1}), *C. juncea* (5730,4 kg^2 g^{-1}) e *C. ochroleuca* (5302,3 kg^2 g^{-1}). A *C. juncea* também se destacou como a leguminosa mais eficiente na absorção de enxofre (40,8 g kg^{-1}) com mais que o dobro da eficiência em relação às demais leguminosas estudadas. Por outro lado, a *Crotalaria breviflora* foi a menos eficiente tanto na absorção (12,3 g kg-1) como na utilização do enxofre (2866,4 kg^2 g^{-1}) (Tabela7).

Tabela 7. Eficiência de Absorção (EAS), de Translocação (ETS), de Utilização (EUS), de Conversão de Biomassa do Enxofre (ECS) e o Conteúdo Total (CTS) desse elemento em adubos verdes, aos 100 dias após o plantio, Penedo (AL)

Adubo Verde	Eficiência Nutricional do Enxofre (S)				
	EAS (g kg^{-1})	ETS (%)	EUS (kg^2 g^{-1})	ECS (kg kg^{-1})	CTS (kg ha^{-1})
Crotalaria spectabilis	15,8b	86,9b	6234,9a	726,8a	35,1a
Crotalaria juncea	40,8a	94,8a	5730,4a	720,1a	27,5b
Crotalaria ochroleuca	14,9b	88,0b	5302,3a	647,8a	35,6a
Crotalaria breviflora	12,3b	84,7c	2866,4b	599,2a	19,0c
Cajanus cajan (Anão)	16,9b	89,3b	3190,7b	458,2b	20,7c
Média	20,1	88,8	4664,9	630,4	27,6
C.V. (%)	16,9	2,5	18,8	14,9	13,6
QMR	11,6353**	4,76010**	769776**	8854,46**	13,9829**

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os adubos verdes estudados possuem ótima eficiência de translocação de enxofre, acima de 84 %. Destaca-se nesse índice *C. juncea* (94,8 %) como a mais eficiente e *C. breviflora* (84,7 %) como a menos eficiente. Quanto à eficiência de absorção de cálcio destacou-se a C. juncea como a mais eficiente (206,6 g kg^{-1})

enquanto C. ochroleuca, C. breviflora e Cajanus cajan foram as piores com uma eficiência de absorção de enxofre inferior a 83 g kg^{-1} (Tabela 7).

Considerando a eficiência de conversão de enxofre verificou-se que o *Cajanus cajan* foi a menos eficiente, produzindo 268 kg a menos de massa seca da parte aérea por kg de enxofre absorvido, quando comparada com a *C. spectabilis*. O conteúdo total de enxofre não diferiu entre *C. spectabilis* e *C. ochroleuca*, no entanto, C. breviflora acumulou 19,0 kg ha^{-1} e se destacou como menor acumuladora de enxofre junto com o *Cajanus cajan* (Tabela 7).

CONCLUSÕES

1. Entre as leguminosas estudadas, a *Crotalaria juncea* é a leguminosa mais eficiente em relação aos macronutrientes nos índices de absorção, utilização, translocação e conversão;
2. Por outro lado, a *Crotalaria breviflora* demonstrou ser uma espécie de baixa eficiência nutricional, e, portanto, sem capacidade fisiológica de se adaptar às áreas degradas e de baixa fertilidade comuns nos solos de Tabuleiro Costeiro em Penedo Alagoas;
3. Apesar da *Crotalaria spectabilis* não ter uma eficiência nutricional tão boa quanto a *Crotalaria juncea*, mostrou-se como uma espécie muito eficiente e com capacidade de ser utilizada em áreas de baixa disponibilidade nutricional;
4. O Feijão Guandu (*Cajanus cajan*) não apresenta boa eficiência nutricional na utilização do fósforo, e não é uma espécie adaptada à condição de baixa disponibilidade de fósforo;
5. A *Crotalaria ochroleuca* é uma espécie de eficiência nutricional média em relação aos macronutrientes e deve ser utilizada principalmente em áreas de fertilidade, no mínimo, mediana.

LITERATURA CITADA

Caldeira, M. V. W.; NETO, R. M. R.; Schumacher, M. V. Avaliação da eficiência nutricional de três procedências australianas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* de Wild.). R. Árvore, Viçosa-MG, v.26, n.5, p.615-620, 2002.

Carvalho, R.; Furtini Neto, A. E.; Curi, N.; Resende, A. V.Absorção e translocação de silício em mudas de eucalipto cultivadas em latossolo e cambissolo. Ciênc. agrotec., Lavras. v.27, n.3, p.491-500, maio/jun., 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos RJ. Manual de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro. 1997. 212 p.

Fernandes, A. R.; Morais, F. I. de O.; Linhares, L. C. F.; Silva, G. R. Produção de matéria seca e eficiência nutricional para P, Ca e Mg em leguminosas herbáceas. Acta Amazonica, v. 37, n.2,p.169 – 176, 2007.

Li, B.; Mckeand, S.E.; Allen, H.L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. Forest Science, v.37, n.2, p.613-626, 1991.

Luz, P. H. C., Vitti, G. C., Quitino, C. A., Oliveira, D. B. Utilização de Adubação Verde na cultura da Cana-de-açúcar. Relatório Técnico, Piracicaba, São Paulo, 2005.

Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

Perin, A.; Guerra, J.G.M.; Teixeira, M.G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.38, p.791-796, 2003.

Rozane, D. E.; Prado, R. DE M.; Franco, C. F.; Natale, W. Eficiência de absorção, transporte e utilização de macronutrientes por porta-enxertos de caramboleira, cultivados em soluções nutritivas. Revista Ciência Agrotécnica, v. 31, n. 4, p. 1020-1026, 2007.

Siddiqi, M.Y.; Glass, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient efficiency in plants. Journal of Plant Nutrition, v.4, n.3, p.289-302, 1981.

Silva, E.E. Manejo orgânico da cultura da couve em rotação com o milho, consorciados comleguminosas para adubação verde intercalar em plantio direto. 2006. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Fitotecnia) – UFRRJ, Serópedica . 2006.

Silva, S. R.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; PEREIRA, P. R. G. Eficiência nutricional de potássio e crescimento de eucalipto influenciados pela compactação do solo. R. Bras. Ci. Solo, 26:1001-1010, 2002.

Swiader, J.M.; Chyan, Y.; FreijI, F.G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. Journal of Plant Nutrition, v.17, n.10, p. 1687-1699, 1994.

Tomaz, M. A.; Martinez H. E. P.; Cruz C. D.; Ferrari, R. B.; Zambolim, L.; Sakiyama, N. S. Diferenças genéticas na eficiência de absorção, na translocação e na utilização

de K, Ca e Mg em mudas enxertadas de cafeeiro. Ciência Rural, Santa Maria, v.38, n.6, p.1540-1546, set, 2008.

Tomaz, M. A.; Martinez H. E. P.; Cruz C. D.; Ferrari, R. B.; Zambolim, L.; Sakiyama, N. S. Eficiência relacionada à absorção e utilização de nitrogênio, fósforo e enxofre, em plantas de cafeeiros enxertadas, cultivadas em vasos. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 33, n. 4, p. 993-1001, ago. 2009.

CAPÍTULO 5

Produtividade agrícola e rendimento industrial da cana-de-açúcar em sucessão à adubação verde em Penedo, Alagoas

Produtividade agrícola e rendimento industrial da cana-de-açúcar em sucessão à adubação verde em Penedo, Alagoas

Danilo César Oliveira de Cerqueira, Gilson Moura Filho, Abel Washington de Albuquerque & José Valdemir Tenório da Costa

RESUMO

A cana-de-açúcar é a principal cultura agrícola cultivada em Alagoas, pela grande relevância econômica e social da cana, tem se realizado pesquisas com o intuito de melhorar a qualidade tecnológica e a produtividade agrícola do produto dos canaviais. O objetivo deste experimento foi verificar os efeitos da adubação verde nos índices tecnológicos (Brix, PCC, Fibra, Pureza, ATR, ART, AR) e também nos rendimentos agrícola (TCH) e industrial (TPH) da cana-de-açúcar cultivada em solo de Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas. Os dados levantados neste trabalho foram submetidos à análise de variância e comparados através do teste de Scott Knott ao nível de 5 % de probabilidade. Verificou-se que a adubação verde em canaviais resulta em incrementos consideráveis nos índices tecnológicos da cana-de-açúcar. Observou-se um ganho de 15 t ha^{-1} de cana-de-açúcar quando os canaviais são cultivados em sucessão a adubos verdes. O rendimento industrial teve um ganho de 6 t ha^{-1} de açúcar quando se utiliza a adubação verde no canavial.

Palavras-chave: monocultura da cana, adubos verdes, qualidade tecnológica da cana

Agricultural productivity and industrial yield of cane sugar in succession to green manure in Penedo, Alagoas

ABSTRACT

The cane sugar is the main crop grown in Alagoas, the great social and economic relevance of the cane, has conducted research with the goal of improving agricultural productivity and technological quality of the product of the sugar plantations. The objective of this experiment was to investigate the effects of green manure on technological indexes (Brix, PCC, Fiber, Purity, ATR, TRS, AR) and agricultural yield (TCH) and industrial (TPH) of cane sugar grown in Coastal Tableland soil, Penedo, Alagoas. The data collected in this study were subjected to analysis of variance and compared by the Scott Knott test at 5% probability. It was found that the green manure in cane fields results in significant increases in technological indexes of cane sugar. There was a gain of 15 t ha-1 of cane sugar when sugar cane is grown in rotation green manures. The industrial output has a gain of 6 t ha-1 sugar when using green manure in cane fields.

Keywords: monoculture of sugarcane, green manures, technological quality of sugar cane

INTRODUÇÃO

O ano de 2008 apresentou recorde na produção brasileira de cana-de-açúcar: 571,4 milhões de toneladas, um aumento de 13,9 % em relação a 2007 e a área plantada aumentou para 8,5 milhões de hectares. (CONFAGRI, 2009). A safra brasileira de 2009 alcançou os 612 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, um aumento de 7,0 % em relação ao ano de 2008 (CONAB, 2010).

Essa expansão contínua no cultivo da cana-de-açúcar evidencia a importância nacional dessa cultura agrícola, e conseqüentemente, demonstra a necessidade de um bom planejamento para cada atividade relacionada à cana. Quanto mais aspectos ligados à produtividade dos canaviais forem conhecidos mais eficientes serão as tomadas de decisão nesse respeito. Dentre esses aspectos encontra-se a condição dos solos.

Os solos de Tabuleiros Costeiros de Alagoas, intensivamente cultivados com a cana-de-açúcar, encontram-se sob altos índices de extração para manter o crescimento e desenvolvimento dos canaviais e esses solos já são naturalmente pobres, apresentam baixa concentração de Ca e Mg, baixa capacidade de troca catiônica, pequena concentração de matéria orgânica, além de apresentarem camadas coesas que geralmente precisam ser manejadas com subsolagem (Jacomine, 2001). A adubação verde é uma prática agrícola com potencial de trazer muitos benefícios para solos degradados (Fernandes et al., 2007).

Na adubação verde desses solos de Tabuleiro Costeiro podem ser utilizadas leguminosas com excelentes resultados para a fertilidade do solo e também para os aspectos físicos e biológicos dessas áreas. Entre esses benefícios podem ser citados: estruturação do solo (Latif et al., 1992), especialmente por promover a formação de poros e melhorar a retenção de água (Griffith et al., 1986) e nutrientes; aporte de matéria orgânica ao solo (Teodoro et al., 2009) além de macro e micronutrientes minerais (Brenes, 2003) para o solo; reaproveitamento de nutrientes antes lixiviados em camadas sub-superficiais (Ricci et al., 2005; Silva et al., 2002) e até mesmo favorece o desenvolvimento e distribuição radicular da cultura implantada na seqüência de uma adubação verde (Chaves, 2000).

A cana-de-açúcar é a principal cultura agrícola cultivada em Alagoas, na região nordeste o estado de Alagoas se destaca como maior produtor com mais de 26 milhões de toneladas (CONAB, 2010). Pelo fato da grande relevância econômica e social da

cana, tem se realizado pesquisa com o intuito de melhorar a qualidade tecnologia e a produtividade agrícola do produto dos canaviais (Farias et al., 2009).

Neste experimento o objetivo foi verificar os efeitos da adubação verde nos índices tecnológicos (Brix, PCC, Fibra, Pureza, ATR, ART, AR) e também nos rendimentos agrícola (TCH) e industrial (TPH) da cana-de-açúcar cultivada em solo de Tabuleiro Costeiro, Penedo, Alagoas.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do Ambiente Experimental e Estratégia de Ação

Este experimento foi desenvolvido em área de exploração comercial, na Fazenda Perocabinha, lote 25, Usina Paisa, situada no município de Penedo, Alagoas. A temperatura média característica da região é 25,8°C com média das máximas de 30,2°C e média das mínimas de 21,3°C. A umidade relativa do ar varia entre 65% e 95%. A precipitação média anual é de 1700 mm e o seu período chuvoso se estende de Abril ao início de Setembro. A área experimental está situada em Tabuleiro Costeiro em solo de textura arenosa.

A área deste experimento fora anteriormente deixada em condição de pousio por dois anos consecutivos, não foi constatada necessidade para a prática de calagem que é imprescindível em caso de acidez do solo elevada, por isso o preparo do solo foi realizado unicamente com uma gradagem para eliminação da vegetação natural que havia se estabelecido no lote.

Na época das chuvas, no dia 11 de Junho de 2009 foi realizado o plantio em arranjo experimental de 5 leguminosas e a área plantada ficou divida em 25 parcelas distribuídas em 5 blocos. Na fase de plena floração das leguminosas que ocorre quando cerca de 50 % das plantas já apresentam flores e algumas plantas já demonstram o início da maturação das suas vagens, ocorrida na segunda dezena do mês de setembro de 2009, foram realizadas todas as medições intencionadas neste ensaio.

Em sucessão à adubação verde, sobre as mesmas parcelas experimentais foi plantada a cana-de-açúcar (RB 92579). Os adubos verdes foram dessecados por meio de herbicida, em seguida foram abertos os sulcos em sistema de plantio direto, foi realizada a adubação mineral no fundo do sulco e por fim, o plantio da cana. Nesse período as condições climáticas seguiram conforme a Figura 1.

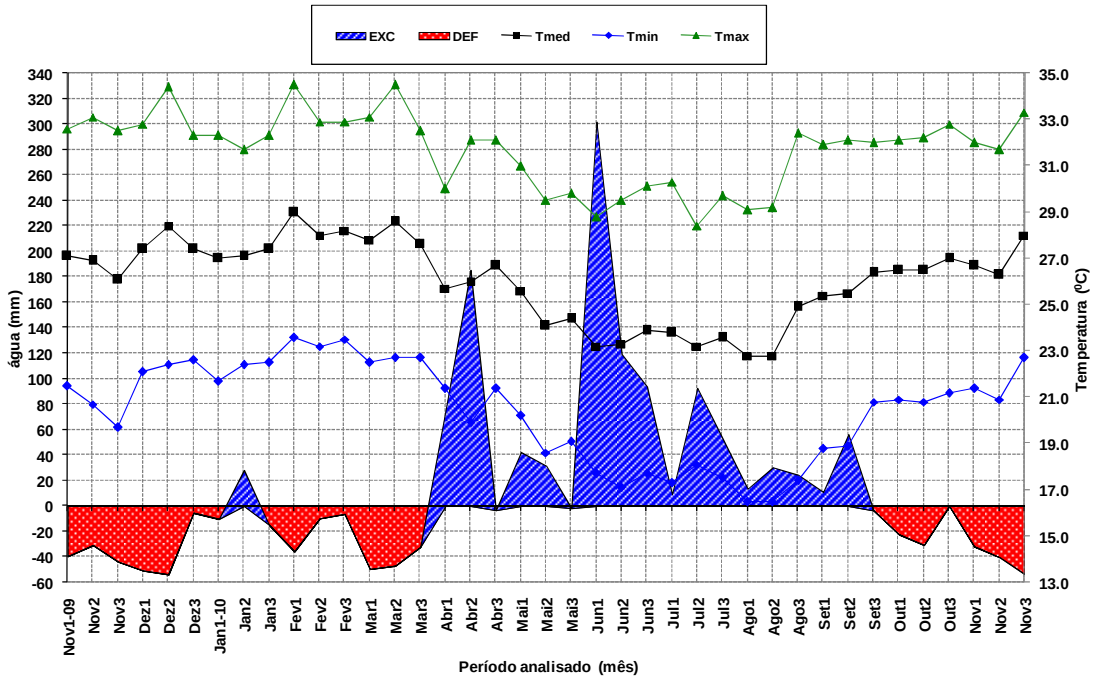

Figura 1. Balanço hídrico e amplitude térmica por decêndio referente ao período de Novembro de 2009 a Novembro de 2010, Usina Paisa, Penedo, Alagoas.

Delineamento Estatístico e descrição dos tratamentos

O delineamento estatístico foi o de blocos casualizados e os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância. O experimento foi formado de 5 tratamentos e 5 repetições em parcelas de 70 m² (7m x 10m) com área útil de 24 m^2 (3m x 8m). A Tabela 1 descreve os cinco tratamentos utilizados.

Tabela 1. Adubos Verdes, densidade de plantio, percentual de germinação das sementes utilizadas e especificação da cultivar utilizada

Leguminosas	Nº de sementes / m	Germinação (%)	Cultivar
T1 = *Crotalaria spectabilis*	**43**	**60**	**COMUM**
T2 = *Crotalaria juncea*	**27**	**60**	**IAC-KR-1**
T3 = *Crotalaria ochroleuca*	**45**	**75**	**COMUM**
T4 = *Crotalaria breviflora*	**35**	**75**	**COMUM**
T5 = *Cajanus cajan* L (Guandu)	**20**	**70**	**IAPAR ARATA**
T6 = Torta de Filtro 30 t ha^{-1}			
T7 = Testemunha			

Determinação dos rendimentos da cana-de-açúcar e dos índices tecnológicos

A cana-de-açúcar foi colhida com 12 meses. Nesse período foram determinados os valores para TCH (toneladas de cana por hectare), calculada por meio da transformação da massa da parcela em tonelada por hectare e TPH (toneladas de açúcar

provável por hectare), multiplicando-se o TCH pela percentagem de sacarose aparente corrigida (PCC).

Para a caracterização da qualidade tecnológica da cana foram avaliados Brix (%), Pol da cana corrigida (PCC %), fibra industrial (Fibra %), pureza (Pureza %), açúcares totais recuperáveis (ATR), açúcares redutores (AR), mediante amostras compostas por dez canas por parcela. A determinação do Brix do caldo extraído foi efetuada com refratômetro digital provido de correção automática de temperatura para 20 ºC (Caldas, 1998). A Pol foi avaliada com um sacarímetro automático, determinando-se a concentração de açúcares opticamente ativos, com base na equação conhecida como lei de Biot (Caldas, 1998), apresentada na Eq. 1.

$$C = \frac{100 * \alpha}{l * \alpha^T * \mu} \quad (1)$$

em que:

C - Concentração de açúcares

α - Ângulo de rotação do plano de vibração da luz polarizada

l - Comprimento da coluna iluminada de líquido

$\alpha^T * \mu$ - Rotação específica

Após a leitura realizada pelo aparelho, é feita a correção para temperatura ambiente interna, em torno de 20 ºC, pela Eq. 2 de ajuste.

$$L_{corrigida} = L * [1 + 0{,}000255 * (T - 20)] \quad (2)$$

em que:

L - Leitura sem correção

T - Temperatura do laboratório

$L_{corrigida}$ - Pol do caldo extraído (%)

O cálculo da fibra industrial (Fibra %) da cana se baseia na correlação entre resíduo fibroso e a fibra industrial da cana, determinada experimentalmente, segundo a seguinte equação (CRSPCTS/PB, 1997):

$$Fibra(\%) = \frac{(100 * PBS) * (PBU * b)}{5 * (100 - b)} \quad (3)$$

em que:

PBS - Peso do bolo seco em estufa à 105 ºC

PBU - Peso do bolo úmido: resíduo fibroso, resultante da prensagem a 250 kgf cm^{-2} por 1 min, de 500 g de amostra de cana desfibrada e homogeneizada, em grama (CONSECANA, 2001)

b - Brix do caldo extraído

Obteve-se a pureza (Pureza %) a partir da percentagem de sólidos solúveis totais no caldo extraído, após a determinação dos valores de Pol e Brix (CRSPCTS/PB, 1997), segundo a Eq.4.

$$\text{Pureza}(\%) = \frac{\text{Pol}\%_{\text{caldo}}}{\text{Brix}\%_{\text{caldo}}} * 100 \quad (4)$$

O PCC é um índice que determina a quantidade de sacarose que realmente será extraída em cada tonelada de cana-de-açúcar, quanto mais alto o valor de PCC mais elevado é o preço da cana, sendo, portanto um fator muito determinante nos estudos de rendimento industrial dessa cultura. A sua determinação se dá através da Eq.5.

$$PCC = L_{corrigida} * (1 - 0{,}01 * \text{Fibra}) * c \quad (5)$$

em que:

$L_{corrigida}$ - Pol do caldo extraído, %

Fibra = Fibra industrial da cana, %

c = 0,955, fator de transformação da Pol do caldo extraído em Pol do caldo absoluto

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os índices tecnológicos da industrialização da cana-de-açúcar encontram-se na Tabela 2. Ocorreram diferenças significativas para o Brix (%), PCC (%) e Fibra (%) entre os tratamentos avaliados.

Tabela 2. Índices Tecnológicos [Brix, Pol da cana corrigida (PCC) e Fibra] da cana-de-açúcar (RB92579) cultivada até os 12 meses, Penedo (AL)

Adubo Verde	Índices Tecnológicos da Cana-de-açúcar		
	Brix (%)	PCC (%)	Fibra (%)
Crotalaria spectabilis	21,0a	15,3a	12,0c
Crotalaria juncea	22,2a	16,6a	12,5b
Crotalaria ochroleuca	21,9a	16,1a	13,1a
Crotalaria breviflora	21,1a	15,5a	12,4b
Cajanus cajan	21,9a	17,5a	12,1c
Torta de Filtro	21,6a	16,1a	12,7b
Testemunha	17,5b	12,3b	11,9c
Média	21,04	15,63	12,38

C.V. (%)	5,39	7,14	2,48
QMR	10,39119**	10,68647**	0,6723681**

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Pode-se observar que o Brix da cana-de-açúcar se manteve acima de 21,0 % para todos os tratamentos com adubação verde, porém ocorreu uma perda de 3,5 % para o tratamento que não realizou sucessão de cultivo com os adubos verdes. Verificou-se que a PCC foi maior que 15,0 % para os tratamentos com adubação verde, no entanto, sem a adubação verde, a PCC só atingiu 12,3 % (Tabela 2).

A prática da adubação verde também promoveu o aumento da percentagem de fibra na cana-de-açúcar. Destacou-se a *C. ochroleuca* por contribuir para a maior percentagem de fibra (13,1 %). Enquanto a testemunha, que não recebeu adubação verde teve percentagem de fibra de 11,9 % (Tabela 2).

Outros índices tecnológicos importantes para a industrialização da cana-de-açúcar também diferiram com a adubação verde. Foram avaliados Pureza, Açúcares Redutores (AR) e Açúcares Redutores Totais (ART) (Tabela 3).

Tabela 3. Índices Tecnológicos [Pureza, Açúcares Redutores (AR), Açúcares Redutores Totais (ART)] da cana-de-açúcar (RB92579) cultivada até os 12 meses, Penedo (AL)

Adubo Verde	Índices Tecnológicos da Cana-de-açúcar		
	Pureza (%)	AR (%)	ART (%)
Crotalaria spectabilis	85,9a	0,74b	16,8a
Crotalaria juncea	88,8a	0,67b	18,1a
Crotalaria ochroleuca	88,5a	0,67b	17,6a
Crotalaria breviflora	87,3a	0,71b	17,0a
Cajanus cajan	87,5a	0,71b	17,8a
Torta de Filtro	88,9a	0,66b	17,6a
Testemunha	82,7b	0,82a	13,8b
Média	87,09	0,71	16,97
C.V. (%)	2,23	6,95	6,45
QMR	19,26469**	0,0126772**	8,589662**

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Na percentagem de pureza do caldo da cana-de-açúcar foi observado que a adubação verde promoveu um considerável aumento de cerca de 5 %, enquanto a cana-de-açúcar em sucessão aos adubos verdes ficou com pureza acima de 87 %, sem a adubação verde a pureza foi de 82,7 % (Tabela 3).

A cana-de-açúcar apresentou 0,82 % de AR sem a adubação verde, porém com a adubação verde os valores de AR ficaram abaixo de 0,72 %. Com isso pode-se constatar que a adubação verde promove um maior aproveitamento industrial do açúcar que poderá ser convertido em sacarose (Tabela 3).

Os dados de produtividade agrícola e rendimento industrial da cana-de-açúcar encontram-se no Quadro 4. Ocorreu diferença significativa para os tratamentos com adubação verde.

Tabela 4. Açúcares Totais Recuperáveis (ATR), Produtividade Agrícola (TCH) e Produtividade Industrial (TPH) da cana-de-açúcar (RB92579) cultivada até os 12 meses, Penedo (AL)

Adubo Verde	Parâmetros de Produtividade da Cana-de-açúcar		
	ATR (kg t^{-1})	TCH (t ha^{-1})	TPH (t ha^{-1})
Crotalaria spectabilis	149,7a	144,0a	22,0a
Crotalaria juncea	161,2a	135,0b	22,4a
Crotalaria ochroleuca	156,6a	131,8b	21,2a
Crotalaria breviflora	151,6a	130,9b	20,3a
Cajanus cajan	158,5a	127,7b	22,4a
Torta de Filtro	156,6a	128,4b	20,6a
Testemunha	122,8b	115,5c	14,2b
Média	151,01	130,49	20,44
C.V. (%)	6,45	3,41	6,47
QMR	678,6921**	294,6445**	33,20226**

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Em média, de cada tonelada da cana-de-açúcar recuperou-se cerca de 154 kg de açúcar para os tratamentos com adubação verde, porém só foi possível recuperar 122,8 quilogramas de açúcar por tonelada de cana-de-açúcar sem a sucessão com adubos verdes. Um ganho de mais de 30 kg de ATR foi verificado graças à adubação verde (Tabela 4).

Verificou-se que a utilização da *C. spectabilis* promoveu o melhor resultado para a produtividade agrícola da cana-de-açúcar (144 t ha^{-1}). Sem a adubação verde a produtividade agrícola não passou de 116 t ha^{-1}. Na média, a utilização de adubo verde, foi semelhante ao uso da torta de filtro, proporcionou um aumento de 15 t ha^{-1} de TCH (Tabela 4).

O rendimento industrial da cana-de-açúcar foi incrementado em mais de 6 t ha^{-1} com a prática da adubação vede. Quando não ocorreu a sucessão com adubos verdes nem foi utilizada a torta de filtro no fundo do sulco cada hectare de cultivado com cana-de-açúcar só produziu 14,2 t de açúcar, enquanto que com a adubação verde, em média, foram produziu-se 20,4 t ha^{-1} (Tabela 4).

CONCLUSÕES

1. A adubação verde em canaviais resulta em incrementos consideráveis nos índices tecnológicos (Brix, PCC, Fibra, ATR) da cana-de-açúcar;
2. Há um ganho de 15 t ha^{-1} de cana-de-açúcar quando os canaviais são cultivados em sucessão a adubos verdes ou quando se utiliza a torta de filtro no fundo de sulco;
3. O rendimento industrial é incrementado em 6 t ha^{-1} de açúcar quando se utiliza da adubação verde em canaviais.

LITERATURA CITADA

Brenes, L. Producción orgânica: algunas limitaciones que enfretan los pequenos productores. Manejo Integrado de Plagas y Agroecologia, Turrialba, n. 70, p. 7-13, 2003.

Caldas, C. Manual de análises selecionadas para indústrias sucroalcooleiras. Maceió: Sindicato da Indústria e do Álcool do Estado de Alagoas, 1998. 438p.

Chaves, J. C. D. Efeito de adubação mineral, orgânica e verde sobre a fertilidade do solo, nutrição e produção do cafeeiro. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 1, 2000, Poços de Caldas, MG. Resumos Expandidos. Brasília, DF: Embrapa Café; Belo Horizonte: Minasplan, p. 1389-1392, 2000.

CONFAGRI, Confederação Nacional das Cooperativas Agrícolas e do Crédito Agrícola de Portugal <http://www.confagri.pt/NR/exeres> Acesso em 17 de Agosto de 2009.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento <http://www.conab.gov.br> Acesso em 15 de Fevereiro de 2010.

CONSECANA – Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo. Circular no 13/01, 2001.

CRSPCTS/PB - Comissão Regional do Sistema de Pagamento de Cana pelo Teor de Sacarose no Estado da Paraíba. Manual técnico operacional. João Pessoa, ed.4, 1997. 238p.

Fernandes, A. R.; Morais, F. I. de O.; Linhares, L. C. F.; SILVA, G. R. Produção de matéria seca e eficiência nutricional para P, Ca e Mg em leguminosas herbáceas. Acta Amazonica, v. 37, n.2,p.169 – 176, 2007.

Griffith, D.R.; J.V. Mannering; J.E. Box. Soil and moisture management with reduced tillage. In: M.A. Sprague; G.B. Triplett (Eds.). No-tillage and surface-tillage agriculture: the tillage revolution. New York, Wiley, p.19-57, 1986.

Jacomine, P. K. T. Cintra, F. L. D; Anjos, J. L. DOS; Ivo, W. M. P. DE M. Evolução do conhecimento sobre solos coesos do Brasil. In: Workshop Coesão em Solos dos Tabuleiros Costeiros Anais. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p.161-168, 2001.

Latif, M.A.; G.R. Mehuys; A.F. Mckenzie; I. Alli; M.A. Faris. Effects of legumes on soil physica and quality in maize crop. Plant and Soil, v.140, p.15-23, 1992.

Ricci, M. S. F.; Alves, B. J. R.; Miranda, S. C.; Oliveira, F. F. Growth rate nutricional status of organic coffee cropping system. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 62, n. 2, p.138-144, 2005.

Silva, J. A. A., Vitti, G. C., Stuchi, E. S., Sempionato, O. R. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranjeira-pêra. Revista Brasileira de Fruticultura, Cruz das Almas, v. 24, p. 225-230, 2002.

Teodoro, R. B.; Oliveira, F. L. de; Silva, D. M. N. da; Favero, C. Produção de Fitomassa e Acúmulo de Nutrientes em Leguminosas Arbustivas, no Município de Turmalina-MG. Rev. Bras. De Agroecologia, v.4, n.2, 2009.

Farias, C. H. de A.; Fernandes, P. D.; Gheyi, H. R. Dantas Neto, J. Qualidade industrial de cana-de-açúcar sob irrigação e adubação com zinco, em Tabuleiro Costeiro paraibano. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.13, n.4, p.419–428, 2009.