

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**TESE**

**Desempenho de Leguminosas para Adubação Verde e sua Utilização no Cultivo Orgânico de Milho e Repolho no Cerrado de Mato Grosso do Sul**

**Marcus Nei Zanin Cesar**

**2009**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**DESEMPENHO DE LEGUMINOSAS PARA ADUBAÇÃO VERDE E SUA  
UTILIZAÇÃO NO CULTIVO ORGÂNICO DE MILHO E REPOLHO NO CERRADO  
DE MATO GROSSO DO SUL**

**MARCIUS NEI ZANIN CESAR**

*Sob a Orientação do pesquisador*  
**José Guilherme Marinho Guerra**

*e Co-orientação do professor*  
**Raul de Lucena Duarte Ribeiro**  
*e do pesquisador*  
**Segundo Sacramento Urquiaga Caballero**

Tese submetida como requisito parcial  
para obtenção do grau de Doutor, no  
curso de Pós-Graduação em Fitotecnia,  
Área de Concentração Agroecologia.

Seropédica, RJ  
Julho de 2009

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**MARCIUS NEI ZANIN CESAR**

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências** no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia.

TESE APROVADA EM 30/04/2009.

---

José Guilherme Marinho Guerra PhD – Embrapa Agrobiologia  
(Orientador)

---

Antônio Carlos de Souza Abboud – Ph.D. - UFRRJ

---

Milton Parron Padovan – Ph.D.- Embrapa Agropecuária do Oeste

---

José Antônio de Azevedo Espíndola – Ph.D.- Embrapa Agropecuária

---

Ricardo Henrique Silva Santos – Ph.D. - UFV

Ao meu filho **João Pedro Teixeira Zanin Cesar**, agradeço a Deus todos os dias por ter você em minha vida. Te amo Preto!

Aos meus pais, **Cid Nei Cesar e Ivete Zanin de Almeida Cesar**, pelo espírito de união, felicidade, pela confiança e amor que sempre me dedicaram, base familiares que me norteiam.

Á minha irmã **Janine Zanin de Almeida Cesar Barbosa e sobrinhas**, minha avó **Candida Ferreira Cesar**, que sempre me apoiaram e estiveram junto em todas as fases da minha vida.

E as pessoas que acreditam nos princípios da agroecologia como um dos instrumentos que auxiliam na construção de uma sociedade mais justa, igualitária e de respeito ao próximo e ao meio ambiente.

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

À Deus e a todas as forças do bem por me concederem saúde, vitalidade e por me acompanharem em todas as fases de minha vida.

À **AGRER-MS em nome do Governo do Estado de MS e EMBRAPA AGROBIOLOGIA** pelo apoio dado.

Ao meu orientador **José Guilherme Marinho Guerra** pelas valiosas conversas e orientações prestadas. Muito obrigado Guilherme!

Ao grande mestre **Raul de Lucena**, também alvinegro e agora professor emérito da UFRRJ, pela amizade e generosidade de me deixar usufruir da sua inesgotável fonte de saber.

Aos companheiros (as) do Campo Experimental da CEPAER - MS: Maria Aparecida de Jesus Naletto (Cidinha), Luiz Carlos Dainezi (Luizão), Izaias José dos Santos (Marreco), José Aprígio de Jesus Ribeiro (Zé) e Carlos Cesar França Tavares (Cesar) pelo valioso apoio dado. Sem vocês seria muito mais difícil!

Ao pesquisador da Embrapa-agrobiologia **Ednaldo Silva**, pelo apoio.

À **Embrapa Agrobiologia**, pelo apoio técnico.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e seus docentes.

Ao Curso de Pós-graduação em Fitotecnia da UFRRJ.

Aos funcionários do laboratório de Nitrogênio da Embrapa Agrobiologia: Altiberto, Roberto Grégio e Roberto.

Aos meus amigos Ricardo Tarré (Urubú), Robert Macedo (Negão) e Flavio Garcia (Valdir), Flavio Vieira (Sick). Valeu pela força de sempre!

À **Thaís de Andrade** pelo imensurável apoio dado na formatação desta Tese e sua mãe **Sueli** pelo incentivo. Obrigado!

A força do trabalho revigora os músculos e dá ritmo ao pensamento, empresta firmeza ao pulso e dá “asas” ao pensamento, transmite calor ao coração e nobreza ao caráter.”

Assim, é o trabalho do lavrador que, ao colocar a semente na terra e nela deposita a esperança do sustento de sua família.

Acreditamos que tudo o que há de belo e honesto na vida só se pode alcançar com o poder do trabalho, da persistência, perseverança e alegria!

“E quando trabalhamos, realizamos parte do sonho mais longínquo da terra, desempenhando assim uma missão que nos foi designada, quando esse sonho nasceu.”

A vida pode ser, apenas, escuridão e cansaço, para o homem que não tem um ideal, um impulso motivador.

“E todo impulso é cego, exceto quando há saber. E todo saber é vão, exceto quando há trabalho. E todo trabalho é vazio, exceto quando há amor.”

**À Candida Ferreira Cesar, dedico!**

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

**Marcus Nei Zanin Cesar, Carioca**, Alvinegro com uma estrela no lugar do coração, nasceu em 06 de janeiro de 1972, no Rio de Janeiro, **filho de Cid Nei Cesar e Ivete Zanin de Almeida Cesar**.

Graduou-se em Engenharia Agrônoma, pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em Julho de 1997. Após sua formatura, estagiou no antigo Departamento de Terras e Colonização do Estado de Mato Grosso do Sul (Terrasul), onde teve seu primeiro contato com assentamentos de reforma agrária. Em julho de 1998, ingressou por concurso público na extinta Empresa de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Mato Grosso do Sul – EMPAER-MS, hoje AGRAER-MS, onde desenvolveu trabalhos como extensionista rural nos assentamentos rurais do município de Terenos, integrando a equipe do extinto projeto Lumiar INCRA/PNUD, buscando sempre difundir as técnicas ecológicas como base para fazer agricultura. Em janeiro de 2000, foi transferido para município de Campo Grande-MS para auxiliar a equipe do programa estadual de agroecologia, no também extinto IDATERRA-MS, desenvolveu atividades com agricultores periurbanos e de assentamentos rurais de Campo Grande, ligados à olericultura orgânica. Findou o Curso de Mestrado em Fitotecnia, Área de Concentração Agroecologia em 2003. Em 2005 iniciou o curso de Doutorado em Fitotecnia.

## RESUMO

**CESAR, Marcius Nei Zanin. Desempenho de Leguminosas para Adubação Verde e sua Utilização no Cultivo Orgânico de Milho e Repolho no Cerrado de Mato Grosso do Sul Seropédica: UFRRJ, 2007. XXp. (Tese, Doutorado em Fitotecnia)**

O presente trabalho teve como finalidade avaliar o comportamento agrônômico de diferentes espécies de leguminosas nas condições do cerrado de Mato Grosso do Sul. Foram conduzidos sete experimentos, todos no campo experimental da Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural de MS, sendo que dois deles foram referentes à avaliação do desempenho das leguminosas. O primeiro foi instalado no período de primavera-verão e o segundo no outono-inverno. Os tratamentos foram constituídos das espécies de leguminosas *Crotalária juncea*, *Crotalária ochroleuca*, *Crotalária mucronata*, *Crotalária reviflora*, *Mucuna pruriens*, *Mucuna aterrima*, *Cajanus cajan* (L.) Millsp cv Fava larga e Cv IAPAR Aratã 43 anão, *Canavalia ensiformes* e *Canavalia brasiliensis*. O terceiro experimento foi realizado para determinar a taxa de decomposição da fitomassa seca e liberação de nitrogênio das espécies avaliadas, realizado no período de outono-inverno, com os tratamentos constituindo-se da palhada das leguminosas descrita acima, exceto *C. breviflora*, pois a leguminosa sofreu ataque severo de *Fusarium* sp. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com onze tratamentos e nove épocas de coleta distribuídos em quatro repetições. O quarto e o quinto experimentos foram realizados no ano subsequente e tiveram como finalidade quantificar a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) e determinar o valor de discriminação isotópica “Valor B”, tendo como tratamentos sete espécies de leguminosas previamente selecionadas pelos seus desempenhos nas ações experimentais anteriores e três testemunhas, *Brachiaria decumbens*, *Helianthus annuus* e *Zea mays* cv BR 106, dispostos em blocos ao acaso com quatro repetições. O sexto e o sétimo experimentos foram conduzidos para avaliar o desempenho do repolho cv Astrus sob manejo orgânico em sistema plantio direto, sendo que o sexto experimento teve como tratamentos consórcio milho x mucuna cinza, sendo esta semeada em cinco épocas diferentes, após germinação do milho, mucuna em monocultivo, milho em monocultivo, vegetação espontânea e cultivo com preparo convencional do solo. O sétimo experimento teve como tratamentos milho consorciado com *Crotalária juncea*, sendo esta roçada, roçada e podada, milho com adubação de base, milho com adubação de base e cobertura, crotalária em monocultivo, milho em monocultivo, vegetação espontânea e cultivo com preparo convencional do solo. O delineamento experimental adotado em ambos os experimentos foi o de blocos ao acaso. A avaliação da produção de fitomassa aérea foi determinada por ocasião do florescimento para as espécies de leguminosas e de enchimento de grãos para as não-leguminosas. A quantificação da FBN e determinação do valor “B” foram estimadas utilizando-se a técnica de abundância natural  $^{15}\text{N}$  e da diluição isotópica de  $^{15}\text{N}$ . Foram também realizadas análises funcionais de crescimento, bem como determinadas as taxas de cobertura do solo, tempo de decomposição dos tecidos vegetais e a fitossociologia. No sexto e no sétimo experimentos, foram avaliadas as contribuições da adubação verde no desempenho agrônômico do repolho cultivado em sistema de plantio direto, sob manejo orgânico. Os resultados obtidos demonstraram a viabilidade do cultivo destas leguminosas no bioma cerrado, com a contribuição da FBN, variando entre 75 e 85% do nitrogênio encontrado no tecido vegetal proveniente do ar. Também, demonstraram a viabilidade do uso da *C. juncea* e M. cinza quando cultivadas em consórcio com milho para obtenção de palhada ao cultivo orgânico do repolho em sistema plantio direto.



**Palavras-chave:** Plantas de cobertura, Hortaliças, Bioma, Consórcio.

## ABSTRACT

**CESAR, Marcius Nei Zanin. Performance of Legumes for Green Manure and their use in organic cultivation of maize and cabbage at the Cerrado of Mato Grosso do Sul - Seropédica:** UFRRJ, 2007. XXp. (Thesis, Doctorate in Plant Science)

The aim of this work is to evaluate the agronomic behavior of different legume species under cerrado conditions in Mato Grosso do Sul. Seven experiments were carried out, all of them in the experimental field of the (Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural de MS), (Agency of rural development and extension of MS). Two of these experiments referred to the performance of legumes evaluation. The first experiment was carried out during the Spring-Summer period, and the second one during the Fall- Winter period. The treatments were constituted by the legume species (*Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria mucronata*, *Crotalaria reviflora*, *Mucuna pruriens*, *Mucuna aterrima*, *Cajanus cajan* (L.) Millsp Cv Fava larga and Cv IAPAR Aratã 43 anão, *Canavalia ensiformes* and *Canavalia brasiliensis*). The third experiment was carried out to determine the dry phytomass decomposition rate and the nitrogen release of the species that were evaluated; this happened during the Fall-Winter period, and the treatments were the mulching of the legumes cited above, except *C. breviflora*, which was severely attacked by *Fusarium* sp. The experimental design adopted was randomized blocks, with eleven treatments and nine harvest dates disposed with four replicates. The fourth and the fifth experiments were carried out in the subsequent year, their aim was qualifying the Biological Nitrogen Fixation (hereinafter called BNF) and determining the isotope discrimination value “B value”; their treatments were seven legume species previously selected due to their performances on the former experimental actions and three checks, *Brachiaria decumbens*, *Helianthus annuus*, and *Zea mays* cv BR 106, disposed in randomized blocks with four replicates. The sixth and the seventh experiments were carried out to evaluate the performance of the cabbage cv Astrus under organic management in no-tillage system. The treatments of the sixth experiment were maize-velvet bean intercrop. The later was sown in five different times after maize germination, mucuna alone, maize alone, spontaneous vegetation, and cultivation with conventional tillage of the soil. The treatments of the seventh experiment were maize intercropped with *Crotalaria juncea*, the latter was slashed, slashed and pruned, maize with basic fertilizer, maize with basic and dressing fertilizers, crotalaria alone, maize alone, spontaneous vegetation, and cultivation with conventional tillage of the soil. The experimental design adopted for both experiments was randomized blocks. The evaluation of the aerial phytomass production was determined when the legume species flowered and when the non-legume ones underwent the grain filling process. The quantification of BNF and the determination of the B value were estimated by using natural abundance  $^{15}\text{N}$  and the  $^{15}\text{N}$  dilution technique. Functional growth analyses were also carried out as well as soil cover rates, digestion time of the plant tissues, and the phytosociology were determined. On the sixth and seventh experiments the green manure contributions on the agronomic behavior of the cabbage cultivated in no-tillage system under organic management were evaluated. The results obtained have demonstrated the viability for the cultivations of these legume species at the Cerrado Biome, with the contribution of the BNF varying between 75 and 85% of the nitrogen found in the plant tissue originating from the air. They have also demonstrated the viability of using *C. juncea* and velvet bean when both are intercropped with maize in the mulching formation to the organic cultivation of the cabbage in no-tillage system.

Key-words: Cover crops, Vegetable, Biome, Intercrop system.

## LISTA DE FIGURAS

**FIGURA 1 - PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA, DURANTE O ANO DE 2005, EM CAMPO GRANDE - MATO GROSSO DO SUL.....10**

**FIGURA 2 - TEMPERATURA MÉDIA DO AR (0C), DURANTE O ANO DE 2005, EM CAMPO GRANDE - MATO GROSSO DO SUL.....10**

**FIGURA 3 - TAXA DE COBERTURA DO SOLO PROPORCIONADA POR QUATRO ESPÉCIES DE CROTALARIA L. PARA ADUBAÇÃO VERDE CULTIVADAS NO PERÍODO DE PRIMAVERA-VERÃO, EM CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL, .....17**

**FIGURA 4 - TAXA DE COBERTURA DO SOLO PROPORCIONADA POR DUAS ESPÉCIES DE CANAVIAIA PARA ADUBAÇÃO VERDE CULTIVADAS NO PERÍODO DE PRIMAVERA-VERÃO, EM CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL....17**

**FIGURA 1 - TAXA DE COBERTURA DO SOLO PROPORCIONADA POR DUAS ESPÉCIES DE CAJANUS CAJANS PARA ADUBAÇÃO VERDE CULTIVADAS NO PERÍODO DE PRIMAVERA-VERÃO, EM CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL....17**

**FIGURA 2 - TAXA DE COBERTURA DO SOLO PROPORCIONADA POR DUAS ESPÉCIES DE MUCUNA PARA ADUBAÇÃO VERDE CULTIVADAS NO PERÍODO DE PRIMAVERA-VERÃO, EM CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL.....17**

**FIGURA 5 - DIFERENÇA NA SUPRESSÃO DA OCORRÊNCIA ESPÉCIES DE VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA AOS 31 DAS E NO FLORESCIMENTO POR DIFERENTES LEGUMINOSAS ADUBOS VERDES CULTIVADAS NO PERÍODO DE PRIMAVERA-VERÃO, EM CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL.....24**

**FIGURA 6 - DIFERENÇA NA SUPRESSÃO DO PESO SECO DE ESPÉCIES DE VEGETAÇÃO DE ESPONTÂNEA AOS 31 DAS E NO FLORESCIMENTO POR DIFERENTES LEGUMINOSAS ADUBOS VERDES CULTIVADAS NO PERÍODO DE PRIMAVERA-VERÃO, EM CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL.....24**

**FIGURA 7 - OCORRÊNCIA DE TRÊS ESPÉCIES DA VEGETAÇÃO DE OCORRÊNCIA ESPONTÂNEA AOS 31 DAS DE DIFERENTES LEGUMINOSAS ADUBOS VERDES CULTIVADAS NO PERÍODO DE PRIMAVERA-VERÃO, EM CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL.....25**

**FIGURA 8 - OCORRÊNCIA DE TRÊS ESPÉCIES DA VEGETAÇÃO DE OCORRÊNCIA ESPONTÂNEA NO FLORESCIMENTO DE DIFERENTES LEGUMINOSAS ADUBOS VERDES CULTIVADAS NO PERÍODO DE PRIMAVERA-VERÃO, EM CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL.....25**

**FIGURA 9 - PESO SECO DE TRÊS ESPÉCIES DA VEGETAÇÃO DE OCORRÊNCIA ESPONTÂNEA AOS 31 DAS DE DIFERENTES LEGUMINOSAS ADUBOS VERDES**

<b><u>CULTIVADAS NO PERÍODO DE PRIMAVERA-VERÃO, EM CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL.....</u></b>	<b><u>26</u></b>
<b><u>FIGURA 10 - PESO SECO DE TRÊS ESPÉCIES DA VEGETAÇÃO DE OCORRÊNCIA ESPONTÂNEA NO FLORESCIMENTO DE DIFERENTES LEGUMINOSAS ADUBOS VERDES CULTIVADAS NO PERÍODO DE PRIMAVERA-VERÃO, EM CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL.....</u></b>	<b><u>26</u></b>
<b><u>FIGURA 11 - FITOMASSA SECA ACUMULADA NA PARTE AÉREA DE LEGUMINOSAS PARA ADUBAÇÃO VERDE CULTIVADAS NO PERÍODO DE PRIMAVERA-VERÃO, EM CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL.....</u></b>	<b><u>58</u></b>
<b><u>FIGURA 12 - CONCENTRAÇÃO DE N NA PARTE AÉREA DE LEGUMINOSAS PARA ADUBAÇÃO VERDE CULTIVADAS NO PERÍODO DE PRIMAVERA-VERÃO, EM CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL.....</u></b>	<b><u>59</u></b>
<b><u>FIGURA 13 - QUANTIDADE DE N ACUMULADO NA PARTE AÉREA DE LEGUMINOSAS PARA ADUBAÇÃO VERDE CULTIVADAS NO PERÍODO DE PRIMAVERA-VERÃO, EM CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL.....</u></b>	<b><u>59</u></b>
<b><u>FIGURA 14 - PERCENTAGEM DE N DERIVADO DA FBN (NDFBN) EM LEGUMINOSAS PARA ADUBAÇÃO VERDE CULTIVADAS NO PERÍODO DE PRIMAVERA-VERÃO, EM CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL.....</u></b>	<b><u>60</u></b>
<b><u>FIGURA 15 - “LITTER BAG’S” PARA AFERIÇÃO DA TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DAS LEGUMINOSAS, MS, 2005.....</u></b>	<b><u>88</u></b>
<b><u>FIGURA 16 - CROTALÁRIA JUNCEA, MS, 2005.....</u></b>	<b><u>89</u></b>
<b><u>FIGURA 17 - CROTALÁRIA MUCRONATA, MS, 2005.....</u></b>	<b><u>90</u></b>
<b><u>FIGURA 18 - CROTALÁRIA OCHROLEUCA, MS, 2005.....</u></b>	<b><u>90</u></b>
<b><u>FIGURA 19 - CROTALÁRIA SPECTABILIS, MS, 2005.....</u></b>	<b><u>91</u></b>
<b><u>FIGURA 20 - FEIJÃO DE PORCO, MS, 2005.....</u></b>	<b><u>91</u></b>
<b><u>FIGURA 21 - MUCUNA CINZA, MS, 2005.....</u></b>	<b><u>92</u></b>
<b><u>FIGURA 22 - MUCUNA PRETA, MS, 2005.....</u></b>	<b><u>92</u></b>
<b><u>FIGURA 23 - APLICAÇÃO 15N NA MICROPARCELA 2,25 M2.....</u></b>	<b><u>93</u></b>

## LISTA DE TABELAS

<b><u>TABELA 1</u></b> PARÂMETROS ESTIMADOS A PARTIR DA FUNÇÃO EXPONENCIAL POLINOMIAL QUADRÁTICA, PARA AS TAXAS DE COBERTURA DO SOLO PROPORCIONADAS POR DIFERENTES LEGUMINOSAS NO CULTIVO DE PRIMAVERA-VERÃO, NAS CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL, 2004/05.....	<b>18</b>
<b><u>TABELA 2</u></b> DISTRIBUIÇÃO DAS PLANTAS ESPONTÂNEAS POR FAMÍLIA E ESPÉCIE, AMOSTRADAS EM ÁREAS CULTIVADAS COM LEGUMINOSAS, DURANTE O PERÍODO DE PRIMAVERA-VERÃO/OUTONO-INVERNO, NAS CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL, 2004/05.....	<b>21</b>
<b><u>TABELA 3</u></b> VALORES DE OCORRÊNCIA (O), PESO SECO % (PS), FREQUÊNCIA RELATIVA (FR), DENSIDADE RELATIVA (DR), ABUNDÂNCIA RELATIVA (AR) E ÍNDICE DO VALOR DE IMPORTÂNCIA (IVI) DAS PLANTAS DE OCORRÊNCIA ESPONTÂNEAS POR ESPÉCIE, DURANTE O PERÍODO DE PRIMAVERA-VERÃO, 31 DIAS APÓS PLANTIO, NAS CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL, 2004/05.....	<b>22</b>
<b><u>TABELA 4</u></b> VALORES DE OCORRÊNCIA (O), PESO SECO % (PS), FREQUÊNCIA RELATIVA (FR), DENSIDADE RELATIVA (DR), ABUNDÂNCIA RELATIVA (AR) E ÍNDICE DO VALOR DE IMPORTÂNCIA (IVI) DAS PLANTAS ESPONTÂNEAS POR ESPÉCIE, AMOSTRADAS EM ÁREAS CULTIVADAS COM LEGUMINOSAS, DURANTE O PERÍODO DE PRIMAVERA-VERÃO (PLENA FLORAÇÃO), NAS CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL, 2004/05.....	<b>23</b>
<b><u>TABELA 5</u></b> PRODUTIVIDADE DE FITOMASSA SECA, PROPORÇÃO HASTE E FOLHA, TEOR E QUANTIDADE DE NITROGÊNIO ACUMULADO NA PARTE AÉREA DE LEGUMINOSAS, NO CULTIVO DE PRIMAVERA-VERÃO, NAS CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL, 2004/05.....	<b>31</b>
<b><u>TABELA 6</u></b> FITOMASSA SECA, TEOR, QUANTIDADE DE NITROGÊNIO ACUMULADO DE ESPÉCIES DE LEGUMINOSAS NO CULTIVO DE OUTONO-INVERNO, NAS CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL.....	<b>32</b>
<b><u>TABELA 7</u></b> PRODUÇÃO DE SEMENTES DE ESPÉCIES DE LEGUMINOSAS NO CULTIVO DE PRIMAVERA-VERÃO E OUTONO-INVERNO, NAS CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL.....	<b>32</b>
<b><u>TABELA 8</u></b> PARÂMETROS DA EQUAÇÃO $X = X_0 e^{-KT}$ AJUSTADOS AOS VALORES DE MATÉRIA SECA E TEMPOS DE MEIA-VIDA PARA O MATERIAL DE HASTE E FOLHA DAS LEGUMINOSAS INCUBADO NA SUPERFÍCIE DO SOLO DURANTE 150 DIAS, APÓS OS CORTES REALIZADOS DURANTE O PERÍODO DE PRIMAVERA-VERÃO, NAS CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL.....	<b>35</b>
<b><u>TABELA 9</u></b> PARÂMETROS DA EQUAÇÃO $X = X_0 e^{-KT}$ AJUSTADOS AOS VALORES DE NITROGÊNIO E TEMPOS DE MEIA-VIDA PARA O MATERIAL DE HASTE E FOLHA DAS LEGUMINOSAS INCUBADO NA SUPERFÍCIE DO SOLO DURANTE 150 DIAS, APÓS	

**OS CORTES REALIZADOS DURANTE O PERÍODO DE PRIMAVERA-VERÃO, NAS CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL.....36**

**TABELA 10TEOR FIBRA EM DETERGENTE ÁCIDO, LIGNINA, CELULOSE, CINZA, TANINO E POLIFENÓIS DE LEGUMINOSAS NA PARTE AÉREA DAS LEGUMINOSAS CULTIVADAS DURANTE O PERÍODO DE PRIMAVERA-VERÃO, NAS CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL.....37**

**TABELA 11PRODUTIVIDADE DO MILHO, DIÂMETRO DA CABEÇA, PESO MÉDIO E PRODUTIVIDADE DO REPOLHO A PARTIR DO CONSÓRCIO MILHO X MUCUNA CINZA COMO PRÉ-CULTIVO DO REPOLHO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO SOB MANEJO ORGÂNICO, NO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL, 2004/05.....75**

**TABELA 12FITOMASSA SECA (FS) E ACUMULO DE N DA PARTE AÉREA DO PRÉ-CULTIVO, MASSA SECA, TEOR E ACUMULO DE N NO REPOLHO, A PARTIR DOS PRÉ-CULTIVOS DE MUCUNA CINZA CONSORCIADA OU NÃO COM MILHO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO DE REPOLHO SOB MANEJO ORGÂNICO, NO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL, 2004/05.....76**

**TABELA 13PRODUTIVIDADE DO MILHO, DIÂMETRO DA CABEÇA E PESO MÉDIO, PRODUTIVIDADE DO REPOLHO A PARTIR DO CONSÓRCIO MILHO X C. JUNCEA COMO PRÉ-CULTIVO DO REPOLHO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO SOB MANEJO ORGÂNICO, NO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL, 2004/05.....79**

**TABELA 14FITOMASSA SECA (FS) E ACUMULO DE N DA PARTE AÉREA DO PRÉ-CULTIVO, MASSA SECA, TEOR E ACUMULO DE N NO REPOLHO, A PARTIR DOS PRÉ-CULTIVOS DE C. JUNCEA CONSORCIADA OU NÃO COM MILHO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO DE REPOLHO SOB MANEJO ORGÂNICO, NO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL, 2004/05.....80**

## LISTA DE TABELAS APÊNDICE

<u>TABELA APÊNDICE 1 - ABUNDÂNCIA DE 15N (<math>\Delta 15N</math>) DE LEGUMINOSAS E DE PLANTAS NÃO FIXADORAS N<sub>2</sub> E VALOR B DAS LEGUMINOSAS CULTIVADAS EM CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL, 2005.....</u>	<u>95</u>
<u>TABELA APÊNDICE 2 - QUADROS DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EXPERIMENTOS CONDUZIDOS EM CAMPO GRANDE-MS, COM ESPÉCIES DE LEGUMINOSAS. CAMPO GRANDE – MS, 2005. ....</u>	<u>96</u>
<u>TABELA APÊNDICE 3 - QUADROS DA ANALISE DE VARIÂNCIA DOS EXPERIMENTOS CONDUZIDOS EM CAMPO GRANDE-MS, PARA DETERMINAR TEOR E ACUMULO DE NITROGÊNIO DE ESPÉCIES DE LEGUMINOSAS. CAMPO GRANDE – MS, 2006.....</u>	<u>97</u>
<u>TABELA APÊNDICE 4 - QUADROS DA ANALISE DE VARIÂNCIA DOS EXPERIMENTOS CONDUZIDOS EM CAMPO GRANDE-MS, PARA DETERMINAR FBN E VALOR B DE SETE ESPÉCIES DE LEGUMINOSAS. CAMPO GRANDE – MS, 2006.....</u>	<u>98</u>
<u>TABELA APÊNDICE 5 - QUADROS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS EXPERIMENTOS CONDUZIDOS EM CAMPO GRANDE-MS, DOS CONSÓRCIOS ENTRE MILHO – C. JUNCEA E MILHO – M. CINZA COMO PRÉ-CULTIVO DE REPOLHO SOB MANEJO ORGÂNICO, 2006.....</u>	<u>98</u>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO EDAFOCLIMÁTICA DA ÁREA EXPERIMENTAL.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 DELINEAMENTOS EXPERIMENTAIS E TRATAMENTOS ESTATÍSTICOS.....</b>	<b>10</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 TAXA DE COBERTURA DO SOLO.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 FITOSSOCIOLOGIA.....</b>	<b>18</b>
<b>3.3 PRODUTIVIDADE DE FITOMASSA AÉREA, TEOR E QUANTIDADE DE NITROGÊNIO ACUMULADO.....</b>	<b>27</b>
<b>3.4 DECOMPOSIÇÃO “IN SITU” E LIBERAÇÃO DE NITROGÊNIO DA PALHADA DE DIFERENTES LEGUMINOSAS ADUBOS VERDES.....</b>	<b>33</b>
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>39</b>
<b>5 BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>40</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>51</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>54</b>
<b>3 RESULTADO E DISCUSSÃO.....</b>	<b>56</b>
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>61</b>
<b>5 BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>62</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>69</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>71</b>
<b>2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO EDAFOCLIMÁTICA DA ÁREA EXPERIMENTAL.....</b>	<b>71</b>
<b>2.2 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>71</b>
<b>2.3 AVALIAÇÕES REALIZADAS.....</b>	<b>73</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>74</b>
<b>3.1 MILHO X M. CINZA (PRÉ-CULTIVO).....</b>	<b>74</b>
<b>3.2 MILHO X C. JUNCEA (PRÉ-CULTIVO).....</b>	<b>77</b>
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>81</b>

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....82

6 BIBLIOGRAFIA.....83



## INTRODUÇÃO GERAL

Localizado no centro-oeste brasileiro – região com tradição agropecuária – o estado de Mato Grosso do Sul caracteriza-se por ter uma economia de base agropastoril, tendo iniciado sua ocupação no século passado, pelas atividades de extração vegetal, pecuária e agricultura desbravadora (SEMAC, 2008).

Segundo dados apurados pelo último Censo Agropecuário do IBGE, de 1996, o estado contava com 49.423 propriedades rurais, ocupando 30.942.772ha e empregando diretamente 202.709 pessoas, das quais, 131.051 na pecuária, que representavam 5,7 pessoas por 1.000ha, e 50.707 na lavoura, representando 36,6 pessoas por 1.000ha (IBGE, 1996).

Ainda pelos dados do Censo de 1996, a atividade pecuária ocupava 65,9% das propriedades rurais (32.565), representando 70,5% da área ocupada; a agricultura, 24,7% das propriedades (12.217 estabelecimentos), ou seja, 4,5% da área de ocupação; a atividade mista pecuária e agricultura – 8,2% – com 4.031 empresas rurais, 13,5% da área; as demais atividades – pesca, carvão vegetal, silvicultura e exploração florestal – ocupam 1,2%, com 610 propriedades, representando 19,0% da área, restando, ainda, 4,4% de área produtiva não-utilizada ou em descanso e áreas inaproveitáveis.

A agropecuária do estado ainda tem forte predomínio da produção extensiva, tanto na pecuária como na agricultura, excetuando-se algumas atividades como a avicultura e a suinocultura de corte em escala comercial, além de pequenas propriedades com menos de 100ha, que representam 2,2% da área ocupada, onde estão principalmente os projetos de assentamentos.

O estado possui, atualmente, distribuídos em 53 municípios de seu território, 176 assentamentos, nos quais são beneficiadas 30.362 famílias, que ocupam uma área de 670.747ha, cuja atividade econômica está voltada para a produção de arroz, feijão, milho, mandioca e soja, além de pastagens para a criação de gado de leite e pequenos animais (SEMAC, 2008).

Após as eleições de 1999, os agricultores familiares tornaram-se público-alvo da Instituição Estadual de Pesquisa e Extensão Rural de Mato Grosso do Sul (IDATERRA-MS), sendo que os assentados pela reforma agrária obtêm lugar de destaque entre este público. Como forma de adequar as ações à realidade deste público e otimizar os escassos recursos financeiros disponibilizados, foi criado o Programa Estadual de Agroecologia, no qual, dentre as diversas vertentes do programa, inclui-se a presente Tese. Este programa apresenta-se como uma alternativa a essas famílias, pois propicia, além do uso racional dos recursos naturais, um balanço energético mais favorável, pela redução da utilização de insumos derivados de fontes não-renováveis, como descrito por Feiden (2005).

Diante desta realidade, destaca-se a relevante contribuição da adubação verde, em que se utilizam espécies de plantas de cobertura do solo, entre os ciclos das culturas principais ou em consórcios. Essas espécies podem ser anuais ou perenes e pertencer a diferentes famílias botânicas, embora gramíneas e leguminosas sejam predominantemente empregadas (PRIMAVESI, 1988; CALEGARI et al., 1992; DE-POLLI et al., 1996). O plantio de uma ou mais espécies para cobertura do solo reúne uma gama de benefícios importantes. Favorece o acúmulo de matéria orgânica, estimula a atividade biológica e a diversidade da biota, retém nutrientes de cultivos anteriores, reduz a erosão (CALEGARI, 1998), contribui com o nitrogênio

biologicamente fixado (DÖBEREINER, 1997), intensifica a população de hospedeiros alternativos de inimigos naturais de pragas e atua na redução da incidência de espécies vegetais de ocorrência espontânea nas áreas de cultivo (DERPSCH; CALEGARI, 1992).

Adicionalmente, processos biológicos, envolvendo a ciclagem de nutrientes em diversos sistemas agrícolas, vêm sendo intensivamente investigados. O emprego de técnicas isotópicas ( $^{15}\text{N}$ ) tem permitido determinar a real contribuição da fixação biológica do nitrogênio (FBN) na disponibilidade desse elemento no solo (SHEARER; KOHL, 1986), bem como propiciado o efeito residual de pré-cultivos com leguminosas e gramíneas em diferentes sistemas de produção (URQUIAGA; ZAPATA, 2000).

Conquanto existam referências disponíveis (CARVALHO, 2005) nas condições do cerrado de Goiás, trabalhos científicos disponíveis, concernentes ao cerrado de Mato Grosso do Sul envolvendo essas espécies, são restritos (PITOL, 1993). Todavia, estudos sob condições de campo envolvendo taxas de FBN de leguminosas adubos verdes e respectivos valores de discriminação isotópica (valor  $b$ ) nas condições do cerrado do Mato Grosso do Sul, ainda, não foram conduzidos. Da mesma forma, não há estudos relacionados às taxas de decomposição “*in situ*” da palha de parte aérea de diferentes leguminosas adubos verdes nestas condições edafoclimáticas.

Em face ao exposto, na presente Tese, foram formuladas as seguintes hipóteses postas sob teste: não há diferenças no desempenho agrônomo, nas taxas de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) e na velocidade de decomposição da palha de parte aérea de diferentes espécies de leguminosas adubos verdes nas condições do cerrado de Mato Grosso do Sul; não há diferença no valor da discriminação isotópica do  $^{15}\text{N}$  entre leguminosas adubos verdes cultivadas nas condições do cerrado de Mato Grosso do Sul; a forma de manejo da *Crotalária juncea* consorciada ao milho não influencia os desempenhos do milho e do repolho cultivado em sucessão, em regime de produção orgânica, nas condições do cerrado de Mato Grosso do Sul; o intervalo de tempo transcorrido entre a semeadura da *Mucuna cinza* consorciada ao milho não influencia o desempenho do próprio milho e do repolho cultivado em sucessão, em regime de produção orgânica, nas condições do cerrado de Mato Grosso do Sul.

Com vista à submissão de tais hipóteses a teste, este trabalho foi construído de forma a avaliar o desempenho de leguminosas adubos verdes dos principais gêneros (*Crotalária*, *Mucuna*, *Canavalia* e *Cajanus*) adaptados aos ambientes tropicais, nas condições do cerrado de Mato Grosso do Sul. Para tanto, buscou-se determinar as velocidades de cobertura do solo e seus efeitos no controle da vegetação espontânea, as produtividades de biomassa e de sementes, as quantidades acumuladas de nitrogênio na parte aérea e as taxas de decomposição “*in situ*” das palhadas de tais espécies (Capítulo I), de forma a subsidiar trabalhos em sistemas de plantio direto, sob manejo orgânico, de hortaliças (Capítulo III). Adicionalmente, buscou-se estimar, de forma inédita, a proporção do N, derivado do processo de FBN, presente na parte aérea de algumas destas leguminosas, bem como estimar o valor de discriminação isotópica (Valor B) destas espécies, com a finalidade de reduzir os custos analíticos do emprego desta técnica de alta precisão, substituindo-se a metodologia de marcação isotópica pela abundância natural de  $^{15}\text{N}$  (Capítulo II).

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o comportamento de diferentes leguminosas adubos verdes relacionado ao desempenho agrônomo, FBN e manejo em consórcio ao milho e

posterior cultivo orgânico de repolho, em sistema de plantio direto, nas condições do cerrado de Mato Grosso do Sul.

## **CAPÍTULO I**

### **DESEMPENHO DE LEGUMINOSAS ADUBOS VERDES EM DUAS ÉPOCAS DE CULTIVO, NAS CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL**

## RESUMO

### **CESAR, Marcius Nei Zanin. Desempenho de Leguminosas Adubos Verdes em duas Épocas de Cultivo, nas Condições do Cerrado de Mato Grosso do Sul**

Dois experimentos foram conduzidos para avaliar o comportamento agrônômico de espécies de leguminosas, onde foram avaliados diferentes componentes do crescimento vegetal, como produção fitomassa aérea, taxa de cobertura de solo, produção de sementes, além da fitossociologia e taxa de decomposição “*in situ*”, nas condições do cerrado de Mato Grosso do Sul, em duas épocas do ano. Os experimentos foram conduzidos no Centro de Pesquisa da Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural de Mato Grosso do Sul, localizado em Campo Grande - MS, sendo um no período de primavera-verão e outro no outono-inverno. Em ambos, o delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, formado de onze tratamentos constituídos das espécies *C. juncea*, *C. ochroleuca*, *C. mucronata*, *C. spectabilis*, *C. breviflora*, *Mucuna aterrima*, *Mucuna pruriens*, *Canavalia brasiliensis*, *Canavalia ensiformis*, *Cajanus Cajans* cv. IAPAR anão e *Cajanus Cajans* cv. fava larga gigante. O comportamento agrônômico das espécies estudadas foi avaliado analisando-se separadamente haste e folha. Observou-se que as produções de fitomassa aérea diferiram de forma significativa com as espécies do gênero crotalária, obtendo-se melhores desempenhos. Destacam-se a *Crotalária juncea* com 14,16 Mg ha<sup>-1</sup>, seguida do Guandu cv fava-larga com 11,58 Mg ha<sup>-1</sup>; entre as espécies de hábito prostrado, não houve diferenças significativas, mucunas e o feijão-bravo-do Ceará, sendo que esse obteve 3,56 Mg ha<sup>-1</sup> contra 2,85 Mg ha<sup>-1</sup> da M. preta. Com relação à produção de sementes, os melhores desempenhos foram obtidos no período de outono-inverno para todas as leguminosas, com exceção do feijão-de-porco e feijão-bravo, que obtiveram desempenhos semelhantes nas duas épocas de semeadura, provavelmente, por serem mais tolerantes ao estresse hídrico. No tocante à taxa de decomposição, os resultados revelaram que as constantes de decomposição e tempo de meia-vida tiveram comportamentos diferentes para as espécies estudadas, com espécies de crotalária obtendo maiores velocidades de decomposição quando comparadas às demais espécies, notou-se também comportamentos diferenciados para haste e folha. A *C. juncea*, feijão de porco e as duas espécies de mucuna obtiveram maior taxa de cobertura de solo, o que refletiu em uma maior supressão da vegetação de ocorrência espontânea.

**Palavras-chave:** Fenologia, Cobertura de solo, Fitomassa, Decomposição.

## ABSTRACT

### **CESAR, Marcius Nei Zanin. Performance of Legumes for Green Manure in two cropping periods under Cerrado conditions in Mato Grosso do Sul**

Two experiments were carried out to evaluate the agronomic behavior of legume species in which several components of plant growth were evaluated, such as aerial phytomass production, soil cover rate, seed production, besides phytosociology and in situ decomposition rate under cerrado conditions in Mato Grosso do Sul in two periods of the year. One experiment was carried out during the Spring-Summer period and the other one was carried out during the Fall-Winter period. Both experiments were carried out at the Centro de Pesquisa da Agência de Desenvolvimento Rural e Extensão Rural de Mato Grosso do Sul (Mato Grosso do Sul Research center of the Agency of rural development and extension), in Campo Grande – MS. The experimental design adopted for both was randomized blocks, formed by eleven treatments made up by the species *C. juncea*, *C. ochroleuca*, *C. mucronata*, *C. spectabilis*, *C. brevisflora*, *Mucuna aterrima*, *Mucuna pruriens*, *Canavalia brasiliensis*, *Canavalia ensiformis*, *Cajanus Cajans* cv “IAPAR anão”, and *Cajanus Cajans* cv. giant broad bean. The agronomic behavior of the species that were studied was evaluated by the analysis of the stem and the leaf separately. It was observed that the aerial phytomass productions differed significantly with the species of the genus *Crotalaria*, showing the best results. *Crotalaria juncea* stands out with 14.16 Mg ha<sup>-1</sup>, followed by the *Cajanus cajan* cv. Fava larga with 11.58 Mg ha<sup>-1</sup>; there were no significant differences among the species of prostrate habit, mucunas and Brazilian jackbean (*Canavalia brasiliensis*). The later obtained 3.56 Mg ha<sup>-1</sup> and the former did 2.85 Mg ha<sup>-1</sup>. Regarding seed production, the best performances were obtained during the Fall-Winter period for all legume species, except jack bean and feijão-bravo (*Capparis flexuosa*), both obtained similar performances on the two periods of sowing, probably because they might be more tolerant to the drought stress. Regarding the decomposition rate, the results have revealed that the decomposition constants and the residue half-lives had different behaviors on the species that were studied; the *Crotalaria* species obtained higher decomposition rates when compared to the other species, differentiated behaviors were also noticed on the stem and on the leaf. The *C. juncea*, jack bean, and the two species of mucuna obtained higher soil cover rate, which reflected a higher suppression of spontaneous plants.

**Key-words:** Phenology, Soil cover, Phytomass, Decomposition.

# 1 INTRODUÇÃO

Os solos do bioma cerrado, em razão das limitações químicas, físicas e de fatores climáticos, devem ser manejados de maneira a minimizar esses efeitos. Para garantir produções com sustentabilidade econômica e ambiental, não bastam as correções de acidez e de nutrientes. A manutenção da matéria orgânica do solo aumenta a disponibilidade de nutrientes e a manutenção de cobertura da superfície, principalmente, se for usada palhada de plantas utilizadas como adubos verdes, fundamentais na redução dessas limitações (SPERA et al., 2006).

Sabe-se, no entanto, que muitas das espécies utilizadas como adubos verdes não são adaptadas ou suficientemente estudadas para as diferentes regiões brasileiras, em especial, o bioma cerrado. Assim, um dos maiores desafios para o manejo racional desse bioma é encontrar alternativas, dentro dos sistemas, que se coadunem com a necessidade de preservação e melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, bem como alcançar o objetivo básico da agricultura, que é a produção de alimentos, fibras e energia.

No bioma cerrado, um precursor dos estudos foi o pesquisador Miyasaka, que desenvolveu uma série de trabalhos nesse ecossistema no estado de São Paulo. Na região Centro-Oeste, um dos primeiros trabalhos em áreas de cerrado foi realizado em Anápolis, GO (1967), na Estação Experimental do antigo DNPEA, com *Crotalaria juncea* e feijão (MIYASAKA, 1984). Devemos destacar também a coleção de espécies de adubos verdes, organizada e avaliada pelo pesquisador João Pereira, no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, em Planaltina, DF. Esse trabalho teve como objetivo testar material genético nas condições edafoclimáticas do cerrado (RELATÓRIO..., 1978; 1979).

Na maioria das pesquisas, observa-se expressiva variabilidade de comportamento das diferentes espécies vegetais em função do ambiente, seja por meio dos efeitos do clima, principalmente da temperatura e precipitação pluviométrica, seja por meio do fotoperíodo e dos atributos químicos, físico-hídricos e biológicos do solo, resultando em oscilações significativas na produção de fitomassa (SPERA et al., 2006).

Um dos fatores de maior importância para adoção dessas plantas de cobertura para o cerrado é a manutenção da palhada no solo como forma de promover níveis adequados de matéria orgânica. Níveis médio e baixo  $< 30\text{g kg}^{-1}$  na maioria dos solos são fatores limitantes e o fato de ser a principal fração responsável pelas propriedades físicas e químicas adequadas, com ênfase nessas últimas para a CTC, bem como por ser o principal reservatório de fósforo disponível (PEREIRA; BURLE; RESCK, 1992).

Em relação aos nutrientes, especialmente o nitrogênio tem suas quantidades de absorção aumentadas no solo em razão da existência de leguminosas com elevada capacidade de sua fixação biológica. Observa-se, também, maior disponibilidade de enxofre (MONTAVALLI, 1989) e de fósforo (LE MARE; PEREIRA; GOEDERT, 1987; CARVALHO, 2005) nos solos do bioma cerrado, onde foram incorporadas plantas condicionadoras de solo, em virtude de o nutriente não exportado ser retornado junto com a matéria orgânica. Outros efeitos biológicos, associados a micorrizas e exudados radiculares, foram constatados (SIQUEIRA; FRANCO, 1988). Nos nutrientes potássio, cálcio e magnésio são observados aumentos durante a mineralização de adubos verdes (MONTAVALLI, 1989).

Como referido, a capacidade de cobertura do solo por adubos verdes é um dos principais indicadores da eficiência desta planta. Diversos fatores estão relacionados com a decomposição de liberação de nutrientes dos resíduos, tais como atuação de macro e microrganismos decompositores, as características químicas do material, o manejo e as condições edafoclimáticas da região, tais como temperatura, umidade, pH e nutrientes do solo. Sob as mesmas condições de clima, solo e manejo, as taxas de decomposição e liberação de nutrientes são influenciadas por características químicas inerentes ao tecido vegetal (MEENTEMEYER, 1978).

A decomposição dos resíduos apresenta duas fases características: uma inicial com elevada taxa de decomposição, e outra final caracterizada por uma menor taxa de decomposição. Na primeira fase, são degradados compostos solúveis, carboidratos, proteínas e lipídeos, enquanto que, na segunda fase, são decompostos a lignina, celulose e hemicelulose (TAYLOR e PARKINSON, 1988).

Contudo, deve-se salientar que para este bioma existem fatores limitantes, sendo os mais evidentes a acidez, deficiências de fósforo e zinco, toxidez de alumínio e, em menor escala, de manganês, além da deficiência hídrica e alguns fatores bióticos, como antagonismo microbiano ao rizóbio pela produção de antibióticos por actinomicetos (RAMOS; MAGALHÃES; BODDEY, 1987).

Assim, após a conversão de solos da região central do Brasil para uso agropecuário, deve-se buscar práticas de manejo que possibilitem manter ou melhorar suas propriedades químicas, físicas e biológicas e que permitam a manutenção de uma considerável diversidade de espécies.

Este capítulo apresenta a avaliação do desempenho agrônômico de espécies de leguminosas adubos verdes no que tange à velocidade de cobertura do solo, capacidade de supressão de plantas espontâneas, produtividade de fitomassa e de sementes, assim como quantidade de N acumulada na parte aérea, em duas épocas de cultivo; adicionalmente, evidencia as características das taxas de decomposição “*in situ*” da fitomassa e liberação de N da parte aérea ao longo de 150 dias.



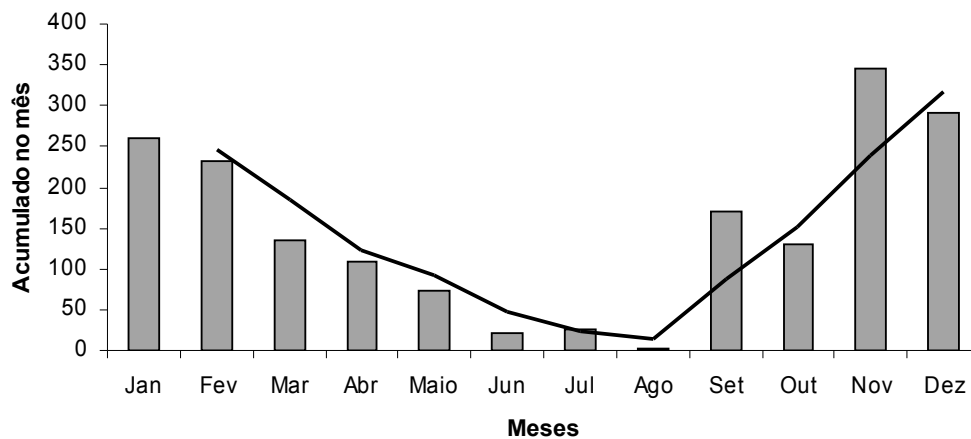
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização e Caracterização Edafoclimática da Área Experimental

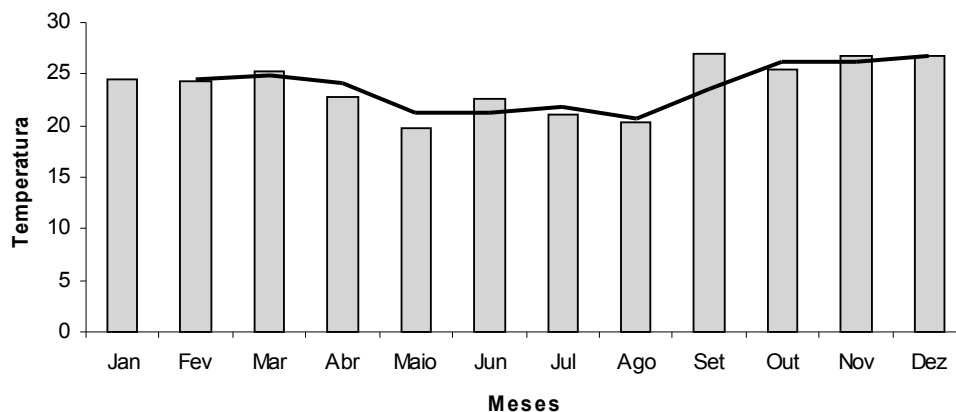
Os experimentos foram conduzidos no Centro de Pesquisa da Agropecuária e Extensão Rural-CEPAER da AGRAER-MS, localizado no município de Campo Grande, no período de outubro/2004 a setembro/2007, implantados em Latossolo Vermelho Escuro em duas épocas distintas - primavera-verão e outono-inverno. Antes da implantação do experimento de primavera-verão, utilizou-se uma mistura de aveia e nabo forrageiro (3:1) aplicada a lanço na densidade de 100kg ha<sup>-1</sup>.

Posteriormente, foram retiradas amostras, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, para avaliação química do solo, como descrito em EMBRAPA (1997), cujos resultados revelaram: 0-20 cm- pH<sub>H2O</sub> = 5,9; Al<sup>+++</sup> = 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>++</sup> = 2,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>++</sup> = 1,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 38,5 mg dm<sup>-3</sup>; P disponível = 6 mg dm<sup>-3</sup>; C orgânico = 6,6 g kg<sup>-1</sup> e N total = 1,0 g kg<sup>-1</sup>. Na profundidade de 20-40 cm: pH<sub>H2O</sub> = 5,6; Al<sup>+++</sup> = 0,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>++</sup> = 1,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>++</sup> = 1,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 24,0 mg dm<sup>-3</sup>; P disponível = 2 mg dm<sup>-3</sup>; C orgânico = 5,4 g kg<sup>-1</sup> e N total 0,8 g kg<sup>-1</sup>. Com intuito de corrigir a acidez tóxica, fez-se a aplicação de calcário dolomítico, realizou-se calagem na forma de calcário dolomítico (PRNT = 75%) na quantidade equivalente a 1 Mg ha<sup>-1</sup>. No período de outono-inverno, o trabalho foi implantado na mesma área, procedendo-se à semeadura de milho cultivar BR 106, com vistas à uniformização química e biológica do solo, antecedendo à implantação do experimento de outono-inverno; as plantas de milho cresceram por aproximadamente 40 dias, sendo, em sequência incorporadas ao solo.

O Campo Experimental da AGRAER situa-se entre os paralelos de latitude 20° 26' S e os meridianos de longitude 54° 43' de Greenwich, com altitude média de 760 m, na região central do estado de Mato Grosso do Sul. O clima, segundo classificação de Koppen, enquadra-se no tipo Aw. A estação chuvosa inicia-se no verão, de novembro a abril, sendo os maiores índices pluviométricos observados nos meses de novembro a fevereiro, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro, com os meses de julho e agosto extremamente secos. A temperatura média anual é de 25°C e a umidade relativa é de 82%, mas podem ocorrer resfriamentos abaixo de 10°C, de curta duração (2 a 3 dias), entre abril e setembro. A precipitação pluviométrica e temperatura média durante a condução dos experimentos de primavera-verão e de outono-inverno apresenta-se na Figura 1 e 2.



**Figura 1** - Precipitação pluviométrica, durante o ano de 2005, em Campo Grande - Mato Grosso do Sul.



**Figura 2** - Temperatura média do ar (°C), durante o ano de 2005, em Campo Grande - Mato Grosso do Sul.

## 2.2 Delineamentos Experimentais e Tratamentos Estatísticos

Os delineamentos experimentais adotados nas duas épocas de estudo foram de blocos ao acaso, com quatro repetições, tendo como tratamentos onze espécies de leguminosas dos gêneros:

**Crotalaria**- *C. juncea* L., cv IAC-KR-1., *C. ochroleuca* G. Don., *C. mucronata* Desv. e *C. spectabilis* Roth, *C. breviflora* D.C.; **Canavalia**- *C. ensiformes* (feijão-de-porco) e *C. brasiliensis* (feijão-bravo-do-ceará); **Mucuna**- *M. aterrima* Piper; Tracy (preta); *M. pruriens* DC (cinza); **Cajanus**- *C. cajan* (L.) Millsp cv Fava larga e cv IAPAR Aratã 43 ano.

Os experimentos foram conduzidos em duas épocas, sendo um no início da estação chuvosa (primavera-verão), com semeadura realizada em novembro/2004; e outro ao final dessa estação (fevereiro/2006), sendo as plantas cultivadas durante o período de outono-inverno.

A área total de cada parcela foi de 40 m<sup>2</sup>, formada por sulcos com 10,0 m de comprimento, espaçados de 0,5 m. As densidades corresponderam a: 10, 06, 08, 05 e 08 sementes m<sup>-1</sup> linear para as crotalárias, mucuna cinza, mucuna preta, feijão-de-porco e feijão-bravo-do-Ceará e os guandus, respectivamente. A área útil da parcela foi de 30 m<sup>2</sup> da região central, possibilitando a realização das amostragens previamente planejadas. As respectivas sementes foram feitas após preparo do solo com subsolagem, aração, grade niveladora e posterior sulcamento.

Os procedimentos estatísticos adotados foram definidos de acordo com o tipo de análise recomendada para cada variável estudada.

Em relação às avaliações de taxa de cobertura de solo, produtividade de fitomassa aérea e de sementes, concentração e quantidade de nitrogênio acumulado na parte aérea e fitossociologia, foram realizadas análises paramétricas univariadas. Primeiramente, aplicaram-se testes de normalidade e homogeneidade da variância dos erros, atendidas as pressuposições para a análise de variância, foram aplicados testes de Scott-Knott, para comparação múltipla de médias, no nível de 5% de probabilidade, para dados qualitativos e de regressão, com escolha do modelo matemático aproximativo que melhor se ajustou às observações, para os dados quantitativos. As análises estatísticas foram conduzidas com auxílio dos programas SAEG (versão 8.0) e SIGMAPLOT (versão 4.0). Quanto à análise da taxa de cobertura do solo, utilizou-se o Sistema de Análise de Raízes e Cobertura do Solo (SIARCS 3.0), desenvolvido pela Embrapa Instrumentação Agropecuária, conforme descrito por Jorge e Crestana (1996).

Em relação à taxa de decomposição, o delineamento adotado foi de blocos ao acaso, sendo os tratamentos formados pelo material vegetal de dez espécies, distribuídos em nove subparcelas, distribuídas no tempo. Os dados coletados foram submetidos à análise de regressão, com escolha do modelo matemático aproximativo que melhor se ajustou às observações.

Avaliações:

- **Determinação da taxa de cobertura do solo**

O acompanhamento das taxas de cobertura do solo deu-se por meio de imagens fotográficas, tomadas a cada cinco dias, a partir da germinação de cada espécie de leguminosa, perfazendo o total de onze épocas de amostragem. As imagens foram tomadas dentro de microparcelsas de 1 x 2m, delimitadas com auxílio de um quadro confeccionado com polivilcarbonato (PVC). A câmera fotográfica foi suspensa em posição perpendicular ao solo, na altura de 1,50 m, de tal forma que a imagem abrangesse uma área de 2 m<sup>2</sup>. As imagens foram tomadas entre as 10:00 e 14:00 horas para atenuar possíveis efeitos decorrentes da formação de sombra. As estimativas das taxas de cobertura do solo foram conduzidas com auxílio do software SIARCS 3.0.

Neste sistema, as fotografias são avaliadas de forma que somente sejam digitalizadas as tonalidades representativas das cores verde e amarela. Em sequência, é feito um processo de binarização das imagens (contraste entre preto e branco) a fim de quantificar a área do solo coberta pelas plantas. O programa SIARCS lê a imagem binária original, transformando-a numa matriz de códigos binários, cuja unidade de resolução, o “pixel”, pode ter valor zero (preto) ou 1

(branco). O uso de imagens originais de alto contraste aumenta a precisão do método, enquanto que as imagens de baixo contraste necessitam ser processadas antes da avaliação.

Para auxiliar na avaliação dos resultados, estimou-se o  $t^{1/2}$  que corresponde ao tempo necessário para que 50% do solo estivesse coberto pelas plantas.

Foram testadas diferentes funções matemáticas para ajuste dos dados observados, sendo a função que proporcionou melhor ajuste, tendo como base o coeficiente de determinação, a exponencial polinomial quadrática ( $Y = e^{(A.DAS + B.DAS^2)}$ ).

- **Determinação da produtividade de fitomassa, quantidade de nitrogênio acumulado parte aérea e produtividade de sementes**

Por ocasião das amostragens de produtividade de fitomassa aérea, as parcelas foram divididas em duas partes. Enquanto uma foi usada para quantificação da fitomassa, a outra foi mantida até o final do experimento para quantificação da produtividade de sementes. O corte para a avaliação da produção de fitomassa aérea foi realizado quando as plantas se encontravam em pleno florescimento, sendo o corte das plantas feito na altura de 0,05 m acima da superfície do solo. A fitomassa fresca foi pesada em área correspondente a 5 m<sup>2</sup>. Para a determinação da matéria seca coletaram-se subamostras dos materiais vegetais, separados em haste e folha, de aproximadamente 300 g. Também, foram conduzidas análises bromatológicas determinando os teores de lignina, celulose, tanino e polifenóis, o método utilizado foi o gravimétrico, proposto por Van Soest (1965) e descrito por Silva (1990).

A avaliação da produção de sementes foi realizada quando as plantas se apresentavam no estágio de maturação completa, com todas as vagens secas, sendo as vagens trilhadas e os grãos pesados.

- **Fitossociologia**

A amostragem da população das plantas espontâneas foi realizada quando as leguminosas estavam com 31 dias, após semeadura (DAS) e em plena floração no período de primavera-verão, sendo realizada em ponto central de cada parcela. Nesta amostragem, utilizou-se um quadro de PVC, com dimensão de 0,25 m x 0,50 m, para limitar a área na qual as plantas fossem cortadas, sendo o corte realizado próximo ao solo. Os indivíduos da vegetação espontânea, então coletados, foram classificados conforme a espécie e contados separadamente. Após a contagem, todas as plantas espontâneas, provenientes de uma mesma amostragem, foram pesadas e mantidas em estufa de circulação de ar forçado, a 65°C, até atingirem massa constante para determinar-se a produção de matéria seca.

Os dados obtidos foram utilizados para determinação dos índices fitossociológicos das espécies: frequência (F) – que permite avaliar a distribuição das espécies nas parcelas; densidade (D) – número de indivíduos de cada espécie por unidade de área; abundância (A) – concentração de espécies na área; frequência relativa (FR), densidade relativa (DR), abundância relativa (AR) – informam a relação de cada espécie em particular, com as demais encontradas na área; e índice de valor de importância (IVI), que indica quais espécies de maior importância na área estudada.

O cálculo desses índices é baseado na proposta de Mueller-Dombois e Ellenberg (1974), que vem sendo utilizado por diversos autores para caracterização florística da vegetação espontânea (BRANDÃO; BRANDÃO; LACA BUENDIA, 1998; MACEDO; BRANDÃO; LARA, 2003; ALBERTINO et al., 2004; ERASMO; PINHEIRO; COSTA, 2004; TUFFI SANTOS et al., 2004).

Esses índices encontram-se descritos em Silva et al. (2005), como apresentados a seguir: Frequência (F) = Número de parcelas que contêm a espécie/número total de parcelas utilizadas; Densidade (D) = número total de indivíduos por espécie/área total amostrada; abundância (A) = número total de indivíduos por espécie/número total de parcelas que contêm a espécie; Frequência Relativa (FR) = frequência da espécie x 100/frequência total de todas as espécies; Densidade relativa (DR) = densidade da espécie x 100/densidade total de todas as espécies; Abundância relativa (AR) = abundância da espécie x 100/abundância de todas as espécies. Adicionalmente, para o cálculo do IVI incluiu-se a Fitomassa seca relativa (FSR) = produtividade de matéria seca de parte aérea de cada espécie/produtividade de matéria seca de todas as espécies. Desta forma, o IVI foi calculado somando-se  $FR + DR + AR + FSR$ .

- **Taxa de decomposição “*in situ*” dos resíduos vegetais de parte aérea**

A decomposição *in situ* da palhada da parte aérea das leguminosas foi conduzida, sob condições de campo, a partir de adaptação do método proposto por Anderson e Ingran (1989), empregando-se bolsas de *nylon* com abertura de 2 mm, dispostas sobre a superfície do solo, com respectivo material vegetal.

A avaliação da decomposição dos resíduos vegetais foi realizada após o corte da parte aérea das plantas de todas as espécies, no período de pleno florescimento. No momento do corte, pesou-se 100 g de material vegetal fresco obedecendo-se os valores da relação haste/folha, obtidos em cada tratamento. Como os ciclos das espécies, considerando o período compreendido entre a sementeira e florescimento, foram variáveis, procedeu-se o corte e coleta da parte aérea das plantas na medida que estas alcançavam o pleno florescimento. Assim, coletaram-se 15 kg de fitomassa fresca de cada espécie, que foram secos à sombra até que todas as espécies fossem coletadas. Por ocasião da instalação deste experimento, foram retiradas amostras para cálculo do teor de umidade do material vegetal com intuito de, posteriormente, corrigir os valores iniciais de matéria seca efetivamente acondicionada na sacola plástica das diferentes espécies.

Dessa forma, cada bolsa foi distribuída sobre a superfície do solo. Visando-se a criar um ambiente que favorecesse uniformemente os diferentes grupos funcionais da fauna edáfica e que formasse uma proteção sobre o terreno, distribuiu-se palha seca de milho nos espaços entre as parcelas experimentais (Figura 15, Apêndice). A área experimental foi mantida com irrigação tendo-se o auxílio de microaspersores, dispondo de um turno de rega de 30 minutos pela manhã e repetindo à tarde, remetendo a 16 mm de lâmina d'água dia<sup>-1</sup>. Foram realizadas coletas das bolsas aos 02, 07, 15, 30, 60, 90, 120 e 150 dias após a instalação do experimento.

Em cada data de coleta, o material vegetal remanescente nas sacolas foi levado ao laboratório, procedendo-se a limpeza e separação do material (haste e folha) das partículas de solo, com auxílio de um pincel. Após esta etapa, o material foi acondicionado em sacos de papel, separando-se haste e folha, sendo levado à estufa de ventilação forçada de ar, mantida a 65°C, até

o material alcançar massa constante. O material seco foi pesado para determinação da quantidade de fitomassa remanescente. Logo após, o material foi processado em moinho do tipo Willey (abertura de peneira de 20 mesh). Posteriormente, o material moído foi encaminhado para análise de nitrogênio, pelo método de Kjeldahl, como preconizado por Bremner e Mulvaney (1982) e adaptado por Alves (1994).

As taxas de decomposição foram estimadas, como descrito por Resende et al. (1999), empregando-se o modelo  $X = X_0 e^{-kt}$ , em que X é a quantidade de matéria seca ou nutriente remanescente após um período de tempo (t) em dias, e  $X_0$  é a quantidade de matéria seca ou nutriente passível de decomposição no início do ensaio. Os valores da constante de decomposição k expressam a velocidade de perda de matéria seca e de liberação de nutrientes. A partir dos valores de k, torna-se possível estimar o tempo de meia vida ( $t_{1/2} = \ln(2)/k$ ), que indica o período de tempo transcorrido para que 50% da matéria seca ou de nutriente encontre-se ainda remanescente no material vegetal inicial.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Taxa de Cobertura do Solo

Ao se analisarem os resultados da avaliação da cobertura do solo, promovida pelas diferentes espécies de leguminosas (Tabela 1 e Figuras 3, 4, 5 e 6), verificou-se que diferenças marcantes ocorreram desde a fase inicial de desenvolvimento das espécies. Inicialmente, comparações foram conduzidas dentro dos respectivos gêneros. Posteriormente, evidenciaram-se aquelas espécies cujas taxas de cobertura se destacam independentemente do gênero.

A função Exponencial Quadrática foi a que melhor apresentou propriedades desejáveis para descrever a curva de crescimento das espécies, outros autores ajustaram seus modelos pelas funções Exponencial Logística (PERIN, 2001) e Gompertz (PEREIRA, 2007), este último modelo se aplica quando a fitomassa inicial das espécies estudadas for diferente de zero, o que reflete que as espécies estudadas possuem fitomassas iniciais, representadas pela massa das sementes, o que não se observou no presente estudo (Figuras 3, 4, 5 e 6). A fitomassa aérea tende a atingir valor máximo, dado pelo parâmetro “A” da função exponencial (Tabela 1). Teoricamente, esse valor somente seria alcançado após um tempo infinito, mas ele pode ser extrapolado a partir dos dados exponenciais.

Nas espécies do gênero *Crotalaria*, nota-se que a completa cobertura do terreno se deu aos de 56 dias para *C. juncea*, 69 dias para *C. ochroleuca*, 76 dias para *C. mucronata* e 63 dias para *C. spectabilis* (Figura 3). Observa-se que o tempo para completa cobertura do terreno de *C. juncea* foi 26% menor do que o de *C. mucronata*; deve-se relatar que *C. spectabilis* apresentou completa cobertura do terreno apenas 7 dias após *C. juncea*. Não foram apresentados resultados de *C. brevisflora*, pois esta espécie sofreu severo ataque do fungo fitopatogênico de solo *Fusarium* sp., o que causou ineficiência em relação à cobertura do terreno, acarretando alta infestação da vegetação espontânea. Salton et al. (1993), no cerrado de Mato Grosso do Sul, verificaram que para *C. juncea* chegar a 100% de cobertura de solo foram necessários 50 dias após sua germinação. Pereira (2007), em condições de Mata Atlântica, observou resultados semelhantes ao presente estudo, evidenciando *C. juncea* com menor tempo para cobrir 50% da área amostrada e *C. ochroleuca* foi a que precisou de maior tempo para cobrir 50% da área amostrada, este resultado, em parte, explica-se por um desenvolvimento inicial mais lento, dificultando seu estabelecimento, principalmente, no final do período chuvoso (BURLE et al., 2006).

Em relação ao gênero *Mucuna*, pôde-se observar (Figura 4) que *Mucuna* preta necessitou 60 dias para cobrir completamente o terreno, três dias a mais que *Mucuna* cinza. Carvalho (1996), em estudos conduzidos em dois anos consecutivos, alcançou para *Mucuna* preta de 73 a 95% de cobertura do solo quando esta espécie foi semeada na estação seca e no início do período de chuva, com  $t_{1/2}$  similar aos encontrados no presente estudo. Corroborando os resultados de taxa de cobertura de solo encontrados por Alvarenga et al. (1993), que atingiu 90% a partir dos 40 dias, chegando a 100% aos 60 dias, após a emergência desta espécie. Carvalho et al. (1999a), em experimentos conduzidos no cerrado do Distrito Federal, encontraram resultados coerentes com os relatados na tabela 1. Quanto às duas espécies do gênero *Canavalia* (Figura 4), destaca-se o feijão-de-porco com 54 dias, apresentando período de cobertura 12 dias menor que feijão-bravo-do-Ceará, apesar do crescimento inicial ser relativamente lento, o feijão-bravo-do-Ceará é uma

planta que, por sua resistência à seca, possui intensa capacidade de ramificação e rebrota, apresentando rusticidade suficiente para ser semeada no final do período chuvoso, em áreas de cerrado na região Centro-Oeste (BURLE et al., 2006). Já o feijão-de-porco possui seu estabelecimento inicial mais lento que as mucunas e mais rápido que feijão-bravo-do-Ceará, que, aliado à sua resistência à seca e ao fato de não apresentar sensibilidade ao fotoperíodo, é uma alternativa para cultivo no final do período chuvoso, em condições de cerrado (PEREIRA, 1987; PEREIRA; LOBATO, 1991).

Há que se ressaltar que estas duas espécies apresentam ciclos de vida distintos, sendo o feijão-bravo uma espécie semiperene ou bianual, ao passo que o feijão-de-porco é uma espécie de ciclo anual (CALEGARI, 1998). Quanto aos dois cultivares de guandu, que apresentam portes distintos, não se detectaram diferenças expressivas em relação à cobertura completa no terreno, que foi alcançada aos 75 e 77 dias, após a semeadura, respectivamente para cv. Guandu favalarga e cv. Guandu anão (Figura 5). Em resultados obtidos por Akinola e Whiteman (1975), a velocidade do florescimento está fortemente associada com temperaturas abaixo do termoperíodo crítico, sendo esta espécie, como a maioria das leguminosas tropicais, influenciada pelo termoperíodo (SUMMERFIELD; ROBERTS, 1985). No presente estudo, a temperatura média, durante a condução dos experimentos, não variou, situando-se na faixa de 25°C (Figura 2), não estando abaixo do termoperíodo exigido para estabelecimento da cultura.

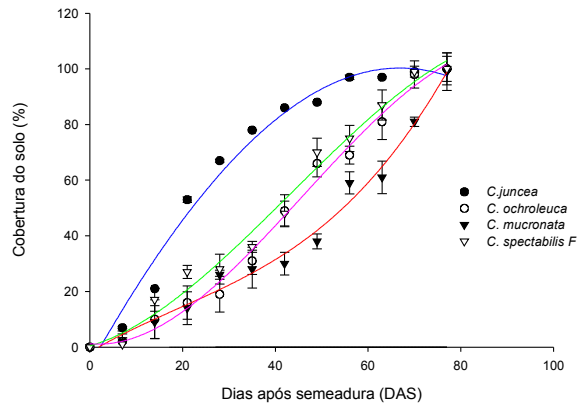
Comparando-se os gêneros, pode-se destacar a rápida cobertura proporcionada pelo feijão-de-porco e pela *C. juncea*. Todavia, como a idade crítica para competição com a vegetação espontânea encontra-se associada à fase inicial de desenvolvimento da cultura, é interessante ressaltar a importância do tempo necessário para as plantas cobrirem 50% do solo ( $t_{1/2}$ ). A partir dos parâmetros das equações ajustadas (Tabela 1), deve-se destacar que feijão de porco, *C. juncea* e mucuna preta obtiveram elevada taxa de cobertura na fase inicial de crescimento com  $t_{1/2}$  de 21, 22 e 25 dias para cobrir 50% da área amostrada, enquanto Pereira (2007), em condições de Mata Atlântica, encontrou 15 dias para *C. juncea*, sendo o período para cobrir 50% do solo 32% mais rápido que os encontrados neste estudo, sob condições de cerrado. Este autor, também, observou que *C. ochroleuca* e *C. mucronata* apresentam crescimento inicial lento quando comparadas a *C. juncea* (Tabela 1).

A partir das observações de campo, evidenciou-se que, quanto às leguminosas estudadas, com aproximadamente 80% da cobertura do terreno, o solo encontrava-se plenamente protegido em relação ao impacto das gotas de chuva, exposição direta aos raios solares e às oscilações térmicas do solo, principais agentes de degradação. Trabalhos têm demonstrado que à medida que aumenta a proporção de área coberta há redução acentuada da erosão (DECHEN; LOMBARDI NETO; CASTRO, 1981; AMADO et al., 1987).

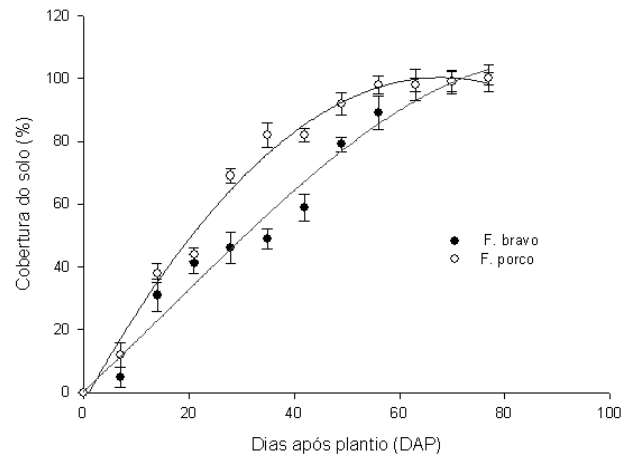
A diferença do tempo necessário para atingir 50% de cobertura do terreno é de extrema importância pelo fato de as plantas se encontrarem em fase inicial de estabelecimento e de maior competição com a vegetação de ocorrência espontânea, com destaque para *C. Juncea*, que possui um  $t_{1/2}$  de 29 dias a menos quando comparada à *C. mucronata* e feijão-de-porco com  $t_{1/2}$  de 12 dias a menos que feijão-bravo-do-Ceará (Tabela 1), sendo que os demais gêneros estudados apresentaram comportamentos semelhantes quanto ao  $t_{1/2}$ .

Com maior velocidade de estabelecimento inicial, promovendo rápida cobertura de solo por *C. juncea* e feijão de porco (Figuras 3 e 4), torna-se dispensável o controle da vegetação espontânea, o que pode ser evidenciado nas Figuras 7 e 8.

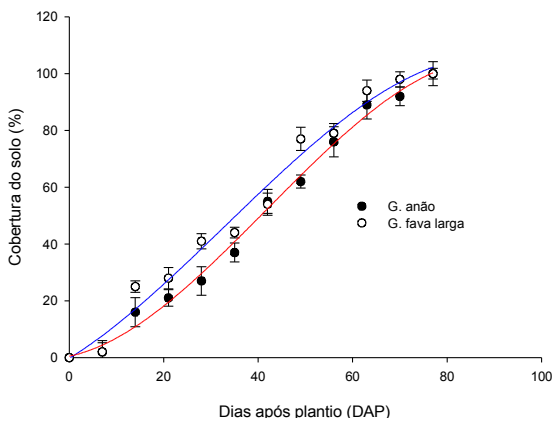




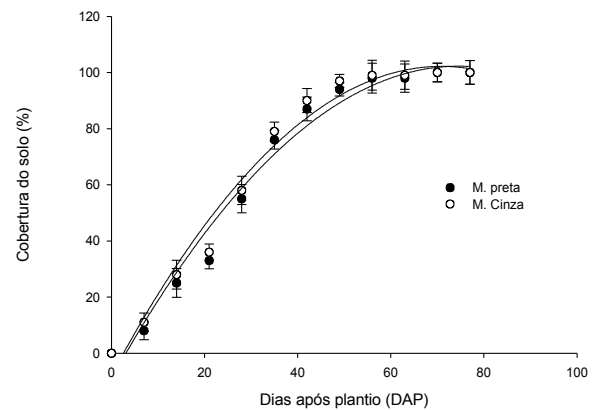
**Figura 3** - Taxa de cobertura do solo proporcionada por quatro espécies de *Croton* L. para adubação verde cultivadas no período de primavera-verão, em condições do cerrado de Mato Grosso do Sul.



**Figura 4** - Taxa de cobertura do solo proporcionada por duas espécies de *Canavalia* para adubação verde cultivadas no período de primavera-verão, em condições do cerrado de Mato Grosso do Sul.



**Figura 1** - Taxa de cobertura do solo proporcionada por duas espécies de *Cajanus* cajans para adubação verde cultivadas no período de primavera-verão, em condições do cerrado de Mato Grosso do Sul.



**Figura 2** - Taxa de cobertura do solo proporcionada por duas espécies de *Mucuna* para adubação verde cultivadas no período de primavera-verão, em condições do cerrado de Mato Grosso do Sul.

**Tabela 1** Parâmetros estimados a partir da função exponencial polinomial quadrática, para as taxas de cobertura do solo proporcionadas por diferentes leguminosas no cultivo de primavera-verão, nas condições do cerrado de Mato Grosso do Sul, 2004/05.

Espécies	Parâmetros da função exponencial polinomial quadrática <sup>(1)</sup>		r <sup>2</sup>	t <sup>1/2</sup> ( <sup>2</sup> )
	A	B		
<i>C.juncea</i>	113,47*	2,302*	0,98	22
<i>C. ochroleuca</i>	108,99*	7,039*	0,99	47
<i>C.mucronata</i>	102,45*	1,255*	0,98	51
<i>C. spectabilis</i>	111,93*	2,999*	0,99	42
F. bravo	119,40*	7,064*	0,99	33
F. porco	103,52*	2,249*	0,98	21
G. anão	112,10*	2,574*	0,99	41
G. fava larga	116,25*	2,814*	0,99	39
M. preta	102,98*	2,003*	0,99	25
M. cinza	110,38*	2,021*	0,99	23

<sup>(1)</sup>% cobertura do solo =  $Y_0 + ax + bx^2$  ;

(2) Tempo necessário para atingir 50% de cobertura do solo;

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t” de student.

Um dos aspectos mais importantes relacionados à rápida cobertura do terreno é a habilidade competitiva das leguminosas adubos verdes em relação às ervas espontâneas. Esta característica está intimamente associada aos custos de produção relativos ao controle de ervas espontâneas, que possui especial importância no contexto do manejo orgânico de cultivos comerciais. Todas as espécies estudadas apresentaram elevada capacidade de cobertura do solo, com destaque para *C.juncea*, que, devido à sua acelerada capacidade inicial de crescimento, resulta em uma rápida cobertura do solo com efeito supressor às plantas invasoras, além de promover liberação mais rápida da área cultivada para estabelecimento da cultura comercial, características descritas também por Burle et al. (2006).

### 3.2 Fitossociologia

O estudo da composição florística dos tratamentos relacionados à presença das diferentes espécies de leguminosas adubos verdes revelou que a vegetação de ocorrência espontânea foi formada inicialmente por 42 espécies, independentemente da espécie de leguminosa estudada à época e período de avaliação (Tabelas 2, 3 e 4). Devido à grande quantidade de espécies de ervas de ocorrência espontânea encontrada na área experimental, utilizou-se, para fins de análise, as espécies de IVI acima de 50% para as duas épocas de cultivo estudadas (*Amarantus deflexus*, *Chloris gayana* e *Digitaria ciliaris*), avaliando sua ocorrência e peso seco dentro da área experimental .

A infestação pelas ervas espontâneas, na área experimental foi avaliada aos 31 DAS e por ocasião da floração das leguminosas, foi significativamente reduzida quando se compararam as duas épocas, com as vegetação espontânea quase que totalmente suprimidas no período de floração (Figuras 7 e 8).

Considerando o efeito das duas épocas de cultivo na ocorrência e peso seco de indivíduos da vegetação de ocorrência espontânea aos 31 (DAS), e por ocasião do florescimento de cada uma das leguminosas, destaca-se que a ocorrência foi significativamente influenciada quando comparamos a supressão da vegetação espontânea nas duas épocas de cultivo. Nota-se que por ocasião do florescimento pleno, independentemente dos valores de  $t \frac{1}{2}$ , ocorreu a supressão das total da vegetação espontânea, como *C. ochroleuca*, *C. spectabilis* e *G. fava-larga*. *C. juncea* e mucuna preta, também suprimiram completamente os indivíduos da vegetação espontânea, com apresentando valores  $t \frac{1}{2}$  menores do que as espécies supracitadas (Tabela 1). Particularmente, no caso da *C. mucronata* e do feijão de porco, conquanto tenham apresentado o menores valores de  $t \frac{1}{2}$ , este fato não é suficiente para indicar a completa supressão da vegetação espontânea. Em hipótese, tal fato está relacionado à arquitetura desta espécie, que apresenta porte baixo e ereto (DUKE, 1981; CALEGARI et al., 1993), e crescimento acelerado das folhas cotiledonares (BURLE, 2006), assim, evidenciando o menor  $t \frac{1}{2}$  desta espécie e, portanto, permite entrada suficiente de luz, dessa forma, favorecendo a presença de membros da vegetação espontânea. A mucuna preta também não apresentou supressão total das vegetação espontânea, contudo o índices de ocorrência foi muito baixo. Quando avaliamos o peso seco observa-se comportamento similar ao descrito para os índices de ocorrência.

Apesar de Guandu fava-larga e feijão-bravo-do-Ceará apresentarem  $t \frac{1}{2}$  maior do que, por exemplo, *C. juncea*, estas espécies, após o período inicial de crescimento, cobriram eficientemente o solo, não permitindo a reinfestação da vegetação espontânea, igualmente ao observado para *C. ochroleuca* (Figuras 7 e 8). Este fato pode ser explicado, em parte, pela alta produção de fitomassa seca destas espécies (Tabela 5), que corrobora com diversos autores que destacam a importância da capacidade das plantas de cobertura em produzir fitomassa (ALVARENGA et al., 2001; PEREIRA, 2007), pela alta capacidade de rebrota do feijão-bravo-do-Ceará (SODRÉ FILHO et al., 2004) e pela diminuição dos recursos naturais disponíveis, como a luz (CONSTANTIN, 2001; SANTOS et al., 2008).

As espécies que mostraram menor eficiência no controle da vegetação espontânea foram *C. mucronata* e *C. breviflora*, porém os fenômenos que governaram estes efeitos foram bem distintos de *C. breviflora*. Como já destacado, a ocorrência de um patógeno prejudicou sobremaneira o estabelecimento desta espécie. Todavia, Pereira (2007), em experimento conduzido na baixada fluminense do Rio de Janeiro (domínio de mata atlântica), relatou que *C. breviflora* apresentou baixa taxa de cobertura de solo e de crescimento, o que provavelmente resultaria na baixa eficiência do controle da vegetação espontânea, independentemente da patologia ora observada nas condições do cerrado. Quanto à *C. mucronata*, o fenômeno possivelmente está associado ao hábito crescimento e folhas pequenas desta espécie, permitindo a entrada de luz. Uma estratégia interessante para *C. mucronata*, bem como para feijão-de-porco, seria reduzir o espaçamento entre sulcos de plantio, o que implicaria modificação do arranjo espacial de plantio.

Quando analisamos individualmente a supressão da ocorrência das espécies de IVI acima de 50% dentro de cada tatamento, notamos comportamento diferente nas duas épocas de amostragem e no comportamento das diferentes leguminosas estudadas. Nota-se que quando

*Digitaria ciliaris* foi amostrada às 31 DAS sua maior ocorrência foi na presença de *C. juncea* e M. preta, sendo que na presença de *C. ochroleuca* e *C. spectabilis* sua ocorrência foi muito reduzida. Já *Amarantus deflexus* teve sua ocorrência reduzida na presença de G. anão, *Chloris gayana* manteve sua ocorrência em níveis semelhantes em todos os tratamentos, sendo ligeiramente diminuída na presença de *C. mucronata* e *C. spectabilis*. No período de florescimento destacamos as espécies *C. juncea*, Feijão bravo-do Ceará e G. anão com as de maior eficiência, suprimindo totalmente a vegetação espontânea na área experimental. Ao avaliar o peso seco das espécies da vegetação espontânea não notamos variações consideráveis aos 31 DAS, e como observado na avaliação da ocorrência *C. juncea*, Feijão bravo-do Ceará e G. anão suprimiram totalmente a vegetação espontânea na área experimental.

De maneira geral, rápidas taxas de cobertura estão associadas ao alto potencial de produção de fitomassa de leguminosas do gênero crotalária (PEREIRA, 2007). Entretanto, esta relação ainda não foi evidenciada, nas condições do cerrado de Mato Grosso Sul, para um número mais abrangente de espécies.

**Tabela 2** Distribuição das plantas espontâneas por família e espécie, amostradas em áreas cultivadas com leguminosas, durante o período de primavera-verão/outono-inverno, nas condições do cerrado de Mato Grosso do Sul, 2004/05.

Família	Espécies	
	Nome científico	Nome comum
Amaranthaceae	<i>Alternanthera tenella</i> DC Colla	Apaga fogo
	<i>Amarantus deflexus</i> L.	Caruru
	<i>Amarantus viridis</i> L.	Caruru de mancha
	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Caruru de espinho
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana hystrix</i> Stued	Leiteiro roxo
Asteraceae	<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz; Pav	Botão de ouro
	<i>Acanthospermum Hispidium</i> D.C	Carrapicho de carneiro
	<i>Acanthospermum australe</i> (Loefl.)	Carrapicho rasteiro
	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Picão branco
	<i>Blainvillea biaristata</i> DC.	Picão grande
	<i>Bidens subalternans</i> DC	Picão preto
	<i>Daturastra monium</i> L.	Figueira do inferno
Ceratofiláceae	<i>Ceratophyllum demersum</i>	Rabo de raposa
Comelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Trapoeraba
	<i>Emilia sonchifolia</i>	Falsa Serralha
	<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	Serralha
Convovulaceae	<i>Ipomea ramosissima</i> (Poir)	Corda de viola
Cyperaceae	<i>Rhynchospora corymbosa</i> (L.)	Navalha de macaco
	<i>Cyperus rotundus</i>	Tiririca
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce prostada</i> (Aiton) Small	Quebra pedra
	<i>Cróton glandulosus</i> L.	Gervão branco
Hypericaceae	<i>Hypericum perforatum</i>	Erva de São João
Leguminosae	<i>Senna obtusifolia</i> L. Irwin; Barneby	Mata pasto
Fabaceae-	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S. Irwin; Barneby	Fedegoso
Cesalpinioideae		
Laminaceae	<i>Leonurus sibiricus</i> L.	Cordão de frade
	<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit.	Bamburral
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>	Guanxuma
	<i>Waltheria indica</i> L.	Malva veludo
Poaceae	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	Amargoso
	<i>Brachiária decumbens</i> Stapf	Braquiária
	<i>Echinochloa crus-pavonis</i>	Capim arroz
	<i>Cymbopogon citratus</i>	Capim de cheiro
	<i>Brachiaria plantaginea</i> (Link)	Capim marmelada
	<i>Setaria geniculata</i>	Capim rabo de raposa
	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Carrapicho
	<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz) (Koel)	Colchão
	<i>Panicum maximum</i>	Colonião
	<i>Chloris gayana</i> Kunth	Pé de galinha
	Portulacaceae	<i>Portulaca Oleraceae</i> L.
Rubiaceae	<i>Spermacoce latifolia</i> Aubl.	Erva quente
	<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	Poaia branca
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i> Mill	Maria pretinha

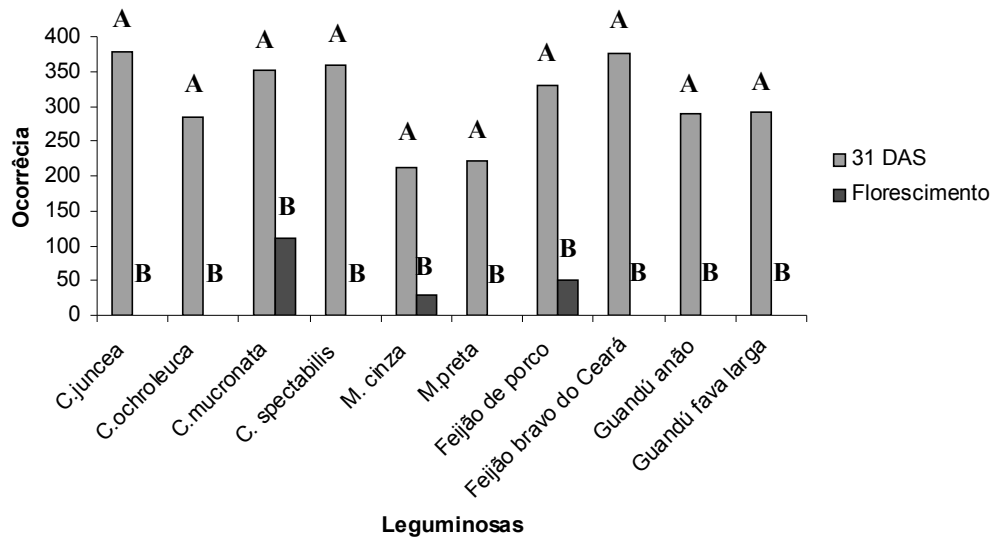
Baseado em LORENZI (2000).

**Tabela 3** Valores de ocorrência (*O*), peso seco % (*PS*), frequência relativa (*FR*), densidade relativa (*DR*), abundância relativa (*AR*) e índice do valor de importância (*IVI*) das plantas de ocorrência espontâneas por espécie, durante o período de primavera-verão, 31 dias após plantio, nas condições do cerrado de Mato Grosso do Sul, 2004/05.

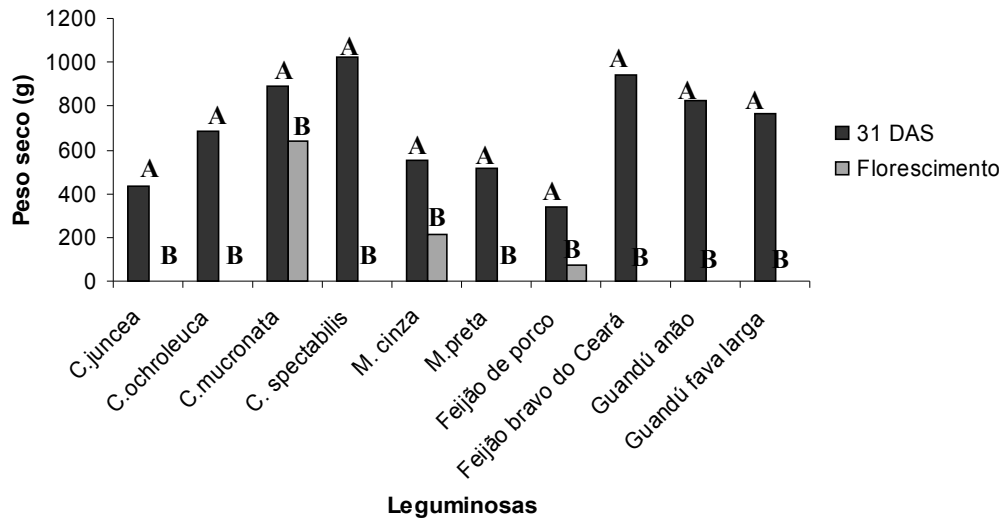
Espécies	Primavera-verão (31 DAP)					
	O	PS (%)	FR (%)	DR (%)	AR (%)	IVI (%)
<i>Alternanthera tenella</i> DC Colla	19	0,254177	2,93	1,282744	1,282744	5,749665
<i>Amarantus deflexus</i> L.	780	27,91417	11,73	13,165	13,165	65,97417
<i>Amarantus viridis</i> L.	48	1,366045	0,59	16,20308	16,20308	34,36221
<i>Amaranthus spinosus</i> L.	9	0,200211	0,88	2,025385	2,025385	5,130981
<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz; Pav	41	0,433228	3,52	2,306688	2,306688	8,566604
<i>Acanthospermum Hispidium</i> D.C	6	0,460774	1,17	1,012692	1,012692	3,656158
<i>Acanthospermum australe</i> (Loefl.)	11	0,02379	0,88	2,47547	2,47547	5,85473
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	6	0,022538	1,53	2,700513	2,700513	6,953564
<i>Blainvillea biaristata</i> DC.	8	0,018782	0,88	1,800342	1,800342	4,499466
<i>Bidens subalternans</i> DC	7	0,106554	0,59	2,362949	2,362949	5,422452
<i>Commelina benghalensis</i> L.	310	7,377394	12,32	4,98309	4,98309	29,66357
<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	3	0,057597	0,88	0,675128	0,675128	2,287853
<i>Ipomea ramosissima</i> (Poir)	267	3,766828	10,26	5,150264	5,150264	24,32736
<i>Chamaesyce prostrata</i> (Aiton) Small	12	0,07763	2,05	1,157363	1,157363	4,442356
<i>Cróton glandulosus</i> L.	3	0,016277	0,59	1,012692	1,012692	2,631661
<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S. Irwin; Barneby	1	0,00626	0,29	0,675128	0,675128	1,646516
<i>Leonurus sibiricus</i> L.	3	0,027546	0,59	1,012692	1,012692	2,64293
<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit.	1	0,01377	0,29	0,675128	0,675128	1,654026
<i>Waltheria indica</i> L.	4	0,035059	0,59	1,350257	1,350257	3,325573
<i>Paspalum paniculatum</i> L.	1	0,00876	0,29	0,675128	0,675128	1,649016
<i>Brachiária decumbens</i> Stapf	7	0,140236	1,47	0,94518	0,94518	3,500596
<i>Brachiaria plantaginea</i> (Link)	6	0,7738	1,17	1,012692	1,012692	3,969184
<i>Cenchrus echinatus</i> L.	230	3,818916	5,57	8,172605	8,172605	25,73413
<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz) (Koel)	945	17,81242	12,61	12,02567	12,02567	54,47376
<i>Chloris gayana</i> Kunth	594	24,94638	12,54	9,789318	9,789318	57,06502
<i>Portulaca Oleraceae</i> L.	207	10,27453	12,32	3,327418	3,327418	29,24936
<i>Spermacoce latifolia</i> Aubl.						0
<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	2	0,007513	0,59	0,675128	0,675128	1,947769
<i>Solanum americanum</i> Mill	2	0,017529	0,59	0,675128	0,675128	1,957785
<i>Daturastramonium</i> L.	1	0,02129	0,29	0,675128	0,675128	1,661546
<b>Total</b>	<b>3.535</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>400</b>

**Tabela 4** Valores de ocorrência (*O*), peso seco %(*PS*), frequência relativa (*FR*), densidade relativa (*DR*), abundância relativa (*AR*) e índice do valor de importância (*IVI*) das plantas espontâneas por espécie, amostradas em áreas cultivadas com leguminosas, durante o período de primavera-verão (plena floração), nas condições do cerrado de Mato Grosso do Sul, 2004/05.

Espécies	Primavera-verão (Floração)					
	O	%PS	FR (%)	DR (%)	AR (%)	IVI (%)
<i>Amarantus deflexus</i> L.	189	22,60935	9,578544	18,27659	18,27659	68,74106
<i>Amaranthus spinosus</i> L.	1	0,016972	0,870777	1,063717	1,063717	3,015182
<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz; Pav	14	0,215789	0,120761	2,978407	2,978407	6,293363
<i>Blainvillea biaristata</i> DC.	1	0,002425	0,870777	1,063717	1,063717	1,936918
<i>Bidens subalternans</i> DC	1	0,002425	0,870777	1,063717	1,063717	1,936918
<i>Commelina benghalensis</i> L.	214	10,27367	8,065785	11,38177	11,38177	30,82932
<i>Ipomea ramosissima</i> (Poir)	13	0,914072	6,966214	1,72854	1,72854	9,608826
<i>Cyperus rotundus</i>	2	0,002425	0,870777	2,127433	2,127433	3,000635
<i>Chenopodium album</i> L.	1	0,002425	0,870777	1,063717	1,063717	1,936918
<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S. Irwin; Barneby	1	0,019397	0,870777	1,063717	1,063717	1,95389
<i>Sida rhombifolia</i>	4	0,652216	2,61233	1,418289	1,418289	4,682835
<i>Paspalum paniculatum</i> L.	1	0,082436	0,870777	1,063717	1,063717	2,01693
<i>Brachiária decumbens</i> Stapf	17	5,050432	3,483107	4,520796	4,520796	13,05433
<i>Cymbopogon citratus</i>	1	0,004849	0,870777	1,063717	1,063717	1,939343
<i>Brachiaria plantaginea</i> (Link)	10	4,980118	1,741553	5,318583	5,318583	12,04025
<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz) (Koel)	288	19,6174	12,19087	21,88217	21,88217	53,69044
<i>Panicum maximum</i>	1	3,777519	0,870777	1,063717	1,063717	5,712013
<i>Chloris gayana</i> Kunth	129	23,15003	16,54476	7,222076	7,222076	46,91687
<i>Portulaca Oleraceae</i> L.	40	1,549316	11,25465	6,078381	6,078381	13,72313
<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	3	0,063039	1,741553	6,642539	6,642539	15,02663
<i>Solanum americanum</i> Mill	1	0,009698	0,870777	1,063717	1,063717	1,944192
<b>Total</b>			100	100	100	300

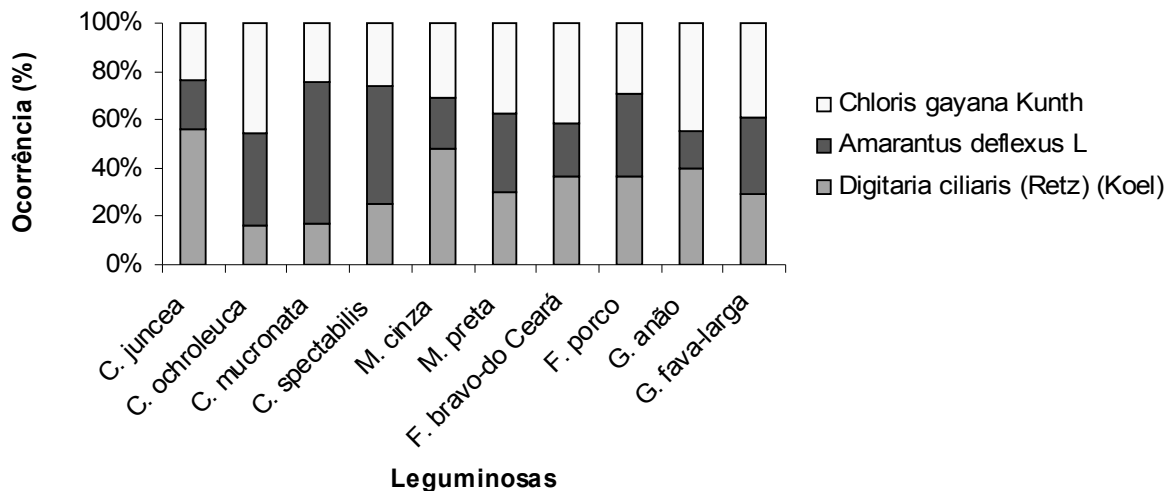


**Figura 5** - Diferença na supressão da ocorrência espécies de vegetação espontânea aos 31 DAS e no florescimento por diferentes leguminosas adubos verdes cultivadas no período de primavera-verão, em condições do cerrado de Mato Grosso do Sul.

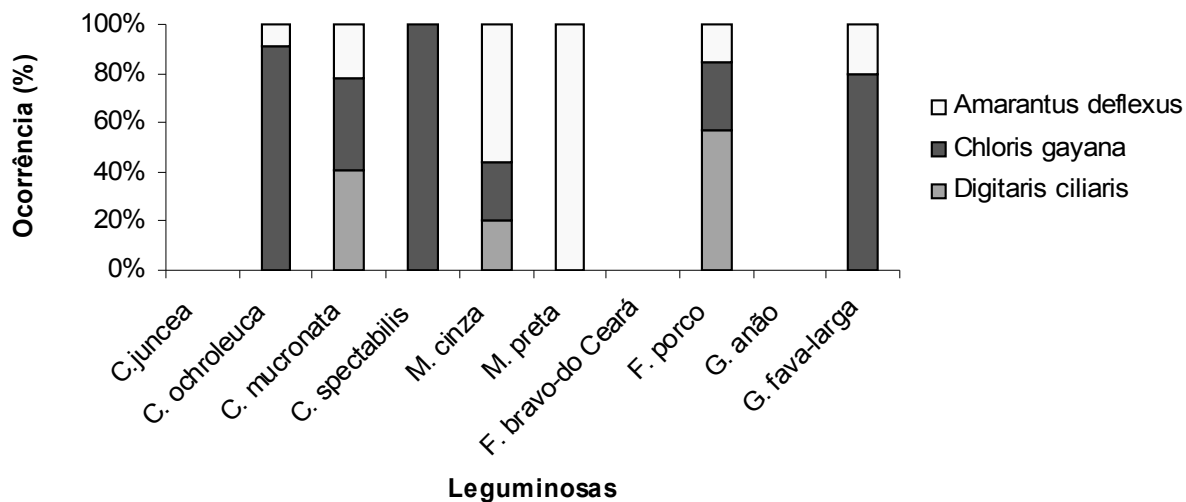


**Figura 6** - Diferença na supressão do peso seco de espécies de vegetação de espontânea aos 31 DAS e no florescimento por diferentes leguminosas adubos verdes cultivadas no período de primavera-verão, em condições do cerrado de Mato Grosso do Sul.

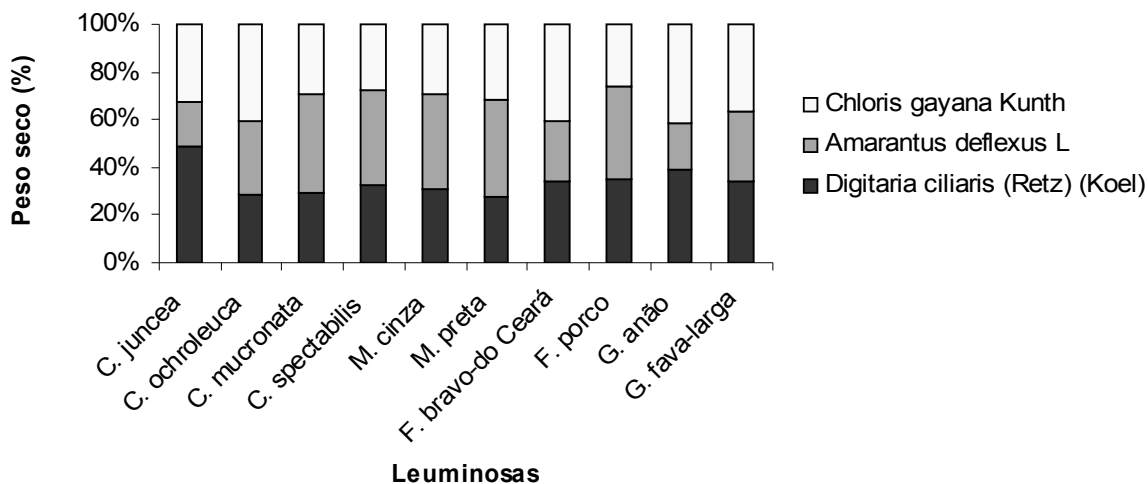




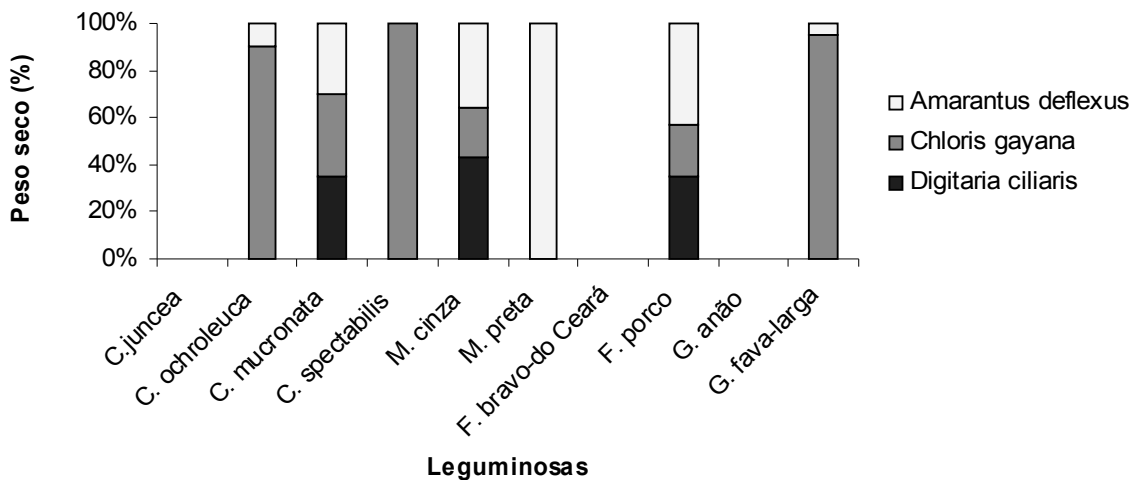
**Figura 7** - Ocorrência de três espécies da vegetação de ocorrência espontânea aos 31 DAS de diferentes leguminosas adubos verdes cultivadas no período de primavera-verão, em condições do cerrado de Mato Grosso do Sul.



**Figura 8** - Ocorrência de três espécies da vegetação de ocorrência espontânea no florescimento de diferentes leguminosas adubos verdes cultivadas no período de primavera-verão, em condições do cerrado de Mato Grosso do Sul.



**Figura 9** - Peso seco de três espécies da vegetação de ocorrência espontânea aos 31 DAS de diferentes leguminosas adubos verdes cultivadas no período de primavera-verão, em condições do cerrado de Mato Grosso do Sul.



**Figura 10** - Peso seco de três espécies da vegetação de ocorrência espontânea no florescimento de diferentes leguminosas adubos verdes cultivadas no período de primavera-verão, em condições do cerrado de Mato Grosso do Sul.

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.ns - não-significativo

Os resultados apontados neste estudo, como os observados por Nogueira (2006) e Santos (2009), evidenciam que o cultivo de adubos verdes, antes do cultivo comercial, mantém a população de ervas de ocorrência espontânea em níveis adequados ao desenvolvimento das culturas e/ou completamente suprimidas, diminuindo, deste modo, a competição com as plantas de interesse econômico.

### 3.3 Produtividade de Fitomassa Aérea, Teor e Quantidade de Nitrogênio Acumulado

Considerando o desempenho produtivo das leguminosas (Tabela 4), pôde-se observar diferenças marcantes dentro do gênero crotalária, bem como entre os cultivares de Guandu.

*C. juncea*, *C. ochroleuca* e *C. mucronata* apresentaram produtividades semelhantes, apesar das velocidades de cobertura de solo diferentes (Tabela 1). Em experimentos conduzidos no cerrado de Goiânia, Amabile, Fancelli e Carvalho (2000) obtiveram elevada produtividade de fitomassa seca para *C. juncea* (17,0 Mg ha<sup>-1</sup>) quando semeada no início do período de chuva, havendo redução do desempenho, chegando a 6,0 Mg ha<sup>-1</sup>, quando semeada no final dessa estação. Nessa mesma região, quando cultivada no período de entressafra, a produtividade de fitomassa seca variou entre 6,0 e 6,9 Mg ha<sup>-1</sup> em anos agrícolas distintos (CARVALHO et al., 1996). No Mato Grosso do Sul, foram obtidas mais de 7,0 Mg ha<sup>-1</sup> de fitomassa seca quando essa espécie foi cultivada durante a primavera, proporcionando, deste modo, cobertura ao solo durante a entressafra, nesse ecossistema de cerrado, especificamente, *C. juncea* pode ser uma alternativa como espécie de ciclo mais curto a ser semeada na primavera (SALTON et al., 1993). A produção de fitomassa seca *C. ochroleuca* também é afetada ao atrasar a semeadura para o final do período chuvoso, a exemplo do presente estudo, quando semeada em novembro, no cerrado de Goiás, sua produção de fitomassa seca ficou em torno de 8,8 Mg ha<sup>-1</sup> (AMABILE; FANCELLI; CARVALHO, 2000), 25% inferior aos resultados encontrados neste trabalho; entretanto, quando semeada em fevereiro e março, sua produção de fitomassa seca oscilou entre 4,3 e 5,9 Mg ha<sup>-1</sup>; e ao ser semeada em Latossolo Vermelho-Amarelo, distrófico, do Distrito Federal, produziu 3,0 Mg ha<sup>-1</sup> no mesmo período do ano (CARVALHO et al., 1996, 1999b; AMABILE; FANCELLI; CARVALHO, 2000). *C. spectabilis* mostrou potencial produtivo bem inferior às espécies supracitadas, o que está intimamente relacionado ao porte, como também evidenciado por Pereira (2007), em condições de Mata Atlântica do estado do Rio de Janeiro; e por Pereira (1987, 1991) e Carvalho et al. (1999a), em condições de cerrado do Distrito Federal. No caso de *C. breviflora*, como já discutido nos itens anteriores, seu fraco desempenho está também relacionado à ocorrência de patologia, não permitindo análise mais conclusiva sobre os parâmetros fitotécnicos aqui avaliados.

Em relação aos cultivares de Guandu, destaca-se a expressiva produtividade do cv. favalarga, quando comparado ao cv. anão, o que pode ser devido, a exemplo do discutido para *C. spectabilis*, à característica morfológica de menor porte desta espécie (DUKE, 1981; CALEGARI, 1995). No estudo de Carsky (1989), em áreas de cerrado do DF, com semeadura do Guandu efetuada no início do período da chuva, resultou em 8,7 Mg ha<sup>-1</sup> de fitomassa seca. Todavia, Amabile et al. (1996) mostraram, em experimentos conduzidos no cerrado de Goiás, em dois anos agrícolas consecutivos, que, quando ocorre diminuição do período vegetativo do Guandu, atrasando a semeadura de novembro até março, conseqüentemente, há redução no porte, produtividade de fitomassa e grãos, alcançando 10,7 e 6,0 Mg ha<sup>-1</sup>, no primeiro ano agrícola, e 12,6 e 5,8 Mg ha<sup>-1</sup>, no segundo ano agrícola, para semeaduras de novembro e março

respectivamente. Burle et al. (1992) e Carvalho et al. (1999b), nas mesmas condições, encontraram resultados semelhantes quando atrasaram a semeadura desta leguminosa.

Entre as espécies de hábito prostrado do gênero *Mucuna* e *Canavalia*, não foram detectadas diferenças quanto à produtividade, as quais apresentaram rendimentos e produtividades inferiores a 4,0 Mg ha<sup>-1</sup>. De maneira geral, estas espécies apresentam proporção de hastes, em relação às folhas, inferior às espécies de crotalária e as cultivares de guandu, com exceção da mucuna preta (Tabela 3).

Analisando o feijão-bravo-do-Ceará quanto à produção de fitomassa seca, Carsky (1989) obteve 7,6 Mg ha<sup>-1</sup> quando esta espécie foi cultivada durante o período chuvoso, em áreas do cerrado do DF. Todavia, quando semeada no final desta estação, na mesma região, as produtividades de fitomassa seca oscilaram entre 1,8 e 5,8 Mg ha<sup>-1</sup> (BURLE et al., 1992; CARVALHO et al., 1999b). Cultivando esta espécie no cerrado de Senador Canedo (GO), em dois anos agrícolas consecutivos, Carvalho et al. (1999b) indicaram que a produtividade de fitomassa seca variou entre 4,9 e 5,1 Mg ha<sup>-1</sup>. Nesse mesmo ecossistema, Amabile et al. (1996) verificaram produtividades de fitomassa seca de 5,1 e 4,8 Mg ha<sup>-1</sup>, no início (novembro) e no final (março) do período chuvoso respectivamente, a exemplo dos resultados encontrados no presente estudo demonstrados nas Tabelas 3 e 4, onde o rendimento da semeadura desta espécie, no final do período chuvoso, foi 34% maior do que quando a semeadura se deu no início do mesmo período. Portanto, a época de semeadura não afeta a produtividade de fitomassa seca dessa espécie. O que, em parte, pode ser explicado pela sua baixíssima sensibilidade ao fotoperíodo, suportando condições de estresse, resistência à seca e temperaturas elevadas (PEREIRA; BURLE; RESCK., 1992), assim como pela sua intensa capacidade de rebrota (BURLE et al., 2006).

Com base nesses resultados, infere-se que as espécies de elevado porte e alta produtividade de hastes apresentam também altas produtividades totais (AMABILE et al., 1996).

Apesar de ser do mesmo gênero do feijão-bravo-do-Ceará, o feijão de porco possui hábito de crescimento determinado (DUKE, 1981; CALEGARI et al., 1993). O feijão de porco é igualmente rústico e bem adaptado aos solos de baixa fertilidade do cerrado. Quando foi semeado em novembro, apresentou produtividades de fitomassa seca, em condições edafoclimáticas do cerrado do DF, que oscilaram entre 5,7 e 19,8 Mg ha<sup>-1</sup>, e quando semeado próximo ao final da estação da chuvosa (fevereiro), variou entre 4,7 e 11,9 Mg ha<sup>-1</sup> (PEREIRA, 1987, 1991). Em semeadura no período de chuvas, obtiveram-se 7,7 Mg ha<sup>-1</sup> de fitomassa seca nessa mesma região (CARSKY, 1989). Em associação com milho, a produtividade é menor, variando de 4,4 Mg ha<sup>-1</sup> quando semeado em novembro, e 2,8 Mg ha<sup>-1</sup> quando semeado em fevereiro (PEREIRA; LOBATO, 1991).

Por apresentar baixa ou nula sensibilidade ao fotoperíodo e ao déficit hídrico, a mucuna preta, praticamente, não tem sua produtividade de fitomassa reduzida com a mudança da época de semeadura do início para o final da estação chuvosa (PEREIRA; KAGE, 1980; FORNASIEIRI FILHO et al., 1989; AMABILE et al., 1996). Em ensaios visando a comparar diferentes espécies mucuna, observou-se que a mucuna cinza não diferiu da mucuna preta em relação à produção de fitomassa, apresentando produtividade de fitomassa seca que oscilaram entre 6 e 12 Mg ha<sup>-1</sup>, em anos agrícolas diferentes (AMABILE et al., 1997). A mucuna cinza também se adapta ao cultivo com semeadura, na época seca do ano, a exemplo da mucuna preta, alcançando 3,4 Mg ha<sup>-1</sup> de fitomassa seca (CARVALHO et al., 1999b). Os resultados

encontrados no presente estudo estão abaixo dos citados, muito em virtude da queda de folhas antes do período de corte (floração), observadas em condições de campo (Tabelas 3 e 4). Assim, essas espécies apresentam potencial para sistemas de produção cuja semeadura é realizada mais tardiamente em áreas de cerrado, como no final do período chuvoso.

A partir dos resultados apresentados, destaca-se a inversão no comportamento das espécies, considerando as duas épocas de semeadura estudadas. A semeadura de primavera-verão fez com que as plantas obtivessem maiores produções de fitomassa aérea. Todavia, observou-se que as espécies estudadas, em sua maioria, são sensíveis ao fotoperíodo (PURSEGLOVE, 1968), encurtando o ciclo quando semeadas no período de outono-inverno. As exceções foram as mucunas e canaválias, que obtiveram desempenhos semelhantes e/ou melhores no período de outono-inverno (Tabelas 3 e 4). Do ponto de vista evolutivo, julgamos que, no período de outono-inverno, as plantas estudadas estavam sendo submetidas à situação de estresse e, como estratégia, investiram na produção de sementes em detrimento da fitomassa, alocando fotoassimilados para fase reprodutiva (GRIME, 1977).

Quanto aos teores de nitrogênio das leguminosas (Tabela 3), nota-se que os valores são muito superiores na folha em relação à haste. Isto tem implicação direta sobre a proporção do N presente na folha de todas as espécies avaliadas. Nota-se que 51% a 74 % do N presente na parte aérea de todas as leguminosas estudadas se encontram na folha, ao passo que 51% a 84% da produtividade de fitomassa seca se encontram nas hastes das plantas.

Ressalta-se a expressiva quantidade de N acumulado na parte aérea da maioria das espécies, particularmente na *C. mucronata*, *C. juncea*, *Guandu fava-larga* e *C. ochroleuca*, que apresentam acima de 180 kg de N acumulado na parte aérea. Por sua vez, as quantidades presentes na *C. breviflora* são menores do que 10 kg N ha<sup>-1</sup>, fato este relacionado ao fraco desempenho desta espécie, como discutido anteriormente.

Embora se tenha detectado quantidades expressivas de N na parte aérea da maioria das leguminosas estudadas, a codificação do N oriundo da FBN (empregando-se técnicas precisas de quantificação da FBN), ainda, não foi utilizada nas condições do cerrado de Mato Grosso do Sul. Estimativas já foram conduzidas nas condições de cerrado para feijão-de-porco, mucuna preta e guandu, reportando-se proporções variáveis de 66 a 76% do N derivado do ar (CARSKY apud RIBEIRO JUNIOR; RAMOS, 1987). Em relação às demais espécies estudadas presentemente, não há dados disponíveis neste bioma, fato este que será tratado no Capítulo II.

De maneira geral, a taxa de decomposição dos resíduos vegetais encontra-se intimamente relacionada às concentrações de N de tais resíduos (DERPSCH et al., 1992). Por sua vez, o tempo de permanência dos resíduos sobre o solo é fator determinante para garantir um ambiente favorável à adoção do sistema de plantio direto. Isto é particularmente relevante no contexto do manejo orgânico, haja vista que a permanência da palhada auxilia no controle da vegetação espontânea, em sistemas onde não é permitido o emprego de agentes sintéticos no controle de ervas invasoras.

As maiores produções de sementes foram obtidas pelo Feijão-de-porco, independentemente da época de cultivo (Tabela 5), alcançando 420 Kg ha<sup>-1</sup> a mais quando cultivado no período de primavera-verão do que no período de outono-inverno. No mesmo período e em condições edafoclimáticas semelhantes, Pereira, Burle e Resck (1992) e Carvalho et al. (1999a) encontraram produtividade de sementes em torno de 4,0 Mg ha<sup>-1</sup>. O guandu anão foi outra espécie com variação nos rendimentos entre as duas épocas de cultivo, obtendo suas

maiores produtividades no período de outono-inverno, 2,03 Mg ha<sup>-1</sup> a mais que no cultivo de primavera-verão, a colheita de sementes desta espécie pode ser realizada tanto manual como mecanicamente, com rendimento variando entre 1,0 e 2,6 Mg ha<sup>-1</sup> (BURLE et al., 2006), que está abaixo do encontrado no presente estudo, quando a cv. IAPAR 43 anão foi semeada no final do período chuvoso. Em parte, é possível explicar essa variação na produção de sementes pelo gandu ser uma planta termoperódica, assim, encurtando seu ciclo em temperaturas abaixo do termoperíodo crítico (SUMMERFIELD; ROBERTS, 1985), sendo que o período seco corresponde ao inverno no cerrado de Mato Grosso do Sul, caracterizado por temperaturas baixas. Outra espécie que merece atenção, pelo baixo desempenho nas duas épocas de cultivo, é a *C. Juncea*, com produtividades muito abaixo das encontradas na literatura, em condições de Mata Atlântica (PEREIRA, 2007).

Destaca-se o período de outono-inverno como mais favorável à produção de sementes quando contrastado com primavera-verão. Resultados semelhantes foram obtidos por Pereira (2007), em condições de Mata Atlântica. Em relação à *C. breviflora*, no período primavera-verão, em face do ataque de *fusarium* sp., esta espécie não produziu sementes.

**Tabela 5** Produtividade de fitomassa seca, proporção haste e folha, teor e quantidade de nitrogênio acumulado na parte aérea de leguminosas, no cultivo de primavera-verão, nas condições do cerrado de Mato Grosso do Sul, 2004/05.

Espécies	Parte aérea							
	Fitomassa seca (Mg ha <sup>-1</sup> )			Teor N (%)		Quantidade N (Kg ha <sup>-1</sup> )		
	Total	Haste	Folha	Haste	Folha	Haste	Folha	Total
<i>Crotalaria juncea</i>	14,16 A <sup>1</sup>	11,46 A (81) <sup>2</sup>	2,70 A (19)	0,86 H	3,86 E	98,94 A (49)	104,29 B (51)	203,23B
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	11,76 A	9,62 B (82)	2,14 B (18)	0,92 G	4,5 C	88,39 C (48)	96,28 B (52)	184,67C
<i>Crotalaria breviflora</i>	0,59 C	0,44 D (84)	0,15 D (16)	0,80 I	4,3 C	3,52 K (35)	6,45 F (65)	9,97H
<i>Crotalaria mucronata</i>	12,37 A	9,71 B (78)	2,66 A (22)	0,83 I	5,12 A	80,59 D (37)	136,3 A (63)	216,89A
<i>Crotalaria spectabilis</i>	5,56 B	3,28 C (59)	2,27 B (41)	0,98 F	2,81 F	32,28 F (34)	63,73 D (66)	96,01E
Mucuna cinza	2,65 C	1,50 D (57)	1,15 C (43)	1,14 E	4,32 C	17,06 J (26)	49,71 E (74)	66,77G
Mucuna preta	2,85 C	2,05 D (72)	0,80 C (28)	1,39 B	4,85 B	28,44 H (42)	38,83 E (58)	67,27G
Feijão de porco	3,65 C	1,84 D (51)	1,81 B (49)	1,74 A	4,20 D	31,97 G (30)	75,98 C (70)	107,95E
Feijão-bravo-do-Ceará	3,56 C	2,28 D (63)	1,28 C (36)	1,22 C	4,31 C	27,73 I (34)	55,18 D (66)	82,91F
Guandu anão	6,84 B	4,96 C (72)	1,88 B (28)	1,19 D	4,14 D	58,91 E (43)	77,77 C (57)	136,68D
Guandu fava larga	11,58 A	9,03 B (78)	2,55 A (22)	0,99 F	3,93 D	89,32 E (47)	100,09 B(53)	189,41C
CV	23,90	25,50	25,32	0,59	3,96	0,28	9,41	5,52

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott–Knott, a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> Números entre parênteses representam valores proporcionais do respectivo órgão da planta em relação à produtividade total.

**Tabela 6** Fitomassa seca, teor, quantidade de nitrogênio acumulado de espécies de leguminosas no cultivo de outono-inverno, nas condições do Cerrado de Mato Grosso do Sul.

Espécies	Outono-Inverno		
	Fitomassa seca	Teor de N	Quantidade de N
	Mg ha <sup>-1</sup>	(%)	Kg ha <sup>-1</sup>
<i>Crotalaria juncea</i>	4,59 A1	2,40 C	110,14 B
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	3,76 B	2,39 C	91,07 B
<i>Crotalaria breviflora</i>	3,38 B	3,12 A	07,33 B
<i>Crotalaria mucronata</i>	2,63 B	2,34 C	61,64 C
<i>Crotalaria spectabilis</i>	2,28 B	2,38 C	53,80 C
Mucuna cinza	3,77 B	2,50 C	94,22 B
Mucuna preta	4,24 A	2,42 C	102,38 B
Feijão de porco	5,50 A	2,64 B	145,22 A
Feijão-bravo-do-Ceará	4,78 A	2,66 B	127,13 A
Guandu anão	3,71 B	2,17 C	80,88 C
Guandu fava larga	3,00 B	2,12 C	64,33 C
CV	17,60	10,75	22,52

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade

**Tabela 7** Produção de sementes de espécies de leguminosas no cultivo de primavera-verão e outono-inverno, nas condições do cerrado de Mato Grosso do Sul.

Espécies	Primavera-Verão	Outono-inverno
	Produção de sementes (Mg ha <sup>-1</sup> )	
<i>Crotalaria juncea</i>	0,076D1	0,59 C
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	1,04 C	1,32 C
<i>Crotalaria breviflora</i>	-	0,99 C
<i>Crotalaria mucronata</i>	0,84 C	1,51 C
<i>Crotalaria spectabilis</i>	0,34 D	0,77 C
Mucuna cinza	0,87 C	2,74 B
Mucuna preta	0,45D	1,85 B
Feijão de porco	4,04 A	3,62 A
Feijão bravo	2,29 B	2,60 B
Guandu anão	0,60 C	4,46 A
Guandu fava larga	1,14 C	3,17 B
CV	30,15	30,35

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade



Considerando que o aparato tecnológico para plantio direto de hortaliças ainda é precário, que a competição das ervas na fase inicial de crescimento desse grupo de plantas é crítica e que, por sua vez, a demanda metabólica de nutrientes, principalmente o N, é elevada, torna-se importante identificar espécies que apresentem alta produtividade de fitomassa em órgãos com alta relação C/N, como hastes e que simultaneamente tenham apresentado órgão como folhas com baixa relação C/N. Dessa forma, hipoteticamente, poder-se-ia associar tempo de permanência de palhada e elevada taxa de liberação de N (PEREIRA; PERES, 1986; BURLE et al., 1992, 1988; PEREIRA; BURLE; RESCK, 1992; CARVALHO et al., 1999; MOREIRA, 2003).

### 3.4 Decomposição “*in situ*” e Liberação de Nitrogênio da Palhada de Diferentes Leguminosas Adubos Verdes

Houve diferença significativa entre as taxas de decomposição da fitomassa seca entre diferentes espécies de leguminosas adubos verdes estudadas (Tabela 6). Analisando o tempo de meia vida ( $t_{1/2}$ ), verificou-se que, após os 90 dias, ainda 50% da fitomassa de crotalária restavam sobre o solo. Isto acarretou ao sistema uma boa cobertura do solo devido, principalmente, à composição de lignina e celulose em suas hastes (Tabela 8). Carvalho et al. (1996) constataram, a exemplo do presente estudo, que a taxa de decomposição dessa espécie é mais baixa do que a de outras leguminosas, isso ocorre, principalmente, por causa de seus elevados teores de lignina e celulose, além da relação C/N mais alta de seu material vegetal (MEENTEMEYER, 1978; BERENDESE; BERG; BOSATA, 1987), pois o aumento da relação C/N reduz a taxa de decomposição (HAYNES, 1986). Essa proteção ao solo, durante este período, após o corte, coincide com o período mais crítico, quando se pensa em implantação de uma lavoura de interesse comercial, diminuindo, assim, a competição com ervas espontâneas e favorecendo a conservação da umidade do solo.

A constante de mineralização ( $k$ ) de massa seca, como já era esperado, foi, de maneira geral, maior para espécies com menor investimento em haste, como as mucunas e canavalias, do que as crotalárias e guandus, espécies de hábito de crescimento ereto e semiperenes, no caso do guandu fava larga. Ao se analisar a  $k$  para as folhas, o comportamento foi similar para as espécies estudadas, refletindo de maneira diferente no  $t_{1/2}$  de cada espécie (Tabela 6), o que parte é evidenciado nos teores de lignina, que, apesar de diferirem significativamente, apresentaram valores bem próximos (Tabela 8). Palm e Sanches (1991) relatam que tanto os polifenóis como a lignina apresentam relação inversa com a liberação de N pelos tecidos vegetais. Diante deste conceito, Vanlauwe et al. (1997) sugerem a relação lignina + polifenóis/N como sendo um indicador de decomposição dos tecidos vegetais. Segundo estes autores, ainda, não existe consenso quanto ao melhor indicador de decomposição, o que tem levado à adoção de parâmetros como relação C/N e as relações entre lignina ou lignina + polifenóis/N.

Acompanhando a dinâmica de liberação de nitrogênio (Tabela 7), nota-se que a um comportamento similar para  $t_{1/2}$  das hastes, já nas folhas, a liberação de N foi maior nas espécies de crotalárias com  $t_{1/2}$  em torno de 17 dias, com exceção da *C. mucronata* e *C. Spctabilis*, que apresentaram  $t_{1/2}$  de 34 e 44 dias para que 50% do N fosse liberado do tecido vegetal, esses valores são aproximadamente o dobro do  $t_{1/2}$  da *C. juncea* e *C. ochroleuca*, o que implica na liberação, aos 17 dias, de cerca de 100 Kg N ha<sup>-1</sup> e 90 kg N ha<sup>-1</sup> presentes na folha de *C. juncea* e *C. ochroleuca*, respectivamente (Tabela 7). As espécies de crotalária, de maneira geral, são eficientes na absorção e no acúmulo de N, com 70 a 80% deste nutriente oriundo do ar via FBN

(Capítulo II). Entretanto, devido à sua relação C/N elevada, possivelmente, sua liberação será mais lenta (ALVARENGA, 1993).

Todavia, quando a planta de interesse econômico for de ciclo mais longo, *C. mucronata* e Guandu cv fava larga são mais indicadas quando a estratégia for aporte N, sendo que as mesmas disponibilizam de 90 a 100 kg N ha<sup>-1</sup> aos 30 dias, se considerada a média de 216 e 189 kg N ha<sup>-1</sup> nas folhas da fitomassa seca da parte aérea (Tabela 7). Contudo, a decomposição do guandu é mais lenta em relação às outras leguminosas (CARVALHO et al., 1996; CARVALHO, 2005). Os teores mais elevados de compostos de carbono dos grupos aromáticos alquilas (mais recalcitrante) e relação C/N mais elevada contribuem para menor decomponibilidade desta espécie, a exemplo das crotalárias (SIVAPLAN; FERNANDO; THENABADU, 1985; MAFONGOYA et al., 1997; HANDAYANTO; CADISH; GILLER, 1997).

Com relação às espécies de hábito prostrado, apenas se pôde comparar a mucuna preta com as canaválias, pois as amostras da mucuna cinza sofreram ataque de roedores, por conseguinte, não permitindo a análise das mesmas. Notou-se comportamento similar quanto à dinâmica de decomposição da matéria seca e liberação de N dos diferentes órgãos da planta das três espécies (mucuna preta, feijão-de-porco e feijão-bravo-do-Ceará), como visto nas Tabelas 6 e 7, liberando cerca de 33 kg N ha<sup>-1</sup> aos 26 dias, enquanto que o feijão de porco liberou cerca de 50 Kg N ha<sup>-1</sup>, praticamente, no mesmo período, em 29 dias. Resultados diferentes foram encontrados por Carvalho (2005), que observou menor velocidade na liberação de N e decomposição da fitomassa seca que o feijão-bravo-do-Ceará, porém é comparável aos do guandu, que, apesar da sua relação C/N relativamente baixa, possui em sua composição, predominantemente, compostos carbônicos dos grupos aromáticos alquilas, cujas cadeias são mais recalcitrantes e difíceis de serem quebradas (MAFONGOYA et al., 1997).

Esses resultados confirmam os obtidos, em condições de campo, por Wagger (1989), Amado, Mielniczuk e Fernandes (2000), Aita et al. (2001), Aita e Giacomini (2003) e Moreira (2003), ao avaliarem a dinâmica da decomposição fitomassa seca e liberação de N em diferentes condições edafoclimáticas e sistemas de cultivo.

O conhecimento da dinâmica de liberação do nitrogênio é fundamental para que leguminosas adubos verdes possam ser eficientemente introduzidas no sistema de produção. É necessário, além disso, compatibilizar a máxima persistência dos resíduos culturais na superfície do solo, com o fornecimento adequado de nutrientes, principalmente de N, para a cultura de interesse econômico. Sendo que a palhada proporcionada por essas plantas preserva maior quantidade de resíduos culturais sobre o solo e contribui para a manutenção da umidade e proteção do solo contra o efeito erosivo da chuva e supressão de plantas espontâneas que possam competir com as plantas de interesse econômico (RESENDE, 2000).

No bioma cerrado, estudos realizados por Carvalho e Sodré Filho (2000b) avaliaram a decomposição do material vegetal, durante a estação seca e chuvosa, em sistemas com e sem preparo do solo. Na estação seca, os maiores índices obtidos dentre as leguminosas avaliadas foram para *C. ochroleuca* 50,1% de decomposição, com essa tendência sendo acompanhada no período chuvoso. Os mesmos autores apontaram ainda que a média das taxas de decomposição, no período chuvoso, foi aproximadamente o dobro da relativa à estação seca (CARVALHO et al., 2006). Estes resultados, em parte, são coerentes aos encontrados neste estudo, destacando que o experimento foi conduzido durante a estação seca, sendo os *Litter bags* irrigados diariamente via microaspersão, simulando o turno de rega para hortaliça.

**Tabela 8** Parâmetros da equação  $X = X_0 e^{-kt}$  ajustados aos valores de matéria seca e tempos de meia-vida para o material de haste e folha das leguminosas incubado na superfície do solo durante 150 dias, após os cortes realizados durante o período de primavera-verão, nas condições do cerrado de Mato Grosso do Sul

Haste	Componentes da equação de matéria seca				
	$X_0$ (g kg <sup>-1</sup> )	$k^1$	erro-padrão	$t^{1/2}^2$	$r^2$
<i>Crotalaria juncea</i>	20,5	0,1888	0,017006	98	0,84
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	22,3	0,1755	0,009550	94	0,98
<i>Crotalaria mucronata</i>	15,7	0,1584	0,002600	91	0,96
<i>Crotalaria spectabilis</i>	19,0	0,02363	0,002106	96	0,91
Mucuna cinza	ND	ND	ND	ND	ND
Mucuna preta	31,2	0,05490	0,015999	43	0,88
Feijão de porco	19,8	0,04497	0,013887	42	0,96
Feijão bravo	19,4	0,02174	0,006251	38	0,95
Guandu anão	20,2	0,01923	0,012332	32	0,95
Guandu fava larga	20,0	0,02124	0,045492	37	0,96
Folhas	$X_0$	$k$	erro-padrão	$t^{1/2}$	$r^2$
<i>Crotalaria juncea</i>	14,5	0,03259	0,012618	24	0,90
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	10,7	0,04039	0,003473	17	0,98
<i>Crotalaria mucronata</i>	11,4	0,03968	0,002781	18	0,97
<i>Crotalaria spectabilis</i>	10,9	0,03588	0,002158	23	0,97
Mucuna cinza	ND	ND	ND	ND	ND
Mucuna preta	11,7	0,03876	0,016437	22	0,98
Feijão de porco	11,0	0,03731	0,008341	24	0,90
Feijão bravo	11,6	0,03735	0,004188	21	0,86
Guandu anão	10,5	0,04573	0,002543	19	0,96
Guandu fava larga	10,0	0,04093	0,002956	16	0,97

<sup>1</sup>Dados ajustados ao modelo exponencial simples, de acordo com análise de regressão a 5%. <sup>2</sup> $t^{1/2}$  = tempo de meia-vida. nd- não determinado

**Tabela 9** Parâmetros da equação  $X = X_0 e^{-kt}$  ajustados aos valores de nitrogênio e tempos de meia-vida para o material de haste e folha das leguminosas incubado na superfície do solo durante 150 dias, após os cortes realizados durante o período de primavera-verão, nas condições do cerrado de Mato Grosso do Sul

Haste	Componentes da equação de nitrogênio				
	$X_0$ (g kg <sup>-1</sup> )	$k^1$	erro-padrão	$t \frac{1}{2}^2$	$r^2$
<i>Crotalaria juncea</i>	8,3	0,0126	4,449472	75	0,94
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	9,4	0,0097	3,413444	71	0,98
<i>Crotalaria mucronata</i>	8,1	0,0155	3,690205	74	0,98
<i>Crotalaria spectabilis</i>	9,7	0,0092	3,647245	45	0,97
Mucuna cinza	ND	ND	ND	ND	ND
Mucuna preta	13,3	0,0101	3,904235	57	0,97
Feijão de porco	17,2	0,0108	4,16372	62	0,97
Feijão bravo	12,3	0,0088	4,289003	59	0,97
Guandu anão	11,8	0,0091	3,76	53	0,94
Guandu fava larga	9,7	0,0074	4,86722	40	0,89
Folha	$X_0$	$k$	erro-padrão	$t \frac{1}{2}$	$r^2$
<i>Crotalaria juncea</i>	39,2	0,0513	3,760949	27	0,96
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	46,3	0,0655	3,231463	26	0,97
<i>Crotalaria mucronata</i>	50,3	0,0207	3,757978	28	0,94
<i>Crotalaria spectabilis</i>	27,1	0,0101	3,835593	29	0,97
Mucuna cinza	ND	ND	ND	ND	ND
Mucuna preta	45,3	0,0074	3,950124	26	0,98
Feijão de porco	42,2	0,0211	3,969065	29	0,94
Feijão bravo	43,7	0,0043	3,548139	28	0,93
Guandu anão	41,6	0,0201	3,513958	26	0,95
Guandu fava larga	39,7	0,0221	3,38764	30	0,91

<sup>1</sup>Dados não ajustados ao modelo exponencial simples, de acordo com análise de regressão a 5%. <sup>2</sup> $t \frac{1}{2}$  = tempo de meia-vida. ND- não determinado

**Tabela 10** Teor fibra em detergente ácido, lignina, celulose, cinza, tanino e polifenóis de leguminosas na parte aérea das leguminosas cultivadas durante o período de primavera-verão, nas condições do cerrado de Mato Grosso do Sul.

Haste	Teor (%)					
	FDA	Lignina	Celulose	Cinza	Tanino	Polifenóis
<i>Crotalaria juncea</i>	51,84 A <sup>1</sup>	12,80ns	38,00 A	1,03ns	0,0795 B	1,95 B
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	48,99 A	15,46	33,91 A	0,54	0,1005 B	2,46 B
<i>Crotalaria breviflora</i>	51,76 A	14,29	36,31 A	0,56	0,0820 B	2,02 B
<i>Crotalaria mucronata</i>	51,65 A	14,90	35,72 A	0,54	0,0680 B	1,66 B
<i>Crotalaria spectabilis</i>	42,35 B	14,12	27,49 B	0,95	0,0782 B	1,93 B
Mucuna cinza	46,44 B	15,31	30,66 B	0,45	0,3298 A	7,98 A
Mucuna preta	48,89 A	17,02	31,56 B	0,31	0,1797 B	4,43 B
Feijão de porco	46,19 B	15,71	29,72 B	0,75	0,1047 B	2,57 B
Feijão bravo	47,24 A	14,60	31,92 B	0,72	0,1160 B	2,85 B
Guandu anão	51,05 A	15,20	34,67 A	1,18	0,1120 B	2,72 B
Guandu fava larga	51,30 A	16,57	34,14 A	0,58	0,1080 B	2,66 B
CV	5,79	11,94	10,06	68,07	30,89	30,99
Folhas	FDA	Lignina	Celulose	Cinza	Tanino	Polifenóis
<i>Crotalaria juncea</i>	23,02 A	7,76 B	14,7 A	0,48	0,1793 A	4,40 A
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	16,28 C	6,57 C	9,32 C	0,37	0,1545 B	3,74 B
<i>Crotalaria breviflora</i>	13,84 D	5,28 D	8,27 A	0,83	0,1637 B	3,99 B
<i>Crotalaria mucronata</i>	15,51 D	5,80 C	9,34 C	0,29	0,1290 B	3,17 B
<i>Crotalaria spectabilis</i>	10,05 E	4,51 D	4,70 D	0,39	0,1107 B	2,74 B
Mucuna cinza	20,72 B	7,90 B	12,1 B	0,68	0,2105 A	5,24 A
Mucuna preta	21,14 B	8,10 B	12,7 B	0,33	0,2105 B	3,46 B
Feijão de porco	18,21 C	7,09 B	10,6 C	0,46	0,1608 B	3,94 B
Feijão bravo	17,14 C	6,25 C	10,2 C	0,67	0,1433 B	3,57 B
Guandu anão	25,10 A	11,5 A	13,1 B	0,38	0,1795 A	4,45 A
Guandu fava larga	23,02 A	11,0 A	13,5 B	0,19	0,2023 A	5,01 A
CV	8,04	11,87	10,29	61,19	18,09	18,56

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra maiúscula dentro da mesma coluna não diferem entre si pelo teste Scott – Knott, ao nível de 5% de probabilidade

Em sistema de plantio direto de cultivo, em que os resíduos culturais permanecem na superfície do solo depois da poda, a liberação de nutrientes, na fase inicial de decomposição, pode superar a quantidade de nutrientes acumulados pelas culturas comerciais. Nas duas últimas décadas, foram realizados diversos trabalhos com plantas de cobertura de solo no outono-inverno, tanto no Brasil quanto em outros países, procurando-se caracterizar a decomposição e a liberação de N de seus resíduos culturais (WAGGER, 1989; RANELLS; WAGGER, 1992; DA ROS, 1993; AITA; GIACOMINI, 2003). Esses estudos evidenciaram que as leguminosas, especialmente quando usadas em monocultivos, foram rapidamente decompostas depois do seu manejo, mesmo em sistemas de plantio direto, o que resultou na falta de sincronia entre a liberação de nutrientes dos seus resíduos culturais e a demanda de nutrientes pela cultura em sucessão. A elevada taxa de decomposição das leguminosas, resultante da baixa relação C/N de seus resíduos, também contribui para diminuir a sua eficiência na manutenção da umidade e na proteção do solo contra a erosão (DERPSCH et al., 1992).

Os resultados relativos à liberação de N e decomposição da matéria seca indicaram que, nas condições climáticas favoráveis à decomposição dos resíduos culturais das leguminosas em estudo, são favorecidas, contudo, é preciso otimizar a sincronia entre a liberação de nutrientes e a demanda pelas culturas comerciais.

## 4 CONCLUSÕES

As espécies de crotalária apresentaram maiores taxas iniciais de crescimento, acarretando maior velocidade de cobertura do solo.

*C.juncea*, Feijão-bravo-do-Ceará e G. anão suprimiram totalmente a vegetação espontânea na área experimental.

As maiores produções de fitomassa e quantidades de N acumuladas foram obtidas pelas espécies de crotalária e guandu cv fava larga no cultivo de primavera-verão. Já no cultivo de outono-inverno, os melhores desempenhos foram verificados para espécies de Canavalia, *C. juncea* e *Mucuna* preta.

As melhores produtividades de sementes deram-se quando as diferentes espécies foram cultivadas no período de outono-inverno.

As espécies de leguminosas apresentaram padrões diferentes quanto à dinâmica de decomposição da matéria seca e a liberação do nitrogênio nos diferentes órgãos da planta, sendo maior para folha do que para haste.

## 5 BIBLIOGRAFIA

AKINOLA, J.O.; WHITEMAN, P.C. Agronomic studies on pigeon pea (*Cajanus cajan* (L) Millps.). I. Field responses to sowing time. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 26, p. 43-56, 1975.

ALBERTINO, S.M.F. et al. Composição florística das plantas daninhas na cultura do guaraná (*Paullinia cuppuana*), no estado do Amazonas. **Plantas Daninhas**, Campinas, v.22, n.3, p. 351-358, 2004.

ALVES, B.J.R. et al. Métodos de determinação do nitrogênio em solo e planta. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. (E.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 449-469.

ALVARENGA, R. C. **Potencialidade de adubos verdes para conservação e recuperação de solos**. 1993. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1993.

ALVARENGA, R.C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n. 208, p. 25-36, 2001.

AMADO, T.J.C. et al. **Determinação da cobertura do solo por adubos verdes**. Florianópolis: EMPASC, 1987. (EMPASC. Pesquisa em andamento, 78).

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.179-189, 2000.

AMABILE, R.F. et al. Produção de fitomassa e exportação de nutrientes pela parte aérea de genótipos de mucuna. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.

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

AMABILE, R.F. et al. Efeito de épocas de semeadura na fisiologia e produção de fitomassa de leguminosas nos cerrados da região do Mato Grosso de Goiás. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 53, n. 2/3, p. 296-303, 1996.

ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S.I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. Wallingford: CAB International, 1989.

AITA, C. et al. Plantas de cobertura de solo como fontes de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.157-165, 2001.



AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.601- 612, 2003.

BERENDESE, F.; BERG, B.; BOSATA, E. The effect lignin nitrogen decomposition of litter in nutrient-poor ecosystems: a teorical approach. **Can J. Botany**, v. 65, p. 1116-1120, 1987.

BOWEN, W. T. **Estimating the nitrogen contribution of legumes to succeeding maize on an oxisol in Brazil**. 1987. Thesis (Ph.D.) – Cornell University. Ithaca, 1987.

BRANDÃO, M.; BRANDÃO H.; LACA BUENDIA, J.P. A mata ciliar do Rio Sapucaí-MG: fitossociologia. **Daphne**, Belo Horizonte, v 8, n. 4, p. 36-48, 1998.

BRASIL. **Censo Agropecuário de Mato Grosso do Sul – IBGE – 1980, 1985 e 1996**. Local: IBGE,.

BREMNER, J.M.; MULVANEY, C.S. Nitrogen total. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.A.; KEENEY, D.R. (EE.). **Methods of soil Analysis**. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p. 595-624 (Agronomy, 9).

BURLE, M.L. et al. **Legume green manures: dry-season survival and the effect on succeeding maize crops**. Raleigh: Tim McBride, 1992. (Bulletin, 92-04).

BURLE, M.L; CARVALHO, A.M. Capítulo 3 – Caracterização das espécies de adubação verde. In: AMABILE, R.F.; CARVALHO, A.M. de (Orgs.). **Cerrado adubação verde**. Planaltina:, 2006. p. 71-142.

BURLE, M.L.; BOWEN, W.T.; PEREIRA, J.; SUHET, A.R.; RESCK, D.V.S. **Identificação de leguminosas adubo verde tolerantes à seca nos cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1988. (Embrapa-CPAC. Pesquisa em Andamento, 22).

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. (IAPAR. Circular, 80).

CALEGARI, A. et al. Caracterização das principais espécies de adubos verdes. In: COSTA, M.B.B. da. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. p. 206-319.

CALEGARI, A. Espécies para cobertura do solo. In: DAROLT, M.R. (Org.). **Plantio direto: pequena propriedade sustentável**. Londrina: IAPAR, 1998. p.65-93.

CALEGARI, A. et al. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA.1992.

CARVALHO, A.M. de. **Uso de plantas condicionadoras com incorporação e sem incorporação no solo: composição química e decomposição dos resíduos vegetais; disponibilidade de fósforo e emissão de gases**. 2005. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília. Brasília, 2005.

CARVALHO, A.M. Capítulo 4 – Plantas condicionadoras de solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo. In: AMABILE, R.F.; CARVALHO, A.M. de (Orgs.). **Cerrado adubação verde**. Planaltina: 2006. p. 71-142.

CARVALHO, A.M. de; SODRÉ FILHO, J. **Uso de adubos verdes como cobertura do solo**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 2000b. (Embrapa-CPAC. Boletim de Pesquisa, 11).

CARVALHO, A.M. de. et al. **Manejo de adubos verdes no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1999. (Embrapa-CPAC. Circular Técnica, 4).

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1999a. (Embrapa-CPAC. Circular Técnica, 4).

CARVALHO, A.M. de. et al. **Adubos verdes**: efeitos no rendimento e no nitrogênio do milho em plantio direto e convencional. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1999b. (Embrapa-CPAC. Boletim de pesquisa, 7).

CARVALHO, A.M. de. et al. Caracterização de espécies de adubos verdes para milho em Latossolo Vermelho-Escuro originalmente sob cerrado. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: Embrapa-CPA, 1996.

CARSKY, R.J. **Estimating availability of nitrogen from green manure to subsequent maize crops using a buried bag technique**. 1989. Thesis (Ph. D.) – Cornell University. Ithaca, 1989.

CHADDA, S. de S.; DE POLLI, H. Ondulação de leguminosas tropicais promissoras para adubação verde em solo deficiente em fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.11, p.1197-1202, 1988.

CONSTANTIN, J. Métodos de manejo. In: OLIVEIRA JR., R.S.O.; CONSTANTIN, J. (Coords.) **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Editora Agropecuária, 2001. p. 103-121.

DA ROS, C.O. **Plantas de inverno para cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto**. 1993. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 1993.

DECHEN, S.C.F.; LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O.M. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle da erosão em Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.5, p. 133-137, 1981.

DE-POLLI, H. et al. Adubação verde: Parâmetros para avaliação de sua eficiência. In CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. (EE.). **Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas**. Londrina: IAPAR/SBCS, 1996. p.225-242.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. (IAPAR. Circular, 7).

DÖBEREINER, J. Biological nitrogen fixation in the tropics: social and economic contributions. **Soil Biol. Biochem.**, v.29, n.516, p. 771-774, 1997.

DUKE, J. A. **Handbook of legumes of world economic importance**. New York: Plenum Press, 1981.

D'UTRA, G.R.P. **Adubos verdes**: sua produção e modo de emprêgo. São Paulo: Secretaria da Agricultura, Comércio e Obras Públicas do Estado de São Paulo, 1919.

EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise química de solos**. Rio de Janeiro: SNLCS, 1997.

ERASMO, E.A.L.; PINHEIRO, L.L.A.; COSTA, N.V. Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta Daninha**, Campinas, v.22, n.2, 195-201, 2004.

FEIDEN, A. Agroecologia: Introdução e conceitos. In AQUINO, M. de A. (E.). **Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília: EMBRAPA, 2005. p. 49-69.

FORNASIERI FILHO, D. et al. Comportamento de algumas leguminosas em distintas épocas de semeadura. **Anais da Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 46, p. 257-274, 1989.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. 2.ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2001.

GLIESSMAN, S.R. Agroecology: ecological process in sustainable agriculture. **Sleeping Bear Pres**, MI, 1998.

GRIME, J.P. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. **American naturalist**, Lancaster, 982(3): 1169-94, nov./dez.1977.

HANDAYANTO, E.; CADISH, G.; GILLER, K.E. Regulation N mineralization from plant residues by manipulation of quality. In: CADISH, G.; GILLER, K.E. (EE.). **Driven by nature**: plant litter quality and decomposition. Wallingford: CAB International, 1997. p. 174-185.

HAYANES, R.J. The decomposition process: mineralization, imobilization, humus formation and degradation. In: \_\_\_\_\_. (E.). **Mineral nitrogen in plant-soil system**. Orlando: Academic Press, 1986. p. 52-176.

JESUS, E.L. de. Histórico e filosofia da agricultura alternativa. **Proposta**, Rio de Janeiro, v.27, p.34-40, 1985.

JORGE, L.A.C.; CRESTANA, S. SIARCS 3.0: Novo aplicativo para análise de imagens digitais aplicado a ciência do solo. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIENCIA DO SOLO, 13., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 1., SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 4., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 6., REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 11, 1996. Águas de Lindóia, SP. **Resumos....** Águas de Lindóia: USP/SLCS/SBCS, 1996. CD ROM.

LE MARE, P.H.; PEREIRA, J.; GOEDERT, W.J. Effects of green manure in isotopically exchangeable phosphate in a Dark-red Latosol in Brazil. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 38, p. 199-209, 1987.

MACEDO, J.F.; BRANDÃO, M.; LARA, J.F.R. Plantas daninhas na pós-colheita de milho nas várzeas do Rio São Francisco, em Minas Gerais. **Plantas Daninhas**, Campinas, v. 21, n.2, p.239-248, 2003.

MANFOGOYA, P.L.; DZOWELA, B.H.; NAIR, P.K. Effect multipurpose trees, age of cutting and drying method on pruning quality. In: CADISH, G.; GILLER, K.E. (EE.). **Driven by nature: plant litter quality and decomposition**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 166-174.

MAGALHÃES, J.C.A.J. de et al. Efeito da adubação verde na disponibilidade de fósforo de fosfatos, numa sucessão de culturas, em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 329-337, 1991.

MARTIN, J.H.; LEONARD, W.H. **Principles of field crop production**. New York: Macmillan, 1949.

MEENTEMEYER, V. Macroclimate and lignin control of litter decomposition. **Ecolgy**, v. 59 p. 405-472, 1978.

MITTERMEIER, R.A. et al. O país da megadiversidade. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v.14, n.81, p.20-27, 1992.

MIYASAKA, S. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: FUNDAÇÃO CARGILL (Campinas, SP). **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p. 64-123.

MONTAVALLI, P.P. **The effects of inorganic and organic soil amendmends on sulfur availability to maize on an Oxisol of Brazil**. 1989. Thesis (Ph D. Soil Science) – Cornell University. Ithaca, 1989.

MOREIRA, V.F. **Produção de biomassa de guandu a partir de diferentes densidades de plantio e cultivo de brócolos em faixas intercalares sob manejo orgânico**. 2003. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2003.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H.A. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley, 1974.

NOGUEIRA, R. **Utilização de Pseudocaule de Bananeira como Cobertura Morta de Solos Cultivados com Laranjeira Lima (*Citrus sinensis Osbeck*) e Mamoeiro (*Carica papaya L.*) sob Manejo Orgânico de Produção**. 2006. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2006.

PALM, C.A; SANCHEZ, P.A. Nitrogen release from de leaves of some tropical legume as affected by their lignin and polyphenolic contents. **Soil Biol. Biochem**, v.23, p. 83-88, 1991.

PEREIRA, J. Avaliação das características agrônômicas de leguminosas adubos verdes nos Cerrado. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado 1982/1985**, Planaltina, DF, p. 194-197, 1987.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado 1985/1987**, Planaltina, DF, p. 111-112, 1991.

PEREIRA, J.; KAGE, J. Manejo da matéria orgânica em solos de Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5, 1979, Brasília, DF. **Cerrado: uso e manejo**. Brasília: Editerra, 1980. p. 581-591.

PEREIRA, J.; LOBATO, M. Efeito de adubo verdes, restos culturais e associação de cultivos em um Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) de Cerrados. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado 1985-1987**, Planaltina, DF, p. 109-110, 1991.

PEREIRA, J.; PERES, J.R.R. Manejo da matéria orgânica. In: GOEDERT, J. W. (E.). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Brasília. Embrapa-CPAC, 1986. p. 261-284.

PEREIRA, J.; BURLE, M.L.; RESCK, D.V.S. Adubos verdes e sua utilização no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1992, Goiânia. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 140-154.

PEREIRA, A.J. **Caracterização agrônômica de espécies de *Crotalaria* L. em diferentes condições edafoclimáticas e contribuição da adubação verde com *C. juncea* no cultivo orgânico de brássicas em sistema plantio direto**. 2007. Tese (Doutorado em Fitotecnia) \_ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2007.

PERIN, A. **Desempenho de leguminosas herbáceas perenes com potencial de utilização para cobertura viva e seus efeitos sobre alguns atributos físicos do solo**. 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2001.

PITOL, C. **Espécies vegetais para safrinha e inverno visando cobertura do solo**. Maracajú: Fundação MS, 1993. (Fundação MS. Informativo Técnico, 2).

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 1988.

PURSEGLOVE, J.W. *Crotalaria juncea* L. In: \_\_\_\_\_. **Tropical crops: dicotyledons**. London: Longman, 1968. v. 1. p. 250-254.

RAMOS, M.L.G.; MAGALHÃES, N.F.; BODDEY, R.M. Native and inoculated rhizobia from field grown *Phaseolus vulgaris*: effects of liming and acid soil on antibiotic resistance. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, p. 179-185, 1987.

RANELLS, N.N.; WAGGER, M.G. Nitrogen release from crimson clover in relation to plant growth stage and composition. **Agronomy Journal**, v.84, p.424-430, 1992.

**RELATÓRIO** Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1976/1977. Planaltina, DF: Embrapa – CPAC, 1978.

**RELATÓRIO** Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1977/1978. Planaltina, DF: Embrapa – CPAC, 1979. 192p.

RESENDE, A.S. **A Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) como suporte a produtividade e Fertilidade Nitrogenada dos Solos na Cultura da Cana-de-Açúcar: Uso de Adubos Verdes.** 2000. Tese (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo). - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2000.

REZENDE, C. de P. et al. Litter deposition and disappearance in Brachiaria pastures in the Atlantic Forest region of the south of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v.54, p.99-112, 1999.

RIBEIRO, J.F.; Walter, B.M.T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In **CERRADO: Ambiente e Flora**. Planaltina: EMPRAPA-CPAC, 1998. p. 89-166.

RIBEIRO JÚNIOR, R. Fixação biológica de nitrogênio em espécies para adubação verde In: **CERRADO: Adubação Verde**. Planaltina: EMBRAPA **CERRADOS**, 2006. p. 171-198.

SALTON, J.C.; PITOL, C.; ERBES, E. **Cultivo de primavera: alternativa para produção de palha em Mato Grosso do Sul**. Maracaju: Fundação MS para Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias, 1993. (Informativo Técnico, 1).

SANTOS, C. **Consórcios de Espécies de Plantas de Cobertura de Solo para Adubação Verde antecedendo ao milho e repolho sob Manejo Orgânico.** 2009. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2009.

SANTOS, C.A.B. et al. **Plantio Direto de Berinjela (*Solanum melogena*), sob Manejo Orgânico, em Solo com Cobertura Viva Permanente de Gramínea e Leguminosa.** Seropédica-RJ: Embrapa Agrobiologia, 2008 (Comunicado técnico 112).

SEMAC – Secretaria de Estado do Meio Ambiente, das Cidades, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia. **Diagnóstico Socioeconômico de Mato Grosso do Sul**, 2008.

SHEARER, G.; KOHL, D.H. N<sub>2</sub> fixation in field settings: estimations based on natural <sup>15</sup>N abundance. **Aust. J. Plant Physiol.**, 13, 699-756, 1986.

SILVA, A.A. et al. Aspectos fitossociológicos da comunidade de plantas daninhas na cultura do feijão sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Planta Daninha**, Campinas, v.23, n.1, p. 17-24, 2005.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos; métodos químicos e biológicos.** 2.ed. Viçosa: UFV, Impr, Univ., 1990.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. **Biotechnology do solo: fundamentos e perspectivas.** Brasília: MEC: ABEAS: Lavras: Esal: FAEPE, 1988.

SIVAPLAN, K.; FERNANDO, V.; THENABADU, M.W. N-mineralization in polyphenol-rich plant residues and their effect on nitrification of applied ammonium sulphate. **Soli Biol. Biochem.**, v. 17, p. 547-551, 1985.

SODRÉ FILHO, J. et al. 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.

SPERA, S. T.; CARVALHO, A.M. Capítulo 2 – Solos do Bioma Cerrado: propriedades químicas e físico-hídricas sob uso e manejo de adubos verdes. In: AMABILE, R.F.; CARVALHO, A.M. de (Orgs.). **Cerrado adubação verde**. Planaltina: 2006. p. 41-70.

SUMMERFILED, R.J.; ROBERTS, E.H. *Cajanus cajan*. In: HALEVY, A.H. (E.). **CRC Handbook of flowering**. Boca Raton: CRC Press, 1985. v. 1. p. 61-73.

TAYLOR, B.R; PARKINSON, D. Aspen and pine leaf litter decomposition in laboratory microcosm. I. Linear versus exponential models of decay. **Can J. Botany**, v.66, p. 1960-1965, 1988.

THOMAS, R.J.; ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 25, p.1351-1361, 1993.

TIBAU, A.O. Matéria orgânica do solo. In: TIBAU, A. O. **Matéria orgânica e fertilidade do solo**. 3.ed. São Paulo: Nobel, 1986. p. 49-184.

TUFFI-SANTOS, L.D. et al. Levantamento em pastagem degradadas sob condições de várzea. **Planta Daninha**, Campinas, v.22, n.3, p.343-349, 2004.

VAN SOEST, P.J. Use de detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. **J. Assoc. Official. Agric. Chem.** 46 (5): 829-835, 1965.

VANLAUWE, B. et al. Residue quality and decomposition: An unsteady relationship? In: CADISCH, G.; GILLER, K.E. (EE.). **Driven by nature**: Plant litter quality and decomposition. Wallingford, CAB International, 1997. p.157-166.

URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. **Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe**. Porto Alegre: Gênese, 2000.

WAGGER, M.G. Time of desiccation effects on plant composition and subsequent nitrogen release from several winter annual cover crops. **Agronomy Journal**, v.81, p.236-241, 1989.

## **CAPÍTULO II**

### **QUANTIFICAÇÃO DA FBN E DETERMINAÇÃO DO VALOR DA DISCRIMINAÇÃO ISOTÓPICA “B” DE ESPÉCIES DE LEGUMINOSAS ADUBOS VERDES EM CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL**



## RESUMO

### **Cesar, Marcius Nei Zanin. Quantificação da FBN e Determinação do Valor da Discriminação Isotópica “B” de Espécies de Leguminosas Adubos Verdes em Condições do Cerrado de Mato Grosso do Sul**

Foram conduzidos simultaneamente dois experimentos relacionados à quantificação da FBN e determinação do valor de discriminação isotópica, valor “B”, em espécies de leguminosas previamente selecionadas. Os experimentos foram conduzidos no campo experimental da AGRAER-MS, localizado em Campo Grande-MS, no período de primavera-verão, no ano agrícola 2005/06. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso, constituídos de dez tratamentos, sendo este composto pelas espécies *C. juncea*, *C. ochroleuca*, *C. mucronata*, *C. spectabilis*, Mucuna cinza, Feijão-bravo-do-ceará e Guandu fava larga; e como testemunhas as espécies Girassol, Milho e Braquiária. Por ocasião do florescimento de cada espécie de leguminosa e enchimento de grãos das não-leguminosas, foram determinadas as produções de fitomassa aérea. A partir das amostras de leguminosas e plantas testemunhas, estimaram-se as quantidades de N e a FBN, para tanto usando a técnica de diluição isotópica de  $^{15}\text{N}$ . Posteriormente, conhecendo-se os valores de FBN, aplicou-se aos mesmos a equação utilizada na técnica de abundância natural de  $^{15}\text{N}$  com a finalidade de estimar o valor B. Com relação à produção de fitomassa aérea, o Guandu fava larga obteve melhor desempenho seguido da *C. ochroleuca*, atingindo médias de 16,24 Mg ha<sup>-1</sup> contra 14,44 Mg ha<sup>-1</sup>. Para a quantidade de nitrogênio acumulada as espécies de leguminosas se comportaram de maneira semelhante, com destaque para o Guandu fava larga, *C. ochroleuca* e *C. Mucronata*, atingido valores de 346,57 kg ha<sup>-1</sup>, 333,25 kg ha<sup>-1</sup> e 277,35 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. No tocante à %FBN, observou-se que a técnica de diluição isotópica de  $^{15}\text{N}$  não poderia ser aplicada para todas as espécies estudadas, uma vez que a maioria das espécies de leguminosas teve ciclo diferenciado das testemunhas, desta forma, as testemunhas não foram apropriadas, visto que a técnica exige que tanto as leguminosas como as testemunhas cresçam nas mesmas condições e de forma simultânea. Contudo, para as variedades mais precoces que as testemunhas, o valor de FBN deve estar no mínimo entre 73 a 87%. Somente na espécie *C. Mucronata*, foi possível estimar a FBN e o valor B com o rigor que exigem as metodologias isotópicas aplicadas. O valor B para esta espécie foi de -3,69.

**Palavras-chave:** Adubação verde, Abundância natural,  $^{15}\text{N}$ , Nitrogênio.

## ABSTRACT

### **CESAR, Marcius Nei Zanin. BNF Determination and Quantification of the Value of Discrimination Isotopes "B" of Legume Species of Green Manure in Cerrado Conditions of Mato Grosso do Sul.**

Two experiments related to the quantification of BNF and the determination of the isotope discrimination, "B value", in legume species previously selected were simultaneously carried out in the experimental field of the AGRAER-MS, in Campo Grande-MS, during the Spring/Summer period in the 2005/2006 year of production. The experimental design adopted was randomized blocks, formed by ten treatments made up by the species *C. juncea*, *C. ochroleuca*, *C. mucronata*, *C. spectabilis*, velvet bean, Brazilian jackbean, and Pigeon pea; there have been also, as checks, Sunflower, Maize, and *Brachiaria* species. The aerial phytomass productions were determined when each legume species flowered and when the non-legume ones underwent the grain filling process. With the samples of legumes and check plants, the quantities of N and the BNF were estimated by using the  $^{15}\text{N}$  dilution technique. Afterwards, when the BNF values were known, they were applied to the equation used in natural abundance  $^{15}\text{N}$  with the aim of estimating the B value. Regarding the aerial phytomass production, the Pigeon pea had the best performance, followed by the *C. ochroleuca*, reaching averages of  $16.24 \text{ Mg ha}^{-1}$  against  $14.44 \text{ Mg ha}^{-1}$ . The legume species behaved similarly to the amount of accumulated nitrogen; the Pigeon pea, *C. ochroleuca*, and *C. mucronata* reached values of  $346.57 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $333.25 \text{ kg ha}^{-1}$ , and  $277.35 \text{ kg ha}^{-1}$  respectively, and they deserve a distinction. Regarding the %BNF, it was observed that the  $^{15}\text{N}$  dilution technique could not be applied in all the species that were studied since the cycle of most legumes species was different from the checks; in this way, the checks were not appropriate because the technique demands that legumes and checks grow simultaneously and under the same conditions. However, to the varieties which were more precocious than the checks, the BNF value must be at least between 73 to 87%. Just on the specie *C. mucronata* it was possible to estimate the BNF and the B value with the rigor that the applied isotopic methodologies demand. The B value of this specie was -3.69.

**Key-words:** Green manure, Natural abundance,  $^{15}\text{N}$ , Nitrogen.

# 1 INTRODUÇÃO

Apesar de o N<sub>2</sub> atmosférico representar 78% da composição dos gases da atmosfera, ele é inerte, estável quimicamente e insolúvel (RIBEIRO JUNIOR et al., 2006).

Em regiões tropicais e subtropicais, problemas com acidez e reduzida disponibilidade de nutrientes limitam o potencial produtivo dos solos. A baixa disponibilidade de N é o grande agente responsável pelos baixos níveis de produtividade das culturas, por ser o nutriente exigido em maior quantidade e um dos que mais limita o crescimento e rendimento das plantas. Em face do exposto, pode-se inferir que plantas que realizem a FBN eficientemente, como as leguminosas, podem representar contribuição considerável na viabilidade econômica e sustentabilidade dos agroecossistemas (BODDEY et al., 1997).

A perda que ocorre no solo e o alto custo da adubação nitrogenada, aliados à baixa eficiência das plantas na extração desse nutriente no solo, que, para a maioria das culturas não chega a 50%, agravam o quadro de deficiência de nitrogênio, principalmente, em pequenas propriedades. A aquisição do nitrogênio via simbiose, portanto, reduz a perda do nitrogênio, descrita anteriormente, evitando, também, a poluição do lençol freático por nitrato (RIBEIRO JUNIOR, 2006).

Como a produção do adubo nitrogenado depende de energia não-renovável, com a ureia sendo responsável por cerca de 60% da produção nacional de fertilizantes (COELHO et al., 1994), e com o agravamento da crise energética, no futuro, é previsível que a fixação biológica do nitrogênio seja uma alternativa viável e energeticamente gratuita, visto que essa energia é oriunda da fotossíntese.

Especificamente, em sistemas que utilizam adubação verde, a fixação biológica do nitrogênio é vantajosa porque essas leguminosas fixadoras desenvolvem-se com baixa utilização de insumos, disponibilizam o nitrogênio e outros nutrientes para cultura subsequente e mantêm parte do nitrogênio do solo na forma orgânica, dessa forma, evitando perdas por lixiviação (ESPÍNDOLA et al., 1997).

No Brasil, como na maioria dos países tropicais, a baixa disponibilidade de nitrogênio dos solos responde, em grande parte, pelos baixos níveis de rendimentos das culturas. Esta situação é crítica nas áreas ocupadas pelos pequenos produtores que, por razões econômicas, não têm acesso ao consumo de N-fertilizante. Nesta situação, somente as culturas com sistema de fixação biológica de nitrogênio (FBN) eficiente, como as leguminosas (soja, caupi, adubos verdes, etc.) podem crescer adequadamente sem aplicação de fertilizantes nitrogenados, contribuindo positivamente na manutenção da fertilidade nitrogenada dos solos (URQUIAGA et al., 2003).

A FBN envolve a redução de N<sub>2</sub> atmosférico pela enzima nitrogenase, encontrada em bactérias de vida livre dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*. Tais microrganismos são capazes de promover a FBN através de associação com plantas via simbiose (DÖBEREINER, 1988).

Admitindo-se que uma leguminosa adubo verde possua, em sua parte aérea, cerca de 2,5% de N, no período da floração, pode chegar a uma contribuição de até 250 kg de N ha<sup>-1</sup>, se esta atingir em média 10 Mg ha<sup>-1</sup> de fitomassa seca, com 60 a 80% do N proveniente do processo de FBN (URQUIAGA; ZAPATA, 2000). Sendo que a proporção de N derivado da FBN pode variar

em função da disponibilidade deste nutriente no solo e da eficiência simbiótica das bactérias (RAMOS et al., 2001).

Na natureza, existem dois isótopos estáveis do nitrogênio, o de massa 14 e o de massa 15. No ar, a proporção média em que são encontrados é de 99,6337 e 0,3663% de átomos de  $^{14}\text{N}$  e  $^{15}\text{N}$ , respectivamente (JUNK; SVEC, 1958), sendo essa proporção denominada abundância natural de  $^{14}\text{N}$ ;  $^{15}\text{N}$ . Ademais, admite-se pequenas variações nesta relação tanto no solo como nas plantas (SHEARER; KOHL, 1986), a partir dessas variações, torna-se possível estimar o percentual de N oriundo do processo de FBN.

Em função da importância da FBN na ciclagem de nitrogênio, diferentes metodologias foram desenvolvidas para quantificar o processo (PEOPLES et al., 1989).

Atualmente, diversas técnicas são utilizadas para estimar a FBN: diferença do N-total e o balanço do N nos sistemas solo-planta (CARRANCA; VARENNE; ROLSTON, 1999), redução de acetileno (BURRIS, 1975), balanço de N-mineral (ALVES et al., 1995), abundância relativa de ureídeos (ALVES, 1996) e as técnicas isotópicas, sendo a mais aceita para quantificar a FBN, numa determinada cultura agrícola, é a diluição isotópica de  $^{15}\text{N}$  (BODDEY; ALVES; URQUIAGA, 1994). A técnica baseia-se na alteração da proporção natural entre os isótopos  $^{15}\text{N}$  e  $^{14}\text{N}$ , acrescentando-se ao substrato das plantas a serem testadas adubos nitrogenados artificialmente enriquecidos (át.%  $^{15}\text{N} > 0,3663$ ) em proporção conhecida, ou seja, adubos marcados. Plantas que só obtenham nitrogênio do solo marcado possuirão um enriquecimento em  $^{15}\text{N}$  semelhante ao do solo marcado. Por sua vez, plantas que obtenham além do N marcado proveniente do solo, N atmosférico (não-marcado), sofrem uma diluição no seu enriquecimento em  $^{15}\text{N}$ . Quanto maior a magnitude da diluição maior a quantidade de N atmosférico incorporado e, por conseguinte, maior a contribuição da FBN. A aplicação da técnica de diluição isotópica de  $^{15}\text{N}$  depende de uma premissa básica: as plantas fixadora e testemunha devem absorver nitrogênio do solo com a mesma marcação. Para satisfazer essa condição é necessário ou que a marcação de  $^{15}\text{N}$  do solo seja constante em profundidade e em tempo; ou que as plantas fixadora e testemunha tenham marcha de absorção de nitrogênio do solo e volume explorado pelo sistema radicular idênticos (BODDEY, 1987). Além disso, outras entradas de nitrogênio no sistema solo-planta, como água de irrigação, chuvas, agroquímicos e fertilizantes, que, no caso da agricultura orgânica, são substituídas por fertilizantes orgânicos.

Outra técnica que vem ganhando destaque nos últimos anos, principalmente em estudos realizados a campo, é a da abundância natural de  $^{15}\text{N}$  ( $\delta^{15}\text{N}$ ). Esta técnica baseia-se no fato de que, geralmente, o N do solo é levemente enriquecido com isótopo de  $^{15}\text{N}$  em comparação ao N do ar (SHEARER; KOHL, 1986). Estas variações são extremamente pequenas convencionando-se que cada unidade de delta  $^{15}\text{N}$  seria a abundância natural dividida por mil, ou seja, 0,003663 átomos % de  $^{15}\text{N}$  em excesso. Em condições de campo, esta técnica é a mais recomendada, tanto pela sua praticidade como pelo menor custo quando comparada com a técnica de diluição isotópica. Entretanto, a discriminação isotópica de  $^{15}\text{N}$ , associada ao processo de FBN, pode introduzir erros importantes nas estimativas da FBN quando a percentagem de N fixada do ar atmosférico é alta e, quando a abundância natural de  $^{15}\text{N}$  do N solo disponível às plantas é baixa (DOUGHTON; VALLIS; SAFFIGNA, 1992; RESENDE, 2003).

No cálculo da FBN pela técnica de abundância natural de  $^{15}\text{N}$ , a discriminação isotópica de  $^{15}\text{N}$  é contabilizada como valor “B”, que é definido como a abundância natural de  $^{15}\text{N}$  da planta crescida inteiramente dependente do processo de fixação biológica de nitrogênio. O valor

B pode ser facilmente obtido crescendo-se a planta leguminosa em solução nutritiva sem N e inoculada com estirpes de rizóbio. Entretanto, determinar o valor “B” em condições de solução nutritiva, pode não representar com precisão o que ocorre em condições de campo (RESENDE et al., 2003).

Conforme exposto, este trabalho teve como objetivo determinar a FBN com uso da técnica de diluição isotópica em sete espécies de leguminosas adubos verdes, determinando o valor B em condições de campo para essas mesmas leguminosas. Para isso foi necessário aplicar as duas técnicas para quantificar a FBN, diluição isotópica de  $^{15}\text{N}$  e abundância natural de  $^{15}\text{N}$ , o valor B foi determinado através da equação utilizada para estimar a FBN por abundância natural de  $^{15}\text{N}$ .

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram conduzidos, simultaneamente, durante o período de primavera-verão, no CEPAER da AGRAER-MS, com semeadura em 02/12/2005, um com a finalidade de determinar a FBN pelo método de diluição isotópica de  $^{15}\text{N}$  e outro pelo método de abundância natural de  $^{15}\text{N}$  ( $\delta^{15}\text{N}$ ). Ambos foram implantados em área com mesma localização e condições edafoclimáticas descritas no Capítulo I. Retiraram-se amostras do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, para avaliação química do solo (EMBRAPA, 1997), revelando os seguintes resultados: Profundidade 0-20 cm -  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,8$ ;  $\text{Al}^{+++} = 0,00 \text{ cmolc dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca}^{++} = 2,10 \text{ cmolc dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg}^{++} = 1,50 \text{ cmolc dm}^{-3}$ ; C orgânico = 0,68%; N = 1,0 g  $\text{kg}^{-1}$ ; P = 5,90 mg  $\text{dm}^{-3}$  e K = 38,10 mg  $\text{dm}^{-3}$ ; Profundidade 20-40 - cm  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,5$ ;  $\text{Al}^{+++} = 0,40 \text{ cmolc dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca}^{++} = 1,20 \text{ cmolc dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg}^{++} = 1,60 \text{ cmolc dm}^{-3}$ ; C orgânico = 5,3 g  $\text{kg}^{-1}$ ; N = 0,9 g  $\text{kg}^{-1}$  P = 2,10 mg  $\text{dm}^{-3}$  e K = 23,90 mg  $\text{dm}^{-3}$ .

Os experimentos foram divididos por uma aleia composta de três fileiras de milho, em ambos os experimentos, as leguminosas foram inoculadas com estirpes de rizóbios específicos para cada espécie, o delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com 10 tratamentos e 04 repetições, distribuídos em parcelas 20 m<sup>2</sup> cada. No experimento de diluição isotópica, cada parcela foi subdividida com microparcels com 2,25 m<sup>2</sup> para aplicação  $^{15}\text{N}$  equivalente a 10 Kg N ha<sup>-1</sup> com 10%  $^{15}\text{N}$ , na forma de ureia, que remete a valores de 5g de ureia microparcels<sup>-1</sup> diluídos em 25 litros de água, utilizou-se, para aplicação da ureia via irrigação, uma caixa delimitando os 2,25 m<sup>2</sup> da microparcels (Figura 23). Concomitantemente, outro ensaio foi conduzido com mesmo delineamento e tratamentos em área contígua para determinação da FBN pelo método da abundância natural de  $^{15}\text{N}$ , sem a subdivisão em microparcels e conseqüentemente aplicação de  $^{15}\text{N}$  diluído.

O espaçamento, densidades de sementes, composição dos tratamentos e delineamento estatístico foram dimensionados conforme descrito no Capítulo I para as leguminosas, o espaçamento do girassol foi de 0,9 m entre linhas por 0,4 m entre plantas, o milho foi de 0,7 m entre linha com 4,3 plantas m<sup>-1</sup> e a braquiária foi semeada a lanço na densidade equivalente a 4kg sementes ha<sup>-1</sup>. Nos experimentos, o corte das leguminosas foi realizado quando as plantas apresentavam 50% das flores abertas em cada espécie. Assim, para *C. juncea* o corte foi efetuado aos 92 dias, após plantio (DAP), a *C. ochroleuca* aos 137 DAP, a *C. mucronata* aos 121 DAP, a *C. spectabilis* aos 71 DAP, a *Mucuna pruriens* aos 92 DAP, a *Canavalia brasiliensis* aos 104 DAP e *Cajanus cajan* cv. fava larga aos 106 DAP. As testemunhas foram colhidas tendo como base o milho na fase de enchimento de grãos, que se deu aos 118 dias, após plantio.

Após os cortes das respectivas plantas, o material vegetal remanescente foi levado ao laboratório, procedendo-se à limpeza e separação do material das partículas do solo, com auxílio de um pincel. Depois desta etapa, o material foi acondicionado em sacos de papel, que foram levados à estufa de ventilação forçada de ar, mantida a 65°C até o material alcançar massa constante. O material seco foi pesado para determinação da quantidade de fitomassa remanescente. Logo após, o material foi processado em moinho do tipo Willey (abertura de peneira de 20 mesh). Posteriormente, o material moído foi encaminhado para análise de nitrogênio, pelo método de Kjeldahl, como preconizado por Bremner e Mulvaney (1982) e adaptado por Alves (1994).

As amostras, após secas e moídas, foram analisadas em espectrômetro de massa (Finnigan mat, modelo Delta Plus) para determinação da proporção de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso.

#### Avaliação da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)

Para as leguminosas plantadas em solo enriquecido com  $^{15}\text{N}$ , a proporção de N derivado da FBN (%FBN) foi feita utilizando-se a técnica de diluição isotópica de  $^{15}\text{N}$ , conforme Okito et al. (2004), calculada a partir da equação:

$$\%FBN = \left[ 1 - \left( \frac{\%^{15}\text{N}_f}{\%^{15}\text{N}_t} \right) \right] \times 100$$

Onde  $\%^{15}\text{N}_f$  e  $\%^{15}\text{N}_t$  são os respectivos enriquecimentos de  $^{15}\text{N}$  em excesso da parte aérea da planta fixadora de  $\text{N}_2$  e da planta testemunha não-fixadora.

As estimativas dos valores 'B' para as leguminosas foram obtidas aplicando-se a técnica de abundância natural de  $^{15}\text{N}$ , segundo a equação:

$$\text{Valor 'B'} = \frac{(\delta^{15}\text{N}_t \times \%FBN) - 100 \times (\delta^{15}\text{N}_t - \delta^{15}\text{N}_f)}{\%FBN}$$

Onde  $\delta^{15}\text{N}_t$  e  $\delta^{15}\text{N}_f$  são as abundâncias naturais de  $^{15}\text{N}$  das plantas testemunhas não-fixadoras e fixadora, respectivamente; %FBN é a estimativa da proporção do N da planta derivada da fixação biológica de  $\text{N}_2$  atmosférico. Como plantas testemunhas não-fixadoras, foram utilizadas plantas de braquiária, milho e girassol presentes em parcelas dentro da área experimental.

### 3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados apontados neste estudo demonstram que as leguminosas adubos verdes avaliadas contribuíram com até 350 kg ha<sup>-1</sup> de N, nível equivalente às aplicações feitas através de fertilizantes minerais nas principais culturas de interesse econômico no Brasil. Sendo assim, abre-se a possibilidade de redução ou até mesmo eliminação da aplicação de N-fertilizante, desde que as práticas que envolvam a adubação verde possam ser otimizadas.

Entre as leguminosas estudadas, a *C. ochroleuca* e o guandu fava larga foram as que produziram maior quantidade de fitomassa seca da parte aérea, sendo estas superiores a 14 Mg ha<sup>-1</sup>, resultados acima dos encontrados por Amabile, Fancelli e Carvalho, (2000), quando esta espécie foi semeada em novembro, obtendo 8,8 Mg ha<sup>-1</sup>, enquanto que Carky (1989) e Amabile (1996) encontraram 8,7 e 10,7 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, também com semeadura em novembro, nas condições do cerrado de Goiás. Menores rendimentos de fitomassa seca foram obtidos por *C. juncea* e *C. mucronata* produzindo cerca de 9 Mg ha<sup>-1</sup>, seguidas por *C. spectabilis*, mucuna cinza e feijão-bravo-do-Ceará com cerca de 5 Mg ha<sup>-1</sup> (Figura 5), que, em parte, pode ser explicado pelo menor tempo de crescimento destas espécies quando comparado aos encontrados por Pereira (1987, 1991), em 141 e 196 dias para *C. spectabilis*, 120 dias para *C. juncea* (PEREIRA; BURLE; RESCK, 1992; CARVALHO et al., 1999a), exceto para feijão-bravo-do-Ceará, que obtiveram tempo de ciclo vegetativo semelhante (PEREIRA BURLE; RESCK, 1992). Nas condições de cerrado, os resultados são incipientes para *C. mucronata*, contudo, em condições de Mata Atlântica, esta espécie alcançou 10,4 Mg ha<sup>-1</sup> (PEREIRA, 2007).

Quanto à concentração de N na fitomassa seca da parte aérea, a *C. Mucronata* foi a que apresentou maior concentração superior à 30 g N kg<sup>-1</sup> de matéria seca, diferindo significativamente dos demais tratamentos, enquanto que as espécies *C. juncea*, *C. ochroleuca*, *C. spectabilis* e feijão-bravo-do-Ceará apresentaram cerca de 25 g N kg<sup>-1</sup> de matéria seca, seguidas por mucuna cinza e guandu fava larga, com cerca de 20 g N kg<sup>-1</sup> (Figura 6). Pereira, (2007), analisando cinco espécies de crotalária, observou maiores concentrações para espécie de *C. juncea* em condições de Mata Atlântica, contudo estes resultados são similares aos apresentados no presente estudo, que estão alinhados aos encontrados por Amabile, Fancelli e Carvalho (1999) e Carvalho et al. (1999b). Desta forma, as espécies *C. juncea*, *C. ochroleuca*, *C. mucronata* e guandu fava larga apresentaram a maior quantidade de N acumulada na parte aérea, com cerca de 250 kg N ha<sup>-1</sup>, seguidas por *C. spectabilis* e feijão bravo acumulando cerca de 100 kg N ha<sup>-1</sup>. A mucuna cinza foi a espécie que acumulou menor quantidade de N, cerca de apenas 50 kg N ha<sup>-1</sup> (Figura 7). Estes resultados estão acima dos encontrados por Amabile, Fancelli e Carvalho (1999, 2000) para G. fava larga, *C. juncea* e *C. ochroleuca*, nas condições do cerrado de Goiás, obtendo 254, 249 e 135, kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente, quando essas espécies foram semeadas em novembro, nessas condições edafoclimáticas, ainda são incipientes os estudos para *C. mucronata*.

Ainda em relação ao acúmulo de N, os maiores níveis mencionados têm efeito decorrente tanto da produção de fitomassa seca (Figura 9) quanto das concentrações de N (Figura 10). Os maiores acúmulos de N, principalmente pelas espécies de crotalária, acima de 200 kg N ha<sup>-1</sup>, foram superiores aos 195 Kg N ha<sup>-1</sup> encontrados por Ramos et al. (2001), devendo-se à maior produção de fitomassa seca, sendo que as concentrações de N foram equivalentes aos citados



acima, esta grande capacidade de acumular N credencia as espécies supracitadas com potencial para utilização como adubo verde.

Ao avaliar a contribuição da fixação biológica de nitrogênio (%FBN) para as leguminosas cultivadas no período de primavera-verão, nas condições do cerrado de Mato Grosso do Sul, observou-se que a FBN variou entre 73 e 87% para as diferentes espécies estudadas (Figura 12). Confirmando o trabalho de diversos autores, que estimam que a FBN é capaz de contribuir com até 70% do nitrogênio acumulado por plantas fixadoras, principalmente leguminosas (URQUIAGA et al., 1992; YONEYAMA et al., 1997).

Os valores observados neste estudo para contribuição do processo de FBN, expressos em porcentagem, estão de acordo com os valores encontrados na literatura, estando na faixa de 60 a 80% do N proveniente da FBN (GILLER; WILSON, 1991). De acordo com Urquiaga e Zapata (2000), 90% do nitrogênio total acumulado pelas leguminosas utilizadas como adubos verdes podem ser oriundos da atmosfera, principalmente em regiões com solos pobres em nitrogênio.

Possivelmente o ciclo das diferentes espécies de leguminosas, quando comparado no tocante à época de colheita das testemunhas, tenha alterado o enriquecimento de  $^{15}\text{N}$  do solo e sua consequente disponibilidade para as plantas, induzindo a uma subestimativa para espécies estudadas, com exceção da *C. ochroleuca* que teve superestimativa em relação à contribuição da FBN.

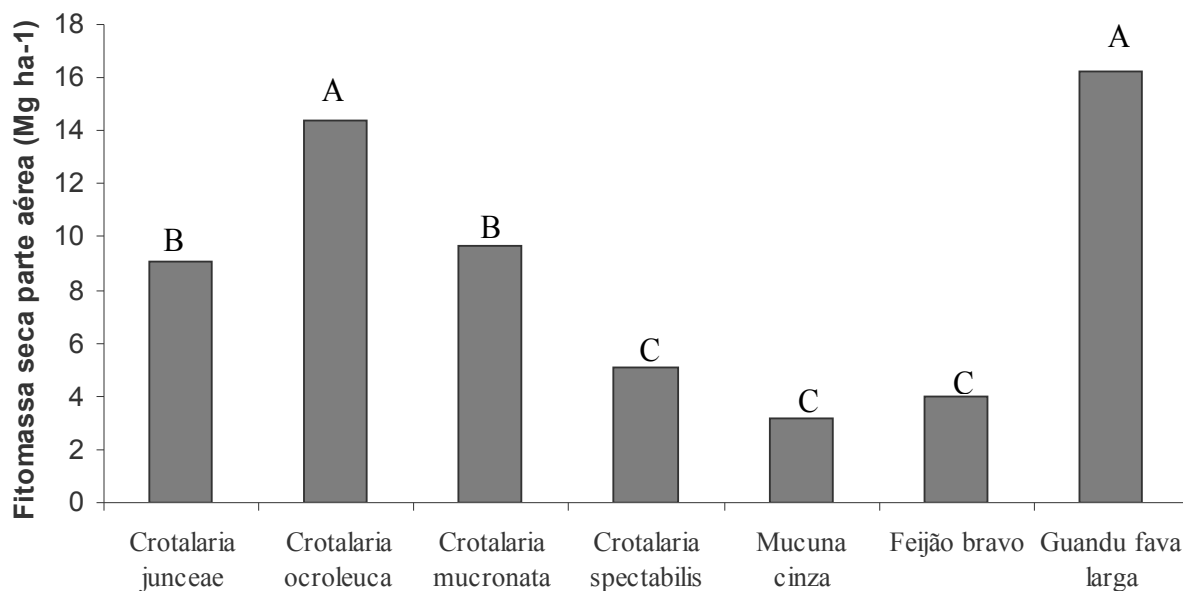
Devido à falta de testemunhas adequadas, como supradescrito, somente a espécie *C. mucronata* obteve ciclo similar ao das testemunhas, diante disso, analisaram-se somente os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  na parte aérea desta leguminosa e das testemunhas (Tabela 13). Sendo que espécies capazes de fixar nitrogênio biologicamente apresentaram valores de  $\delta^{15}\text{N}$  menores que as espécies não-fixadoras, crescendo em mesmo solo (RESENDE, 2000), e maior a proporção de N derivado da FBN quanto maior a diferença em  $\delta^{15}\text{N}$  entre as espécies estudadas. Deste modo, pôde-se evidenciar esta proporção, na Tabela 13, com valores para  $\delta^{15}\text{N}$  92% menores *C. mucronata* quando comparada ao milho usado como testemunha. Tal comportamento evidencia que 75% do N acumulado na parte aérea desta leguminosa foi derivado do ar. Estes valores estão acima dos encontrados na literatura (RESENDE, 2000; URQUIAGA; ZAPATA, 2000; RAMOS et al., 2001).

Apesar da coerência dos resultados, é importante destacar que, no presente estudo, para a maioria das espécies estudadas, com exceção da *C. mucronata* e *C. ochroleuca*, quanto aos valores de FBN, estes estão subestimados. Essa subestimativa ocorreu porque houve grande variação entre o ciclo das diferentes espécies de leguminosas estudadas, onde apenas o ciclo da *C. mucronata* coincidiu com o ciclo das espécies testemunhas, principalmente, girassol e milho. As espécies *C. juncea*, *C. spectabilis*, mucuna cinza, feijão bravo e guandu fava larga foram colhidas antes das testemunhas e a *C. ochroleuca* foi colhida após a coleta das plantas testemunhas. Desta forma, as primeiras apresentam subestimativa de FBN, pois as plantas testemunhas utilizadas no estudo continuaram crescendo em solo, no qual esperava-se que o enriquecimento de  $^{15}\text{N}$  do N disponível do solo fosse diminuindo com o tempo, pela diluição causada pela constante mineralização do N orgânico do solo. Nesse sentido, a espécie *C. ochroleuca*, com ciclo mais longo do que as testemunhas, concernente à FBN deve estar superestimada.

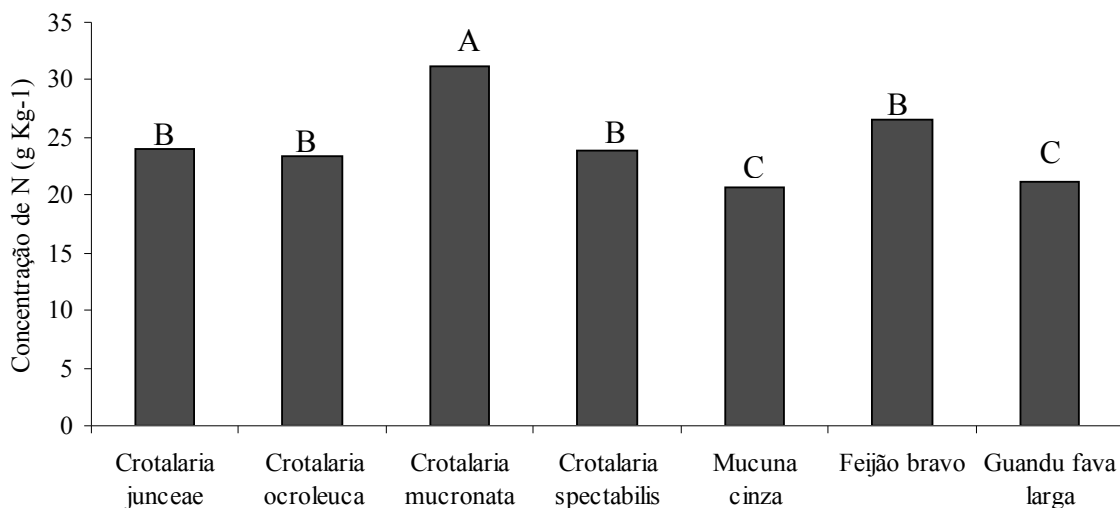
Conforme exposto, o valor B foi corretamente calculado somente para a *C. mucronata*, onde apresentou valor de -3,69 (Tabela 13). Assim, esse valor B poderá ser utilizado em estudos

de determinação da FBN, com uso da técnica de abundância natural de  $^{15}\text{N}$ , uma vez que essa técnica apresenta baixo custo e pouca mão-de-obra se comparada com a técnica de diluição isotópica de  $^{15}\text{N}$ .

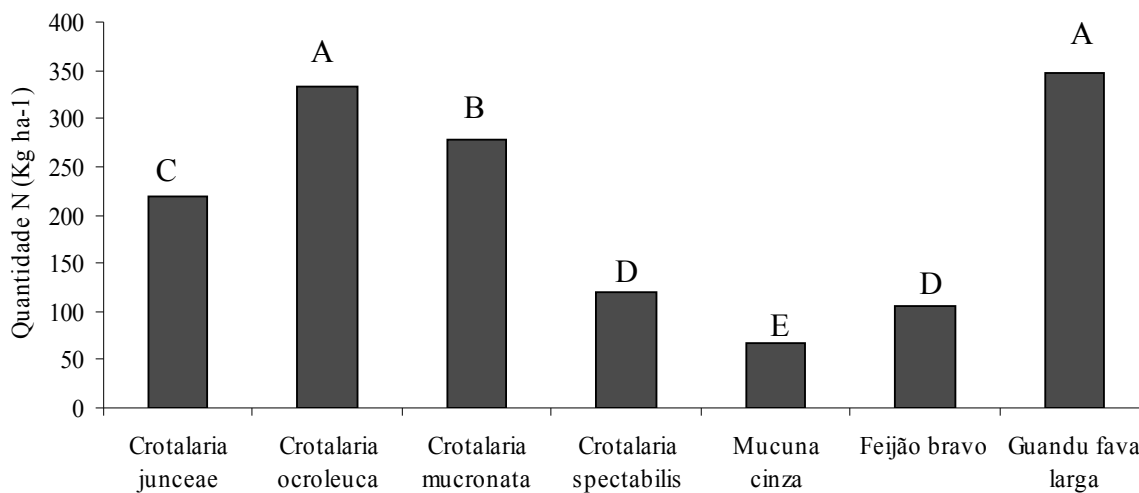
Na literatura, não existem outros estudos de valor B para *C. mucronata*. Entretanto, Okito et al. (2004) determinaram, em condições de vasos, o valor B para mucuna preta e *C. Juncea*, em que se observaram os valores de -1,29 e -1,20 para mucuna preta e *C. juncea*, respectivamente.



**Figura 11** - Fitomassa seca acumulada na parte aérea de leguminosas para adubação verde cultivadas no período de primavera-verão, em condições do cerrado de Mato Grosso do Sul.



**Figura 12** - Concentração de N na parte aérea de leguminosas para adubação verde cultivadas no período de primavera-verão, em condições do cerrado de Mato Grosso do Sul.



**Figura 13** - Quantidade de N acumulado na parte aérea de leguminosas para adubação verde cultivadas no período de primavera-verão, em condições do cerrado de Mato Grosso do Sul.



## 4 CONCLUSÕES

A produção de fitomassa aérea do Guandu fava larga obteve melhor desempenho seguido da *C. ochroleuca*, atingindo médias de 16,24 Mg ha<sup>-1</sup> contra 14,44 Mg ha<sup>-1</sup>.

As quantidades de nitrogênio acumuladas às espécies de leguminosas se comportaram de maneira semelhantes, destacando Guandu fava larga, *C. ochroleuca* e *C. Mucronata*, atingido valores de 346,57 kg ha<sup>-1</sup>, 333,25 kg ha<sup>-1</sup> e 277,35 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Para as variedades mais precoces que as testemunhas, o valor de FBN deve estar no mínimo entre 73 a 87%. Somente na espécie *C. Mucronata*, foi possível estimar a FBN e o valor B com o rigor que exigem as metodologias isotópicas aplicadas. O valor B para esta espécie foi de -3,69.

## 5 BIBLIOGRAFIA

ALVES, B.J.R. Aplicação da técnica de análise de solutos nitrogenados da seiva para a quantificação da fixação biológica de nitrogênio em *Desmodium ovalifolium* CV. 1996. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 1996. <sup>d</sup>  
e B

ALVES, B.J.R. et al. Uso da incubação in situ no estudo da mineralização do N do solo: Uma possibilidade para a estimativa da contribuição da FBN em condições de campo. In: **ANAIS** do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Viçosa, Minas Gerais, 1995.

ALVES, B.J.R. et al. Métodos de determinação do nitrogênio em solo e planta. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M., (EE.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 449-469.

AMABILE, R.F. et al. Efeito de épocas de semeadura na fisiologia e produção de fitomassa de leguminosas nos Cerrados da região do Mato Grosso de Goiás. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 2/3, p. 296-303, 1996.

AMABILE, R.F.; FANCELLI, A.L.; CARVALHO, A.M. de. Absorção de N, P e K por espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos num Latossolo Vermelho-Escuro argiloso sob cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 837-845, 1999.

\_\_\_\_\_. Comportamento de espécies de adubo verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 47-54, 2000.

BREMNER, J.M.; MULVANEY, C.S. Nitrogen total. In: PAGE, A.L. (E.). **Methods of soil analysis**. 2.ed. Madison: Soil Science Society of America, 1982. Part 2. p. 595-624.

BODDEY, R.M. et al. The contribution of biological nitrogen fixation for sustainable agricultural systems in the tropics. **Soil Biology. Biochemistry**, Exeter, v. 29, p. 787-799, 1997.

BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. Quantificação da fixação biológica de nitrogênio associada a plantas utilizando o isótopo <sup>15</sup>N. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R.S. (EE.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. EMBRAPA-CNPAB, 1994. p. 471-494.

BODDEY, R.M. Methods for quantification of nitrogen fixation associated with gramineae. **CRC Crit. Rev. Plant Sci.**, 6:209-266, 1987.

BURRIS, R.H. The acetylene reduction technique. In: STEWART, D.P. (E.). **Nitrogen fixation by free-living microorganisms**. New York: Cambridge Univ. Press, 1975. International Biological Programmer. v.6. p. 249-258.

CARRANCA, C.; VARENNE, A.; ROLSTON, D.E. Biological nitrogen fixation estimated by  $^{15}\text{N}$ -dilution, natural abundance, and N difference techniques in a subterranean clover-grass sward under Mediterranean conditions. **European Journal Agronomy**, v.10, p. 81-89, 1999.

CARSKY, R.J. Estimating availability of nitrogen from green manure to subsequent maize crops using a buried bag technique. 1989. Thesis (Ph.D.) – Cornell University. Ithaca, 1989.

CARVALHO, A.M. de et al. **Manejo de adubos verdes no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1999a. (Embrapa-CPAC. Circular Técnica, 4).

CARVALHO, A.M. de et al. **Adubos verdes**: efeitos no rendimento e no nitrogênio do milho em plantio direto e convencional. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1999b. (Embrapa-CPAC. Boletim de pesquisa, 7).

COELHO A.M. et al. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 16, p. 61-67, 1994.

DÖBEREINER, J. A Importância da Fixação Biológica de Nitrogênio para Agricultura Sustentável. **Comunicado Técnico**, 1988.

DOUGHTON, J.A.; VALLIS, I.; SAFFIGNA, P.G. An indirect method for estimating  $^{15}\text{N}$  isotope fractionation during nitrogen fixation by a legume under field conditions. **Plant and Soil**, v.144, p.23-29, 1992.

EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise química de solos**. Rio de Janeiro: SNLCS, 1997.

ESPÍNDOLA, J.A.A. et al. **Adubação Verde**: Estratégia para uma Agricultura Sustentável. Seropédica: Embrapa-CNPAB, dez. 1997. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 42).

GILLER K.E.; WILSON K.J. **Nitrogênio fixation in tropical cropping systems**. Wallingford: CAB International, 1991.

GUERRA, J.G.M.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D.L. de. Managing carbon and nitrogen in tropical organic farming through green manuring. In: ADETOLA BADEJO, M.; TOGUN, A.O. (EE.). **Strategies and tactics of sustainable agriculture in the tropics**. Ibadan: College Press, 2004. v. 2. (No prelo).

JUNK, G.; SVEC H.J. The absolute abundance of the nitrogen isotopes in the atmosphere and compressed gas from various sources. **Geochim. Cosmochim. Acta**. 14: 234-243, 1958.

OKITO, A. et al. Isotopic fractionation during  $\text{N}_2$  fixation by four tropical legumes. **Soil Biology. Biochemistry**, v.36, n.7, p.1179-1190, 2004.

PEOPLES M.B. et al. Methods for evaluating nitrogen fixation by nodulated legumes in the field. **ACIAR**, Monograph n°. 11, Canberra, 1989.

PEREIRA, A.J. Caracterização agrônômica de espécies de *Crotalaria* L. em diferentes condições edafoclimáticas e contribuição da adubação verde com *C. juncea* no cultivo orgânico de brássicas em sistema plantio direto. 2007. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2007.

PEREIRA, J. Avaliação das características agrônômicas de leguminosas adubos verdes nos Cerrado. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado 1982/1985**, Planaltina, DF, p. 194-197, 1987.

\_\_\_\_\_. Avaliação das características agrônômicas de leguminosas adubos verdes nos Cerrado. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado 1985/1987**, Planaltina, DF, p. 111-112, 1991.

PEREIRA, J.; BURLE, M. L.; RESCK, D.V.S. Adubos verdes e sua utilização no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO, 1992, Goiânia, GO. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 140-154.

RAMOS, M.G. et al. Quantification of the contribution of biological nitrogen fixation to tropical green manure crops and residual benefit to a subsequent maize crop using  $^{15}\text{N}$ -isotope techniques. **J. Biotechnology**, v.91, p. 105-115, 2001.

RESENDE, A.S. A fixação biológica de nitrogênio (FBN) como suporte da produtividade e fertilidade nitrogenada dos solos na cultura de cana-de-açúcar: uso de adubos verde. 2000. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2000.

RESENDE, A.S. de et al. Técnicas utilizadas na quantificação da fixação biológica de nitrogênio associada à cultura de cana-de-açúcar. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. (Documentos 165).

RESENDE, A.S. de et al. Use of green manures in increasing inputs of biologically fixed nitrogen to sugar cane. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 37, p. 215-220, 2003.

RIBEIRO JUNIOR, W. Q.; RAMOS, M.L.G. Capítulo 5 - Fixação de nitrogênio em espécies para adubação verde. In: AMABILE, R.F.; CARVALHO, A.M. de (Orgs.). **Cerrado adubação verde**. Planaltina: 2006, p. 171-209.

SHEARER, G.; KOHL, D.H.  $\text{N}_2$  fixation in field settings: estimations based on natural  $^{15}\text{N}$  abundance. **Aust. J. Plant Physiol.**, 13, 699-756, 1986.

\_\_\_\_\_. Natural  $^{15}\text{N}$  - abundance a method of estimating the contribution of biologically fixed nitrogen to  $\text{N}^2$  - fixing systems: potencial for non-legumes. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 110, p. 317-327, 1988.

URQUIAGA, S.; CRUZ, K.H.S.; BODDEY, R.M. Contribution of nitrogen fixation to sugar cane: nitrogen-15 and nitrogen balance estimates. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 56:105-114, 1992.



URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe. Porto Alegre: Gênese, 2000.

URQUIAGA, S. et al. Avaliação da eficiência do processo de fixação biológica de nitrogênio em diferentes variedades de cana-de-açúcar. **Agronomia** (UFRRJ), Seropédica, v. 37, n. 1, p. 55-58, 2003.

YONEYAMA, T. et al. The natural <sup>15</sup>N abundance of sugarcane and neighbouring plants in Brazil, the Philippines and Miyako (Japan). **Plant and Soil**, 189:239-244.tt, 1997.

## **CAPÍTULO III**

**DESEMPENHO DE REPOLHO, EM SISTEMA PLANTIO DIRETO, NA PALHADA  
DOS CONSÓRCIOS MILHO - MUCUNA CINZA E MILHO - *CROTALARIA JUNCEA*,  
NAS CONDIÇÕES DO CERRADO DE MATO GROSSO DO SUL**

## RESUMO

### **CESAR, Marcius Nei Zanin. Desempenho de Repolho, em Sistema Plantio Direto nas palhadas do Consórcio Milho-Mucuna Cinza e Milho- *Crotalaria juncea* nas Condições do Cerrado de Mato Grosso do Sul**

O presente estudo teve o objetivo de avaliar o desempenho agrônômico do repolho em sistema plantio direto, sob manejo orgânico, e a contribuição do pré-cultivo de duas leguminosas de hábitos de crescimento distintos em consórcio com milho, na formação de palhada. Ambos experimentos foram implantados no Campo Experimental da AGRAER, em Campo Grande-MS. O primeiro experimento consistiu no consórcio entre milho e *C. juncea*, sendo esta manejada, somente com roçada (tratamento 6), podada e posteriormente roçada (tratamento 5), além do cultivo do milho solteiro, *C. juncea* solteira, cultivo com preparo convencional do solo, com ausência e presença de adubação, em quantidades equivalentes a 100 Kg N ha<sup>-1</sup> no plantio e em cobertura 30 dias após plantio do milho, perfazendo oito tratamentos com quatro repetições, dispostos em blocos ao acaso. Avaliaram-se as produções de matéria seca na parte aérea das plantas de cobertura e da vegetação espontânea. As características agrônômicas avaliadas no repolho foram: produtividade, padrão comercial, peso fresco e seco, além da fitomassa seca do pré-cultivo. Neste experimento, verificaram-se melhores rendimentos quanto ao peso médio e diâmetro da cabeça quando se utilizaram *C. juncea* solteira, *C. juncea* roçada, milho com adubação de base e milho com adubação de base e cobertura, alcançando peso médio acima de 1,0 kg e diâmetro das cabeças acima de 10 cm. Quanto à produtividade do milho e do repolho, estes não foram influenciados pelos diferentes tipos de consórcios, não havendo diferença estatística significativa entre os tratamentos, o que refletiu também na produção de matéria seca dos pré-cultivos. No segundo experimento, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com nove tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: o consórcio entre milho e mucuna cinza, sendo esta plantada em cinco épocas diferentes - após a germinação do milho, monocultivo do milho, monocultivo da mucuna, cultivo com preparo convencional do solo e pousio com vegetação espontânea -, perfazendo um total de nove tratamentos. Os parâmetros avaliados foram semelhantes aos do experimento anterior. A produção do repolho alcançou melhores rendimentos, 2,06 kg de peso médio da cabeça; e, quando cultivado em sucessão ao consórcio milho x M. Cinza, semeada aos 15 dias após germinação do milho, diferiu significativamente dos demais tratamentos. Ao se analisarem as produtividades do milho, notou-se uma queda de rendimento em torno de 29% quando este foi consorciado com M. Cinza, aos 15 e 30 dias após sua germinação, ao comparar-lo aos demais pré-cultivos utilizando-se consórcios.

**Palavras chave:** Hortaliça, Adubação verde, Leguminosas, Nitrogênio.

## ABSTRACT

**CESAR, Marcius Nei Zanin. Performance of Cabbage, in Tillage Sistem, in Straw of Intrcropping Between Maize and Gray Mucuna - *Crotalaria Juncea* in the Cerrado Conditions of Mato Grosso do Sul.**

The aim of this study is to evaluate the agronomic behavior of the cabbage in no-tillage system under organic management and the contribution of the prior cultivation of two legumes with different growing habits intercropping with maize in the mulching formation. Both experiments were carried out in the experimental field of AGRAER-MS, in Campo Grande-MS. The first experiment was the maize-*C. juncea* intercrop, the latter was managed, slashed, pruned, and slashed afterwards; besides the cultivation of single maize, single *C. juncea*, cultivation with conventional tillage of the soil with and without fertilization with equivalent amounts of 100 Kg N ha<sup>-1</sup> at planting and sidressed 30 days after the maize cultivation, making up eight treatments with four replications in randomized blocks. The dry matter productions in the aerial part of the cover crops and the spontaneous vegetation were evaluated. Agronomic characteristics that were evaluated on the cabbage: productivity, commercial standard, fresh and dry weight, besides the dry phytomass of the prior cultivation. On this experiment it was possible to verify better yields regarding the fresh weight and head diameter when we used single, pruned *C. juncea* maize with basic fertilizer, and maize with base and dressing fertilizers, reaching a fresh weight over 1.0 Kg and heads diameter over 10 cm. Regarding maize and cabbage productivity, they were not influenced by the different kinds of intercrop systems; there were no significant statistic difference of treatments, which also reflected on the dry matter production of the prior cultivations. On the second experiment, the experimental design which was adopted was randomized blocks, with nine treatments and four replicates. The treatments were: maize-velvet bean intercrop, the later was planted in five different times: after the maize germination, maize alone, mucuna alone, cultivation with conventional tillage of the soil, and fallow with spontaneous vegetation, making up a total number of nine treatments. The parameters that were evaluated were similar to the ones of the former experiment. The cabbage production showed the most promising yield 2.06 Kg of head average weight and when cultivated as a sequential crop to the maize-velvet bean intercrop sown 15 days after the maize germination, differing significantly from the other treatments. When we analyzed the maize productivities, we noticed fall of productivity around 29% when it was intercropped with velvet bean at 15 and 30 days after its germination when it was compared to the other prior cultivations in which the intercrop system was used.

**Key-words:** Vegetable, Green manure, Legumes, Nitrogen.

# 1 INTRODUÇÃO

No que diz respeito ao cultivo de hortaliças, as brássicas, com destaque para o repolho, possuem grande importância socioeconômica e alimentar em face da sua excelente composição nutricional e versatilidade de consumo (FILGUEIRA, 2000). Experimentos conduzidos submetendo o repolho à manejo orgânico revelaram respostas positivas (SILVA JUNIOR, 1991; SOUZA, 1998; OLIVEIRA, 2001). Entretanto, apresentaram elevada exigência de nitrogênio e potássio, o que faz necessário desenvolvimento de sistemas de produção orgânica que aportem nutrientes oriundos de fontes renováveis.

O uso de plantas de cobertura do solo mostra-se como uma estratégia interessante para os agroecossistemas, possibilitando aumentos de produtividade associados a melhores condições físicas, químicas e biológicas do solo (McVAY; RADCLIFF; HARGROVE, 1989). As plantas de cobertura reduzem os prejuízos causados pela erosão, pois favorecem a agregação das partículas e a infiltração de água no solo (DERPSCH et al., 1992).

As leguminosas ocupam lugar de destaque entre as espécies empregadas como plantas de cobertura, principalmente devido aos benefícios propiciados pelo maior fornecimento de nitrogênio para as culturas de interesse comercial (SWIFT; ANDERSON, 1994). Diversos mecanismos têm sido apontados para justificar a maior disponibilidade desse nutriente em áreas cultivadas com leguminosas, tais como a fixação de nitrogênio atmosférico através da simbiose com bactérias diazotróficas (VIERA-VARGAS et al., 1995) e a recuperação do nitrogênio lixiviado para camadas mais profundas do solo (COSTA, 1993).

A maior parte das culturas comerciais, cuja colheita ocorre na época seca, nas áreas agrícolas do cerrado, não pode ser cultivada na entressafra. Por essa razão, espécies vegetais que possam ser semeadas concomitantemente com uma cultura comercial, como milho, e que sobrevivam na época seca, estando já estabelecidas por ocasião da colheita de cultura, constituem a melhor opção de aproveitamento da água ainda remanescente no solo. Nesse sistema, é de fundamental importância que a espécie de adubo verde ou de cobertura de solo tenha desenvolvimento inicial lento, para que não venha a competir por água, luz e nutrientes com a cultura econômica (SUHET; BURLE; PERES, 1994). A cobertura morta não necessariamente deve ser produzida pelo adubo verde. Geralmente, existe uma combinação de biomassa do adubo verde com os resíduos da cultura. Essa associação promoverá a cobertura do solo e a melhoria das suas propriedades físico-hídricas, químicas e biológicas (DENARDIN; KOCHHANN, 1993; SKORA NETO, 1998; ALVARENGA et al., 2001).

Entre as culturas comerciais, o milho, o sorgo e o arroz são as que, geralmente, proporcionam cobertura mais eficiente ao solo devido à maior produção de fitomassa e à decomposição mais lenta de seus resíduos vegetais. As leguminosas, apesar de não oferecerem cobertura eficiente, principalmente pela decomposição acelerada de seus resíduos, são excelentes condicionadoras de solo. Portanto, a associação dessas duas famílias de plantas é recomendável visando a um sistema de produção agrícola sustentável.

O consórcio de plantas de cobertura com plantas de interesse econômico aponta benefícios, como favorecer o desenvolvimento da planta de cobertura após a colheita da cultura principal. Com isso, a competição ocorre em níveis que não prejudicam a cultura principal, aportando nutrientes ao sistema de biomassa. No cerrado, semear as plantas de cobertura após a

colheita de verão (março/abril), reduz a possibilidade de sucesso devido ao longo período seco ou à ocorrência de geadas na latitude mais ao sul da região. O maior número de opções de consórcio está relacionado à cultura do milho, para tanto citando-se as seguintes: mucuna preta, guandu, feijão-de-porco, calopogônio, *crotalaria juncea* e breviflora. Alguns trabalhos foram conduzidos entre 1986 e 90, consorciando leguminosa com milho (fundação MS), visando a obter resultados comparativos e avaliar potencialidades de uso de leguminosas como alternativa para cobertura de solo e reserva de forragem para outono/inverno. Os resultados de produtividade do milho demonstraram a viabilidade do uso dessa tecnologia com ganhos que, no caso da mucuna preta, chegaram a 6%, na média de quatro anos de cultivo (PITOL, 1993).

O objetivo deste trabalho foi o de estabelecer a melhor época de semeadura das leguminosas, no caso do ensaio com mucuna cinza, e melhor manejo da crotalaria quando consorciada com milho, bem como avaliar o aporte de biomassa e nitrogênio ao sistema e os reflexos na produtividade do repolho cultivado sob plantio direto.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização e Caracterização Edafoclimática da Área Experimental

Os experimentos foram conduzidos no CEPAER da AGRAER, em Campo Grande-MS, com localização e características edafoclimáticas idênticas aos demais experimentos descritos anteriormente (Capítulo I). O cultivo ocorreu durante o ano agrícola de 2006/2007, com plantio simultâneo de dois experimentos na mesma área experimental onde foram implantados os experimentos do Capítulo I. Inicialmente, procedeu-se ao cultivo do milho com alta densidade, tendo como meta a uniformização das duas áreas experimentais. Aos 45 dias após a semeadura, as plantas foram cortadas e a fitomassa foi incorporada ao solo, sendo estas operações realizadas a partir de roçada, gradagem e aração motomecanizadas. Concluído o procedimento de incorporação do milho, foram retiradas amostras compostas de solo nas profundidades de 0-20cm e 20-40cm para realização de análises químicas, como preconizado no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997); os resultados analíticos são apresentados a seguir: 0-20 cm  $pH_{H_2O} = 5,7$ ,  $Al^{+++} = 0,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ,  $Ca^{++} = 2,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ,  $Mg^{++} = 1,30 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ,  $K^+ = 38,6 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $P = 5 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $C \text{ orgânico} = 6,7 \text{ g kg}^{-1}$  e  $N \text{ total} = 1,1 \text{ g kg}^{-1}$ ; 20-40 cm  $pH_{H_2O} = 5,5$ ,  $Al^{++ +} = 0,30 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ,  $Ca^{++} = 1,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ,  $Mg^{++} = 1,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ,  $K^+ = 24,3 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $P = 2 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $C \text{ orgânico} = 5,5 \text{ g kg}^{-1}$  e  $N \text{ total} = 1,0 \text{ g kg}^{-1}$ .

### 2.2 Caracterização do Experimento e Delineamento Experimental

- **Experimento I: DESEMPENHO DE REPOLHO, EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NA PALHADA DO CONSÓRCIO MILHO - MUCUNA**

O trabalho experimental consistiu do delineamento de blocos ao acaso, constituído de nove tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de: mucuna cinza semeada em cinco épocas diferentes, após germinação do milho (15, 30, 45, 60 e 75 dias); milho em monocultivo, cv. BR 106; mucuna em monocultivo seguidos do cultivo de repolho em plantio direto; pousio seguido do cultivo de repolho em plantio direto; pousio seguido do cultivo de repolho com preparo convencional de solo, cada parcela apresentou área de 30 m<sup>2</sup>, perfazendo uma área total 840 m<sup>2</sup>.

A semeadura do milho foi realizada em 01/12/2006, utilizando-se espaçamento de 0,70 m entre linhas e 4,3 plantas por metro linear, constituindo uma população de 40 mil plantas ha<sup>-1</sup>. A mucuna cinza foi plantada no dia subsequente; o plantio dos consórcios seguiu o cronograma apenas descrito. O espaçamento adotado foi 1,0 x 0,5m com a mucuna cinza plantada na entrelinha do milho; as sementes de mucuna cinza não foram inoculadas em razão da alta densidade de rizóbium nativo nos solos de cerrado (VARGAS et al., 2004). Nas parcelas com vegetação, manteve-se a área em pousio, aproveitando o banco de sementes e propágulos vegetativos presentes na área, cuja predominância foi de capim colchão, pé-de-galinha e caruru.

Os cortes do pré-cultivo e do pousio foram realizados após colheita do milho e quando mucuna cinza apresentava 50% das flores abertas. Simultaneamente, procederam-se a roçada das parcelas com vegetação espontânea, por meio de uma roçadeira costal, com a palhada deixada na superfície do solo para as parcelas mantidas sob plantio direto. Nas parcelas, com preparo convencional do solo, foi realizada capina manual e posteriormente abertura das covas de plantio.

O repolho (*Brassica oleracea* var. capitata – cv. Astrus) foi transplantado aos 20 dias após a semeadura, quando estavam com 6-10 cm de altura e com 3-4 folhas definitivas, o espaçamento de 0,7 x 0,3m, perfazendo um total de 143 plantas por parcela, sendo que aos 07 dias, após preparo da área, ocorreu a abertura das covas e adubação (210 g cova<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido) como forma de melhorar as características químicas, físicas e biológicas do solo, a irrigação foi por aspersão de forma suplementar. As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido de 200 células, utilizando-se substrato orgânico à base de composto produzido no local.

O controle de ervas espontâneas foi realizado por meio de capinas manuais quando se fez necessário. Já o controle de fitomoléstias foi realizado com *Bacillus Thuringiensis* para lagarta rosca e do cartucho quando as plantas de repolho e milho estavam em fase inicial de crescimento; não houve problemas com doenças na área experimental. Efetuou-se a colheita do repolho 110 dias após transplante das mudas, com as cabeças atingindo os graus de compacidade e de desenvolvimento desejados.

• **Experimento II:  
DESEMPENHO DE  
REPOLHO, EM sistema  
PLANTIO DIRETO, NA  
PALHADA DO CONSÓRCIO  
MILHO *Crotalaria juncea***

Simultaneamente, em área contígua, conduziu-se outro experimento, cujo delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos utilizados seguiram os seguintes sistemas de cultivo:

Tratamento 1 - *C. juncea* em monocultivo;

Tratamento 2 – milho em monocultivo;

Tratamento 3 – pousio com a vegetação espontânea;

Tratamento 4 – cultivo com solo motomecanizado;

Tratamento 5 – milho consorciado com *C. juncea* podada aos 75 DAS (na metade da altura do dossel) e roçada aos 105 DAS a 0,05m da superfície do solo;

Tratamento 6 – milho consorciado com *C. juncea* roçada aos 105 DAS a 0,05m da superfície do solo;

Tratamento 7 – milho em monocultivo com adubação basal, equivalente a 100 kg N ha<sup>-1</sup>;

Tratamento 8 – milho em monocultivo com adubação basal, equivalente a 100 kg N ha<sup>-1</sup> no plantio e 50 kg N ha<sup>-1</sup> em cobertura aos 30 DAG.



Assim, a palhada pós-corte dos pré-cultivos (tratamentos) foi mantida na superfície do solo; e o espaçamento, as cultivares (repolho e milho), a produção das mudas, transplântio e adubação do repolho, bem como o espaçamento do milho em monocultivo, foram idênticos ao experimento anterior, como descrito anteriormente.

Os procedimentos fitossanitários restringiram-se a pulverizações com *Bacillus turigiensis* (1%) visando ao controle da lagarta do cartucho do milho, na fase inicial do desenvolvimento vegetativo. Ademais, não se fez necessária aplicação de nenhuma formulação comercial contendo extratos vegetais de biocontrole contra insetos mastigadores (vaquinha) e sugadores (pulgão) e, também, não foi notada presença de doença fitopatogênica na área experimental.

### **2.3 Avaliações Realizadas**

Avaliou-se a produção de fitomassa da parte aérea dos pré-cultivos amostrando uma área de 1 m<sup>2</sup> na parte central de cada parcela, por ocasião do florescimento das leguminosas, quando estas apresentavam aproximadamente 50% das flores abertas, e na fase de grão leitoso para tratamento com milho em monocultivo, cortando, como referido anteriormente, a 0,05m da superfície do solo.

Foram amostradas cinco plantas de repolho na parte central de cada parcela, quando as mesmas apresentaram graus de compacidade e de desenvolvimento desejados. As “cabeças” foram separadas do restante da planta e imediatamente pesadas e colocadas para secar. As avaliações dos parâmetros agronômicos consistiram em: diâmetro, peso médio fresco e seco das “cabeças” de repolho. Posteriormente, retiraram-se subamostras de cada tratamento (pré-cultivos e repolho), que foram pesadas e acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de ventilação forçada, a 65°C, permanecendo até atingirem massa constante. Após secagem, determinou-se a massa seca e as amostras foram moídas em moinho tipo Willey, com abertura de malha de 20 mesh, para posterior análise química de tecido a fim de determinar o teor de N, após digestão sulfúrica e destilação em Kjeldahl (BREMNER; MULVANEY, 1982 adaptado por ALVES, 1994).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Milho x M. cinza (Pré-cultivo)

A produtividade de fitomassa seca do milho em monocultivo e consorciado com mucuna cinza, independentemente da época de semeadura desta leguminosa, não diferiu significativamente ( $p \leq 0,05$ ). Todavia, a produtividade nesses tratamentos foi maior do que a alcançada nos tratamentos com a vegetação espontânea na área mantida em pousio e com mucuna cinza em monocultivo, que não diferiram entre si (Tabela 9). Resultados obtidos por Risso (2007) demonstram a viabilidade deste consórcio nas condições de Mata Atlântica do Rio de Janeiro. Comportamento similar também foi encontrado por Pitol et al. (1993), ao longo de quatro anos de experimentação, onde evidenciaram os efeitos positivos do consórcio milho + mucuna preta, para ganhos de fitomassa, nas condições edafoclimáticas do cerrado de Mato Grosso do Sul.

Diferentemente da abordagem conduzida por Risso (2007), presentemente, não foi realizada uma avaliação da fitomassa individual destas espécies. Por isso, não é possível estimar a contribuição relativa do milho e da mucuna para produtividade total de fitomassa. Aparentemente, não se detectou efeito aditivo decorrente dos consórcios em relação à produtividade de fitomassa, haja vista o desempenho destes não ser superior ao monocultivo do milho. Isto sugere que a contribuição da mucuna cinza nos consórcios foi baixa.

Quanto à produtividade de grãos de milho, nota-se que o monocultivo deste cereal resultou maior desempenho produtivo do que o alcançado com os consórcios envolvendo mucuna cinza, exceto quando a semeadura desta leguminosa se dá aos 45 dias, após germinação (DAG) do milho (Tabela 11). Este resultado fornece indícios de que a mucuna, em algum momento do ciclo do consórcio, exerceu competição sobre milho, exceto quando esta leguminosa foi semeada aos 45 DAG. Pereira (1987) mostrou, em Latossolo Vermelho-Amarelo no Distrito Federal, após três anos de consórcio de milho com adubos verdes, incrementos no rendimento desta cultura, sendo a mucuna preta a leguminosa que proporcionou melhores respostas.

Uma questão crítica para adoção da adubação verde antecedendo cultivos comerciais, principalmente em unidades de produção familiar dedicadas ao cultivo de hortaliça, é o fato de a planta de cobertura ocupar um período relativamente longo em áreas destinadas à produção comercial, acarretando redução na renda anual do agricultor familiar. Por isso, busca-se a introdução de um adubo verde, como a mucuna cinza, consorciado a uma cultura de interesse econômico (milho). Assim, procura-se mitigar possíveis perdas monetárias relacionadas à introdução da adubação verde (GUERRA; DE-POLLI; ALMEIDA, 2004).

Diante ao exposto, é admissível que, por ocasião do cultivo consorciado do adubo verde, a lavoura comercial não expressou o máximo potencial produtivo, entretanto, o cultivo em sucessão (repolho) beneficiou-se da presença do adubo verde, quando comparado ao monocultivo desta planta de cobertura. Observou-se que a cultura do repolho obteve seu melhor desempenho produtivo em sucessão ao consórcio do milho + mucuna semeada aos 15 dias DAG sob plantio direto. Neste tratamento, o ganho relativo obtido em relação ao peso médio de “cabeça”, repercutindo diretamente na produtividade, alcançou acima de 257, 200, 130 e 86%, respectivamente, quando comparado aos tratamentos com motomecanização do solo, mantendo a

área em pousio, monocultivo do milho e da mucuna. Tendência semelhante foi observada para o diâmetro médio das “cabeças” (Tabela 11).

**Tabela 11** Produtividade do milho, diâmetro da cabeça, peso médio e produtividade do repolho a partir do consórcio milho x mucuna cinza como pré-cultivo do repolho em sistema plantio direto sob manejo orgânico, no estado do Mato Grosso do Sul, 2004/05.

Pré-cultivo	Milho		Repolho	
	Produtividade (Mg ha <sup>-1</sup> )	Diâmetro (cm)	Peso médio (g planta <sup>-1</sup> )	Produtividade <sup>2</sup> Mg ha <sup>-1</sup>
Vegetação espontânea (pousio)	-	9,12 B	461,66 B	21,98 B
Monocultivo milho	6,51 A3	12,25 B	895,00 B	42,61 B
Monocultivo mucuna cinza	-	13,37 B	1111,25 B	52,91 B
Milho x mucuna cinza (15 DAG) <sup>1</sup>	3,67 B	18,10 A	2062,50 A	98,21 A
Milho x mucuna cinza (30 DAG)	4,02 B	11,83 B	743,75 B	35,41 B
Milho x M. cinza (45 DAG)	5,57 A	12,79 B	1000,00B	47,61 B
Milho x M. cinza (60 DAG)	5,02 B	8,60 B	426,25 B	20,29 B
Milho x M. cinza (75 DAG)	5,36 B	10,84 B	635,00 B	30,23 B
Cultivo Motomecanização do solo	-	10,54 B	576,25 B	27,44 B
CV	23,19	15,62	35,7	33,5

<sup>1</sup>(DAG) Dias após a germinação do milho; <sup>2</sup>Somatório do peso médio (g planta<sup>-1</sup>) de cinco plantas amostradas na área experimental; <sup>3</sup>Médias seguidas da mesma letra maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Os teores de N presentes na parte aérea dos pré-cultivos, formados pelo monocultivo do milho e nos consórcios com mucuna cinza mantiveram-se semelhantes, com exceção do tratamento com mucuna semeada aos 15 DAG, destacado no parágrafo anterior (Tabela 12). Esta evidência corrobora com a os resultados observados, em que evidencia baixa contribuição da mucuna cinza para o desempenho dos pré-cultivos consorciados. Estudos realizados por Hodtke et al. (1999), em condições de Mata Atlântica, mostraram que o emprego da adubação verde consorciada com milho contribui com suprimento de 83% do N exportado por esta cultura.

Considerando a quantidade de N acumulada na parte aérea dos pré-cultivos e relacionando com os teores de N nas “cabeças” de repolho, notou-se que o melhor desempenho desta cultura foi alcançado após o cultivo consorciado de milho + mucuna semeada aos 15 DAG, sendo, possivelmente, reflexo do maior aporte e posterior aproveitamento do N contido na palhada oriunda da roçada deste pré-cultivo. Conquanto não se tenha gerado informações sobre as taxas de decomposição *in situ* da mucuna cinza (Capítulo 1), observou-se que os tempos de meia-vida da palhada e do N contido na mucuna preta, que apresenta características morfológicas similares à mucuna cinza, foram de, respectivamente, 22 e 26 dias (Tabelas 6 e 7), o que mostra a elevada taxa de decomposição e de liberação de N da palhada destas espécies. Estes resultados estão em linha aos observados por Carvalho e Sodrê Filho (2000b), que avaliaram a taxa de decomposição do material vegetal de leguminosas e não-leguminosas no Distrito Federal, evidenciando maiores taxas de decomposição para leguminosas, e por Carvalho (2005), em estudos conduzidos em Senador Canedo, Goiás, que encontrou maiores taxas para leguminosas estudadas, em especial a mucuna preta.

Quando avaliados os consórcios, as taxas de decomposição foram, possivelmente, mais lentas, o que pode ter permitido maior sincronia entre a liberação de N e a absorção deste nutriente pelas plantas de repolho, o que permite entender os melhores resultados alcançados com este tratamento, tanto do ponto de vista do desempenho agrônômico do repolho quanto dos teores

de N presentes nas “cabeças”. Silva (2000) mostrou que as taxas de decomposição e de liberação de N *in situ* da palhada de uma mistura de *C. juncea* e sorgo foram mais lentas do que de *C. juncea* isoladamente no cultivo, sob manejo orgânico, de brócolos.

Destaque-se o desempenho agrônômico da cultura do repolho em sistema de plantio direto, que não diferiu do tratamento cujo solo recebeu preparo motomecanizado (Tabela 11). Este resultado mostra-se particularmente interessante porque revela o potencial de adoção desse sistema também no cultivo de hortaliças, em que o padrão de manejo é determinado pela intensa mecanização das operações de preparo e cultivo de solo, como demonstrado também por Skora-Neto (1998) e Silva (2002).

Os resultados relacionados ao desempenho do repolho em plantio direto, na palhada oriunda do milho consorciado à mucuna, semeada aos 15 DAG, ressaltam que a presença da leguminosa pode representar um ganho de até 200%, quando comparada ao plantio direto desta hortaliça na palhada da vegetação espontânea ou do milho. De maneira geral, as produtividades alcançadas estão em linha com a média nacional (FILGUEIRA, 2008), sendo que o repolho transplantado na palhada da mucuna semeada aos 15 DAG alcançou 98 Mg ha<sup>-1</sup>, bem acima da média nacional que é 50 Mg ha<sup>-1</sup>. Em parte, esse benefício é decorrente do aporte de N derivado da FBN, que pode alcançar 87% do conteúdo deste elemento na mucuna cinza (Capítulo II).

Torna-se importante salientar que, no caso de sistemas orgânicos de produção, o emprego de fertilizantes nitrogenados sintéticos concentrados não é permitido e, por isso, a sustentabilidade de tais agroecossistemas tropicais depende do adequado aproveitamento do processo de fixação biológica (ESPINDOLA et al., 2004).

**Tabela 12** Fitomassa seca (FS) e acúmulo de N da parte aérea do pré-cultivo, massa seca, teor e acúmulo de N no repolho, a partir dos pré-cultivos de Mucuna cinza consorciada ou não com milho em sistema plantio direto de repolho sob manejo orgânico, no estado do Mato Grosso do Sul, 2004/05.

Pré-cultivo	Pré-cultivo		Repolho		
	Fitomassa seca (Mg ha <sup>-1</sup> )	Acúmulo Kg ha <sup>-1</sup>	Massa seca Mg ha <sup>-1</sup>	Teor %	Acúmulo Kg ha <sup>-1</sup>
Vegetação espontânea (pousio)	8,25 B	127,00B	1,29B	2,34A	30,18B
Monocultivo milho	13,97 A	124,33B	2,50B	2,36A	59,00B
Monocultivo mucuna cinza	4,61 B	124,47B	3,11B	2,70A	83,97B
Milho x mucuna cinza (15 DAG) <sup>1</sup>	13,34 A	154,33A	5,74A	2,97A	170,47A
Milho x mucuna cinza (30 DAG)	12,65 A	123,97B	2,08B	2,91A	60,62B
Milho x M. cinza (45 DAG)	14,67 A	133,49B	2,80B	2,88A	80,64B
Milho x M. cinza (60 DAG)	14,19 A	124,87B	1,19B	2,76A	32,84B
Milho x M. cinza (75 DAG)	14,30 A	121,55B	1,77B	2,71A	47,96B
Cultivo com motomecanização do solo	-	-	1,61B	1,81B	29,14B
CV	22,94	21,19	35,32	33,76	32,57

<sup>1</sup>(DAG) Dias após a germinação do milho; <sup>2</sup>Somatório do peso médio (g planta<sup>-1</sup>) de cinco plantas amostradas na área experimental; <sup>3</sup>Médias seguidas da mesma letra maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Nesta ação experimental anterior, foi evidenciado alta capacidade de produção de fitomassa seca proporcionada tanto pelo monocultivo de milho quanto pelos consórcios. Todavia, nota-se que a presença da mucuna consorciada ao milho semeada aos 15 e 30 dias, após germinação do milho, prejudicou o desempenho produtivo do milho, ocasionando diminuição da produtividade na ordem de 37 e 28% ao comparar-se aos monocultivo de milho e demais épocas

de semeadura da mucuna consorciada ao milho. Este menor desempenho, em parte, pode ser explicado pela maior época vegetativa da mucuna semeada nos 15 e 30 dias, pois, devido ao hábito de crescimento prostrado desta espécie, ela utiliza o milho como tutor, entrelaçando-se ao mesmo, o que ocasiona diminuição da área fotossinteticamente ativa do milho, com isso prejudicando o seu desempenho produtivo. Contudo, Risso (2007) não observou competição desta leguminosa com o milho nas condições de Mata Atlântica do Rio de Janeiro. Pitol (1993) e Pereira (1987), em experimentos realizados com mucuna preta semeadas de 25 a 30 dias após a semeadura do milho, manejando o milho com a dobra da planta após maturação fisiológica das espigas, o aporte desta leguminosa correspondeu à aplicação de 50 kg ha<sup>-1</sup> a até 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio mineral nessa cultura, resultados similares também foram encontrados por Suhet e Ritchey (1987) e Burle et al. (1992). O que corrobora hipótese do ganho de produtividade pela maior quantidade de nutrientes, especialmente o nitrogênio, aportado quando utilizou-se esta leguminosa em consórcio.

### 3.2 Milho x *C. juncea* (Pré-cultivo)

Nota-se na Tabela 10 que as produtividades de fitomassa seca dos pré-cultivos do milho e da crotalária em monocultivo, bem como pelos dos consórcios destas espécies, não diferiram entre si e foram até três vezes maiores do que aquela obtida com a vegetação espontânea, evidenciando a alta capacidade de produção *in situ* de fitomassa proporcionada, tanto pelo milho quanto pela crotalária. Todavia, Perin (2004), em experimentos, nas condições da Zona da Mata Mineira, utilizando *C. juncea* e milheto consorciados, ou não, como pré-cultivo às culturas do milho e brócolos, encontrou diferenças significativas para produtividade de fitomassa, com destaque para a *C. juncea* em monocultivo. Resultados semelhantes foram encontrados por Pereira (2007), em estudos realizados nas condições médio serrana do estado do Rio de Janeiro.

Deve-se relatar que a presença da crotalária ao milho não prejudicou a produtividade de fitomassa total e nem a de grãos do milho. Todavia, a expectativa era que a *Crotalaria* manejada com roçada aos 75 dias, após a semeadura de ambas as espécies, acarretasse melhor rendimento de grãos de milho, a exemplo de Ribas et al. (2003b), que consorciou esta leguminosa com o manejo semelhante ao presente estudo, porém isto não foi observado. Em contrapartida, a adubação orgânica realizada também não proporcionou ganho de produtividade de milho quando comparada ao controle formado pelo monocultivo do milho sem adubação orgânica, considerando-se o nível de produtividade alcançado pelo tratamento controle. Pode-se postular que a ausência de resposta à adubação orgânica dos tratamentos controles ocorreu em decorrência do bom nível de fertilidade do solo da área experimental. Isto foi, possivelmente, decorrência do fato deste experimento ter sido implantado na mesma área do experimento relativo ao desempenho das leguminosas no período de primavera-verão (Capítulo I). Embora, no intervalo de tempo transcorrido entre as duas ações experimentais, ter sido conduzida uma lavoura de milho, esta estratégia não foi suficiente para eliminar o efeito residual da incorporação das leguminosas adubos verdes.

Risso (2007), em condições de Mata Atlântica, estudou o aporte de matéria seca por parte da crotalária quando consorciada com milho em diferentes arranjos espaciais, os resultados obtidos pelos consórcios, especialmente quando a crotalária sofreu dois cortes, estão em linha aos do presente estudo, porém superam aos resultados obtidos por Cesar (2004) e, todavia, são inferiores aos alcançados por Ribas et al. (2003b), em estudos conduzidos em região de Mata Atlântica do Rio de Janeiro.

Entretanto, a cultura do repolho apresentou desempenho otimizado após o monocultivo de crotalária, alcançando ganhos de produtividade da ordem de 89% e 200%, quando comparado respectivamente ao pré-cultivo isolado do milho e tratamento controle, no qual manteve-se a área em pousio. Nota-se que a crotalária proporcionou desempenho do repolho semelhante ao obtido quando o milho recebeu adubação de plantio e de cobertura, o que denota o benefício decorrente da adubação verde com esta leguminosa, comparável ao efeito residual originado da adubação orgânica equivalente a 150 Kg de N total contido no esterco bovino por ha<sup>-1</sup>. Resultados similares foram encontrados por Perin (2005), em estudos realizados para verificar a viabilidade da sucessão crotalária/milho/brócolo, utilizando 150 kg de N total ha<sup>-1</sup> no tratamento sem a presença da leguminosa, e detectou também que a presença da crotalária elevou o teor e acúmulo N nas folhas e inflorescência do brócolo; e por Pereira (2007) utilizando 200 kg ha<sup>-1</sup> de N oriundo da “cama” de aviário.

Em edafoclimática de Mata Atlântica do Rio de Janeiro, esta estratégia proporcionou expressivo ganho de rendimento da cultura do quiabeiro (RIBAS et al, 2003a), nas mesmas condições Oliveira (2001) e Pererira (2004) obtiveram bons desempenhos com repolho quando utilizou-se *C. juncea* como adubo verde; resultados similares também foram alcançados por Castro et al. (2003) com a berinjela. Posteriormente, considerando as condições do cerrado e o fato de a cultura econômica em consórcio ser o milho, cuja exigência fotossintética é alta, o que resulta elevada taxa de crescimento da cultura, a poda da crotalária (devido à competição do milho) proporcionou baixo aporte de fitomassa. Como a rebrota se deu em ambiente fortemente influenciado pelo sombreamento proporcionado pelo milho, isto acarretou baixa produção de fitomassa. Em consequência, esta estratégia não proporcionou ganho de rendimento do repolho e, ao contrário, acarretou na queda de 62% no desempenho desta hortaliça, quando comparada ao sistema de manejo conduzido apenas com roçada da crotalária.

A exemplo do experimento I, de maneira geral, as produtividades alcançadas estão em linha com a média nacional (FILGUEIRA, 2008), sendo que os melhores desempenhos foram alcançados quando o repolho foi transplantado na palhada crotalária em monocultivo, na palhada descrita no sistema de cultivo referente ao tratamento 4 e na presença de adubação (tratamentos 6 e 7) correspondente a 100 e 150 kg N ha<sup>-1</sup> (Tabela 10). Com o melhor desempenho chegando a 75 Mg ha<sup>-1</sup> 50% acima da média nacional, que é 50 Mg ha<sup>-1</sup>. Em parte, esse benefício é decorrente do aporte de N derivado da FBN, que no caso da *C.juncea* alcançou 84% do conteúdo deste elemento na sua parte aérea (Capítulo II). Comportamento similar foi observado por Pereira (2007), com 72% do N presente na parte aérea *C.juncea*, derivado do processo de FBN.

**Tabela 13** Produtividade do milho, diâmetro da cabeça e peso médio, produtividade do repolho a partir do consórcio milho x *C. juncea* como pré-cultivo do repolho em sistema plantio direto sob manejo orgânico, no estado do Mato Grosso do Sul, 2004/05.

Pré-cultivo	Milho		Repolho	
	Produtividade	Diâmetro	Peso médio	Produtividade <sup>2</sup>
	(Mg ha <sup>-1</sup> )	(cm)	(g planta <sup>-1</sup> )	Mg ha <sup>-1</sup>
Vegetação espontânea	-	9,47 B	519,37 B	24,73 B
Milho solteiro	5,88 NS	12,08 A	832,50 B	39,64 B
Monocultivo de <i>Crotalaria juncea</i>	-	16,61 A	1576,8 A	75,09 A
Milho x <i>C. juncea</i> roçada	5,28	13,32 A	1098,7 A	52,32 A
Milho x <i>C. juncea</i> podada e roçada	6,13	11,10 A	672,50 B	32,02 B
Milho com adubação de plantio	4,19	13,95 A	1253,7 A	59,70 A
Milho com adubação de plantio + cobertura	5,86	16,69 A	1412,5 A	67,26 A
Cultivo com motomecanização do solo	-	10,94 B	636,25 B	30,30 B
CV	15,04	19,36	49,21	45,21

<sup>1</sup>em cada coluna, médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, 5% de probabilidade. <sup>2</sup>Somatório do peso médio (g planta<sup>-1</sup>) de cinco plantas amostradas na área experimental. NS – não significativo pelo teste de Scott – Knott (p>0,05);

Avaliando a quantidade de N acumulada na parte aérea dos pré-cultivos e a partir dos teores de N nas “cabeças” de repolho, nota-se que as melhores produtividades desta cultura foi no sistema de cultivo roçando a mesma aos 75 DAS, que não diferiram dos tratamentos com adubação. Tal comportamento pode ser explicado, possivelmente, pelo maior aporte e posterior aproveitamento do N contido na palhada oriunda da roçada deste pré-cultivo. No Capítulo 1, estão descritos os resultados das taxas de decomposição da matéria seca e liberação de N *in situ* da *C. juncea*, que foi de, respectivamente, 24 e 27 dias (Tabelas 6 e 7), o que mostra a elevada taxa de decomposição e de liberação de N da palhada destas espécies. Perin (2005) constatou que a palhada da crotalaria conferiu maior liberação de nitrogênio, resultados semelhantes foram os observados por Carvalho e Sodrê Filho (2000b).

A imobilização de N no solo se dá quando falta N no sistema em decorrência de resíduos ricos em carbono, como o caso do milho (AITA et al. 2001; LARA CABEZAS et al., 2004; PERIN et al., 2004; SILVA, 2008). Pode-se inferir, no presente estudo, que, na presença da palhada de *C. juncea* e milho, as taxas de decomposição foram, possivelmente, mais lentas, o que, possivelmente, tenha permitido maior sincronia entre a liberação de N e a absorção deste nutriente pelas plantas de repolho, o que, em parte, permite explicar os melhores resultados alcançados, tanto do ponto de vista do desempenho produtivo do repolho quanto dos teores de N presentes nas “cabeças”. Em condições edafoclimáticas diferentes, Perin (2006) não encontrou diferença entre as taxas de decomposição do milheto e *C. juncea* em monocultivo ou consorciados, porém notou que o emprego da leguminosa conferiu maior massa seca de parte aérea por ocasião do plantio do milho em sucessão, em condições edafoclimáticas da zona da mata mineira.

**Tabela 14** Fitomassa seca (FS) e acúmulo de N da parte aérea do pré-cultivo, massa seca, teor e acúmulo de N no repolho, a partir dos pré-cultivos de *C. juncea* consorciada ou não com milho em sistema plantio direto de repolho sob manejo orgânico, no estado do Mato Grosso do Sul, 2004/05.

Pré-cultivo	Pré-cultivo		Repolho		
	Fitomassa seca (Mg ha <sup>-1</sup> )	Acúmulo Kg ha <sup>-1</sup>	Massa seca Mg ha <sup>-1</sup>	Teor %	Acúmulo Kg ha <sup>-1</sup>
Vegetação espontânea	4,8 B*	52,70D	1,54D	2,37B	36,498B
Milho solteiro	15,84 A	178,92C	2,31C	2,48B	57,288B
Monocultivo de <i>Crotalaria juncea</i>	11,69 A	312,12A	4,39A	3,34A	147,29A
Milho x <i>C. juncea</i> roçada	13,58 A	213,20B	3,07B	3,09A	94,863A
Milho x <i>C. juncea</i> podada e roçada	14,84 A	218,14B	1,83D	3,16A	57,828B
Milho com adubação de plantio	14,93 A	249,33B	3,51B	3,33A	116,883A
Milho com adubação de plantio + cobertura	15,24 A	269,74B	3,95A	3,56A	140,62A
Cultivo com motomecanização do solo	-	-	1,78D	2,18B	38,804B
CV	17,60	16,21	11,32	7,43	37,65

<sup>1</sup>em cada coluna, médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, 5% de probabilidade. <sup>2</sup>Somatório do peso médio (g planta<sup>-1</sup>) de cinco plantas amostradas na área experimental. NS – não significativo pelo teste de Scott – Knott (p>0,05);

A principal premissa deste trabalho está vinculada ao fato de, nas unidades de produção familiar, o agricultor, via de regra, não dispor de espaço físico, ou raciocinar que a manutenção de área de cultivo sob pousio, mesmo com uso de uma leguminosa adubo verde, impactará negativamente os custos momentâneos da unidade (GONÇALVES; CERETTA; BASSO, 2000; CASTRO et al., 2003; GUERRA; DE-POLLI; ALMEIDA, 2004). Por isso, justifica-se a necessidade de desenvolver sistemas de manejo no qual a adubação seja introduzida em áreas onde as culturas econômicas não sejam temporariamente suprimidas (KAGE, 1984). Nesse sentido, destaca-se que a introdução da crotalária consorciada ao milho e roçada aos 75 dias, após semeadura, além de não ter prejudicado o cultivo do próprio milho, proporcionou ganhos de produção e padrão comercial de repolho semelhante ao obtido com monocultivo da crotalária, o que denota a viabilidade agrônômica desta estratégia de manejo. A expectativa originada pela inclusão do manejo com poda da crotalária consorciada ao milho foi realizar dois ciclos de aporte de fitomassa, de forma a fornecê-la ao próprio milho (via poda) e beneficiar o cultivo em sucessão, no caso, o repolho, via rebrota da crotalária e posterior roçada ao final do ciclo de cultivo do milho. Contudo, os resultados alcançados apesar de estatisticamente serem inferiores ao do tratamento com crotalária consorciada ao milho manejada somente com roçada, este oferecem indícios de que esta estratégia seja promissora, tanto para o milho quanto para o repolho, Porém, implica em maior tempo de trabalho do agricultor.



## 4 CONCLUSÕES

O cultivo do repolho sob manejo orgânico, em sistema de plantio direto, obteve melhores produtividades quando cultivado sobre palhada do milho consorciado com mucuna cinza semeada aos quinze dias da germinação do milho, nas condições do cerrado do Mato Grosso do Sul.

*Crotalaria juncea* em monocultivo, bem como o milho consorciado com *Crotalaria juncea* roçada aos setenta e cinco dias, após semeadura e milho com adubação, mostraram-se viáveis como pré-cultivo melhorando a produtividade do repolho cultivado sob manejo orgânico, em sistema plantio direto, nas condições do cerrado do Mato Grosso do Sul.

O cultivo do repolho em sistema plantio direto, sob manejo orgânico, mostra-se promissor, principalmente quando utilizam-se as leguminosas mucuna cinza e *Crotalaria juncea* consorciadas, ou não, como pré-cultivo, nas condições do cerrado do Mato Grosso do Sul.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto no presente trabalho, pode-se destacar que a produtividade das leguminosas no manejo orgânico adotado, independentemente dos tratamentos, foi considerada satisfatória para as diferentes espécies estudadas, configurando-se, assim, em linha com os resultados encontrados na literatura, com destaque para crotalárias e guandu cv. fava larga, tendo como exceção as duas espécies de mucuna. As espécies de crotalária obtiveram maiores taxas iniciais de crescimento acarretando maior velocidade de cobertura do solo. Os melhores desempenhos na produção de sementes para a maioria das espécies foram alcançados quando as mesmas foram cultivadas no período de outono-inverno. Quanto à dinâmica de decomposição fitomassa seca e liberação de N, o comportamento foi diferente tanto para as espécies como para os diferentes órgãos da planta, sendo maior para folha do que para haste, permitindo deste modo a escolha da espécie em função do manejo a ser adotado e da época de cultivo da cultura de interesse econômico.

No que tange à fixação biológica de N, praticamente, não houve diferença entre as espécies, variando de 73 a 87% N derivado da FBN, com o guandu cv. fava larga, *C. ochroleuca* e *C. mucronata* acumulando as maiores quantidades de N derivado da FBN na parte aérea. Das sete espécies estudadas, foi possível determinar somente o valor B para *C. mucronata*, que foi de -3,69, o que leva à economia de custo e mão-de-obra para se estimar a FBN, além de torná-la mais precisa.

Com relação aos consórcios com crotalária e mucuna, o principal benefício esperado era o ganho de produtividade das culturas de interesse econômico em consórcio ou em sucessão. No entanto, as leguminosas consorciadas influíram positivamente na produção comercial do repolho, quando a crotalária foi roçada aos setenta e cinco dias, após a semeadura, e quando a mucuna cinza foi semeada aos quinze dias da germinação do milho. Isso deveu-se, muito provavelmente, ao aporte de nutrientes pela biomassa roçada, especialmente do nitrogênio via FBN e o efeito foi significativo mesmo considerando a razoável fertilidade do solo.

Abrem-se, desse modo, perspectivas para utilização destas leguminosas como adubo verde em condições do cerrado de Mato Grosso do Sul, com ajustes visando à melhoria do desempenho agrônômico. Porém, pesquisas devem continuar sendo conduzidas com a finalidade de definir a adaptação das espécies de leguminosas aos diferentes ecossistemas de cerrado, desse modo, buscando a sustentabilidade dos mesmos.

## 6 BIBLIOGRAFIA

- AITA, C. et al. Plantas de cobertura do solo como fonte de nitrogênio ao milho. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:157-165, 2001.
- ALVARENGA, R.C. et al. Plantas para cobertura do solo para sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, p. 25-36, 2001.
- ALVES, B.J.R. et al. Métodos de determinação do nitrogênio em solo e planta. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. (EE.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 449-469.
- BURLE, M.L. et al. **Legume green manures**: dry-season survival and the effect on succeeding maize crops. Raleigh: Tim McBride, 1992. (Bulletin, 92-04).
- BREMNER, J.M.; MULVANEY, C.S. Nitrogen total. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.A.; KEENEY, D.R. (EE). **Methods of soil Analysis**. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p. 595-624. (Agronomy, 9).
- CARVALHO, A.M. de. **Uso de plantas condicionadoras com incorporação e sem incorporação no solo**: composição química e decomposição dos resíduos vegetais; disponibilidade de fósforo e emissão de gases. 2005. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília. Brasília, 2005.
- CARVALHO, A.M. de; SODRÉ FILHO, J. **Uso de adubos verdes como cobertura do solo**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 2000b. (Embrapa-CPAC. Boletim de Pesquisa, 11).
- CASTRO, C.M. et al. Plantio direto e adubação de cobertura em berinjela com doses crescentes de nitrogênio orgânico. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 2003. Seção temática FN7. 1 CD-ROM
- CESAR, M.N.Z. Desempenho de duas cultivares de pimentão (*Capsicum annum* L.) em sistema orgânico de produção, submetida a desbaste de ramos e consorciadas com *Crotalaria juncea*. 2004. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia. Seropédica, 2004.
- COSTA, M.B.B. da (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS - PTA, 1993.
- DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A. Requisitos para a implantação e a manutenção do sistema plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT/Fecotrigro/Fundação ABC/Aldeia Norte, 1993.
- DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. (IAPAR. Circular, 7).

EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise química de solos**. Rio de Janeiro: SNLCS, 212 p, 1997.

ESPINDOLA, J.A.A. et al. Gestão do Nitrogênio em Sistemas Orgânicos de Produção Através da Adubação Verde. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria - RS, v. 29, p. 123-130, 2004.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2008.

GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.24, p.153-159, 2000.

GUERRA, J.G.M.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D.L. Managing carbon and nitrogen in tropical organic farming through green manuring. In: BADEJO, M.A.; TOGUN, A.O. (Orgs.). **Strategies and Tactics of sustentable in the tropcs**. Lagos: College Press, Ibadan and Emproct Consultants, 2004. v. 2, p. 125-140.

GUERRA, J.G.M. et al. Uso de plantas de cobertura na valorização de processos ecológicos em sistemas orgânicos de produção na região serrana fluminense. **Revista Agriculturas**, v. 4, p. 24/1-28, 2007.

HODTKE, M. et al. Nutritional status, grain yield and N – Balance of organically grown maize intercropped with green manure. In: FOGUELMAN, D.; WILLIE, L., (EE.). **Organic agriculture the credible solution for the XXIST Century**. Mar del Plata: IFOAM, 1999. p. 135-141.

KAGE, H. Prática de adubação verde na Alta Mogiana, em São Paulo e Minas Gerais. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p. 129-132.

LARA CABEZAS, W.R.L. et al. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ci. Rural**, 34:1005- 1013, 2004.

McVAY K.A.; RADCLIFF, D.E.; HARGROVE, W.L. Winter legume effects on soil proprieties and nitrogen fertilizer requeriments. **Soil Science Society American Journal**, v. 53, p. 1856-1862, 1989.

OLIVEIRA, F.L. de. **Manejo orgânico da cultura do repolho (Brassica oleracea var. capitata): Adubação orgânica, adubação verde e consorciação**. 2001. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2001.

PEREIRA, A.J. Produção de biomassa aérea e sementes de *Crotalaria juncea* a partir de diferentes densidades populacionais e épocas do ano. 2004. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2004.

\_\_\_\_\_. Caracterização agrônômica de espécies de *Crotalaria* L. em diferentes condições edafoclimáticas e contribuição da adubação verde com *C. juncea* no cultivo orgânico de brássicas

em sistema plantio direto. 2007. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2007.

PEREIRA, J.; BURLE, M. L.; RESCK, D. V. S. Adubos verdes e sua utilização no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO, 1992, Goiânia, GO. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 140-154.

PEREIRA, J. Efeito de adubo verde, restos culturais e associação de cultivos em um Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) de cerrados. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982-1985**, Planaltina, DF, P. 191-194, 1987.

PERIN, A. et al. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília - DF, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004.

PERIN, A. **Desempenho de milho e brócolos em sucessão a adubação verde**. 2005 Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2005.

PERIN, A. et al. Sunnhemp and millet as green manure for tropical maize production. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 63, p. 453-459, 2006.

PITOL, C. **Espécies vegetais para safrinha e inverno visando cobertura do solo**. Maracajú: Fundação MS, 1993. (Fundação MS. Informativo Técnico, 2).

RIBAS, R.G.T. et al. **Desempenho do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) consorciado com *Crotalaria juncea* sob manejo orgânico**. Seropédica: Agronomia/Departamento de Fitotecnia/Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia, 2003a. v.37, n.2.

RIBAS, R.G.T. et al. **Manejo da adubação verde com crotalaria no consórcio com quiabeiro sob manejo orgânico**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003b. (Embrapa Agrobiologia, Comunicado técnico, 59).

RISSO, I.A.M. Cultivo de batata-doce (*Ipomoea L.*) em sucessão ao milho (*Zea mays L.*) consorciado com leguminosas para adubação verde, sob manejo orgânico de produção. 2007. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2007.

SILVA, E.C. da et al. Utilização do nitrogênio da palha de milho e de adubos verdes pela cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2853-2861, 2008.

SILVA JÚNIOR, A.A. Efeitos da adubação mineral e orgânica em repolho. **Agropecuária Catarinense**, 4:53-56, 1991.

SILVA, V.V. Efeito do pré-cultivo de adubos verdes na produção orgânica de brócolos (*Brassica oleracea L. var. italica*) em sistema de plantio direto. 2002. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2002.

SILVA, V.V. et al. Produção de brócolis (/Brassica oleraceae /var. Itálica), em sistema de manejo orgânico, cultivado sobre palha de vegetação espontânea, leguminosa e gramínea. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DE SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria, RS. **Fertbio 2000**: biodinâmica do solo. Santa Maria: UFSM/SBCS/SBM, 2000. CD-ROM.

SKORA NETO, F. Manejo de plantas daninhas. In: IAPAR. **Plantio Direto**: pequena propriedade sustentável. Ponta Grossa, PR: IAPAR, 1998. p. 125-157. (IAPAR. Circular, 101).

SOUZA, J.L. **Agricultura Orgânica**. Vitória: EMCAPA, 1998.

SWIFT, M.J.; ANDERSON, J.M. Biodiversity and ecosystem function in agricultural systems. In: SCHULZE, E.D.; MOONEY, H.A. (EE.). **Biodiversity and ecosystems function**. Berlin: Springer Verlag, 1994. p.15-41.

SUHET, R.; BURLE, M.L.; PERES, J.R.R. Associação de adubos verdes com culturas comerciais nos cerrados. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1987-1990**, Planaltina, DF, p. 111-115, 1994.

SUHET, A.R.; RITCHEY, K. D. Níveis, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982-1985**, Planaltina, DF, p. 107-109, 1987.

\_\_\_\_\_. Nitrogênio. Relatório Técnico Annual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado 1985, Planaltina, DF. P. 107-109, 1987.

VARGAS, M.A.T. et al. Inoculação de leguminosas e manejo de adubos verdes. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (EE.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2.ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 97-127.

VIEIRA-VARGAS, M.S. et al. Quantification of the contribution of N<sub>2</sub> fixation to tropical forage legumes and transfer to associated grass. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 27, n. 9, p. 1193-1200, 1995.

## **ANEXOS**



**Figura 15** - “Litter bag’s” para aferição da taxa de decomposição das leguminosas, MS, 2005.





**Figura 16** - *Crotalaria juncea*, MS, 2005



**Figura 17** - *Crotalaria mucronata*, MS, 2005



**Figura 18** - *Crotalaria ochroleuca*, MS, 2005





**Figura 19** - *Crotalaria spectabilis*, MS, 2005



**Figura 20** - Feijão de porco, MS, 2005



**Figura 21** - Mucuna cinza, MS, 2005



**Figura 22** - Mucuna preta, MS, 2005





**Figura 23** - Aplicação  $^{15}\text{N}$  na microparcela 2,25 m<sup>2</sup>.

## APÊNDICE

**Tabela apêndice 1** - Abundância de  $^{15}\text{N}$  ( $\delta^{15}\text{N}$ ) de leguminosas e de plantas não fixadoras  $\text{N}_2$  e valor B das leguminosas cultivadas em condições do Cerrado de Mato Grosso do Sul, 2005.

<b>Espécie</b>	<b><math>\delta^{15}\text{N}^1</math></b>		<b>Valor B</b>	
<i>Crotalaria mucronata</i>	1,35	$\pm 0,25$	-3,69	$\pm 0,53$
Girassol	16,70	$\pm 2,99$	-	
Milho	17,89	$\pm 2,85$	-	
Braquiária	19,48	$\pm 0,73$	-	

<sup>1</sup>média de 4 repetições  $\pm$  erro padrão da média

**Tabela apêndice 2 -** Quadros de análise de variância dos experimentos conduzidos em Campo Grande-MS, com espécies de Leguminosas. Campo Grande – MS, 2005.

Fontes de Variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F Signif	
TRAT	10	1010.148	101.0148	10.156	0.00000
BOLCO	3	26.36809	8.789365	0.884	*****
Resíduo	30	298.3893	9.946308		
Fontes de Variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F Signif	
TRAT	10	36.34372	3.664372	8.227	0.00000
BOLCO	2	1.347402	0.4491339	1.008	0.40269
Resíduo	30	13.36547	0.4454157		
Fontes de Variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F Signif	
TRAT	10	375.1637	37.11937	4.678	0.00048
BOLCO	3	32.51847	10.866949	1.652	0.27640
Resíduo	30	240.5893	8.019645		
Fontes de Variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F Signif	
TRAT	10	391.9382	39.19382	3.534	0.00352
BOLCO	3	37.54219	12.51406	1.128	0.35334
Resíduo	30	3327417	11.09139		
Fontes de Variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F Signif	
TRAT	10	195.4281	19.54281	25.019	0.00000
BOLCO	3	2.997258	0.9990859	1.279	0.29941
Resíduo	30	23.43321	0.7811070		
Fontes de Variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F Signif	
TRAT	10	330.3424	33.03424	26.743	0.00000
BOLCO	3	49.13860	16.3795	13.260	*****
Resíduo	30	37.05737	1.235246		
Fontes de Variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F Signif	
TRAT	10	895.2600	895.2600	39.551	0.00000
BOLCO	3	49.44122	49.44122	7.281	*****
Resíduo	30	67.90670	67.90670		



**Tabela apêndice 3** - Quadros da análise de variância dos experimentos conduzidos em Campo Grande-MS, para determinar teor e acúmulo de nitrogênio de espécies de leguminosas. Campo Grande – MS, 2006.

Fontes de Variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F Signif	
TRAT	10	3.126776	0.3126776	7504.199	0.00000
Resíduo	33	0.1375012E-02	0.4166703E-04		
Fontes de Variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F Signif	
TRAT	10	14.08100	1.408100	83.993	0.00000
Resíduo	33	0.5532250	0.1676439E-01		
Fontes de Variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F Signif	
TRAT	10	45080.71	45080.71	*****	0.00000
Resíduo	33	0.6550000E-02	0.1984848E-03		
Fontes de Variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F Signif	
TRAT	10	53920.43	53920.43	117.056	0.00000
Resíduo	33	1520.107	1520.107		
Fontes de Variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F Signif	
TRAT	10	186609.5	18660.95	405.227	0.00000
Resíduo	33	1519.670	46.05061		

**Tabela apêndice 4** - Quadros da análise de variância dos experimentos conduzidos em Campo Grande-MS, para determinar FBN e valor B de sete espécies de leguminosas. Campo Grande – MS, 2006.

Fontes de Variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Signif
TRAT	6	85.41543	14.23591	9.895	0.00007
BOLCO	3	1.268393	0.4227977	0.294	*****
Resíduo	18	25.89542	1.438634		

Fontes de Variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Signif
TRAT	6	160.8776	26.81293	6.076	0.00128
BOLCO	3	4.349124	1.449708	0.329	*****
Resíduo	18	79.42652	4.412584		

Fontes de Variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Signif
TRAT	6	141.0849	23.51415	5.891	0.00152
BOLCO	3	3.556852	1.185617	0.297	*****
Resíduo	18	71.85375	3.991875		

**Tabela apêndice 5** - Quadros da análise de variância dos experimentos conduzidos em Campo Grande-MS, dos consórcios entre Milho – C. juncea e Milho – M. cinza como pré-cultivo de repolho sob manejo orgânico, 2006.

Fontes de Variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Signif
TRAT	7	381.8427	54.54896	11.903	0.00000
BOLCO	7	381.8427	54.54896	11.903	0.00000
Resíduo	21	96.23637	4.582684		

Fontes de Variação	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Signif
TRAT	5	5.284950	1.056990	12.345	0.00007
BOLCO	3	0.1521333	0.5071111E-01	0.592	*****
Resíduo	15	1.284317	0.8562111E-01		