

GIULLIANA MAIRANA MORAIS DE SOUSA

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA E DENSIDADES DE PLANTAS EM
CROTALÁRIA JUNCEA ANTECEDENDO ARROZ**

**MOSSORÓ - RN
2011**

GIULLIANA MAIRANA MORAIS DE SOUSA

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA E DENSIDADES DE PLANTAS EM
CROTALARIA JUNCEA ANTECEDENDO ARROZ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

ORIENTADOR:
Prof. Dr. NEYTON DE OLIVEIRA MIRANDA

MOSSORÓ - RN
2011

**Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação e
catalogação da Biblioteca “Orlando Teixeira” da UFERSA**

S729a Sousa, Giulliana Mairana Morais de.

Adubação orgânica e densidade de plantas em Crotalaria juncea
antecedendo arroz. / Giulliana Mairana Morais de Sousa. --
Mossoró, 2011.
48f.

Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo: Área de
concentração em Ciência do Solo) – Universidade
Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Pós-
Graduação.

Orientador: Prof. Dr. Neyton de Oliveira Miranda

1. Adubação verde. 2. *Crotalaria juncea* L. 3.
Leguminosas. 4. Solo - Manejo. I. Título.

CDD: 633.3

Bibliotecária: Vanessa Christiane Alves de Souza
CRB-15/452

GIULLIANA MAIRANA MORAIS DE SOUSA

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA E DENSIDADES DE PLANTAS EM
CROTALARIA JUNCEA ANTECEDENDO ARROZ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

APROVADA EM: 24 /01 /2011

Prof. Dr. Neyton de Oliveira Miranda - UFERSA
Orientador

Prof. Dr. Marcelo Tavares Gurgel - UFERSA
Conselheiro

Engº Agrº Dr. Edimar Teixeira Diniz Filho - SEAPAC
Conselheiro

Dedico esta dissertação primeiramente **Deus** e a tudo o que ele representa.

Dedico aos meus **pais e irmãos**, pelo apoio que nunca me faltou ao longo de toda minha vida.

Dedico ao meu namorado **Teófilo Vanomark**, o melhor companheiro do mundo, com quem sempre poderei contar.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, Senhor de todos os Senhores, Doutor de todos os Doutores, a quem me apego e o temo em todas as horas, responsável por todas as conquistas da minha vida;

Aos meus pais, Luiz Cordeiro de Sousa Neto e Maria do Céu Morais de Sousa, pelo amor, apoio, preocupação, confiança e incentivo para a minha realização profissional. A eles devo a pessoa que me tornei, sou extremamente feliz e tenho muito orgulho por chamá-los de pai e mãe;

Aos meus irmãos Luiz Cley, Júlio César e Juliano por servirem de modelo e pela preocupação constante com a minha pessoa;

Ao meu querido e amado namorado Teófilo Vanomark, que me incentiva e me faz acreditar que posso realizar todos os meus sonhos, e mesmo que eu não consiga, ele estará sempre comigo, obrigada meu amor;

Ao meu orientador, o professor Neyton Miranda, um exemplo de profissional, o qual realmente honra o título de ORIENTADOR. Obrigada por todos os conhecimentos repassados, pelo tempo dedicado ao meu trabalho e por ter me dado a chance de crescer profissionalmente;

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, pela oportunidade de ampliação de meus conhecimentos e pelos ensinamentos agronômicos prestados;

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pelos ensinamentos prestados;

A todos os meus colegas da Pós-graduação em Ciência do Solo, UFERSA, pela aprazível convivência durante o curso e apoio;

Aos amigos que me ajudaram a concluir esse trabalho, que atuaram como uma verdadeira equipe e não mediram esforços para a concretização desta dissertação em especial Gleidson, Alisson, Azevedo e Emanuel, o meu, muito obrigada;

À CAPES, pela concessão da bolsa de Mestrado;

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação profissional.

RESUMO

SOUSA, Giulliana Mairana Morais. **Adubação orgânica e densidades de plantas em crotalária juncea antecedendo arroz**. 2011. 48f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró - RN, 2011.

A adubação verde é a prática de se incorporar, ao solo, o tecido vegetal não decomposto, visando manter ou aumentar a fertilidade do solo. Uma das plantas mais utilizadas como adubo verde é a *Crotalaria juncea*, apresentando vantagens frente às outras leguminosas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de adubos orgânicos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento da *Crotalaria juncea*, acúmulo de nutrientes na parte aérea e no solo e produtividade de arroz. O experimento foi desenvolvido em área experimental da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial do tipo 4 x 3, com quatro repetições. Os fatores estudados foram três tipos de adubação (esterco de galinhas, húmus de minhoca e testemunha) e quatro espaçamentos entre plantas (10 x 10, 14 x 14, 17x 17 e 20 x 20 cm). Foram realizadas as seguintes determinações: massa verde e seca e teores de N, P e K da parte aérea da crotalaria; massa seca da raiz, pH, condutividade elétrica (CE), PST e teores de C, N, P, K, Na, Ca e Mg do solo após a decomposição da crotalária; além de componentes de produção do arroz (número de panículas em 10 plantas; massa de grãos chochos e massa de grãos cheios em 10 plantas; massa de 100 grãos cheios) . Os dados foram submetidos à análise de variância. Os resultados relacionados ao espaçamento foram submetidos à regressão linear e os dados relativos ao tipo de adubação foram submetidos ao teste de Duncan a 5% de probabilidade. A densidade de semeadura da *Crotalaria juncea* proporcionou efeito linear positivo sobre sua MVPA, MSPA e quantidades acumuladas por hectare de N, P e K na parte aérea, além de efeito linear negativo sobre a MSR. Os teores de nutrientes por planta não foram influenciados pelos espaçamentos e os tipos de adubo utilizados influenciaram apenas o teor de fósforo por planta. A utilização do esterco de galinha proporcionou os maiores valores de MVPA (24,55 t ha⁻¹), MSPA (5,89 t ha⁻¹) e MSR (20,23 g) da crotalária e os maiores valores das quantidades acumuladas por hectare de N (122,68 kg ha⁻¹), P (33,38 kg ha⁻¹) e K (78,00 kg ha⁻¹) na parte aérea. A densidade de plantas da crotalária não influenciou os componentes de produção do arroz, enquanto que os tipos de adubo influenciaram apenas a massa de grãos chochos.

Palavras-chave: adubação verde, *Crotalaria juncea* L., leguminosas, manejo do solo.

ABSTRACT

SOUSA, Giulliana Mairana Morais. **Organic manures and plant densities in crotalaria juncea preceding rice.** 2011. 48f. Dissertation (Master's degree in Soil Science) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró - RN, Brazil 2011.

Green manuring is the practice of incorporating undecomposed plant tissue to the soil, to maintain or increase soil fertility. One of the most used plants as green manure is *Crotalaria juncea*, with presents advantages compared to other legumes. This work was conducted with the objective of evaluating the effect of organic manures and plant densities on *Crotalaria juncea* growth, accumulation of nutrients in its shoots and in the soil, and also on rice yield. The trial was developed in an experimental area of Semiarid Federal Rural University, in Mossoró, RN, Brazil. Experimental design was a randomized blocks in a 4 x 3 factorial scheme, with four replications. Factors studied were organic manures (chicken manure, earthworm humus and control) and plant spacing (10 x 10, 14 x 14, 17x 17 and 20 x 20 cm). Determinations realized were: fresh and dry mass of shoot and root of crotalaria, shoot contents of N, P and K and soil pH, electrical conductivity (EC), PST and contents of C, N, P, K, Na, Ca and Mg after decomposition of crotalaria plants, and also rice production components (panicle number in 10 plants, grain weight in 10 plants; empty grain weight in 10 plants; mass of 100 grains). Data were submitted to variance analysis. The results related to the spacing were subjected to linear regression and data on the type of fertilization were subjected to Duncan test at 5% probability. Plant density of crotalaria provided a positive linear effect on shoot dry and green mass and per hectare accumulated amounts of N, P and K of shoot, and also a negative linear effect on root dry mass. Nutrient content per plant were not influenced by plant density and manure type, while manure type influenced only the P content per plant. Chicken manure provided the higher values of shoot fresh (24,55 t ha⁻¹), and dry mass (5,89 t ha⁻¹) and root dry mass (20,23 g) of crotalaria and the higher values of accumulated amounts per hectare of N(122,68 kg ha⁻¹), P (33,38 kg ha⁻¹) and K (78,00 kg ha⁻¹) on shoot. Plant density of crotalaria did not influenced rice production components, while manure type only influenced mass of empty grains.

Keywords: green manure, *Crotalaria juncea* L., soil management, legumes

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Caracterização química e frações granulométricas da área experimental antes do plantio de <i>Crotalaria Juncea</i> em Mossoró – RN. UFERSA, 2009.....	24
TABELA 2. Teores de N, P e K presentes no esterco de galinha e no húmus utilizados na adubação da <i>Crotalaria juncea</i>	26
TABELA 3. Análise de variância da massa verde e seca da parte aérea e de raízes da <i>Crotalaria juncea</i> . Mossoró, 2009.....	30
TABELA 4. Comparação entre médias de massa verde e seca da parte aérea e de raízes da <i>Crotalaria juncea</i> em função do espaçamento entre plantas. Mossoró, 2009.....	31
TABELA 5. Regressões lineares da massa verde e seca da parte aérea e de raízes da <i>Crotalaria juncea</i> em função do espaçamento entre plantas. Mossoró, 2009.....	32
TABELA 6. Comparação de médias da massa verde e seca da parte aérea e de raízes da <i>Crotalaria juncea</i> em função do tipo de adubo utilizado. Mossoró, 2009.....	32
TABELA 7. Análise de variância da massa seca da <i>Crotalaria juncea</i> , teores de nutrientes na parte aérea e quantidade total dos nutrientes por hectare. Mossoró, 2009.....	33
TABELA 8. Comparação entre médias da massa seca da <i>Crotalaria juncea</i> , teores de nutrientes na parte aérea e quantidade total dos nutrientes por hectare em função do espaçamento entre plantas. Mossoró, 2009.....	33
TABELA 9. Regressões lineares da massa seca e das quantidades totais de N, P e K da parte aérea da <i>Crotalaria juncea</i> em função do espaçamento entre plantas. Mossoró-RN, 2009.....	34
TABELA 10. Comparação entre médias da massa seca da <i>Crotalaria juncea</i> , teores de nutrientes na parte aérea e quantidade total dos nutrientes por hectare em função do tipo de adubo utilizado. Mossoró, 2009.....	35

TABELA 11. Análise de variância dos teores de alguns nutrientes no solo após incorporação de <i>Crotalaria juncea</i> . Mossoró, 2009.....	35
TABELA 12. Análise de variância dos teores de Na e C e dos valores de pH, CE e PST do solo após incorporação de <i>Crotalaria juncea</i> . Mossoró, 2009.....	36
TABELA 13. Comparação entre as médias das características químicas do solo estudadas em função do espaçamento entre plantas de <i>Crotalaria juncea</i> . Mossoró, 2009.....	36
TABELA 14. Comparação entre as médias das características químicas do solo estudadas em função dos adubos utilizados em <i>Crotalaria juncea</i> . Mossoró, 2009.....	37
TABELA 15. Análise de variância de componentes de produção do arroz BR IRGA 224 em sucessão a <i>Crotalaria juncea</i> . Mossoró, 2009.....	38
TABELA 16. Comparação entre as médias de componentes de produção do arroz BR IRGA 224 em função do espaçamento entre plantas de <i>Crotalaria juncea</i> . Mossoró, 2009.....	38
TABELA 17. Comparação entre as médias de componentes de produção do arroz BR IRGA 224 em função dos adubos utilizados em <i>Crotalaria juncea</i> . Mossoró, 2009.....	39

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Esquematização da área experimental localizada na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN.....	25
FIGURA 2. Fase de pleno florescimento da <i>Crotalaria juncea</i> , UFERSA, Mossoró/RN.....	26
FIGURA 3. Corte e trituração da <i>Crotalaria juncea</i> , UFERSA, Mossoró/RN.....	27
FIGURA 4. Parcelas do experimento após a incorporação da <i>Crotalaria juncea</i> na camada de 20 cm, UFERSA, Mossoró/RN.....	27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. ADUBAÇÃO VERDE	13
2.2. INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO VERDE SOBRE AS CULTURAS.....	15
2.3. ADUBAÇÃO ORGÂNICA COM ESTERCO DE GALINHA.....	16
2.4. ADUBAÇÃO ORGÂNICA COM HÚMUS DE MINHOCAS.....	18
2.5. O CULTIVO DA CROTALARIA JUNCIFOLIA.....	19
2.6. A CULTURA DO ARROZ.....	21
3. MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1. LOCALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS	24
3.2. DELINEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	25
3.3. IMPLANTAÇÃO DA CROTALARIA	26
3.4. ANÁLISES DE SOLO	28
3.5. IMPLANTAÇÃO DO ARROZ.....	28
3.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1. ESTUDO DOS EFEITOS NA FITOMASSA DA CROTALARIA.....	30
4.2. ESTUDO DOS EFEITOS NOS NUTRIENTES DO SOLO.....	35
4.3. ESTUDO DOS EFEITOS NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DO ARROZ.....	37
5. CONCLUSÕES	40
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1. INTRODUÇÃO

O modelo de agricultura convencional no Brasil caracteriza-se por acelerar a degradação dos solos, reduzir a produtividade das culturas e contribuir com o comprometimento do homem no campo. Nos últimos anos tem se observado tentativas de reverter a degradação do solo e recuperar sua capacidade produtiva, através de práticas baseadas em processos biológicos, aumentando a atividade da biota do solo e favorecendo o aumento da reciclagem de nutrientes.

O custo crescente dos insumos agrícolas também exige cada vez mais a adoção de métodos e técnicas de cultivo adequadas à produção das culturas anuais. De acordo com Wutke e Arévalo (2006), a formação de reservas de nutrientes para serem disponibilizadas para a cultura principal subsequente possibilita substituir, com vantagem econômica, parte da adubação mineral na cultura principal, sobretudo a nitrogenada.

Uma das práticas de manejo bastante utilizada é a adubação verde que, segundo Fageria e Santos (2007), é a prática de se incorporar, ao solo, o tecido vegetal não decomposto, visando manter ou aumentar a fertilidade do solo.

Adubação verde é uma prática que consiste no plantio de espécies nativas ou introduzidas, cultivadas em rotação ou consórcio com culturas de interesse econômico. Compreende o emprego de um conjunto de medidas estratégicas que possibilite o desenvolvimento racional e eficiente das condições da unidade produtiva, com o objetivo de promover um equilíbrio entre as exportações pelas culturas e a necessidade de reposição ao ambiente.

Muitos pesquisadores têm procurado identificar espécies vegetais, principalmente leguminosas, para a utilização como cobertura viva do solo, visando a adequação espacial e temporal dessas espécies com culturas econômicas. No entanto, ainda são poucos os estudos relacionados a produção do adubo verde em si, para observar a produção de fitomassa quando usamos diferentes formas de manejo, como por exemplo diferentes espaçamentos ou diferentes tipos de adubo.

De acordo com Silva e Menezes (2007) as leguminosas têm sido mais usadas como adubo verde devido à sua rusticidade, à elevada produção de matéria seca, ao sistema radicular profundo e à simbiose com bactérias fixadoras do N_2 atmosférico. As espécies de leguminosas mais utilizadas fixam, biologicamente, o nitrogênio, produzem grandes quantidades de matéria seca e têm concentração elevada de nutrientes na parte aérea, possuem sistema radicular profundo e ramificado e têm fácil decomposição.

Tais benefícios podem contribuir para maior estabilidade do sistema produtivo e culminar com menores custos de produção. Contudo, o desafio é avaliar o comportamento, adaptação, persistência, e exigência das leguminosas utilizadas para tal fim, bem como a adequação destas plantas nos cultivos econômicos, a fim de identificar espécies promissoras para utilização como cobertura viva do solo.

A *Crotalaria juncea* é uma das espécies de crescimento mais rápido e tem sido muito usada como adubo verde em rotação com diversas culturas e no enriquecimento do solo. Para isto, a incorporação das plantas ao solo pode ser feita após 8 a 10 semanas, por ocasião do florescimento, antes de possuírem sementes, caso contrário, podem se tornar invasoras. Essa espécie recebe destaque dentre as leguminosas, produzindo uma elevada quantidade de massa seca por área.

O arroz (*Oryza sativa* L.), dentre as culturas anuais, é a mais consumida no mundo, sendo dieta básica de mais de 50% da população mundial. A maior área e consumo de arroz estão no continente asiático, sendo a China e a Índia seus maiores produtores e consumidores. Segundo Freitas (2007) a maioria dos países produtores não dispõe de área agricultável necessária para expansão da produção, portanto, a maior demanda deve ser atendida pelo aumento da produtividade. Por isso a necessidade de se desenvolver práticas de manejo que venham a contribuir com a elevação da produtividade das culturas.

O Brasil é o nono produtor mundial, sendo sua produção realizada de duas maneiras ou dois ecossistemas, cultivo em várzeas (irrigado por alagamento) e em terras altas (sequeiro), cada um com diversos sistemas de plantio (POCOJESKI, 2007). O maior produtor de arroz do Brasil é o Rio Grande do sul, responsável por 58,9% da produção nacional.

Na região Nordeste do Brasil, o Estado do Maranhão é o maior produtor de arroz, respondendo por 56,62% da produção e o Rio grande do Norte é o menor produtor, com 0,26% da produção. Segundo a CONAB (2009), no Rio Grande do Norte o arroz é cultivado em áreas irrigadas e de vazantes, por necessitar de maior volume de água em relação às outras culturas. A maior produção de arroz do Rio Grande do Norte ocorre na região do Vale do Apodi, onde os agricultores contam com boas as perspectivas de mercado, já que a demanda pelo produto é crescente. Além disso, os produtores contam com o amparo governamental para a comercialização da produção, através das operações do Programa de Aquisição de Alimentos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de adubos orgânicos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento da *Crotalaria juncea*, acúmulo de nutrientes na parte aérea e no solo e produtividade do arroz.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. ADUBAÇÃO VERDE

Essa prática visa à sustentabilidade do solo agrícola (ALCÂNTARA et al., 2000), com o objetivo de diminuir a erosão e recuperar características físicas, químicas e biológicas do solo (NASCIMENTO et al., 2005).

Além da melhoria da fertilidade do solo, através do aporte de nutrientes via mineralização dos resíduos vegetais gerados por elevada adição de fitomassa, a palhada dos adubos verdes minimiza a perda de água por evaporação (MAROUELLI, SILVA e MADEIRA, 2006) e diminui a ocorrência de plantas invasoras (FONTANÉTTI et al., 2004), o que favorece o incremento da produtividade do sistema orgânico com uso de leguminosas para adubação verde.

A principal vantagem de espécies leguminosas na adubação verde é reduzir a aplicação de adubo nitrogenado, pois essas plantas aportam nitrogênio do ar ao solo, fixando-o por meio de simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* (SILVA, 2007). Para isto, as plantas devem ser incorporadas ao solo, de preferência após o florescimento e antes da frutificação, garantindo a adição de grande quantidade de material vegetal. Por outro lado, beneficiam o solo mantendo-o sob cobertura vegetal (viva ou morta) na maior parte do ano, prática de manejo mais recomendada para proteção e conservação do solo (ALVARENGA et al., 1995).

Quando se deseja aumentar o transporte de Ca e Mg e neutralizar a acidez da camada subsuperficial do solo, o resíduo deve ser manejado antes do florescimento, sem, no entanto, comprometer os efeitos pela redução na produção de matéria seca (ANDRADE NETO, 2007). Isto porque na época do florescimento o processo de maturação dos tecidos diminui o teor de substâncias orgânicas responsáveis pelo transporte de Ca e Mg e pela neutralização da acidez. A permanência dos resíduos vegetais na superfície do solo reduz a taxa de decomposição pelos microrganismos, permitindo que a existência destas substâncias orgânicas seja prolongada, aumentando os efeitos. Com a ocorrência das primeiras chuvas após o manejo dos resíduos, as substâncias orgânicas seriam solubilizadas e reagiriam com cátions e hidrogênio no solo. A menor movimentação de cátions polivalentes no perfil do solo no plantio convencional, em relação ao plantio direto, apesar da produção de mesma quantidade de resíduos vegetais, deve-se, principalmente, à maior taxa de decomposição dos resíduos com a incorporação.

Os efeitos promovidos pela adubação verde nas propriedades químicas do solo são bastante variáveis, dependendo de fatores como: espécie utilizada, manejo dado à biomassa, época de plantio e corte do adubo verde, tempo de permanência dos resíduos no solo, as

condições locais e a interação entre esses fatores (ALCÂNTARA et al., 2000). O manejo adequado de resíduos vegetais na agricultura aumenta a produtividade, reduz a utilização de insumos químicos e, sobretudo, diminui a contaminação ambiental (MIYAZAWA, PAVAN e FRANCHINI, 2000).

Em relação ao uso como planta de cobertura, Medrado (2002) destaca as características de: serem espécies que vegetem bem nas condições locais de clima e solo; ter sistema radicular eficiente na fixação do solo; ter área foliar suficientemente densa e porte baixo; não serem competitivas com a cultura principal e serem eficientes como adubo verde. Entre os benefícios do uso de coberturas verdes de inverno ou verão o autor destaca a diminuição da ação direta da chuva, escoamento superficial, lixiviação de nutrientes presentes no solo na forma solúvel, temperatura do solo, arraste de solo pelo vento, custos com adubação química e com controle de plantas daninhas; manutenção da temperatura e umidade favoráveis à atividade biológica e à conservação da matéria orgânica e fertilidade do solo; produção de matéria orgânica para incorporação ao solo, melhorando as condições físicas e estimulando processos químicos e biológicos e melhoria da estrutura e da capacidade de retenção da umidade dos solos. O potencial de espécies de adubos verdes no manejo integrado de invasoras gera ganhos de produtividade e economia de recursos (ERASMO et al., 2004; FONTANÉTTI et al., 2004).

A adubação verde também apresenta inconvenientes, como a ação de algumas espécies utilizadas favorecendo a predominância de certas espécies de plantas daninhas. Além disto, espécies de cobertura podem exercer efeitos alelopáticos não só sobre plantas daninhas como também sobre outras espécies úteis. Neste sentido, são necessários estudos sobre os graus de autocompatibilidade entre espécies para viabilizar o planejamento das seqüências por ocasião do planejamento de rotação de culturas (MEDRADO, 2002).

O efeito positivo da adubação verde sobre as propriedades químicas do solo decorre do aporte de quantidades expressivas de fitomassa, possibilitando elevação no teor de matéria orgânica ao longo dos anos, proporcionando aumento da capacidade de troca catiônica (CTC), o que traz maior retenção de nutrientes junto às partículas do solo e reduz perdas por lixiviação (KIEHL, 1985 apud ESPINDOLA et al., 1998). A diminuição na acidez do solo a partir da decomposição de resíduos vegetais ocorrer porque, durante a decomposição dos resíduos, são produzidos ácidos orgânicos capazes de complexar íons Al^{3+} presentes na solução do solo, reduzindo desta forma o alumínio tóxico (LIU e HUE, 1996 apud ESPINDOLA et al., 1998).

A utilização de adubos verdes proporciona algumas vantagens, frente a algumas inconveniências das monoculturas, tais como, o aumento da biodiversidade, menor incidência de pragas, exploração sustentável do solo e equilíbrio da atividade biológica (OSTERROTH, 2002). Mesmo assim, ela é pouco utilizada pelos agricultores, principalmente durante o verão,

pois para eles o cultivo de uma espécie de adubo verde não propicia retorno econômico imediato, ou seja, ocupa o espaço de outra cultura de renda (DOURADO, BENETOLI e BOLONHEZI, 2001). Isto ocorre em função do desconhecimento dos efeitos benéficos das plantas de cobertura nos sistemas de produção. Por outro lado, Skora Neto (1993) sugere que é desejável que a adubação verde seja considerada uma prática economicamente rentável.

2.2. INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO VERDE SOBRE AS CULTURAS

O estudo dos adubos verdes tem demonstrado um grande potencial na recuperação da produtividade do solo. Com a manutenção dos resíduos vegetais no solo, com ou sem incorporação, e as práticas de conservação do solo, favorecem-se a atividade microbiana e reduzem-se os impactos negativos na qualidade dos solos agrícolas (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002), proporcionando efeitos benéficos às culturas.

Um dos principais desafios está em se estabelecer um esquema de uso compatível das diferentes espécies com os sistemas de produção específicos de cada região, levando-se em consideração os aspectos ligados ao clima, solo, infra-estrutura da propriedade e condições sócio-econômicas do agricultor (CALEGARI et al., 1992). A utilização dessas plantas pode visar, além da conservação e/ou melhoria da fertilidade do solo, a própria produção de sementes como fonte de renda (BULISANI, 1992)

Em inhame, o cultivo consorciado com crotalária juncea promoveu maior altura nas plantas, além de controlar a queimadura de folhas pelo sol e a reinfestação pela vegetação espontânea. Em aveia-preta, a associação entre o consórcio com a leguminosa e o plantio direto na palhada de pré-cultivo reduziu a população de ervas espontâneas (OLIVEIRA, RIBEIRO e SILVA, 2004).

Em milho, a crotalária juncea cultivada na primavera proporcionou maior produtividade, comparada à área de pousio, em ano com precipitação normal, tanto em plantio direto, quanto no sistema de preparo convencional do solo; o cultivo de adubo verdes na primavera não influenciou a produtividade da soja em sucessão, nem quando deixados sobre o solo, em plantio direto, nem quando incorporados no sistema de preparo convencional (CARVALHO, SORATTO e ATHAYDE, 2004).

Em berinjela, o uso de leguminosas na adubação verde em pré-cultivo e consórcio contribuiu significativamente para o fornecimento de N à cultura. Neste caso, a quantidade de N introduzida pela fixação biológica foi suficiente para compensar o N exportado pela colheita de frutos (CASTRO, ALVES e ALMEIDA, 2004).

Em feijão, o tratamento com incorporação de mucuna-preta produziu praticamente o dobro de grãos em relação ao tratamento com incorporação apenas de palhada de milho. As maiores produtividades foram obtidas nos tratamentos com incorporação de mucuna-preta, lablab e milho + mucuna-preta semeada 100 dias após a semeadura do milho. A aplicação de 45 kg ha⁻¹ de N aumentou em 17,8% a produtividade média do feijoeiro (ARF et al., 1999).

Em estudo de sucessão de culturas e sua influência nas propriedades físicas do solo, Silva et al. (2008) concluíram que a *C. juncea*, milho + mucuna-preta, milho + braquiária e milho, independente do manejo do solo utilizado, constituem opções adequadas de sucessão de culturas, proporcionando satisfatória produção de massa seca e recobrimento do solo.

Em batata doce, estudando a influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção, Espíndola et al. (1998) verificaram que o pré-cultivo com crotalaria juncea ou mucuna-preta e a vegetação espontânea promoveram um aumento na taxa de colonização radicular da batata-doce e no número de propágulos infectivos de fungos MA indígenas, quando comparados com o tratamento sem vegetação; afirmam ainda que a maior produção de batata-doce (20 t ha⁻¹) foi obtida com cultivo prévio da mucuna-preta, que garante maior fornecimento de N e reciclagem de P e K.

Em algodoeiro, estudando a adubação verde e diferentes sistemas de preparo do solo, Carvalho, Soratto e Athayde (2004) afirmam que o sistema de manejo não interfere na produtividade e que o algodoeiro apresenta produtividade semelhante quando cultivado em sucessão a diferentes espécies de adubos verdes, no sistema de plantio direto e convencional de preparo do solo.

De acordo com Espinal (2008), a produtividade de grãos de arroz foi influenciada positivamente pela utilização da crotalaria quando comparada ao milheto e ao tratamento sem adubo verde.

A adubação verde e/ou incorporação de resíduos na cultura do arroz tem potencial para aumentar a matéria orgânica do solo, proporcionando simultaneamente altos rendimentos em grãos (AULAKH et al., 2001).

2.3. ADUBAÇÃO ORGÂNICA COM ESTERCO DE GALINHA

O adubo orgânico de origem animal mais conhecido é o esterco que é formado por excrementos sólidos e líquidos dos animais e pode estar misturado com restos vegetais. Sua composição é muito variada. São bons fornecedores de nutrientes, tendo o fósforo e o potássio

rapidamente disponível e o N fica na dependência da facilidade de degradação dos compostos (PREMUZIC et al., 2008).

O esterco é a fonte de matéria orgânica mais lembrada quando se fala em adubos orgânicos. É um dos recursos naturais que o agricultor tem a sua disposição e a sua utilização deve ser a mais otimizada possível. Há diferentes maneiras de utilizar o esterco e são as condições e a realidade de cada propriedade, solo e forma de cultivo que irão determinar qual a mais adequada a cada caso (WEINÄRTNER, ALDRIGHI e MEDEIROS, 2006).

Esterco de galinha é todo o excremento das galinhas, os quais, por sua riqueza são inteiramente aproveitáveis nas atividades agrícolas. A composição de esterco de galinha fresco: umidade 56%; fósforo (P_2O_5) 1,55%; nitrogênio 1,63%; potássio (K_2O) 0,80%; matéria orgânica, 22,50% (MALAVOLTA, PIMENTEL e ALCARDE, 1981).

A chave para uma gestão bem sucedida é combinar as exigências nutricionais da cultura com os nutrientes disponíveis no esterco. O valor de esterco de aves varia não só com a sua composição de nutrientes e disponibilidade, mas também com a gestão e custos de manipulação. A composição de nutrientes do esterco de aves varia com o tipo de ave, ração, proporção de palha nos excrementos, sistema de tratamento de chorume, e tipo de lixo. Exceto para o nitrogênio, a disponibilidade da maioria dos nutrientes em esterco de galinha é bastante consistente. O nitrogênio pode ocorrer em diversas formas, cada uma das quais pode ser perdida quando submetida a diferentes manejos e condições ambientais (ZUBLENA, BACKER e CARTER, 1997).

Por não produzirem urina, as aves, eliminando-a junto com as fezes, produzem esterco mais rico em nitrogênio que o de ruminantes ou suínos. O esterco proveniente de frangos e galinhas, de criações intensivas e alimentadas com ração, é rico em nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, mas é pobre em celulose. Por isso, sua decomposição é mais rápida, liberando em poucos dias a maior parte dos nutrientes. Essa liberação rápida gera consequências importantes para o manejo do esterco. Ao ser deixado para curtir, as perdas de nitrogênio para o ar podem ser muito grandes (SOUSA e REZENDE, 2003).

Muito rico em nitrogênio, o esterco de galinha é aplicado normalmente junto com a maravalha (cama) que é colocada para acomodar frangos em aviários. Este material quando bem curtido, apresenta-se bem farelado, escuro e frio, sem excesso de amônia. A madeira da maravalha se decompõe quase totalmente devido a grande quantidade de nitrogênio do esterco. Nem sempre este insumo está disponível ao agricultor e deve-se ter cuidado quanto à origem da madeira que compõe a cama (WEINÄRTNER, ALDRIGHI e MEDEIROS, 2006).

Lacerda e Silva (2007) concluíram em trabalho realizado com o objetivo de comparar a eficiência do plantio direto, preparo convencional e os efeitos residuais de esterco bovino e de

galinha na umidade do solo e no rendimento do algodão que o efeito residual do esterco de galinha foi o que proporcionou maiores aumentos no rendimento, tanto em plantio direto quanto em plantio convencional. Segundo Sousa e Rezende (2003) o efeito do esterco de aves é muito parecido com o da uréia porque tem efeito rápido, sendo, porém os que mais rápido desaparecem.

Fonseca (2005) afirma que o esterco de galinha, além do valor em macronutrientes, é rico em micronutrientes, dando excelentes condições de equilíbrio orgânico para o solo. Todavia, o supracitado autor relata que, quando se for usar esterco de galinha deve-se tomar o máximo de cuidado, pois deve ser considerado a sua capacidade de contaminação por bactérias e fungos, e quanto aos resíduos de inseticidas e desinfetantes utilizados na criação.

Após a análise e interpretação dos resultados decorrentes dos oito anos de experimentação com amendoim, Rodrigues Filho et al. (1996), concluíram que a utilização de mucuna preta como adubação verde promove maiores produções de amendoim em casca, com rendimentos representando um acréscimo de 64% em relação à semeadura contínua de amendoim, seguida por utilização de adubo orgânico (esterco de galinha). Também a prática da adubação orgânica modificou os teores de fósforo, cálcio e a saturação em bases.

Brito e Santos (2010) em trabalho sobre processo de decomposição e mineralização de matéria orgânica, concluíram que o único que apresentou diferença entre os demais foi o esterco de galinha ($p < 0,05$), apresentando média de $1,01 \text{ mg dm}^{-3}$ de fósforo orgânico no solo.

2.4. ADUBAÇÃO ORGÂNICA COM HÚMUS DE MINHOCAS

Geralmente, as minhocas são conhecidas por afofarem a terra e transformarem a matéria orgânica em “alimento” para as plantas. Esse alimento produzido pelas minhocas, com o auxílio de microrganismos, também é conhecido como húmus de minhoca (SCHIEDECK et al., 2009).

O húmus de minhoca é o produto final da ação combinada das minhocas e, também, da microflora e microfauna que vivem em seu trato intestinal, que transformam materiais orgânicos de origem animal e vegetal em compostos mais estabilizados quimicamente (BUSATO, 2008).

Esse adubo orgânico se apresenta em forma coloidal e pode influir em diversas propriedades físicas e químicas do solo, melhora a estrutura do solo, reduz a plasticidade e coesão, aumenta a capacidade de retenção de água, ameniza a variação da temperatura do solo, aumenta na capacidade de troca catiônica, aumenta o poder tampão, compostos orgânicos atuam como quelato, matéria orgânica em decomposição é fonte de nutriente (WEINÄRTNER, ALDRIGHI e MEDEIROS, 2006)

Segundo Santos e Lira Filho (2004), o húmus produzido por minhocas constitui-se de elementos químicos indispensáveis para a adubação equilibrada das plantas, enriquecendo a vida microbiana, melhorando a porosidade e aeração do solo e com isso, permitindo maior infiltração e retenção d'água. Por tais qualidades, o húmus substitui satisfatoriamente todos os adubos químicos utilizados na agricultura, contribuindo assim, para a produção de plantas fortes e saudáveis e, conseqüentemente uma boa alimentação humana.

De acordo com Busato (2008), a composição química equilibrada do húmus, em comparação com os resíduos não compostados, previne possíveis desequilíbrios nutricionais nas plantas. Experimentos mostram que o húmus estimula a alimentação mineral das plantas, o desenvolvimento radicular, diversos processos metabólicos, atividade respiratória, crescimento celular e a formação de flores em certas plantas (SOUSA e REZENDE, 2003)

A utilização de húmus de minhoca, ou vermicompostagem, é uma opção muito interessante para a agroindústria, pois permite o enriquecimento da matéria orgânica disponível, por meio do aumento na disponibilização de nutrientes, de forma economicamente viável e ambientalmente sustentável (BAKKER, 1994). Este adubo é em média 70% mais rico em nutrientes que os húmus convencionais. É rico em microrganismos, pH neutro, alta retenção de água e mineralização lenta (AQUINO, ALMEIDA e SILVA, 1992)

2.5. O CULTIVO DA *Crotalaria juncea*

A crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.) é originária da Índia, com ampla adaptação às regiões tropicais do mundo, mesmo em solos arenosos, soltos e com fertilidade diminuída, embora seja muito sensível ao alumínio do solo. Ela destaca-se entre as espécies da família das leguminosas que têm sido utilizadas para a finalidade de adubação verde, sendo planta de ciclo anual, arbustiva, de porte ereto e crescimento determinado, a qual atinge 2 a 3 metros de altura, alcança uma produtividade entre 40 a 60 toneladas de massa verde e 6 a 8 toneladas de massa seca por ciclo e fixa entre 180 e 300 kg ha⁻¹ de N, dos quais 60% ficam no solo, 30% vão para as plantas semeadas após a adubação verde e 10% se perdem do sistema solo-planta (FORMENTINI et al., 2008; LOPES, QUEIROZ e MOREIRA, 2005).

Segundo estes autores recomendam-se o plantio em espaçamento de 0,50 m entre linhas, com 22 a 27 sementes por metro linear e, apesar de ser uma planta frágil, quando nova, ela tem velocidade de crescimento muito rápida, o que a torna interessante para o controle de plantas infestantes e ideal para cultivo em áreas onde o período entre cultivos é curto (menos de 100

dias). Seu cultivo pode contribuir para o aumento de produtividade de culturas em rotação como o arroz, feijão, soja, milho, algodão, trigo, fumo e cana-de-açúcar, além do controle alelopático da tiririca (*Cyperus rotundus* L.). No Brasil, a espécie foi introduzida no início do século XX, como planta recuperadora de solo, sendo considerada eficiente em precocidade, na produção de massa incorporável e como fixadora de nitrogênio (SALGADO et al., 1980).

A *C. juncea* tem o florescimento induzido por comprimento do dia menor que 12 horas, caracterizando-se como planta de dias curtos. A produtividade de sementes está entre 500 e 1000 kg ha⁻¹, conforme a população de plantas, manejo e condições edafoclimáticas. Nas regiões Centro e Sul deve-se realizar a semeadura entre março e abril para se obter plantas mais baixas e facilitar a colheita de sementes (CALEGARI et al., 1992; WUTKE, BULISANI e MASCARENHAS, 1993).

Apesar de Camargo et al. (2008) terem citado algumas espécies de leguminosas que apresentam grande produção de massa vegetal, o que constitui num aspecto de grande importância para proteção do solo contra a erosão, Kiehl (1960) verificou que a *Crotalaria juncea* destacou-se na produção de massa fresca e verde, comparada ao feijão guandu, feijão de porco, mucuna preta, mucuna rajada e crotalaria paulina.

Lima et al. (2010) em trabalho para avaliar o efeito de densidades de semeadura através de dois espaçamentos (0,5 e 0,4 metros nas entrelinhas), no acúmulo de matéria seca e nutrientes de *Crotalaria juncea*, *Mucuna deeringiana* e *Cajanus cajan*, observaram que a crotalaria, independentemente da densidade de semeadura, foi a espécie mais eficiente na acumulação de matéria seca.

Perin et al. (2004) em trabalho onde foi avaliado os efeitos dos cultivos isolado e consorciado dos adubos verdes de verão crotalaria e milho na produção de fitomassa, concluíram que a crotalaria apresentou maior produção de fitomassa, que foi 108% maior que a da vegetação espontânea e 31% superior a do milho e no consórcio crotalaria + milho, a leguminosa contribuiu com 65% da massa de matéria seca total.

Silva e Menezes (2007) concluíram que a adubação verde com crotalaria elevou a quantidade de N mineral do solo no período inicial de cultivo, mas não foi capaz de elevar os teores de P e K disponíveis no solo.

O benefício da incorporação de *Crotalaria juncea* L. para o fornecimento de N gradativamente ao sistema foi evidenciando por Lange et al. (2009), em trabalho com trigo, usando o adubo verde e a uréia, os quais concluíram que após dois anos de cultivo, em torno de 26% do nitrogênio da uréia e 75% do nitrogênio da crotalaria aplicados no primeiro cultivo ainda se encontravam no solo,

2.6. A CULTURA DO ARROZ

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma gramínea anual classificada no grupo de plantas C3, adaptada a ambientes aquáticos (hidrófila), cujo processo evolutivo tem permitido sua adaptação às mais variadas condições ambientais. Aproximadamente 150 milhões de hectares são plantados anualmente no mundo e a produção atinge em torno de 600 milhões de toneladas, sendo que o sistema irrigado corresponde a 55% da área cultivada e contribui com 75% da produção total (FAIRHURST e DOBERMANN, 2002).

O arroz é um dos cereais mais cultivados no mundo, sendo alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas, especialmente na Ásia, onde se constitui na base alimentar da população. Bem antes de qualquer evidência histórica, o arroz foi, provavelmente, o principal alimento e a primeira planta cultivada na Ásia, sendo o sudeste desse continente apontado por historiadores e pesquisadores como o local de origem do arroz. As mais antigas referências ao arroz são encontradas na literatura chinesa, há cerca de 5.000 anos (EMBRAPA, 2008).

No Brasil são produzidos mais de 10 milhões de toneladas do arroz, que representam aproximadamente 5% do total de grãos produzidos (AZAMBUJA, VERNETTI e MAGALHÃES, 2004), sendo 68% desta produção oriunda do cultivo irrigado em várzeas (ecossistema várzeas) e 32% do cultivo de sequeiro. Dos 33 milhões de hectares de várzeas, com topografia e disponibilidade de água propícia à produção de alimentos, apenas 3,7% dessa área são utilizados para a orizicultura, sendo esta forma de cultivo tradicionalmente praticado na Região Sul, onde o Rio Grande do Sul (RS) o maior produtor brasileiro (CNPAP/EMBRAPA, 2007). O fato de que a maior parcela da produção de arroz no Brasil é proveniente do ecossistema várzeas, atuando como estabilizador da safra nacional, por não ser tão dependente das condições climáticas.

Na região Nordeste do Brasil, o Estado do Maranhão é o maior produtor de arroz, respondendo por 56,62% da produção e o Rio grande do Norte é o menor produtor, com 0,26% da produção. No Rio Grande do Norte o Município de Apodi é, individualmente, responsável por 80,66% da produção do Estado, com produtividade média de 3550 kg/ha, bem acima da produtividade do estado que é de 2502 kg/ha e pouco inferior a produtividade nacional de 3868 kg/ha. O arroz é a cultura principal da região do Vale do Apodi e a que mais ocupa a mão-de-obra local, em comparação com outras culturas.

Segundo a CONAB (2009), no Rio Grande do Norte o arroz é cultivado em áreas irrigadas e de vazantes, por necessitar de maior volume de água em relação às outras culturas., A área plantada no estado em 2008 foi de 2200 ha e a de 2009 de 2349 ha, enquanto que a produção de 2008 foi de 5402 toneladas e a de 2009 de 6505 toneladas. A maior produção de

arroz do Rio Grande do Norte ocorre na região do Vale do Apodi, onde os agricultores contam com boas perspectivas de mercado, já que a demanda pelo produto é crescente. Além disso, os produtores contam com o amparo governamental para a comercialização da produção, através das operações do Programa de Aquisição de Alimentos.

O arroz de sequeiro tem sido cultivado em áreas de renovação de pastagem (DUARTE et al., 1999) e na abertura de novas áreas, por causa da fácil implantação e desenvolvimento em solos pobres em nutrientes, em relação a outras culturas, como milho e soja (CRUSCIOL et al., 1999), sendo cultura bastante tolerante à acidez do solo (FAGERIA, 2000). Em sistemas de rotação de culturas, o arroz tem sido utilizado com soja, milho e trigo (MAUAD et al., 2004).

Segundo Marchezan (2002), entre os fatores de manejo da cultura que afetam a produtividade do arroz destacam-se: cultivares e qualidade de sementes, irrigação, época e densidade de semeadura, sistema de cultivo, controle de plantas daninhas, praga e doenças e adubação. A adubação em arroz irrigado é manejada conforme análise de solo, sistema de semeadura e expectativa de produtividade da cultura, sendo o fósforo (P) e o potássio (K) aplicados na semeadura, podendo-se, solos arenosos, parcelar o K com uma adubação de cobertura; a adubação nitrogenada é parcelada na semeadura e em cobertura e leva em conta também o teor de matéria orgânica do solo (CQFS, 2004). No arroz de sequeiro, o manejo da adubação é realizado do mesmo modo que para outras culturas de sequeiro, levando em conta a análise de solo e estimando-se a disponibilidade de nutrientes antes da semeadura (POCOJESKI, 2007).

O Nitrogênio (N) é o principal nutriente responsável pelo aumento dos componentes da produtividade do arroz (FAGERIA et al., 2003). A aplicação de N na fase vegetativa contribui para a formação de perfilhos e, portanto, para o número de panículas, sendo dependente da cultivar utilizada e da população de plantas (MARZARI, 2005). Devido à rápida transformação do N adicionado via fertilizante e às grandes perdas, principalmente, por volatilização e desnitrificação, a eficiência de recuperação do N pela cultura do arroz é considerada baixa, situando-se entre 20 e 40% do N adicionado (DE DATTA e BROADBENT, 1988). Raun e Johnson (1999) utilizaram a média de 33% de eficiência de recuperação do N para cereais em geral e calcularam que os 67% de N perdidos equivalem a um custo anual de, aproximadamente, US\$ 15,9 bilhões; isto sem levar em consideração o custo do dano ambiental provocado pelas perdas deste N. Desta forma, fica evidente a necessidade de aumentar a eficiência de recuperação do N pela cultura do arroz irrigado, buscando reduções nas perdas de N do solo e melhoria na sua absorção e assimilação pelas plantas (BREDEMEIER e MUNDSTOCK, 2000).

Escolher a cultivar adequada é extremamente importante para obter melhor aproveitamento dos nutrientes e altas produtividades da cultura, porque as cultivares modernas

de arroz são mais eficientes na absorção e utilização do N para produção de grãos, em comparação aos tradicionais. A capacidade da cultivar em acumular N na fase vegetativa e translocá-lo na fase reprodutiva, nos estádios de floração e enchimento de grãos, é o que determina o número de espiguetas férteis e a massa de grãos (FAGERIA, STONE e SANTOS 2003).

Assim, as práticas de manejo, como o uso de doses adequadas e a época apropriada de aplicação de nitrogênio em cobertura, juntamente com o controle adequado da água de irrigação, são fundamentais para o aumento da eficiência de recuperação e a produtividade da cultura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado na Universidade Federal Rural do Semi-árido, UFERSA, no município de Mossoró-RN, situado nas coordenadas geográficas 5° 11' de latitude Sul e 37° 20' de longitude Oeste. O clima, segundo a classificação de Koppen, é BSW_h' (muito seco, com estação de chuva no verão atrasando-se para o outono). A região, segundo Chagas (1997), apresenta temperatura média anual de 27,6°C, precipitação de 772,7mm, pressão atmosférica média anual de 757,1mmHg, com pequena amplitude anual devido a pequena variação anual da temperatura. A umidade relativa tem valor médio anual de 68,3%, os ventos predominantes são de nordeste e sudeste, com média anual de 3,9 m s⁻¹. Pela classificação de Thornthwaite, o clima é do tipo DdA'a', ou seja, “semi-árido, megatérmico, com pequeno ou nenhum excesso de água durante o ano. (CARMO FILHO e OLIVEIRA, 1989).

Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solos na camada de 0-20 cm de profundidade para caracterização química e física do solo da área experimental, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização química e frações granulométricas da área experimental antes do plantio de *Crotalaria Juncea L.* em Mossoró– RN. UFERSA, 2009

Características	Área Experimental
pH em água	6,22
CE (dS. m ⁻¹)	0,07
Ca (cmol _c dm ⁻³)	1,42
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,93
K (cmol _c dm ⁻³)	0,06
Na (cmol _c dm ⁻³)	0,02
P (mg dm ⁻³)	22,73
N (g kg ⁻¹)	0,27
Areia grossa (g kg ⁻¹)	620
Areia fina (g kg ⁻¹)	280
Areia (g kg ⁻¹)	900
Silte (g kg ⁻¹)	70
Argila (g kg ⁻¹)	30
Densidade de partícula (kg dm ⁻³)	2,59
Densidade aparente (kg dm ⁻³)	1,25
Porosidade total (%)	51,80

3.2. DELINEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

A área experimental era constituída por estrutura de alvenaria de 19,2 m², dividida em 48 parcelas de 0,4 x 1,0 m, conforme a Figura 1. O solo utilizado para preencher as parcelas foi retirado da camada superficial de um Argissolo Vermelho Amarelo.



Figura 1. Esquematização da área experimental localizada na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN.

O experimento foi desenvolvido em delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial do tipo 4 x 3, com quatro repetições, totalizando 48 parcelas. Os fatores estudados foram três tipos de adubação (esterco de galinhas, húmus de minhoca e sem adubação) e quatro espaçamentos entre plantas de *Crotalaria juncea* (10 x 10, 14 x 14, 17x 17 e 20 x 20 cm), totalizando 12 tratamentos.

Foram utilizados como adubo orgânico o esterco de galinha e o húmus de minhocas, por serem bastante usados na região. O esterco foi curtido, e tinha como procedência um assentamento familiar. Já o Húmus foi adquirido de uma empresa de produtos orgânicos localizada na região. Na Tabela 2 estão os teores de N, P e K encontrados no esterco de galinha e no húmus.

Tabela 2. Teores de N, P e K presentes no esterco de galinha e no húmus utilizados na adubação da *Crotalaria juncea*.

Adubo	N (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)
Esterco de galinha	9,19	1,85	3,04
Húmus	6,12	1,21	4,09

3.3. IMPLANTAÇÃO DA CROTALÁRIA

Os tratamentos foram aplicados nas 48 parcelas de 0,4 x 1,0 m. Antes do plantio, foi aplicado o adubo orgânico correspondente nas parcelas que seriam adubadas, ou seja, 1 kg de esterco em cada parcela que seria adubada com esterco, 1 kg de húmus por parcela, nas que seriam adubadas com húmus, e nenhum tipo de adubo nas parcelas destinadas a testemunha. No dia seguinte foi realizado o plantio colocando duas sementes de crotalária por cova; dez dias após o plantio foi realizado o replantio para cobrir as falhas e 20 dias após o plantio foi feito o desbaste deixando apenas uma planta por cova; a irrigação foi realizada manualmente durante o todo o ciclo da cultura, sendo colocados diariamente 2 litros de água por parcela, baseado em uma evapotranspiração média de 5 mm dia⁻¹ para o período. As capinas foram realizadas manualmente, sempre que necessário.

O corte da crotalaria foi realizado 49 dias após semeadura, quando atingiu a fase de pleno florescimento (Figura 2).



Figura 2. Fase de pleno florescimento da *Crotalaria juncea*, UFERSA, Mossoró/RN.

Nesta ocasião foi pesada a biomassa verde total (parte aérea e raiz) de cada parcela; a seguir foi escolhida uma planta que representasse as condições médias das plantas da parcela correspondente, a qual foi pesada e colocada para secar em estufa de circulação forçada a 65 °C por 72 h e, assim, estimou-se a massa seca da parte aérea e das raízes de cada parcela; o restante do material cortado foi incorporado ao solo, na parcela respectiva, na camada de 20 cm; após a secagem, a massa seca resultante foi passada em moinho tipo Wiley para, a seguir, serem determinados os teores de N, P e K segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). As Figuras 3 e 4 nos mostra o material sendo triturado e em seguida já incorporado ao solo na camada de 20 cm.



Figura 3. Corte e trituração da *Crotalaria juncea*, UFERSA, Mossoró/RN



Figura 4. Parcelas do experimento após a incorporação da *Crotalaria juncea* na camada de 20 cm, UFERSA, Mossoró/RN.

Um mês após a incorporação da crotalária ao solo foram realizadas coletas de solo de cada parcela, na camada de 0-20 cm, das quais foram determinados os teores de C, N, P, K, Na, Ca, Mg, acidez trocável, pH e CE segundo a metodologia de EMBRAPA (1997) no laboratório de Solos da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA.

3.4. ANÁLISES DE SOLO

As amostras de solo foram secas ao ar e passadas em peneiras de 2 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA) utilizada para as determinações químicas, conforme metodologia da EMBRAPA (1997).

O pH foi determinado pela medição da concentração efetiva de íons H^+ na solução do solo, eletronicamente, por meio de eletrodo combinado, imerso em suspensão solo: água na proporção de 1:2,5.

O Ca e o Mg trocáveis foram extraídos por KCl 1M, em conjunto com o Al trocável, titulando-se numa fração do extrato o alumínio com NaOH, na presença de azul de bromotimol como indicador.

A determinação do nitrogênio mineral total (nitrato mais amônio) foi realizada através da destilação por arrasto de vapores, que se baseia na transformação do nitrogênio da amostra em sulfato de amônio por meio da digestão com ácido sulfúrico e posterior destilação com liberação da amônia, que é fixada em solução ácida e titulada.

O fósforo foi extraído pela solução extratora Mehlich-1, também chamada de solução dupla ácida ou de Carolina do Norte, a qual é constituída por uma mistura de HCl 0,05 M e H_2SO_4 0,0125 M. A determinação foi obtida por leitura da densidade ótica no fotocolorímetro, utilizando filtro vermelho de comprimento de onda 660 nm.

O potássio foi determinado após ser deslocado das cargas negativas do solo por meio de uma solução de HCl 0,05 N; este deslocamento para a solução do solo é feito pelo íon H^+ , que passa então a ocupar as suas posições devido à concentração utilizada; posteriormente, a concentração de K^+ foi determinada através de fotometria de chama.

O sódio também foi determinado pela solução extratora Mehlich-1, levando a solução extratora, posteriormente, ao fotômetro de chamas para efetuar a leitura.

3.5. IMPLANTAÇÃO DO ARROZ

O plantio do arroz foi realizado 46 dias após a incorporação da crotalária nas parcelas. A variedade utilizada foi a BR IRGA 224. Antes do plantio foi feita a limpeza da área retirando

todas as plantas daninhas e logo após o solo foi nivelado. Em cada parcela foram abertos dois sulcos, distantes aproximadamente 20 cm um do outro, e foram colocadas, em média, 30 sementes por sulco. O desbaste foi realizado 37 dias após a semeadura, quando também foi feita a aplicação de nitrogênio equivalente a 30 kg ha⁻¹ utilizando-se uréia.

A irrigação manual foi realizada de maneira semelhante a da crotalária, aplicando-se 2,5 litros de água por parcela, diariamente, baseado em uma evapotranspiração média de 6 mm dia⁻¹ no período. O replantio foi realizado 12 dias após o dia da semeadura. Sempre que necessário foram realizadas capinas manuais para retirar as plantas indesejáveis.

A colheita do arroz foi feita 116 dias após a semeadura, onde foram contados o número de panículas em 10 plantas e determinados massa de grãos cheios de 10 panículas, massa de grãos chochos de 10 panículas e massa de 100 grãos cheios.

3.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo que, com os resultados relacionados aos espaçamentos foi realizada análise de regressão linear e, os dados relativos aos tipos de adubação foram submetidos ao teste de Duncan a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ESTUDO DOS EFEITOS NA FITOMASSA DA CROTALARIA

Os dados apresentados na Tabela 3 permitem verificar que os fatores espaçamento entre plantas e tipo de adubo apresentaram diferença significativa (teste F; $p < 0,05$) para as variáveis: Massa Verde da Planta (MVP) e Massa Seca da Parte Aérea (MSPA). No entanto, a interação entre os fatores não foi significativa. A Massa Seca de Raiz (MSR) foi influenciada significativamente apenas pelo espaçamento entre plantas ($p < 0,05$).

Tabela 3. Análise de variância da massa verde e seca da parte aérea e de raízes da *Crotalaria juncea*. Mossoró, 2009

Fonte de variação	GL ¹	Massa Verde Planta (t ha ⁻¹)	Massa Seca Parte Aérea (t ha ⁻¹)	Massa Seca Raiz (g)
Quadrados Médios				
Bloco	3	28,44 ^{ns}	1,55 ^{ns}	8,83 ^{ns}
Espaçamento	3	410,64 ^{**}	26,28 ^{**}	336,31 ^{**}
Adubo	2	147,60 ^{**}	12,01 ^{**}	59,95 ^{ns}
Espaçamento x Adubo	6	7,47 ^{ns}	0,48 ^{ns}	44,70 ^{ns}
Resíduo	33	12,52	0,73	21,27
CV(%)		16,70	17,34	25,38

¹GL = graus de liberdade; CV = coeficiente de variação; ^{ns} não significativo; ^{**} significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

A Tabela 4 contém as comparações entre médias de MVP, MSPA e MSR, em função do espaçamento entre plantas. Para a MVP e MSPA foi observado aumento significativo dos valores do maior para o menor espaçamento, ou seja, o incremento de massa foi diretamente proporcional à densidade de semeadura, apesar de não ter sido observada diferença significativa entre os dois maiores espaçamentos. A maior MSPA (6,93 t ha⁻¹) foi obtida para o menor espaçamento (10 x 10 cm), indicando que é melhor usar maior densidade de plantas para obter maior produção de massa seca da parte aérea da *Crotalaria juncea*.

Andrade Neto (2007) estudando os efeitos de adubos verdes nas propriedades químicas do solo, com o espaçamento de 50 cm entre linhas e 20 cm entre plantas, encontrou para a *crotalaria juncea*, valores de 13,90 t ha⁻¹ para massa fresca da parte aérea e de 3,53 t ha⁻¹ para massa seca da parte aérea, valores estes que se encontram abaixo dos encontrados nesse trabalho, em função, talvez, da menor densidade de plantio utilizada.

Já Lopes, Queiroz e Moreira (2005) encontraram valores de massa seca da ordem de 8,07 t ha⁻¹ utilizando o espaçamento de 50 cm entre sulcos de semeadura, mostrando que mesmo

utilizando densidade de semeadura menor, foi possível obter valores acima do encontrados nesse trabalho, utilizando densidades de semeadura bem maior.

Tabela 4. Comparação entre médias de massa verde e seca da parte aérea e de raízes da *Crotalaria juncea* em função do espaçamento entre plantas. Mossoró, 2009

Espaçamento	Massa Verde Planta (t ha ⁻¹)	Massa Seca Parte Aérea (t ha ⁻¹)	Massa Seca Raiz (g)
10 x 10 cm	28,85 A	6,93 A	11,94 B
14 x 14 cm	22,67 B	5,12 B	15,68 B
17 x 17 cm	16,87 C	3,92 C	23,28 A
20 x 20 cm	16,38 C	3,71 C	21,76 A

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Com relação à MSR (Tabela 4) o comportamento foi contrário, com aumento do menor para o maior espaçamento. Esse comportamento pode ter sido ocasionado pela maior competição entre plantas quando se utilizou maiores densidades de plantio. Mesmo assim, os espaçamentos de 10 x 10 e 14 x 14 cm não foram diferentes entre si, mas foram inferiores aos espaçamentos de 17 x 17 e 20 x 20 cm, que também não apresentaram diferenças entre si, tendo o espaçamento de 17 x 17 cm apresentado os maiores valores (Tabela 4).

Na Tabela 5 encontram-se os parâmetros das regressões lineares, no modelo $y = a + bx$, das variáveis estudadas em função do espaçamento entre plantas da *Crotalaria juncea*. Observa-se que todos os parâmetros das regressões foram significativos ($p < 0,01$), demonstrando aumento linear da MVP e MSPA com o aumento da densidade de semeadura. No entanto, a MSR apresentou diminuição linear com o aumento da densidade de semeadura.

O aumento linear positivo da biomassa verde e seca com a densidade de semeadura pode ter ocorrido pela ocorrência de um maior número de plantas por metro quadrado quando aumentávamos a densidade de plantio, resultando em maior produção de fitomassa da parte aérea, tanto verde como seca. Já a diminuição linear da MSR pode ter tido como causa a maior competição entre as plantas, à medida que o espaço ia diminuindo pelo aumento da densidade.

Em contra partida ao que foi observado nesse trabalho, Lima et al. (2010) observaram reduções na acumulação de matéria seca, com a elevação da densidade de semeadura, de 8,4%; 35,3%; e 5,0%, respectivamente, para crotalária, mucuna e guandu. Estas diferenças podem ser atribuídas à arquitetura das espécies, uma vez que a mucuna apresenta hábito rasteiro e folhas maiores e mais planas do que a crotalária e o guandu, fatores que podem favorecer o sombreamento dentro do dossel, em densidade populacional mais alta, resultando no baixo acúmulo de matéria seca.

Tabela 5. Regressões lineares da massa verde e seca da parte aérea e de raízes da *Crotalaria juncea* em função do espaçamento entre plantas. Mossoró, 2009

Variável	Constante (a)	Parâmetro (b)	R ²
Massa Verde da Planta	12,44**	0,42**	0,58
Massa Seca Parte Aérea	2,68**	0,11**	0,58
Massa Seca da Raiz	25,68**	-0,36**	0,42

** significativo a 1% de probabilidade.

As médias obtidas de MVP, MSPA e MSR (Tabela 6) apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) em função do adubo utilizado. O tratamento onde aplicou-se o esterco de galinha foi o mais eficiente por apresentar os maiores valores dos parâmetros estudados, diferindo estatisticamente do húmus e da testemunha, onde não foi usado nenhum tipo de adubo. Uma explicação para o esterco ter sido o tratamento mais eficiente, está no fato de que ele foi o que apresentou os maiores valores de dois, dos três, nutrientes analisados na análise química realizada para os adubos. A exceção foi a MSR, para a qual não houve diferença significativa entre o esterco e a testemunha. A adubação com o húmus não proporcionou diferença em relação à testemunha em nenhuma das variáveis estudadas.

Tabela 6. Comparação de médias da massa verde e seca da parte aérea e de raízes da *Crotalaria juncea* em função do tipo de adubo utilizado. Mossoró, 2009

Adubo	Massa Verde Planta (t ha ⁻¹)	Massa Seca Parte Aérea (t ha ⁻¹)	Massa Seca Raiz (g)
Húmus	18,64 B	4,23 B	16,39 B
Esterco	24,55 A	5,89 A	20,23 A
Testemunha	20,38 B	4,64 B	17,88 AB

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Observa-se na Tabela 7 a análise de variância da MSPA das plantas e dos teores de N, P e, K por planta de crotalária (g kg⁻¹) e quantidades acumuladas por hectare (kg ha⁻¹). A MSPA foi influenciada significativamente ($p < 0,01$) pelos espaçamentos e pelos adubos. No entanto, os teores de nutrientes por planta não foram influenciados pelos espaçamentos.

Desta maneira, foi o efeito significativo da maior densidade de plantas sobre a massa seca que proporcionou efeito significativo ($p < 0,01$) também sobre a quantidade acumulada por hectare dos três nutrientes na massa seca da crotalária.

Tabela 7. Análise de variância da massa seca da *Crotalaria juncea*, teores de nutrientes na parte aérea e quantidade total dos nutrientes por hectare. Mossoró, 2009

Fonte de variação	GL	MSPA (t ha ⁻¹)	Teor P (g kg ⁻¹)	P total (kg ha ⁻¹)	Teor K (g kg ⁻¹)	K total (kg ha ⁻¹)	Teor N (g kg ⁻¹)	N total (kg ha ⁻¹)
Quadrados Médios								
Bloco	3	1,55 ^{ns}	5,93 ^{ns}	50,79 ^{ns}	20,34 ^{ns}	1279,64 ^{**}	8,13 ^{ns}	233,10 ^{ns}
Espaçamento	3	26,28 ^{**}	5,65 ^{ns}	292,92 ^{**}	10,39 ^{ns}	5613,87 ^{**}	6,17 ^{ns}	9175,54 ^{**}
Adubo	2	12,01 ^{**}	14,92 ^{**}	1162,26 ^{**}	0,59 ^{ns}	1763,90 ^{**}	7,48 ^{ns}	6539,59 ^{**}
Espaçamento x adubo	6	0,48 ^{ns}	0,34 ^{ns}	48,80 ^{ns}	10,67 ^{ns}	324,50 ^{ns}	7,98 ^{ns}	341,08 ^{ns}
Resíduo	33	0,73	2,50	68,06	7,91	319,69	6,40	407,70
CV (%)		17,34	32,54	34,81	20,92	27,09	12,41	20,27

¹ CV = coeficiente de variação; MSPA = massa seca da parte aérea; GL = graus de liberdade; ^{ns} não significativo; ^{**} significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * significativo a 5% de probabilidade.

O tipo de adubo influenciou significativamente apenas o P, entre os teores de nutrientes por planta ($p < 0,01$) (Tabela 7), mostrando que esse nutriente podia estar menos disponível para as plantas que os outros nutrientes, sendo suprido quando se adicionou adubo orgânico, com teores significativos desse nutriente.

Quanto às quantidades acumuladas de nutrientes por hectare na massa seca da parte aérea, podem-se verificar efeitos significativos ($p < 0,01$) para os três nutrientes. Isto indica que, em geral, a acumulação de nutrientes por área foi mais influenciada pela maior ou menor produção de massa seca da crotalária.

Para a MSPA da crotalária podemos observar diferenças significativas entre as médias, para os diferentes espaçamentos (Tabela 8), podendo-se observar aumento da MSPA à medida que aumenta a densidade de plantas. Entretanto, os teores de N, P e K por planta de crotalária foram semelhantes, independentemente do espaçamento entre plantas.

Tabela 8. Comparação entre médias da massa seca da *Crotalaria juncea*, teores de nutrientes na parte aérea e quantidade total dos nutrientes por hectare em função do espaçamento entre plantas. Mossoró, 2009

Espaçamento	MSPA (t ha ⁻¹)	Teor P (g kg ⁻¹)	P total (kg ha ⁻¹)	Teor K (g kg ⁻¹)	K total (kg ha ⁻¹)	Teor N (g kg ⁻¹)	N total (kg ha ⁻¹)
10 x 10 cm	6,93 A	4,37 A	31,10 A	13,49 A	94,65 A	19,80 A	136,58 A
14 x 14 cm	5,12 B	4,18 A	21,60 B	14,06 A	70,41 B	20,38 A	104,96 B
17 x 17 cm	3,92 C	5,39 A	21,07 B	12,11 A	46,57 C	19,98 A	77,14 C
20 x 20 cm	3,71 C	5,52 A	21,04 B	14,11 A	52,38 C	21,40 A	79,78 C

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Quando se analisa as quantidades de nutrientes acumulada por hectare na massa seca da crotalária (Tabela 8), observam-se diferenças entre os espaçamentos. Para a quantidade de fósforo acumulada por hectare, a maior densidade de plantas (10 x 10 cm) foi a que apresentou o maior valor, 31,10 kg ha⁻¹, diferindo estatisticamente dos outros espaçamentos, os quais não

diferiram entre si.

Para as quantidades acumuladas por hectare de potássio e de nitrogênio na parte aérea da crotalária, a maior densidade também foi o tratamento que apresentou os maiores valores, que foram 94,65 e 136,58 kg ha⁻¹ para o potássio e o nitrogênio, respectivamente; seguido de 14 x 14 cm que apresentou 70,41 kg ha⁻¹ para o potássio e 104,96 kg ha⁻¹ para o nitrogênio.

Lima et al. (2010) observaram que independentemente da densidade de semeadura, a crotalária acumulou cerca de 16 t ha⁻¹ de matéria seca; 407 kg ha⁻¹ de N; 21 kg ha⁻¹ de P; e 160 kg ha⁻¹ de K. Ricci et al. (2005), trabalhando com a crotalaria, semeada em novembro, observaram produção de 15 t ha⁻¹ de matéria seca e a reciclagem de 444 kg ha⁻¹ de N; 21 kg ha⁻¹ de P; e 241 kg ha⁻¹ de K. Para os dois trabalhos podemos observar valores acima dos encontrados nesse trabalho, com exceção apenas para o P acumulado.

Os dados da Tabela 9 corroboram os resultados dos testes de médias apresentados na Tabela 4, apresentando efeitos lineares positivos para o aumento da densidade de plantas, com todos os parâmetros significativos (p<0,01) para MSPA da crotalária e quantidades acumuladas por hectare na parte aérea de Fósforo, Potássio e Nitrogênio. No entanto, deve-se observar que o coeficiente de determinação da regressão para fósforo (0,14) foi bem mais baixo do que os das outras regressões.

Tabela 9. Regressões lineares da massa seca e das quantidades totais de N, P e K da parte aérea da *Crotalaria juncea* em função do espaçamento entre plantas. Mossoró-RN, 2009

Variável	Constante ¹ (a)	Parâmetro (b)	R ²
Massa seca	2,68**	0,11**	0,58
Fósforo (kg ha ⁻¹)	16,56**	0,34**	0,14
Potássio (kg ha ⁻¹)	33,95**	1,54**	0,44
Nitrogênio (kg ha ⁻¹)	58,21**	2,00**	0,47

¹ O modelo utilizado foi $y = a + bx$

Os maiores valores de MSPA da crotalária e das quantidades acumuladas por hectare dos três nutrientes na parte aérea (Tabela 10) foram observados no tratamento que utilizou o esterco de galinha, que diferiu estatisticamente do húmus e da testemunha. As diferenças significativas entre tipos de adubos para massa seca por hectare da parte aérea da crotalária e para as quantidades acumuladas dos três nutrientes por hectare indicam que a maior quantidade de nutrientes por hectare foi mais relacionada à massa seca total do que ao fornecimento dos nutrientes pelos adubos. A exceção é o teor de fósforo por planta, o qual foi maior para o tratamento esterco de galinha, que não diferiu do húmus, indicando que, provavelmente, o fósforo estava menos disponível no solo do que os outros nutrientes e foi suprido pelos adubos, dos quais o esterco contava com os maiores teores.

Tabela 10. Comparação entre médias da massa seca da *Crotalaria juncea*, teores de nutrientes na parte aérea e quantidade total dos nutrientes por hectare em função do tipo de adubo utilizado. Mossoró, 2009

Adubo	MSPA (t ha ⁻¹)	Teor P (g kg ⁻¹)	P total (kg ha ⁻¹)	Teor K (g kg ⁻¹)	K total (kg ha ⁻¹)	Teor N (g kg ⁻¹)	N total (kg ha ⁻¹)
Húmus	4,23 B	4,97 AB	20,38 B	13,56 A	58,50 B	20,43 A	84,98 B
Esterco	5,89 A	5,77 A	33,38 A	13,22 A	78,00 A	21,06 A	122,68 A
Testemunha	4,64 B	3,85 B	17,34 B	13,55 A	61,50 B	19,69 A	91,19 B

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

4.2. ESTUDO DOS EFEITOS NOS NUTRIENTES DO SOLO

A análise de variância dos teores de N, P, K, Ca e Mg no solo após a incorporação da crotalaria está exposta na Tabela 11. O espaçamento entre plantas de crotalaria não apresentou efeito significativo para o teor de nenhum destes nutrientes no solo, após a incorporação. Os diferentes tipos de adubo exerceram efeitos significativos ($p < 0,01$) apenas sobre os teores no solo de potássio e cálcio. Também não foi constatado efeito da interação entre espaçamentos e tipos de adubo. O tempo de decomposição pode não ter sido suficiente para tornar os nutrientes disponíveis, por isso em geral não foi observada influências do espaçamento e do tipo de adubo para os teores desses nutrientes no solo.

Tabela 11. Análise de variância dos teores de alguns nutrientes no solo após incorporação de *Crotalaria juncea*. Mossoró, 2009

Fonte de variação	N	P	K	Ca	Mg
	Quadrados Médios				
Bloco	0,05*	5957 ^{ns}	536,69**	5,61**	0,06 ^{ns}
Espaçamento	0,02 ^{ns}	2739 ^{ns}	81,11 ^{ns}	1,44 ^{ns}	0,18 ^{ns}
Adubo	0,004 ^{ns}	62723 ^{ns}	2453,28**	8,77**	0,08 ^{ns}
Espaçamento x Adubo	0,02 ^{ns}	3330 ^{ns}	57,37 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Resíduo	0,01	5579	77,65	1,04	0,09
GLR ¹	29	30	33	31	30
CV(%)	42,40	50,66	11,66	37,25	38,43

¹GLR = graus de liberdade do resíduo; CV = coeficiente de variação; ^{ns} não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * significativo a 5% de probabilidade.

Na Tabela 12 observamos a análise da variância dos valores no solo de pH, CE, Na, PST e Carbono, onde se observa que os diferentes espaçamentos entre plantas de crotalaria também não proporcionaram efeito significativo sobre estes teores, provavelmente porque o período de 30 dias após incorporação não tenha sido suficiente para a decomposição dos restos vegetais da crotalaria.

Tabela 12. Análise de variância dos teores de Na e C e dos valores de pH, CE e PST do solo após incorporação de *Crotalaria juncea*. Mossoró, 2009

Fonte de variação	pH	CE	Na	PST	C
Quadrados Médios					
Bloco	1,15**	0,006**	35,08 ^{ns}	15,78**	0,95**
Espaçamento	0,11 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	31,90 ^{ns}	2,74 ^{ns}	0,22 ^{ns}
Adubo	0,50**	0,009**	352,73*	11,73**	0,48 ^{ns}
Espaçamento x Adubo	0,11 ^{ns}	0,0006**	40,34 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Resíduo	0,08	0,0007	94,47	1,10	0,21
GLR ¹	33	29	31	31	33
CV(%)	4,22	29,56	22,68	21,15	88,47

¹GLR = graus de liberdade do resíduo; CV = coeficiente de variação; ^{ns} não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * significativo a 5% de probabilidade.

Em relação ao efeito dos adubos (Tabela 12), apenas o teor de carbono no solo não apresentou diferenças significativas, isto pode estar relacionado ao alto coeficiente de variação para esta variável (88,47%). Quanto a pH, CE, Na e PST, foram observadas diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade. A interação densidade x adubo para a CE foi significativa ($p < 0,01$), indicando que, para esta característica, a influência de um dos fatores dependeu dos níveis do outro.

A Tabela 13 nos mostra a comparação das médias de características químicas do solo após a incorporação da crotalaria em função dos diferentes espaçamentos estudados. Em geral, não foram observados valores significativos das características estudadas, indicando que os trinta dias após a incorporação não foram suficientes para decomposição do material vegetal. Isto fica bem evidente quando se observa o coeficiente de variação do teor de carbono no solo. Também não se observa nenhuma tendência que indique o melhor espaçamento entre plantas para maior aporte de nutrientes ao solo.

Tabela 13. Comparação entre as médias das características químicas do solo estudadas em função do espaçamento entre plantas de *Crotalaria juncea*. Mossoró, 2009

Espaçamento	pH	CE	N	P	K	Ca	Mg	Na	PST	C
10 x 10 cm	6,80 a	0,09 a	0,24 a	156,11 a	77,12 a	2,34 a	0,87 a	44,49 a	5,36 a	0,37 a
14 x 14 cm	6,61 a	0,10 a	0,30 a	164,11 a	77,23 a	3,14 a	0,86 a	40,52 a	4,23 a	0,61 a
17 x 17 cm	6,70 a	0,08 a	0,35 a	141,49 a	71,73 a	2,34 a	0,85 a	43,29 a	5,22 a	0,45 a
20 x 20 cm	6,81 a	0,09 a	0,29 a	125,88 a	76,18 a	3,08 a	0,60 a	43,21 a	5,07 a	0,66 a

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Observa-se na tabela 14 a comparação das médias dos teores de nutrientes do solo após a colheita da crotalaria em função dos diferentes adubos utilizados no trabalho. Não foram observadas diferenças significativas para os valores de N, Mg e C. O esterco de galinha proporcionou os maiores valores de K e P, sem diferir do húmus. O húmus proporcionou os

maiores valores de CE, sem diferir do esterco, e de Na, sem diferir da testemunha. A testemunha apresentou os maiores valores de PST e de pH, sem diferir do húmus.

No trabalho realizado por Perin (2005), o acúmulo de P e Mg foi fortemente influenciado pela quantidade de matéria seca da crotalaria, ao passo que o acúmulo de N e Ca resultou tanto dos maiores teores quanto da maior produção de massa de matéria seca nos tratamentos com a leguminosa.

Silva e Menezes (2007), observaram que a incorporação de esterco e, ou, crotalaria teve influência significativa na dinâmica da disponibilidade de nutrientes no solo ao longo do ciclo de cultivo da batata, e concluíram que a adubação verde com crotalaria elevou a quantidade de N mineral do solo no período inicial de cultivo, mas não foi capaz de elevar os teores de P e K disponíveis no solo.

Tabela 14. Comparação entre as médias das características químicas do solo estudadas em função dos adubos utilizados em *Crotalaria juncea*. Mossoró, 2009.

Adubo	N	pH	K	CE	P	Na	PST	Ca	Mg	C
Húmus	0,32 a	6,83 a	78,51 b	0,11 a	179,50 a	47,22 a	4,58 b	3,56 a	0,74 a	0,72 a
Esterco	0,28 a	6,53 b	86,21 a	0,09 a	193,75 a	38,10 b	4,32 b	2,69 b	0,90 a	0,44 a
Testemunha	0,29 a	6,84 a	61,98 c	0,06 b	76,89 b	42,96 ab	6,00 a	2,10 b	0,76 a	0,41 a

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

4.3. ESTUDO DOS EFEITOS NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DO ARROZ

A análise da variância dos componentes de produção do arroz (Tabela 15), em geral, não apontou efeitos significativos dos fatores nem da interação entre eles. Na mesma tabela pode-se observar os coeficientes de variação de médios para altos, porém mesmo para massa de cem grãos não foi observado efeito significativo. No entanto, Pott e Feltrin (2008), em trabalho com tomateiro orgânico, observaram que a adição de fitomassa de leguminosas foi eficiente para aumentar a produtividade, o número de frutos por planta e a massa média de frutos. O efeito significativo ($p < 0,05$) do tipo de adubo sobre a massa de grãos chochos foi uma exceção.

Tabela 15. Análise de variância de componentes de produção do arroz BR IRGA 224 em sucessão a *Crotalaria juncea*. Mossoró, 2009

Fontes de variação	Nº panículas em dez plantas		Massa de Chochos em dez plantas		Massa de Cheios em dez plantas		Massa de cem grãos	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Bloco	3	13033,25**	3	0,95*	3	54,92*	3	0,05 ^{ns}
Espaçamento	3	265,29 ^{ns}	3	0,12 ^{ns}	3	12,88 ^{ns}	3	0,01 ^{ns}
Adubo	2	409,13 ^{ns}	2	1,03*	2	3,14 ^{ns}	2	0,04 ^{ns}
Espaçamento x Adubo	6	838,77 ^{ns}	6	0,20 ^{ns}	6	17,73 ^{ns}	6	0,02 ^{ns}
Resíduo	19	644,07 ^{ns}	19	0,28 ^{ns}	16	15,91	16	0,04
Total	33	-	33	-	30	-	30	-
CV(%)	39,69		76,18		28,59		9,99	

¹GL = graus de liberdade; QM =quadrado médio; CV = coeficiente de variação; ^{ns} não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

O efeito dos espaçamentos sobre os componentes de produtividade do arroz não foram significativos, mesmo assim, quando se compara as médias das diversas variáveis em função do espaçamento, o teste de Duncan aponta diferenças entre espaçamentos para o número de panículas em dez plantas (Tabela 16). O maior número de panículas por 10 plantas, ocorreu no espaçamento de 14 x 14 m, havendo tendência a diminuir com o aumento do espaçamento, ou seja, quanto maior o espaçamento, menor foi o número de panículas encontradas em 10 plantas. A exceção foi o menor espaçamento, que proporcionou o menor número de panículas.

Tabela 16. Comparação entre as médias de componentes de produção do arroz BR IRGA 224 em em função do espaçamento entre plantas de *Crotalaria juncea*. Mossoró, 2009

Espaçamentos	Nº panículas em dez plantas	Massa de Chochos em dez plantas (g)	Massa de Cheios em dez plantas (g)	Massa de cem grãos (g)
10 x 10 cm	43,83 B	0,96 A	11,00 A	1,95 A
14 x 14 cm	77,30 A	0,68 A	14,27 A	1,99 A
17 x 17 cm	55,13 AB	0,70 A	15,00 A	2,05 A
20 x 20 cm	69,70 AB	0,53 A	14,35 A	2,03 A

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

O efeito do tipo de adubo sobre os componentes de produção do arroz foram significativos apenas para a massa de grãos chochos, porém o teste de Duncan somente apontou diferenças entre médias do número de panículas (Tabela 17), para o qual a utilização de esterco de galinhas proporcionou o maior valor. Collier et al. (2006), concluíram em trabalho realizado sobre o manejo da adubação nitrogenada para o milho sob palhada de leguminosas em plantio direto que os tratamentos com resíduos de crotalaria estão associados a maiores produtividades de grãos, sugerindo uma economia comparativa de fertilizantes nitrogenados.

Cazzeta et al. (2008) em trabalho para avaliar o desempenho do arroz em sucessão a culturas de coberturas observaram que a massa de 100 grãos não foi influenciada pelas coberturas vegetais utilizadas anteriormente ao arroz.

Espinal (2008), estudando a adubação nitrogenada com uréia e adubos verdes na cultura do arroz, concluiu que a crotalaria proporciona maior produção de massa seca do arroz (grãos e palha) comparada ao milheto e sem uso de adubação nitrogenada e que o aproveitamento do N da crotalaria é superior ao N do milheto.

Tabela 17. Comparação entre as médias de componentes de produção do arroz BR IRGA 224 em função dos adubos utilizados em *Crotalaria juncea*. Mossoró, 2009

Adubo	Nº panículas em dez plantas	Massa de Chochos em dez plantas (g)	Massa de Cheios em dez plantas (g)	Massa de cem grãos (g)
Húmus	43,83 B	0,96 A	11,00 A	1,95 A
Esterco	77,30 A	0,68 A	14,27 A	1,99 A
Testemunha	55,13 AB	0,70 A	15,00 A	2,05 A

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

5. CONCLUSÕES

A densidade de semeadura proporcionou efeito linear positivo sobre: Massa Verde, Massa Seca e quantidades de N P K por hectare na parte aérea; efeito linear negativo sobre a massa seca da raiz;

Os teores de nutrientes por planta não foram influenciados pelos espaçamentos;

O tipo de adubo influenciou significativamente apenas o teor de fósforo por planta;

O esterco de galinha proporcionou maiores valores de Massa Verde, Massa Seca da Parte Aérea e Massa Seca da Raiz e quantidades acumuladas por hectare de N, P e K na parte aérea;

Os tipos de adubo exerceram efeitos significativos sobre o pH, a condutividade elétrica (CE), a PST e sobre os teores no solo de potássio, cálcio e sódio;

As densidades de plantas não influenciaram os componentes de produção do arroz;

O tipo de adubo utilizado influenciou apenas a massa de grãos chochos do arroz.

6. REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B. DE; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.2, p.277-288, 2000.
- ALVARENGA, R.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; RAZZI, A. J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, p. 175-185, 1995.
- ANDRADE NETO, R. C. **Efeitos de adubos verdes nas propriedades químicas do solo, crescimento e rendimento de sorgo**. 2007, 48 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2007.
- AQUINO, A. M; ALMEIDA, D. L e SILVA, V. F. **Utilização de minhocas na estabilização de resíduos orgânicos: Vermicompostagem**. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPBS, 1992. 12p. (Comunicado Técnico, 8).
- ARF, O.; SILVA, L. S.; BUZETTI, S.; ALVES, M. C.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F.; HERNANDEZ, F. B. T. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.11, p.2029-2036, 1999.
- AULAKH, M. S.; KHERA T. S.; DORAN, J. W. BRONSON, K. F. Managing crop residue with green manure, urea, and tillage in a rice-wheat rotation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.65, n.3, p.820-827, 2001.
- AZAMBUJA, I. H. V; VERNETTI JR., F. J e MAGALHÃES JR., A. M. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES Jr., A. M. de (Eds técnicos). **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- BAKKER, A. P. **Efeito do húmus de minhoca e da inoculação do fungo micorrízico arbuscular *glamus macro carpum* Tul. & Tul. Sobre o desenvolvimento de mudas de cajueiro anão pecoce**. 1994, 69f. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1994.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v.30, n.2, p.365-372, 2000.
- BRITO, S. S.; SANTOS, A.C.. Decomposição e mineralização de nutrientes em função da aplicação de diferentes fontes de matéria orgânica. **Biosfera**, v.6, n.10, 2010, 8p. Disponível em: <<http://conhecer.org.br/enciclop/2010b/decomposicao.pdf>>. Acesso em: 26 agosto 2010.

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

BUSATO, J. G. **Guia para adubação orgânica baseado na experiência com solos e resíduos do Norte Fluminense** / Jader Galba Busato e contribuições de Luciano Pasqualoto Canellas et. al. - Niterói : Programa Rio Rural, 2008. 28 f. (Manual Técnico, 14).

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

CAMARGO, M. S.; FOLTRAN, D. E.; ARÉVALO, R. A.; AMBROSANO, E. J.; SCHAMMASS, E. A. Produção de adubos verdes e ocorrência de plantas daninhas em área de plantio da cana-de-açúcar em Tietê, SP. In: Fertbio. **Desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental**, Londrina, 2008.

CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O. **Mossoró: um município do semi-árido nordestino. Características climáticas. aspectos florísticos**. Mossoró: Escola Superior de Agricultura de Mossoró, 1989, 62p. (Coleção Mossoroense, Série B, n.672).

CARVALHO, M. A. C.; SORATTO, R. P. e ATHAYDE, M. L. F. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, p.47-53, 2004.

CASTRO, C. M.; ALVES, B. J. R; e ALMEIDA, D. L. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.8, p.779-785, 2004.

CAZETTA, D. A.; ARF, O.; BUZETTI, S.; EUSTÁQUIO DE SÁ, M.; RODRIGUES, R. A. F. Desempenho do arroz de terras altas com a aplicação de doses de nitrogênio e em sucessão as culturas de cobertura do solo em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.471-479, 2008.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ARROZ E FEIJAO. CNPAF/EMBRAPA. Santo Antonio de Goiás. Disponível em <<http://www.cnpaf.embrapa.br/arroz/historia.htm>>. Acesso em: 9 jan. 2007.

CHAGAS, F. C. **Normais climatológicas para Mossoró-RN (1970-1996)**. 1997. 40f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica) ESAM, Mossoró-RN, 1997.

COLLIER, L. S.; CASTRO, D. V.; DIAS NETO, J. J.; BRITO, D. R.; RIBEIRO, P. A. A. Manejo da adubação nitrogenada para o milho sob palhada de leguminosas em plantio direto em Gurupi, TO. **Ciência Rural**, v.36, n.4, p.15-20, 2006.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBRS-NRS/EMBRAPA-CNPT, 2004, 400 p.

COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO. CONAB. Levantamento de safra – Rio Grande do Norte-setembro/2009. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/10_10_25_12_35_42_boletim_safra_setembro_2009.pdf. Acesso em 11 de novembro de 2010.

CRUSCIOL, C. A. C.; MACHADO, J. R.; ARF, O.; RODRIGUES, A. F. Matéria seca e absorção de nutrientes em função do espaçamento e da densidade de semeadura em arroz de terras altas. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.1, p.63-70, 1999.

DE DATTA, S. K.; BROADBENT, F. E. Methodology for evaluating nitrogen utilization efficiency by rice genotypes. **Agronomy Journal**, v.80, p.793-798, 1988.

DOURADO, M. C.; BENETOLI, T. R. e BOLONHEZI, A. C. Matéria seca e produção de grãos de *Crotalaria juncea* L. submetida à poda e adubação fosfatada. **Scientia Agrícola**, v.58, n.2, p.287-293, abr./jun. 2001.

DUARTE, A. P.; QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; FURLANI, P. R.; KANTHACK, R. A. D. Resposta de cultivares de arroz-desequeiro à calagem. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 353-361, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Informações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Estado do Tocantins: safra 2008/2009**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2008. 136p. (Documentos 227)

ERASMO, E. A. L.; AZEVEDO, W. R.; SARMENTO, R. A.; CUNHA, A. M.; GARCIA, S. L. R. Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo integrado de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 337-342, 2004.

ESPINAL, F. S. C. **Adubação nitrogenada com uréia e adubos verdes na cultura do arroz e efeito residual no feijoeiro**. 2008, 96f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba, 2008.

ESPINDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M.; SILVA, E. M. R.; SOUZA, F. A. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção da batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 24, n. 2, p. 339-347, 1998.

FAGERIA, N. K. Resposta de arroz de terras altas à correção de acidez em solo do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 2303-2307, 2000.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. Resposta do arroz irrigado à adubação verde e química no Estado de Tocantins. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 387-392, 2007.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. e SANTOS, A. B. **Manejo da Fertilidade do Solo para o Arroz Irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 250p.

FAIRHURST, T. H.; DOBERMANN, A. Rice in the global food supply. **Better Crops International**, v. 16, special supplement, 2002

FONSÊCA, A. C. O. **Viabilidade de substratos orgânicos e NPK na cultura do amendoimzeiro (*Arachis hypogaea* L.) em um Latossolo do Recôncavo Baiano**. 2005. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.

FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J.; MORAIS, A. R.; ALMEIDA, K.; DUARTE, W. F. Adubação verde no controle de plantas invasoras nas culturas de alface-americana e de repolho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 967-973, 2004.

FORMENTINI, E. A.; LÓSS, F. R.; BAYERL, M. P.; LOVATI, R. D.; BAPTISTA, E. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem**. Vitória, 2008, 27p.

FREITAS, T. F. S. **Densidade de semeadura e adubação nitrogenada em cobertura na época de semeadura tardia de arroz irrigado**. 2007. 83 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

KIEHL, E. J. **Contribuição ao estudo da poda e decomposição de adubos verdes**. 1960. 113f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Piracicaba: ESALQ, 1960.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. 492p.

LACERDA, N. B.; SILVA, J. R. C. Efeitos do manejo do solo e da adubação orgânica no rendimento do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.2, p.167-172, 2007.

LANGE, A.; BOLOGNA, I. R.; FARONI, C. E.; TRIVELIN, P. C. O. Aproveitamento pelo trigo do nitrogênio residual da crotalária (*Crotalaria juncea*) e da uréia aplicado ao solo em cultivo precedente. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1715-1720, 2009.

LIMA, D. J.; SAKAI, R. K.; ALDRIGHI, M.; SAKAI, M. Arranjo espacial, densidade e época de semeadura no acúmulo de matéria seca e nutrientes de três adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 531-540, 2010.

LOPES, H. M.; QUEIROZ, O. A. e MOREIRA, L. B. Características agronômicas e qualidade de sementes de crotalária (*Crotalaria juncea* L.) na maturação. **Revista Universidade Rural**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p.24-30, 2005.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL, G. F. e ALCARDE, J.C. **Adubos e Adubações**. Ceres, 1981. 83p.

MARCHEZAN, E. Aspectos práticos e desafios para altas produtividades na lavoura de arroz irrigado. In: **Arroz irrigado: uso intensivo e sustentável de várzeas**. Santa Maria: Aldeia Norte, 2002. p.5-18.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, H. R. e MADEIRA, N. R. Uso da água e produção de tomateiro para processamento em sistema de plantio direto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 41, n. 9, p. 1399-1404, 2006.

MARZARI, V. **Influência da população de plantas, doses de nitrogênio e controle de doenças na produção e qualidade de grãos e sementes de arroz irrigado**. 2005. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

MAUAD, M.; CRUSCIOL, C. A. C.; ALVAREZ, R. C.; SILVA, R. H. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes por cultivares de arroz de terras altas em resposta à Calagem. **Científica**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 178-184, 2004.

MEDRADO, M. J. S. **Uso de coberturas verdes de solo nas entrelinhas de erva-mate**. Colombo-PR: 2002. p.7. (Comunicado técnico 84)

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. e FRANCHINI, J. C. **Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais**. 2000. 8p. (Informações agronômicas nº 92, Encarte técnico)

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Ed. UFLA, 2002. 625p

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F.; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. F. Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um Luvissole. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 5, p. 825-831, 2005.

OLIVEIRA, F. L.; RIBEIRO, R. L. D. e SILVA, V. V. Desempenho do inhame (taro) em plantio direto e no consórcio com crotalária, sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 638-641, 2004.

OSTERROTH, M. von. Coquetel de adubos verdes. **Agroecologia Hoje**, Botucatu, n. 14, p. 25, 2002.

PERIN, A. **Desempenho de milho e brócolos em sucessão à adubação verde**. 2005, 86f. Tese (Doutorado em fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

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

POCOJESKI, E. **Estimativa do estado nutricional de arroz irrigado por alagamento**. 2007. 95f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Santa Maria, RS, 2007.

POTT, A. C.; FELTRIN, D. M. Adubação verde em tomateiro cultivado em sistema de agricultura orgânica. **Âmbiência Guarapuava**, v. 4, n. 2, p. 209-220, 2008.

PREMUSIC, Z.; BARGIELA, M.; GARCIA, A.; RENDINA, A.; IORIO, A. Calcium, iron, potassium, phosphorus and vitamin C content of organic and hydroponic tomatoes. **Hort Science**, v. 33, p. 255-257, Apr. 1998.

RAUN, W. R.; JOHNSON, G. V. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. **Agronomy Journal**. v. 91, n. 3, p. 357 - 363, 1999.

RICCI, M. S. F.; ALVES, B. J. R.; MIRANDA, S. C.; OLIVEIRA, F. F. Growth rate and nutritional status of an organic coffee cropping system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 2, p. 138-144, 2005.

RODRIGUES FILHO, F. S. O.; GERIN, M. A. N.; IGUE, T.; FEITOSA, C. T.; SANTOS, R. R. Adubação verde e orgânica para o cultivo do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Scientia Agrícola**, v. 53, n. 1. p. 88-93. 1996.

SALGADO, A. L. B.; AZZINI, A.; PIMENTEL, J. M.; POTASCHEFE JR., J. **Instruções para a cultura da *Crotalaria juncea*, visando à produção de fibras**. 2. ed. rev. e at. Campinas, Instituto Agronômico, 1980. 26p. (Boletim Prático, 198).

SANTOS, V. D.; LIRA FILHO, J. A. **A minhocultura na produção de adubo orgânico (húmus) no Semi-Árido paraibano**. In: II Encontro de Extensão da Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2004.

SCHIEDECK, G. et al. **Minhocultura: produção de húmus**, Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 52 p.: il. - (ABC da Agricultura Familiar, 24).

SILVA, D. M. E. **Influência dos sistemas de exploração agrícola convencional e orgânico em cana-de-açúcar**. 2007, 72f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SILVA, M. G.; ARF, O.; ALVES, M. C.; BUZETI, S. Sucessão de culturas e sua influência nas propriedades físicas do solo e na produtividade do feijoeiro de inverno irrigado, em diferentes sistemas de manejo do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 335-347, 2008.

SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*. II – Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, p. 51-61, 2007.

SKORA NETO, F. Controle de plantas daninhas através de coberturas verdes consorciadas com milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 10, p. 1165-1171, out, 1993.

SOUSA, J. L.; RESENDE, P. **Manual de Horticultura Orgânica**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 564p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p.

ZUBLENA, J. P.; BACKER, J. C.; CARTER, T. A. **Poultry manure as a fertilizer source**. North Carolina Cooperative Extension Service. 1997.

WEINÄRTNER, M. A.; ALDRIGHI, C. F. S. e MEDEIROS, C. A. B. **Práticas Agroecológicas: Adubação orgânica**, 20f, Pelotas, 2006.

WUTKE, E. B.; ARÉVALO, R. A. **Adubação verde com leguminosas no rendimento da cana-de-açúcar e no manejo de plantas infestantes**. Campinas: Instituto Agronômico, 2006. 28p.

WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A. **I Curso Sobre Adubação Verde no Instituto Agronômico. Campinas:** Instituto Agronômico de Campinas, 1993. 121p. (Documentos IAC nº 35).