



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUI – UESPI
CAMPUS PROF. ALEXANDRE ALVES DE OLIVEIRA
CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA**



JOHNSTON SILVA VIEIRA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO APÓS A INCORPORAÇÃO DE
PLANTAS USADAS COMO ADUBOS VERDES.**

**PARNAIBA – PI
MARÇO – 2014**

JOHNSTON SILVA VIEIRA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO APÓS A INCORPORAÇÃO DE
PLANTAS USADAS COMO ADUBOS VERDES.**

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual do Piauí, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof., D.Sc., Valdinar Bezerra dos Santos

**PARNAIBA – PI
MARÇO – 2014**

Dedico essa monografia aos meus pais pelo apoio incondicional desde meus primeiros passos até hoje.

AGRÁDECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo dom da vida e os outros dons a mim concedidos.

À Universidade Estadual do Piauí-UESPI, pela oportunidade de realização deste curso.

A Diretora Rosineide Candeia de Araujo pela força, incentivo, cuidados e carinho que teve por mim.

Aos Professores da Graduação pela contribuição na minha vida acadêmica e pessoal.

Ao Professor Dr. Valdinar Bezerra dos Santos pela orientação e confiança.

Aos Colegas da Uespi, Clelson Carvalho, Juliana Cardoso e Cláudio Filho, pelo apoio nas análises de laboratório.

Aos amigos Lana Fabiana, Thamires Alcântra, Ana Clara Andreta, Renata Aguiar, Paulo Vicente, Victor Galeno, Maykon Vinicius, Hugo Daniel Cruz Silva pela amizade verdadeira.

Aos amigos que ganhei durante essa trajetória na graduação, em especial ao nosso grupo dos trabalhos Antônio Bruno Bitencourt, Leidiane Almeida, Edineudo Mourão, Mairla Lacerda e Jádila Nathássia.

Aos meus irmãos Jackson Silva Vieira e Matheus Silva Vieira, e a minha prima-irmã Márihta Sabrinny.

“Quem acredita sempre alcança!” Renato Russo.

RESUMO

A agricultura desde o início era utilizada práticas conservacionistas a fim manter boas produtividades do solo ao longo dos tempos, porém com o advento da Revolução verde a qual proporcionou um grande aumento da produção de alimentos. Porém, com o tempo, observou-se que adubos químicos e agrotóxicos estavam prejudicando o meio-ambiente. Com intuito de minimizar esses impactos surgiram no século XX várias correntes de agricultura sustentáveis. A utilização do adubo verde no solo é uma prática vegetativa fornecedora de matéria orgânica e nutriente essencial às plantas, o que possibilita a diminuição da quantidade de fertilizantes químicos, e consequentemente reduz os gastos na produção. O objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos químicos do solo após a incorporação de biomassa vegetação espontânea e 6 plantas utilizadas como adubos verdes. O trabalho experimental foi realizado na Embrapa Meio Norte em Parnaíba (PI), no qual foram analisados o efeito da adição de 06 espécies usadas como adubação verde. As espécies usadas foram: guandu (*Cajanuscajan*), Mucuna-preta (*Stizolobiumaterrinus*), feijão de porco (*Canavalia ensiformes*), crotalaria juncea (*crotalaria juncea*), Caninha (*Sorghumsp*) e uma crotalaria nativa (espécie nativa). Como Controle do trabalho deixou-se uma parcela sob vegetação espontânea. Após 95 dias do plantio das espécies, as plantas foram roçadas e incorporadas ao solo. As coletas de amostras de solo para fins de análise química foram realizadas aos 20, 42 e 65 dias após a incorporação. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório Química da Universidade Estadual do Piauí e colocadas para secar ao ar e peneiradas para a realização das análises dos atributos químicos do solo onde foi determinado o Carbono Orgânico do solo, Cálcio, Magnésio, Alumínio trocável, Acidez potencial, pH, Fósforo e soma de bases. Com o trabalho a Vegetação espontânea e o Feijão de porco foram os tratamentos que mais contribuíram com os atributos químicos ao solo.

Palavras chaves: adubação verdes, fertilidade química do solo, vegetação espontânea, *Crotalaria Juncea*, *Mucuna aterrina*, *Crotalaria sp*, *Mucuna aterrima*, *Canavalia ensiformes*, *CajanusCajan*. *Sorghum sp*.

ABSTRACT

Since the beginning, the agriculture used conservational practices aiming to keep a soil good productivity through years, however, with the Green Revolution advent which provided a large increase in the food production. Even so, as times went on, it was observed that the chemical fertilizers and pesticides were damaging the environment. Aiming to minimize those aspects, in the 20th Century many streams of sustainable agriculture had appeared. The use of green fertilizers on the soil is a vegetarian practice which provides organic matter and essential nutrients to plants, which permits a decrease in the quality of chemical fertilizers and consequently reduces expenses in the production. The objective of this work was to evaluate the soil chemical attributes after the incorporation of spontaneous vegetation biomass and 6 plants used as green fertilizers. The experimental work was performed at Embrapa Meio Norte in Parnaíba (PI), in which were analyzed the effects of the addition of 06 species used as green manuring. The species used were: guandu (*Cajanuscajan*), Black-Mucuna (*Stizolobiumaterrinus*), pig bean (*Canavalia ensiformes*), crotalária juncea (*crotalária juncea*), Caninha (*Sorghumsp*) and one native crotolaria (native species). As work control a portion was left under the spontaneous vegetation. After 95 days of the species plantation, the plants were grazed and incorporated the soil. The sample collection of soil for chemical analysis matter was performed at 20, 42 and 65 days after the incorporation. The samples were sent to the Chemical Laboratory of the State University from Piauí and put to be dried under the air and sifted to perform the analysis of soil chemical attributes where it was determined the Organic Soil Carbon, Calcium, Magnesium, exchangeable Aluminum, potential Acidity, pH, phosphorus and bases sum. With the experiment, the spontaneous vegetation and the Pig Bean were the treatments which contributed with more chemical attributes to the soil.

Key-words: Green manuring. Chemical soil fertility. Spontaneous vegetation. *Crotalaria Juncea*. *Mucuna aterrina*. *Crotalaria SP*. *Mucuna aterrima*. *Canavalia ensiformes*. *CajanusCajan*. *Sorghum sp*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise inicial do solo.....	20
Tabela 2. Biomassa verde dos tratamentos	29
Tabela 3. Biomassa verde e seca das amostras	29
Tabela 4. Carbono orgânico	30
Tabela 5. O pH das coletas	31
Tabela 6. O pH dos tratamentos	32
Tabela 7. Acidez potencial das coletas	33
Tabela 8. Acidez potencial dos tratamentos	33
Tabela 9. Cálcio	34
Tabela 10. Magnésio	35
Tabela 11. Potássio	36
Tabela 12. Fósforo	37
Tabela 13. Soma de bases	38
Tabela 14. CTC a pH 7,0	40
Tabela 15. Alumínio das coletas	41
Tabela 16. Alumínio dos tratamentos	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de plantio	20
Figura 2. Guandu	21
Figura 3. Mucuna preta.....	21
Figura 4. Feijão de porco	22
Figura 5. Crotalaria juncea	22
Figura 6. Crotalaria nativa	22
Figura 7. Caninha	23
Figura 8. Vegetação espontânea	23

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1 História da Adubação verde	9
2.2 Vantagens da adubação verde	10
2.2.1 Químicas	11
2.2.2 Físicas	11
2.2.3 Biológicas.....	12
2.2.4 Efeitos alelopáticos.....	13
2.3 Formas de plantio e manejo da adubação verde	14
2.3.1 Adubação verde rotacionado	14
2.3.2 Plantio de adubos verdes consorciados.....	14
2.4 Espécies trabalhadas no experimento	15
2.4.1 Crotalaria juncea.....	15
2.4.2 Feijão de porco.....	16
2.4.3 Guandu.....	17
2.4.4 Mucuna preta.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Localização e caracterização da área em estudo	20
3.2 Análise química de fertilidade	24
3.2.1 Carbono orgânico	24
3.2.2 pH e acidez potencial.....	25
3.2.3 Alumínio Retocável.....	27
3.2.4 Cálcio e magnésio	27
3.2.5 Fósforo, potássio, sódio CTC a pH 7,0 e saturação por bases.....	28
3.3 Análises estatísticas	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1. Biomassa verde dos tratamentos, biomassa verde e seca das amostras	29
4.1.1 Biomassa verde do tratamento.....	29
4.1.2 Biomassa verde e seca da amostra.	29
4.2. Carbono Orgânico	30
4.3. pH e acidez potencial	31
4.3.1 pH.....	31

4.3.2 Acidez potencial	
4.4. Cálcio, Magnésio e Potássio.....	33
4.4.1 Cálcio	33
4.4.2 Magnésio.....	35
4.4.3 Potássio.....	36
4.5 Fósforo.....	37
4.6. Soma de bases e CTC a pH a 7,0.....	38
4.6.1 Soma de Bases (SB).....	38
4.6.2 CTC a pH 7 (T).....	39
4.7 Alumínio	40
5 CONCLUSÕES.....	42
6 REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

No planeta Terra, boa parte das reservas naturais está em processo de escassez, os quais devem ser preservados e manejados de maneira correta para que possam ser utilizados pelas gerações futuras. O solo como um destes recursos findáveis, também merece cuidados especiais para que possam ser utilizados por muito tempo sem perderem sua capacidade produtiva.

Desde os primórdios da civilização, a agricultura utilizava de práticas sustentáveis para a manutenção da fertilidade do solo, porém com o advento da descoberta da química agrícola, também denominada Revolução verde a qual proporcionou um grande aumento da produção de alimentos, as práticas milenares deixaram de ser utilizadas.

Porém, com o tempo, observou-se que adubos químicos e agrotóxicos estavam prejudicando o meio-ambiente, a fauna, a flora e até o ser humano, fazendo com que alguns produtores buscassem novas formas de produzir com menor dependência dessas tecnologias. Com intuito de minimizar esses impactos surgiram no século XX várias correntes de agricultura sustentáveis como a orgânica, a biológica, a biodinâmica entre outras.

O solo é de suma importância para a atividade agrícola, fornecendo sustentação, água e nutrientes para as culturas ali plantadas. Deve ser manejada corretamente para que suas características químicas, biológicas e físicas sejam preservadas a fim de manter boas produtividades.

Várias são as práticas ecológicas que ajudam a preservar a fertilidade do solo dentre elas a adubação verde é uma das mais benéficas, que consiste no emprego de plantas cultivadas ou da vegetação espontânea ali crescida, obtendo a manutenção e ou melhoria da fertilidade das terras agricultáveis, através da ciclagem de nutrientes, a fixação biológica do nitrogênio (pelas leguminosas), e da melhoria da estrutura do solo entre outros.

A maioria dos trabalhos científicos relacionados à adubação verde no Brasil foi realizada nas regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste, sendo escasso nas regiões Norte e Nordeste, o que dificulta sua utilização por parte dos produtores, pois não possuem recomendações concretas para suas regiões. No norte do estado do Piauí, nos Tabuleiros litorâneos, tem uma fruticultura orgânica bem característica, com

destaque para a acerola, porém os produtores em sua maioria necessitam de insumos externos como palhadas, esterco o que aumentam os custos e diminuem.

Diante do exposto, objetivo deste foi avaliar os atributos químicos do solo após a incorporação de biomassa de diversas plantas utilizadas como adubos verdes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 História da Adubação verde

O uso de adubos verdes como condicionadores que produzem efeitos benéficos ao solo era conhecido desde a antiguidade, anterior à Era Cristã, por diversas civilizações do antigo mundo como chineses, romano e grego. Os adubos verdes já eram utilizados como fertilizantes na China durante a dinastia Chou (1134-247 a.C.) (MIYASAKA, 1984 citado por AMABILE e CARVALHO, 2006). Um dos célebres discípulos de Sócrates, Xenofonte, também reconheceu a importância dessa prática na agricultura, onde em um dos seus manuscritos, disse que deveriam ser enterradas para que tivessem os mesmos efeitos do esterco (TIBAU, 1986 citado por AMABILE e CARVALHO, 2006).

Através dos tempos, apesar de sua notável contribuição para a agricultura, esta foi deixada de lado em determinados tempos. Porém, na Idade Média os europeus reavivaram sua relevância para a agricultura. Na Inglaterra a utilização de trevo-vermelho obteve êxito no século XVII. No século XIX, Lawson detalhou mais de cinquenta espécies com fins para adubação verde, contendo até forrageiras (AMABILE & CARVALHO, 2006).

No final do século XVIII, um dos primeiros trabalhos abordava a rotação de culturas com adubos verdes (aveia/trevo) nos Estados Unidos. Mais tarde no mesmo país, o governo incentivava a utilização dessa prática, o Departamento de agricultura de Washington além de prestar assistência técnica, estes davam as sementes para a difusão do conhecimento (AMABILE & CARVALHO, 2006).

Dutra na década de 20 foi um dos pioneiros a explicar sobre a utilização de adubos verdes no Brasil, o qual reconhecia o efeito melhorador dessa prática por solos, sendo que quanto mais pobre fosse o solo mais notável seria a eficácia destes. No estado de São Paulo, o Instituto Agrônomo de Campinas foi uma das primeiras instituições a desenvolverem pesquisas a cerca dessa prática. Neme, de 1934 a 1958, executou projetos com a finalidade de identificar quais eram as espécies de adubos verdes predominantemente usadas (AMABILE E CARVALHO, 2006).

Mesmo com todas as vantagens já conhecidas pela humanidade há milênios, com a chegada da revolução verde, houve um grande fomento para o uso de adubos químicos e as demais práticas deste novo pacote tecnológico, e a prática foi abandonada por muitos agricultores (FÁVERO, 1998).

Nos anos 80 a adubação verde foi resgatada, com intuito de controlar a erosão e de recuperar os solos desgastados pelo manejo intenso e inapropriado do solo, que sofriam com o ataque de nematoides, doenças e pela competição de plantas espontâneas. Na década de 90, a utilização da adubação verde foi ainda mais acentuada pelo incentivo à agricultura orgânica e familiar, nas quais obtiveram expressivos resultados em distinta situação agrícola no país, sendo também inserida em sistemas de plantio direto e de integração lavoura pecuária (TEODORO, 2010).

A utilização do adubo verde no solo é uma prática vegetativa fornecedora de matéria orgânica e nutriente essencial às plantas, o que possibilita a diminuição da quantidade de fertilizantes químicos, e conseqüentemente reduz os gastos na produção. "Os adubos verdes incorporam substâncias orgânicas ao solo, como exsudatos de raízes, biomassa radicular e foliar, ácidos orgânicos e diversas substâncias elaboradas, como aminoácidos e fitormônios" (DELARME LINDA et al., 2010).

2.2 Vantagens da adubação verde

A incorporação de tecnologias químicas e mecânicas permitiu o aumento da produção, porém as conseqüências da agricultura sobre o meio ambiente vieram à tona tornando-se objeto de grande discussão e preocupação em muitos países, em razão dos efeitos colaterais, sendo a degradação do meio ambiente a principal (SOUZA FILHO, 2001).

Portanto, algumas práticas agrícolas que preferem utilização de recursos internos da propriedade têm sido difundidas, dessa forma, recorrendo-se menos aos recursos externos (OLIVEIRA e PINHEIRO, 2010).

A adubação verde está relacionada com as melhorias química, física e biológica do solo, implicando de forma direta na redução dos custos de produção com insumos químicos, estando de acordo com a tendência mundial em busca de

alimentos mais saudáveis, provenientes da mínima utilização de insumos químicos e degradação do meio ambiente. (FERREIRA et al. 2012).

Segundo Von Osterrhot (2002) as espécies utilizadas como adubos verdes devem apresentar algumas características para melhor uso como: a produção de biomassa, cobertura do solo com velocidade e eficácia, ter alto poder de competição e inibição de ervas daninha, alta relação folha/colmo, enraizamento profundo, habilidade de solubilizar nutrientes e entre outras. Serão apresentadas algumas destas melhorias com mais detalhes no âmbito químico, biológico e físico:

2.2.1 Químicas

A adubação verde provoca adição de C ao solo que resultará em húmus; maior capacidade de troca catiônica efetiva do solo; menor acidez; aumento do P disponível pela ação combinada de fungos micorrizicos e exsudatos das raízes; complexação orgânica do alumínio e manganês quando em níveis tóxicos no solo; melhoria no desenvolvimento dos cultivos, aumentando a estabilidade nas produções ao longo dos anos; adição de N ao sistema, pela fixação biológica e a disponibilização de micronutrientes, fixados e indisponíveis devido ao seu uso excessivo de calagem e adubos químicos NPK (VON OSTERRROHT 2002).

O aumento do nitrogénio do solo pela fixação biológica dessas bactérias do género *Rhizobium* e *Bradrhizobium*, sendo que este será aproveitado pela cultura a seguir em torno de 40 % do que foi adicionado. Segundo Ferreira et al (2012) os adubos verdes também ajudam na redução da lixiviação dos nitratos para as camadas inferiores do solo.

2.2.2 Físicas

De acordo com Fachinello et al. (2003) a manutenção das propriedades físicas é de fundamental importância para o equilíbrio entre a cultura cultivada e o ambiente, sendo um elemento alicerce. As propriedades físicas do solo são

importantes para o crescimento da planta, e as mesmas estão frequentemente relacionadas (FERREIRA et al.,2012).

A agricultura moderna tem usado exaustivamente máquinas agrícolas para preparar o solo (grades e arados), porém estas prejudicam várias de formas. No aspecto físico, a redução da macroporosidade do solo provocado principalmente pela compactação causada pelo tráfego destas máquinas afeta o desenvolvimento radicular das plantas que encontram uma resistência maior a penetração destas, sendo a adubação verde uma prática eficaz para atenuar estes efeitos (MINATEL et al., 2006).

Segundo Von Osterroht (2002), inúmeras são as vantagens da adubação verde nas propriedades físicas do solo tais como: proteção do solo das ações erosivas da chuva preservando assim sua estrutura e também dos raios solares fazendo assim a manutenção da estabilidade da temperatura do solo; melhoria da estrutura e dos agregados do solo beneficiando diretamente a infiltração de água e ar no solo; melhor retenção de água devido ao aumento da porosidade; eliminação das camadas compactadas do solo devido à ação das raízes que na maioria das vezes são pivotantes (CARVALHO et al,1999).

2.2.3 Biológicas

Segundo Carvalho et al (1999), a adubação verde aumenta a atividade biológica do solo com o aumento das populações da macrofauna, mesofauna e micorrizas que contribuem significativamente para inúmeros processos, em virtude da matéria orgânica aportada (FILSER, 1995; KIRCHER et al., 1993).

Esta matéria orgânica adicionada pela adubação verde influencia diretamente os microrganismos que são supridos por sua constituição orgânica e inorgânica fundamentais ao seu crescimento, criando, como consequência da biomassa verde incorporada, um maior acréscimo de alguns organismos microbianos, como por exemplo, as micorrizas, minhocas e outros (SILVA, 2007).

Segundo Coleman et al. (2004), a biota do solo influi na manutenção da fertilidade do solo, sendo considerada vital para a mesma, pois os microrganismos atuam na maioria de processos do solo, entre os quais destacam-se a

disponibilidade e retenção de nutriente, decomposição de materiais orgânicos, acúmulo da matéria orgânica e estabilização de agregados do solo. Os organismos são beneficiados pelas condições ali criadas pela cobertura vegetal, nas quais há poucas variações térmicas e de umidade; Alguns desses micro-organismos são decompositores de matéria orgânica do solo, atuando na mineralização de nutrientes absorvidos pelas raízes das plantas.

Von Osterroht (2002), afirma que a palhada na superfície do solo, aumenta o teor de fósforo, o que contribui diretamente para a Fixação biológica de nitrogênio visto que esse elemento é muito importante nesse processo. Também ajudam no controle preventivo de doenças radiculares e pragas do solo, como no caso dos nematoides das galhas como o *Meloidejavanica* e a *M. incógnita* (SILVA, 2012).

De acordo com Barradas (2010), devido ao desenvolvimento radicular superficial, as gramíneas, favorecem a atividade da microbiológica do solo, que exerce forte competição com vários fitopatógenos, na qual suas cepas conseguem sobreviver no solo.

Santos et al (2007) observaram que o solo da rizosfera de Mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*) na presença do herbicida trifloxysulfuron-sodium se apresentou com maior atividade biológica, evidenciada pelo maior desprendimento de CO₂. E sendo esta microbiota da rizosfera importante para a descontaminação do solo e diminuindo o efeito sobre o plantio do sorgo (*Sorghum bicolor*).

2.2.4 Efeitos alelopáticos

As plantas espontâneas quando emergem competem com as culturas comerciais, por água, nutrientes e radiação solar. A utilização da adubação verde para controlar a população de plantas espontâneas é prática tradicional. Um dos efeitos promovidos pelos adubos verdes é a ação alelopática, podendo o efeito ser mais ou menos específico. Dessa maneira, muitas espécies afetam no crescimento de outras por meio da produção e liberação de substâncias químicas com propriedades de atração e estímulo ou inibição (Erasmus et al., 2004).

Outro efeito importante que tem sido analisado na supressão de plantas espontâneas é a barreira física exercida por plantas de cobertura durante os seus

períodos de crescimento vegetativo e a competição por água, luz, oxigênio e nutrientes (Fávero et al., 2001).

Segundo Teodoro (2010), o conhecimento destes efeitos da adubação verde, é necessário para a escolha das espécies para seu melhor aproveitamento em sistemas de rotação ou consorciação com culturas, no contexto do manejo integrado de plantas espontâneas.

Overland (1966) afirma que cada planta, tanto em crescimento vegetativo quanto em processo de decomposição, exerce inibição específica sobre outras espécies, espontânea ou cultivada.

Segundo Lorenzi (1984), a mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) tem ação inibitória sobre a tiririca (*Cyperus rotundus*) e o picão-preto (*Bidens pilosa*). Aos 120 dias após a emergência da mucuna-preta, Medeiros (1989) verificou a ausência de outras espécies, atribuindo isto a efeitos alelopáticos. O feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*) exerce ação alelopática, principalmente sobre a tiririca (Neme et al., 1954; Neme, 1960; Magalhães & Franco, 1960, 1962; Magalhães, 1964).

2.3 Formas de plantio e manejo da adubação verde

2.3.1 Adubação verde rotacionado

Segundo Guerreiro (2002), este tipo de manejo consiste no plantio apenas da espécie de adubo verde durante um tempo que varia de 4 a 6 meses, que tem como vantagens maior produção de biomassa e controle da vegetação espontânea. É indicada para recuperação de solos degradados (infestados por nematoides e/ou bastante erodido ou compactado) ou para preparo para plantio de culturas perenes.

O corte é feito em duas épocas diferentes, relativo ao estágio da planta, uma quando ainda se encontra verde, seu florescimento, e outra o material já maduro, no final do ciclo da cultura, e cada uma dessas possui suas características peculiares. De acordo com Khatounian (2001), quando se deseja manter uma cobertura verde sobre o solo o adubo deve ser cortado maduro, porém quando cortado no florescimento a cultura seguinte a ser cultivada poderá produzir mais, isto em virtude

que a quantidade de nutrientes disponibilizados após o corte no florescimento é maior, pois Galvão (2008) afirma que a decomposição de resíduos tenros ocorre de forma acelerada, porém quando maduros esta torna-se demorada, que é influenciada diretamente pela composição do material (LEITE E GALVÃO, 2008).

2.3.2 Plantio de adubos verdes consorciados.

Nesta forma de manejo, o adubo verde é plantado junto com a cultura que valor econômico. Ao contrário do que muitos imaginam, não há competição por água e adubos verdes, o que acontece é que a cultura principal é favorecida na presença dos adubos verdes, ora pelo incremento de nutrientes ao solo, com destaque para o N pelas leguminosas, ora pelo efeito de cobertura o que evita o aparecimento de vegetação espontânea (GUERREIRA, 2002).

Segundo o mesmo autor há várias modalidades de consorcio:

- **Plantas anuais com adubos verdes:** O adubo verde é plantado nas entrelinhas da cultura anual, sem diminuição da área utilizada para o plantio. Enquadra-se principalmente em propriedades menores, no qual o solo é usado intensivamente. Tem vantagens como controle da erosão, diminuição de vegetação espontânea e redução das oscilações térmicas. Exemplo de alguns consórcios: milho e feijão-de-porco, ou caupi, ou Mucuna-anã.

- **Adubos verdes e plantas perenes:** Este tipo de consórcio apresenta características comuns ao consórcio anterior, porém devem-se tomar algumas precauções, evitando-se adubo verdes que possuem crescimento indeterminado.

2.4 Espécies trabalhadas no experimento

2.4.1 *Crotalaria juncea*

Pertencente a família Fabaceae (antiga Leguminosae), a *Crotalaria juncea* (*Crotalaria juncea* L) é uma planta de ciclo curto e crescimento rápido que produz

ocidentais (CARVALHO E AMABILE, 2006; FORMENTINI et al., 2008), ou seja, uma planta de climas tropicais ou equatoriais (MAIA et al., 2013).

Segundo Carvalho e Amabile (2006), o feijão-de-porco é uma planta de hábito de crescimento determinado, ereta; hastes com 0,6 a 1,6 m de altura, glabras ou pubescentes; folhas trifoliadas, alternas, folíolos elípticos e oval-elípticos, 5,7 a 20 cm comprimento, 3,2 a 11,5 cm de largura, de cor verde-escura brilhante, com nervura proeminente; pecíolos 2,3 a 11 cm de comprimento; estípulas decíduas; racemos axilares, pendulosos, 5 a 12 cm de comprimento, em pedúnculo 10 a 34 cm de comprimento.

Com relação aos verticilos florais apresenta cálice de 1,5 cm de comprimento, espaçadamente pubescente, tubo de 6 a 7 cm de comprimento, aba superior a 5mm de comprimento; cor rosa-padrão a púrpura, arredondada; vagens linear-oblongas, achatadas, em formato de espada, de 14 a 35 cm de comprimento, 3 a 3,5 cm de largura, contendo 4 a 8 sementes; sementes grandes (1 a 2,1 cm de comprimento e 0,7 a 1 cm de largura) brancas ou marfim, com marcas amarronzadas próximo ao hilo acinzentado (CALEGARI et al., 1993).

De acordo com Formentini et al. (2008), é uma planta bastante rudimentar, de ciclo anual ou bianual com crescimento inicial lento. Adapta-se a qualquer tipo de solo, tolera sombreamento parcial, não suporta geada. De acordo com Calegari et al. (1992), mesmo quando é feito o plantio no final do período chuvoso, ela apresenta bom estabelecimento e boa produção de fitomassa, devido a sua resistência a seca, não apresentando sensibilidade ao fotoperíodo.

O plantio dessa planta no solo repetida vezes não é recomendado, podendo aumentar a população de nematoides do solo. A espécie é considerada tolerante e hiperacumuladora de chumbo, principalmente nas raízes, com potencial fitoextrator para esse metal em condições de campo (ROMEIRO et al., 2007). Possui efeito alelopático sendo bastante usada no controle da tiririca (FORMENTINI et al., 2008).

2.4.3 Guandu

Da mesma forma das anteriores citadas, o guandu (*Cajanus cajan*) é uma leguminosa bastante utilizada como adubo verde (foto 3). É originária da África e

bastante cultivada em diversas regiões do Brasil (FORMENTINI et al., 2008). Crescimento determinado podendo atingir até 4 m de altura. Caule rijo e semi lenhoso, ramoso, pulverulento ou tomentoso-pubescente com ramos angulosos (CORREIA, 1984).

Possui folhas alternadas, pinadas trifoliadas com folíolos largos e ovais, oblongos, agudos nas duas extremidades ou obtusos na base; folíolo terminal curtamente peciolado e laterais sésseis, com glândulas ou sem glândulas secretoras, pubescência de cor variando de verde-escuro a acinzentada. Inflorescências em racemos variando na intensidade do amarelo ao vermelho, com estrias pardo-amarronzadas ou vermelhas (BOX, 1961).

Flor hermafrodita composta de 5 pétalas (estandarte, duas asas e carena) e 5 sépalas; dez estames diafélos, estigma capitado e anteras pequenas; ovário súpero; fruto vagem linear, comprimida, de 4 a 8 cm de comprimento e 1,5 cm de largura, aguda com ponta longa, valvas finamente pubescentes, com 3 a 9 sementes. Semente globosa com formato oval, quadrada ou alongada; grande variabilidade de cores, desde o branco até o preto (CARVALHO E AMABILE, 2006).

É comumente utilizada nas regiões tropicais e subtropicais como forrageira sendo seus ramos utilizados na alimentação de ruminantes e os grãos na alimentação humana, podendo também ser utilizada em regiões semiáridas, encontrada desde o nível do mar até 1800 m de altitude (CARVALHO E AMABILE, 2006; FORMENTINI et al., 2008). São resistentes a seca e suscetível a geada.

É uma arbustiva semi-perene que tem o ciclo, que vai da sementeira até o pleno florescimento, de 180 dias. A fixação de Nitrogênio gira entre 120 e 350 Mg ha⁻¹. O feijão guandu aceita bem podas (FORMENTINI et al., 2008). Segundo o mesmo autor, no Paraná o feijão guandu tem sido usado para proteger lavouras novas de café das geadas; Deixa-se o feijão guandu plantado nas entrelinhas do café crescer e formar um túnel sobre as plantas do café. Essa cobertura faz uma boa proteção, às mudas novas de café, contra a geada.

2.4.4 *Mucuna preta*

Uma importante condicionadora do solo que pertence a família Fabaceae, a *Mucuna preta* (*Stizolobium aterrimum*, Piper & Tracy ou *Mucuna aterrimum*) é uma

trepadeira (foto 4), possui um ciclo de 120 a 150 dias (CAMELO, 2012) é de origem africana e produz entre 40 e 50 toneladas de massa verde, 6 a 9 toneladas de massa seca e fixa entre 180 e 350 kg de N por ha/safra (FORMENTINI et al., 2008).

É uma planta de crescimento indeterminado, folhas trifoliadas, com folíolos grandes e membranosos; inflorescência em racemos axilares, com grande quantidade de flores e brácteas caducas; cálice campanulado com 4 lóbulos, corola violácea. Vagem alargada, deiscente após maturação, pubescente, com 3 a 6 grãos, globosas ou elípticas e comprimidas, exalbuminadas, duras, de coloração preta, com hilo branco (CALEGARI et al., 1993).

Raiz pivotante, com raízes secundárias horizontais mais frequentes na superfície, alcançando comprimento médio de 50 cm, mas com algumas raízes atinfinfo mais de um metro. Nas plantas em que a raiz pivotantes é menor, as laterais desenvolvem-se mais em diâmetro e comprimento (ALVARENGA, 1993). Sua floração e maturação não são uniformes (PEREIRA et al., 1992).

Segundo Carvalho e Amabile (2006) esta planta se desenvolve bem em condições de seca, nenhuma reação ao fotoperíodo, tolera altas temperaturas, podendo ser feito seu plantio no início da estação chuvosa no Cerrado. Permite sombreamento, não tolera terrenos alagadiços e nem geadas (PEREIRA; KAGE, 1980; PEREIRA et al., 1992; CALEGARI., 1993).

A mucuna-preta é uma planta bastante eficaz como cobertura do solo, viva ou morta, por causa da sua elevada produção de fitomassa, o rápido crescimento e sua decomposição menor do que de outras leguminosas (CARVALHO e AMABILE, 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização da área em estudo

O ensaio foi realizado na Embrapa Meio Norte em Parnaíba (PI), localizada a 03°05' Latitude Sul, Longitude 41°47'GrW e Altitude de 46 m (foto 5). O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw', tropical chuvoso Aw, com umidade relativa do ar média anual de 74,9%, temperatura média do ar de 27,9°C, evapotranspiração de referência média de 5,4 mm e precipitação média anual de 965 mm, porém, concentradas de janeiro a maio (BASTOS et al., 2000). O solo da região é classificado como LATOSSOLO AMARELO distrófico (MELO et al., 2004) que segundo Galvão e Leite (2008) são solos que apresentam uma carência do elemento fósforo. Foi coletada uma amostra composta do solo para análise de fertilidade antes da instalação do ensaio do experimento do plantio das espécies de adubos verdes (Tabela 1).

Tabela 1. Análise inicial do solo antes da instalação do experimento.

Camada	Análise do solo									
	MO g/kg	pH H ₂ O	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al	H+Al cmolc dm ⁻³	SB	CTC
0-20	8,41	6,7	18,5	0,15	2	0,67	0	0,96	2,83	3,79



Figura 1. Área do plantio antes da instalação do experimento.

A área experimental foi preparada com grade niveladora, sulcada e não recebendo nenhum tipo de correção da acidez e adubação, o semeio (foto 2) foi manual parcela, com área útil de 2,4 m².

As espécies utilizadas como adubos verdes foram: guandu (*Cajanus cajan*), Mucuna-preta (*Stizolobium aterrinus*), feijão de porco (*Canavalia ensiformes*), crotalaria juncea (*Crotalaria juncea*), Caninha (*Sorghum sp*) e uma crotalaria nativa (*Crotalaria sp*) (Figuras 2 a 7). Como Controle do trabalho deixou-se uma parcela sob vegetação espontânea (foto 8). A parcela de cada tratamento constou de três linhas de 2,0 m de comprimento espaçadas de 0,40 m entre si. O experimento foi disposto em um delineamento inteiramente casualizado com 03 repetições.



Figura 2. Guandu



Figura 3. Mucuna preta



Figura 4. Feijão de porco



Figura 5. Crotalaria Juncea



Figura 6. Crotalaria nativa



Figura 7. Caninha



Figura 8. Vegetação espontânea

Decorridos 95 dias semeio, as plantas foram roçadas e incorporadas ao solo, de acordo com Khatounian (2001) se as plantas forem cortadas na época do florescimento, estas virão a oferecer maior disponibilidade de nutrientes no solo para a cultura posterior. As coletas de amostras de solo foram realizadas aos 20, 42 e 65 dias após a incorporação.

As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Química da Universidade Estadual do Piauí, colocadas para secar ao ar livre e peneiradas para a realização das análises dos atributos químicos do solo.

Foi realizada a pesagem da biomassa verde das plantas utilizadas como adubos verdes antes da incorporação desta ao solo, e foi retirado um pouco dessas amostras e colocadas e pesadas antes e depois da secagem em estufa a 65 °C.

3.2 Análise química de fertilidade

3.2.1 Carbono orgânico

O carbono orgânico (CO) foi determinado por oxidação do carbono orgânico por via úmida, empregando a solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) em meio ácido, com fonte externa de calor (WALKLEY;BLACK, 1934), conforme metodologia descrita em EMBRAPA (2005). Para quantificação do carbono orgânico foram transferidos 1,0 g de TFSA para Erlenmeyer de 125 mL, adicionado-se 5 mL de solução de dicromato de potássio $0,167 \text{ mol L}^{-1}$ e 20 mL de ácido sulfúrico concentrado. A quantificação do CO foi obtida a partir da titulação do dicromato remanescente com solução de sulfato ferroso amoniacal – $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ $0,3 \text{ mol L}^{-1}$.

O conteúdo de COT de cada amostra foi calculado pela equação 1 e 2.

$$COT = \frac{(V_{pb} - V_{am}) \times C_{Fe2} \times 0,003 \times 1,33 \times 1000}{V_{solo}} \quad (1)$$

Sendo:

V_{pb} = volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da prova em branco (mL);

V_{am} = volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra (mL);

C_{Fe²⁺} = concentração de Fe^{2+} na solução padronizada de sulfato ferroso amoniacal para a reação com o dicromato de potássio;

0,003 = $[(0,001 \times 12/4)]$: onde 12 é a massa molar do carbono (g mol^{-1}), 0,001 é o fator de transformação em g mol^{-1} , e 4 é o número de elétrons na oxidação da M.O[C(O)] → C(IV), na forma de CO_2 ;

1,33 = fator de correção para a oxidação apenas parcial da matéria orgânica;

1000 = fator utilizado para transformar cm^3 em dm^3 ;

V_{solo} = volume de solo (cm^3).

$$C_{\text{Fe}^{2+}} = \frac{(V_{\text{dicromato}}) \times 0,167 \times 6}{V_{\text{pb}}} \quad (2)$$

Sendo:

$V_{\text{dicromato}}$ = volume de dicromato (ml);

0,167 = concentração da solução de dicromato (mol L^{-1});

6 = número de elétrons transferidos no processo de redução Cr(VI)

Cr(III) ;

V_{pb} = volume de sulfato ferroso amoniacal (mL) gasto na titulação do branco.

3.2.2 pH e acidez potencial

O pH do solo foi determinado de acordo com o método proposto por Mclean (1982). Para isso, foram transferidos 10 cm^3 de solo para um copo de 100 mL e adicionou-se 25 mL de água numa relação 1:2,5 (solo:água). A quantificação do pH do solo foi feita em leitura direta no potenciômetro.

A acidez potencial (H + Al) foi extraída com acetato de cálcio [$\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$] e analisado por titrimetria com hidróxido de sódio (NaOH), de acordo com EMBRAPA (2005). Para a extração do H + Al, foram transferidos 5 cm^3 de TFSA para um Erlenmeyer de 250 mL e adicionou-se 100 mL da solução extratora [$\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$] a $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ com pH ajustado para 7,0. Após 15 minutos de agitação e repouso por uma noite, uma alíquota de 50 mL do extrato foi coletada e titulada com a solução NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ na presença de solução alcoólica de fenolftaleína.

O H + Al de cada amostra foi calculado pela equação 3:

$$\text{H + Al (cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = \frac{(V_{\text{am}} - V_{\text{br}}) \times C_{\text{NaOH}} \times V_{\text{extrator}} \times 1000}{V_{\text{aliquota}} \times V_{\text{solo}}} \quad (3)$$

Sendo:

H + Al = Acidez potencial, em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$;

V_{am}= volume de NaOH, em mL, gasto na titulação da amostra;

V_{br}= volume de NaOH, em mL, gasto na titulação da prova em branco;

C_{NaOH}= concentração de NaOH = 0,025 mol L⁻¹;

V_{extrator} = volume do extrator, em mL = 100;

1000= transformação de cm³ para dm³;

V_{aliquota} = alíquota pipetada, em mL = 50;

V_{solo}= volume de solo utilizado, em cm³ = 5.

3.2.3 Alumínio trocável

O alumínio trocável foi extraído com cloreto de potássio (KCl) e analisado por titrimetria com hidróxido de sódio (NaOH) (BARNHISEL; BERTSCH, 1982). Para a extração do Al³⁺ foram transferidos 5 cm³ de TFSA para um Erlenmeyer de 125 mL e adicionou-se 50 mL da solução extratora de KCl 1 mol L⁻¹. Após extração, uma alíquota de 25 mL do extrato foi coletada e titulada com a solução NaOH 0,025 mol L⁻¹.

O Al³⁺ trocável foi calculado pela equação 4:

$$Al^{3+} = \frac{(V_{am} - V_{pb}) \times C_{NaOH} \times V_{extrator} \times 1000}{V_{aliquota} \times V_{solo}} \quad (4)$$

Sendo:

Al³⁺ = Alumínio trocável, em cmolc dm⁻³;

V_{am}= volume de NaOH, em mL, gasto na titulação da amostra;

V_{pb}= volume de NaOH, em mL, gasto na titulação da prova em branco;

C_{NaOH}= concentração de NaOH= 0,01 mol L⁻¹;

V_{extrator} = volume do extrator = 50 mL;

1000= transformação de cm³ para dm³;

Valiquota = alíquota pipetada = 25 mL;

Vsolo = volume de solo utilizado = 5 cm³.

3.2.4 Cálcio e magnésio

O cálcio e o magnésio foram extraídos com cloreto de potássio e analisados por titrimetria com o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) (LANYON; HEALD, 1982). Para a extração do cálcio e do magnésio, foram transferidos 5 cm³ de TFSA para um Erlenmeyer de 125 mL e adicionou-se 50 mL da solução extratora (KCl 1 mol L⁻¹). Após extração, duas alíquotas, de 25 mL do extrato foram coletadas e tituladas com a solução EDTA 0,005 mol L⁻¹. A primeira alíquota foi utilizada para quantificação conjunta de cálcio + magnésio, e a segunda, para quantificação do cálcio.

Os teores de Ca²⁺ + Mg²⁺, e de Ca²⁺ e Mg²⁺ foram calculados pelas equações 5 e 6, respectivamente:

$$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} (\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}) = \frac{(\text{Vam} - \text{Vpb}) \times \text{CEDTA} \times 0,2 \times \text{Vextrator} \times 1000}{\text{V aliquota} \times \text{Vsolo}} \quad (5)$$

O magnésio foi quantificado pela equação 6:

$$\text{Mg}^{+2} (\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}) = [\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}] - [\text{Ca}^{+2}] \quad (6)$$

Sendo:

Vam = volume de NaOH, em mL, gasto na titulação da amostra;

Vpb = volume de NaOH, em mL, gasto na titulação da prova em branco;

CEDTA = Concentração de EDTA = 0,025 mol L⁻¹;

0,2 = fator de transformação CEDTA de mol L⁻¹ para cmol_c dm⁻³;

Vextrator = volume do extrator, em mL = 50

1000 = fator de transformação de cm³ para dm³

Valiquota = alíquota pipetada, em mL = 10

Vsolo = volume de solo utilizado, em cm³ = 5

3.2.5 Fósforo, potássio, sódio CTC a pH 7,0 e saturação por bases

O sódio, potássio e o fósforo foram extraídos com solução extratora Mehlich I ($\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,025 \text{ mol L}^{-1}$), sendo que o sódio e o potássio foram analisados por fotometria de chama. O fósforo foi analisado por espectrofotometria, com base na formação do complexo fosfomolibídico em meio reduzido ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), conforme EMBRAPA (2005). O fósforo extraído foi quantificado por espectrofotometria a 660 nm, utilizando-se soluções de trabalho padronizadas com concentrações diferentes de fósforo, o que permitiu o desenvolvimento de uma curva padrão e o cálculo da concentração de P nas amostras.

O potássio trocável (K^+) foi extraído com solução extratora Mehlich I ($\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,025 \text{ mol L}^{-1}$) e analisado por fotometria de chama, conforme EMBRAPA (2005).

3.3 Análises estatísticas

“

O experimento foi constituído em delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 7×3 , com repetições. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa Assistat versão 7.7 (SILVA E AZEVEDO, 2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Biomassa verde dos tratamentos, biomassa verde e seca das amostras.

4.1.1 Biomassa verde do tratamento

Tabela 2. Peso da biomassa dos tratamentos

Tratamentos	Peso da biomassa
	Kg
T1	2,97 c
T2	7,91 abc
T3	11,45 ab
T4	6,32 bc
T5	2,55 c
T6	3,16 c
T7	14,21 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV(%) = 40,29; T1 – Guandu; T2 – Crotalaria Juncea; T3 – Feijão de porco; T4 – Mucuna preta; T5 – Crotalaria Nativa; T6 – Vegetação espontânea; T7 – Caninha.

A Caninha apresentou a maior média significativa, sendo importante para fornecimento de biomassa para o solo. O Guandu, Crotalaria Nativa e Vegetação Espontânea obtiveram os menores valores (Tabela 2).

4.1.2 Biomassa verde e seca da amostra.

Tabela 3. Peso da biomassa das coletas antes e depois de colocadas na estufa.

Tratamentos	Peso verde	Peso seco
	g	
T1	84,4 b	31,15 ab
T2	135,50 ab	49,83 a
T3	233,50 a	51,25 a
T4	129,83 ab	24,43 ab
T5	104,57 b	19,89 b
T6	96,90 b	20,03 b
T7	174,63 ab	40,51 ab

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV(%) = 28,74 para o peso verde e 30,56 para o peso seco; T1 – Guandu; T2 – Crotalaria Juncea; T3 – Feijão de porco; T4 – Mucuna preta; T5 – Crotalaria Nativa; T6 – Vegetação espontânea; T7 – Caninha.

O Feijão de porco apresentou os maiores valores tanto no peso verde como no peso seco das amostras coletadas. Contudo o peso seco da *Crotalaria Juncea* foi igual estatisticamente ao Feijão de porco.

4.2. Carbono Orgânico

De acordo com as análises não houve diferença significativa entre todos os tratamentos em nenhuma das datas de coleta, porém o feijão-de-porco e a vegetação espontânea tiveram variação ao longo das coletas (Tabela 4).

Tabela 4. Carbono orgânico do solo em três coletas após a incorporação da biomassa de 01 planta espontânea e 06 plantas utilizadas como adubos verdes em um LATOSSOLO AMARELO Distrófico no norte do estado, Parnaíba, Piauí.

Coletas	Tratamentos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
	g kg^{-1}						
20 DAI	4,61 aA	5,54aA	6,17aA	4,78aA	4,78aA	5,50abA	5,32aA
42 DAI	3,86 aA	3,65bA	3,65bA	4,02aA	3,33 aA	3,81 bA	3,86 aA
65 DAI	5,55 aA	5,81 aA	5,66abA	5,76 aA	5,13 aA	6,08 aA	5,66 aA

Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum não diferem entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). CV(%) = 22,92; T1 – Guandu; T2 – *Crotalaria Juncea*; T3 – Feijão de porco; T4 – *Mucuna preta*; T5 – *Crotalaria Nativa*; T6 – Vegetação espontânea; T7 – Caninha. 1ª Coleta – 20 dias após a incorporação (DAI); 2ª Coleta – 42 DAI; 3ª Coleta – 65 DAI.

O tratamento com Feijão de porco obteve a maior média aos 20 dias após a incorporação da biomassa no solo com $6,17 \text{ g kg}^{-1}$, porém, este é estatisticamente igual à média encontrada aos 65 dias após a incorporação da biomassa que foi de $5,66 \text{ g kg}^{-1}$.

A vegetação espontânea obteve a maior média, $6,08 \text{ g kg}^{-1}$ na última coleta do solo e a menor média na segunda. Todos estes valores encontrados foram inferiores aos obtidos por Barroso (2008) num LATOSSOLO VERMELHO-amarelo

onde os adubos verdes foram roçados aos 180 dias após o plantio, e a coleta de solo aos 30 dias após a incorporação, e também por Duarte (2010) num Cambissolo Háplico onde as plantas foram cortadas aos 125 dias após o plantio e deixadas sobre solo. Em ambos os trabalhos as amostras foram coletadas nas camadas de 0 – 20 cm.

4.3. pH e acidez potencial

4.3.1 pH

Não houve interação significativa entre os fatores tempo e adubos verdes. O pH das coletas apresentou-se maior na 2ª e 3ª coleta com 6,50 e com 6,41, respectivamente, ou seja, todos os tratamentos ao longo do tempo tendem a aumentar o seu pH (Tabela 5).

Tabela 5. O pH do solo em três coletas após a incorporação da biomassa de 01 planta espontânea e 06 plantas utilizadas como adubos verdes em um LATOSSOLO AMARELO Distrófico no norte do estado, Parnaíba, Piauí.

Coletas	pH
20 DAI	6,12b
42 DAI	6,50 a
65 DAI	6,41 a

Houve significância ao nível de 1% de probabilidade e médias com letras iguais não diferem entre si. CV(%) = 3,15. 1ª Coleta – 20 dias após a incorporação (DAI); 2ª Coleta – 42 DAI; 3ª Coleta – 65 DAI.

Tabela 6. O pH do solo em três coletas após a incorporação da biomassa de 01 planta espontânea e 06 plantas utilizadas como adubos verdes em um LATOSSOLO AMARELO Distrófico no norte do estado, Parnaíba, Piauí.

Coletas	pH
T1	6,36abc
T2	6,18 ab
T3	6,07 c
T4	6,37 ab
T5	6,48 a
T6	6,47 a
T7	6,43 ab

Houve significância ao nível de 1% de probabilidade e médias com letras iguais não diferem entre si. CV(%) = 3,15. T1 – Guandu; T2 – Crotalaria Juncea; T3 – Feijão de porco; T4 – Mucuna preta; T5 – Crotalaria Nativa; T6 – Vegetação espontânea; T7 – Caninha.

Os tratamentos com Crotalaria nativa e vegetação espontânea apresentaram os maiores valores com 6,48 e 6,47 respectivamente sendo os mais eficazes em aumentar o pH do solo (Tabela 6). O menor valor de pH foi obtido pelo do Feijão de porco com 6,07.

O valor do pH na vegetação espontânea foi maior do que o encontrado por Duarte (2010), que foi de 6,20 e por Barroso (2008), sendo 5,3. O valor do Guandu de 6,36 foi menor do que o encontrado por Duarte (2010) de 6,40. Mesmo com a variação de 6,12 e 6,50 ao longo das coletas e 6,07 e 6,49 entre os tratamentos estes estão em níveis ótimos que vai de 6,0 a 7,5 (TROEH; THOMPSON, 2007).

4.3.2 Acidez potencial

Não houve interação significativa entre os fatores tempo e adubos verdes. O tratamento com a maior média em todas as coletas foi o Feijão de porco com 0,72 $\text{cmol}_e\text{dm}^{-3}$ sendo inferior aos valores encontrados por Duarte (2010), nas camadas de 0 – 5 e 5 – 10 cm (Tabela 7; Tabela 8).

Tabela 7. Acidez potencial do solo em três coletas após a incorporação da biomassa de 01 planta espontânea e 06 plantas utilizadas como adubos verdes em um LATOSSOLO AMARELO Distrófico no norte do estado, Parnaíba, Piauí.

Coletas	H + Al cmol _c dm ⁻³
20 DAI	0,57b
42 DAI	0,17 c
65 DAI	0,86 a

Houve significância ao nível de 1% de probabilidade e médias com letras iguais não diferem entre si. CV(%) = 46.55. 1ª Coleta – 20 dias após a incorporação (DAI); 2ª Coleta – 42 DAI; 3ª Coleta – 65 DAI.

Tabela 8. Acidez potencial do solo em três coletas após a incorporação da biomassa de 01 planta espontânea e 06 plantas utilizadas como adubos verdes em um LATOSSOLO AMARELO Distrófico no norte do estado, Parnaíba, Piauí.

Coletas	H + Al cmol _c dm ⁻³
T1	0,49ab
T2	0,53 a
T3	0,72 a
T4	0,50 ab
T5	0,50 ab
T6	0,62 ab
T7	0,36 b

Houve significância ao nível de 1% de probabilidade e médias com letras iguais não diferem entre si. CV(%) = 46.55. T1 – Guandu; T2 – Crotalaria Juncea; T3 – Feijão de porco; T4 – Mucuna preta; T5 – Crotalaria Nativa; T6 – Vegetação espontânea; T7 – Caninha.

4.4. Cálcio, Magnésio e Potássio.

4.4.1 Cálcio

O Cálcio obteve as maiores médias significativas durante a primeira coleta nos tratamentos de Mucuna preta, Vegetação espontânea e Caninha com

1,86 $\text{cmol}_e\text{dm}^{-3}$, 1,98 $\text{cmol}_e\text{dm}^{-3}$ e 1,98 $\text{cmol}_e\text{dm}^{-3}$ respectivamente, porém estes foram inferiores aos encontrados por Duarte (2010) com a Mucuna preta e Vegetação espontânea (Tabela 9).

Tabela 9. Cálcio do solo em três coletas após a incorporação da biomassa de 01 planta espontânea e 06 plantas utilizadas como adubos verdes em um LATOSSOLO AMARELO Distrófico no norte do estado, Parnaíba, Piauí.

Coletas	Tratamentos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
	$\text{cmol}_e\text{dm}^{-3}$						
20 DAI	1,23 bC	1,52 bBC	1,69aAB	1,86 aA	1,33 bC	1,98 aA	1,98 aA
42 DAI	1,57 aC	1,67abBC	1,83aABC	1,93aAB	2,02 aA	2,10 aA	1,80aABC
65 DAI	1,64 aA	1,80 aA	1,93 aA	1,93 aA	1,93 aA	1,87 aA	1,73 aA

Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum não diferem entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). CV(%) = 7,39; T1 – Guandu; T2 – Crotalaria Juncea; T3 – Feijão de porco; T4 – Mucuna preta; T5 – Crotalaria Nativa; T6 – Vegetação espontânea; T7 – Caninha. 1ª Coleta – 20 dias após a incorporação (DAI); 2ª Coleta – 42 DAI; 3ª Coleta – 65 DAI.

Na segunda coleta os maiores valores foram verificados na Crotalaria nativa e na Vegetação espontânea com 2,02 $\text{cmol}_e\text{dm}^{-3}$ e 2,10 $\text{cmol}_e\text{dm}^{-3}$, respectivamente, possivelmente, pois estas são mais adaptadas as condições edafoclimáticas da região, e o menor valor foram do Guandu com 1,57 $\text{cmol}_e\text{dm}^{-3}$ sendo, portanto a menos indicada para fornecimento desse atributo no solo. Na terceira coleta não houve diferença entre os tratamentos.

Em todos os tratamentos não houve diferença significativa ao longo das coletas com exceção do Guandu e da Crotalaria Juncea que a partir da 2ª coleta aumentaram podendo ser admissível que estas liberam os nutrientes aos pducos.

Duarte (2010) encontrou valores superiores de cálcio no solo na camada de 0 – 5 cm e 5 – 10 cm ads encontrados nesse trabalho com a Vegetação espontânea, Crotalaria, Guandu, Mucuna preta e Feijão de porco na qual a coleta do solo foi com 83 dias após o corte dos adubos.

4.4.2 Magnésio

O Magnésio na primeira e na segunda coleta apresentaram os maiores valores foram encontrados no Guandu e na Crotalaria Juncea com $0,28 \text{ cmol}_e \text{ dm}^{-3}$ e $0,29 \text{ cmol}_e \text{ dm}^{-3}$ na primeira coleta, $0,27 \text{ cmol}_e \text{ dm}^{-3}$ e $0,29 \text{ cmol}_e \text{ dm}^{-3}$ na segunda coleta respectivamente, porém estes valores são inferiores aos encontrados por Nascimento et al (2003) no Guandu e Crotalaria na camada de 0 – 20 cm num solo LUVISSOLO CRÔMICO Pálico (Tabela 10).

Tabela 10. Magnésio do solo em três coletas após a incorporação da biomassa de 01 planta espontânea e 06 plantas utilizadas como adubos verdes em um LATOSSOLO AMARELO Distrófico no norte do estado, Parnaíba, Piauí.

Coletas	Tratamentos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
	$\text{cmol}_e \text{ dm}^{-3}$						
20 DAI	0,28 aA	0,29 aA	0,16 bB	0,16 aB	0,17 bC	0,17 bB	0,15 bB
42 DAI	0,27 aA	0,29 aA	0,19 bB	0,16 aB	0,17 bB	0,17 bB	0,15 bB
65 DAI	0,26 aAB	0,21 bBC	0,29 aA	0,20 aC	0,25 aABC	0,22 aBC	0,27 aAB

Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum não diferem entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). CV(%) = 10,35; T1 – Guandu; T2 – Crotalaria Juncea; T3 – Feijão de porco; T4 – Mucuna preta; T5 – Crotalaria Nativa; T6 – Vegetação espontânea; T7 – Caninha. 1ª Coleta – 20 dias após a incorporação (DAI); 2ª Coleta – 42 DAI; 3ª Coleta – 65 DAI.

Na terceira coleta o maior valor encontrado foi o do Feijão de porco com $0,29 \text{ cmol}_e \text{ dm}^{-3}$ e o menor foi a Mucuna preta com $0,20 \text{ cmol}_e \text{ dm}^{-3}$, contudo estes valores foram abaixo do que encontrados por Duarte (2010) e Nascimento et al (2003).

Nos tratamentos como o Guandu, Mucuna preta não houve variação significativa ao longo do tempo. A Crotalaria Juncea obteve o menor valor na 3ª Coleta ao contrário do que aconteceu com os valores do Feijão de porco, Crotalaria nativa e Caninha que foram maiores nessa data sendo portanto bons fornecedores deste nutriente.

Duarte (2010) encontrou valores superiores de magnésio no solo na camada de 0 – 5 e 5 -10 cm aos encontrados nesse trabalho com a Vegetação espontânea,

Crotalaria, Guandu, Mucuna preta e Feijão de porco na qual a coleta do solo foi com 83 dias após o corte dos adubos.

4.4.3 Potássio

Na primeira coleta o potássio foi maior nos tratamentos com Crotalaria Juncea e Vegetação espontânea com $55,23 \text{ mg dm}^{-3}$ e $59,46 \text{ mg dm}^{-3}$ sendo os mais indicado para o aporte desse nutrientes em um tempo menor após a incorporação dos adubos, respectivamente, e o menor valor foi encontrado no Guandu com $39,07 \text{ mg dm}^{-3}$ (Tabela 11).

Tabela 11. Potássio do solo em três coletas após a incorporação da biomassa de 01 planta espontânea e 06 plantas utilizadas como adubos verdes em um LATOSSOLO AMARELO Distrófico no norte do estado, Parnaíba, Piauí.

Coletas	Tratamentos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
mg dm^{-3}							
20 DAI	39,07 bC	55,23 bA	46,29bB	45,48bB	41,76aBC	59,46aA	46,25 bB
42 DAI	37,41 bB	52,30 bA	56,49bA	54,68aA	35,92bB	52,81bA	53,10aA
65 DAI	47,22 aB	60,72 aA	62,34aA	36,01cC	33,40bB	39,41cC	47,80bB

Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum não difere entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). CV(%) = 5,14; T1 – Guandu; T2 – Crotalaria Juncea; T3 – Feijão de porco; T4 – Mucuna preta; T5 – Crotalaria Nativa; T6 – Vegetação espontânea; T7 – Caninha. 1ª Coleta – 20 dias após a incorporação (DAI); 2ª Coleta – 42 DAI; 3ª Coleta – 65 DAI.

A coleta de solo feita aos 42 dias após o corte, todos os tratamentos foram estatisticamente iguais nos quais com exceção do Guandu e da Crotalaria nativa que foram inferiores apresentando valores de $37,41 \text{ mg dm}^{-3}$ e $35,92 \text{ mg dm}^{-3}$ respectivamente sendo os menos indicados para o suprimento do solo.

A Crotalaria juncea e o Feijão de porco apresentaram os maiores valores aos 65 dias após o corte dos adubos apresentando valores $60,72 \text{ mg dm}^{-3}$ e $62,34$

mg dm⁻³ que nesse nível no solo é considerado alto, sendo os mais indicados para fornecimento de potássio no solo.

Ao longo das coletas o potássio aumentou no Guandu, Crotalaria Juncea e Feijão de porco e diminuiu na Mucuna preta e na vegetação espontânea. Os valores encontrados por Duarte (2010) foram superiores aos deste trabalho tanto na camada de 0 – 5 cm como na camada de 0 – 10 cm.

4.5 Fósforo

A Crotalaria Nativa e a Vegetação espontânea apresentaram os maiores valores na coleta feita aos 20 dias com valores de 21,88 mg dm⁻³ e 20,32 mg dm⁻³, provavelmente devido ao fato dessas plantas terem mais especificidade com os fungos micorrizicos da região sendo portanto os mais capazes de incorporar fósforo ao solo, e o menor valor foi de 16,29 mg dm⁻³ do Guandu (Tabela 12).

Tabela 12. Fósforo do solo em três coletas após a incorporação da biomassa de 01 planta espontânea e 06 plantas utilizadas como adubos verdes em um LATOSSOLO AMARELO Distrófico no norte do estado, Parnaíba, Piauí.

Coletas	Tratamentos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
	mgdm ⁻³						
20 DAI	16,29 aC	17,98aBC	16,11bC	18,00abBCD	21,88aA	20,32aAB	17,54aBC
42 DAI	14,17 aD	15,27bCD	14,88aA	16,08abBCD	19,82abA	17,86bABC	18,94aAB
65 DAI	13,98 aC	14,82 bC	21,38aA	14,14 bC	18,02bB	18,24abB	19,16aAB

Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum não diferem entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste de Tukey (p>0,05). CV(%) = 7,10; T1 – Guandu; T2 – Crotalaria Juncea; T3 – Feijão de porco; T4 – Mucuna preta; T5 – Crotalaria Nativa; T6 – Vegetação espontânea; T7 – Caninha. 1ª Coleta – 20 dias após a incorporação (DAI); 2ª Coleta – 42 DAI; 3ª Coleta – 65 DAI.

Na segunda coleta a Crotalaria Nativa apresentou o maior valor com 19,82 mg dm⁻³ seguido pela Caninha com 18,94 mg dm⁻³, o menor valor foi a do Guandu com 14,17 mg dm⁻³.

O Feijão de porco apresentou a maior média na terceira coleta $21,38 \text{ mg dm}^{-3}$, seguido pela Caninha com $19,16 \text{ mg dm}^{-3}$ portanto sendo os mais indicados para fornecimento deste nutriente ao plantio subsequente caso o produtor não disponha dos insumos para o plantio, e o menores tratamentos foram o Guandu, Crotalaria Juncea e a Mucuna preta com respectivos médias $13,98 \text{ mg dm}^{-3}$, $14,82 \text{ mg dm}^{-3}$ e $14,14 \text{ mg dm}^{-3}$.

Ao longo das coletas não houve variação significativa no Guandu e na Caninha. Houve redução dos valores a partir da segunda coleta na Crotalaria Juncea, na terceira coleta na Mucuna preta e na Crotalaria nativa.

4.6. Soma de bases e CTC a pH a 7,0

4.6.1 Soma de Bases (SB)

O maior valor obtido na primeira coleta foi da Vegetação espontânea seguida pela Caninha e Mucuna preta com $2,31 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $2,25 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $2,14 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ sendo as mais indicadas para fornecimento desse atributo nos primeiros 20 dias após a incorporação da biomassa do solo (Tabela 13).

Tabela 13. Soma das bases do solo em três coletas após a incorporação da biomassa de 01 planta espontânea e 06 plantas utilizadas como adubos verdes em um LATOSSOLO AMARELO Distrófico no norte do estado, Parnaíba, Piauí.

Coletas	Tratamentos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$						
20 DAI	1,61bC	1,95aB	1,97bB	2,14aAB	1,61bC	2,31aA	2,25aAB
42 DAI	1,93aB	2,09aAB	2,17abAB	2,24aAB	2,28aA	2,41aA	2,08aAB
65 DAI	2,02aB	2,17aAB	2,38aA	2,23aAB	2,27aAB	2,19aAB	2,12aAB

Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum não diferem entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). CV(%) = 6,24; T1 – Guandu; T2 – Crotalaria Juncea; T3 – Feijão de porco; T4 – Mucuna preta; T5 – Crotalaria Nativa; T6 – Vegetação espontânea; T7 – Caninha. 1ª Coleta – 20 dias após e incorporação (DAI); 2ª Coleta – 42 DAI; 3ª Coleta – 65 DAI.

A vegetação espontânea na segunda coleta também obteve a maior média com $2,41 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$, seguido pela *Crotalaria* nativa com $2,28 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$, porém sendo iguais estatisticamente, sendo as mais indicadas para a melhoria desse parâmetro. A *Crotalaria* Juncea, o Feijão de porco, a *Mucuna* preta e a Caninha apresentaram valores iguais estatisticamente.

O Feijão de porco na coleta de solo feita aos 65 dias após o corte dos adubos apresentou maior média com $2,38 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$, sendo o mais recomendado para melhoria das bases do solo após a incorporação. Todos os outros tratamentos foram estatisticamente iguais com exceção do Guandu que obteve menor média de $2,02 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$.

A *Crotalaria* Juncea, a *Mucuna* preta, a vegetação espontânea e a Caninha não tiveram variação significativa ao longo do tempo. O Guandu e a *Crotalaria* nativa aumentaram o valor da soma de bases a partir da segunda coleta mantendo significativamente estável na terceira, sendo estas mais indicadas para um plantio subsequente mais tardio, todavia todos os valores encontrados foram inferiores aos encontrados por Dutra (2010) e Nascimento et al (2003), quando testaram a incorporação dos mesmos ao solo.

4.6.2 CTC a pH 7 (T)

Aos 20 dias após o corte dos adubos a vegetação espontânea apresentou o maior valor da CTC potencial com $2,94 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ e o menor valor foi a do Guandu com $2,11 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Tabela 14). Na segunda coleta todos os tratamentos foram estatisticamente iguais.

Tabela 14. Capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC) do solo em três coletas após a incorporação da biomassa de 01 planta espontânea e 06 plantas utilizadas como adubos verdes em um LATOSSOLO AMARELO Distrófico no norte do estado, Parnaíba, Piauí.

Coletas	Tratamentos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$						
20 DAI	2,21 bB	2,58aB	2,73bAB	2,64abAB	2,11bB	2,94abA	2,68aAB
42 DAI	2,27abA	2,09bA	2,40abAB	2,44bA	2,45bA	2,57bA	2,18 aA
65 DAI	2,66aB	3,17 aAB	3,55aA	3,03 aAB	3,10aAB	3,26aAB	2,66aB

Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum não diferem entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). CV(%) = 10,06; T1 – Guandu; T2 – *Crotalaria Juncea*; T3 – Feijão de porco; T4 – *Mucuna preta*; T5 – *Crotalaria Nativa*; T6 – Vegetação espontânea; T7 – Caninha. 1ª Coleta – 20 dias após a incorporação (DAI); 2ª Coleta – 42 DAI; 3ª Coleta – 65 DAI.

O maior valor encontrado na terceira coleta foi do Feijão de porco $3,55 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e os menores foram o Guandu e a Caninha com média de $2,66 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ambos. O Guandu, a *Crotalaria juncea*, o Feijão de porco e a *Crotalaria nativa* aumentaram a CTC potencial ao longo das coletas possivelmente em virtude da baixa decomposição da biomassa incorporada ao solo, a *Mucuna preta* e a Vegetação espontânea tiveram uma queda na segunda coleta provavelmente devido a maior decomposição desse elemento no solo, e aumentaram na terceira e a Caninha se manteve estável.

4.7 Alumínio

Não houve interação significativa entre os fatores tempo e adubos verdes. Os valores de Alumínio encontrados diminuíram ao longo do tempo e não houve diferenças do alumínio encontrado quando se incorporou a planta espontânea e as plantas usadas como adubos verdes. Segundo Von Osterroht (2002) a adição de biomassa, como as dos adubos verdes no solo provoca a complexação orgânica do alumínio (Tabela 15; Tabela 16).

Tabela 15. Alumínio do solo em três coletas após a incorporação da biomassa de 01 planta espontânea e 06 plantas utilizadas como adubos verdes em um LATOSSOLO AMARELO Distrófico no norte do estado, Parnaíba, Piauí.

Coletas	Al cmol _c dm ⁻³
20 DAI	0,003 ^a
42 DAI	0,002 b
65 DAI	0,001 c

Houve significância ao nível de 1% de probabilidade e médias com letras iguais não diferem entre si. CV(%) = 36.09. 1^a Coleta – 20 dias após a incorporação (DAI); 2^a Coleta – 42 DAI; 3^a Coleta – 65 DAI.

Tabela 16. Alumínio dos tratamentos após a incorporação de biomassa de 01 planta espontânea e 06 plantas utilizadas como adubos verdes em um LATOSSOLO AMARELO Distrófico no norte do estado, Parnaíba, Piauí.

Tratamentos	Al cmol _c dm ⁻³
T1	0,002a
T2	0,002a
T3	0,002a
T4	0,002a
T5	0,002a
T6	0,002a
T7	0,001a

Houve significância ao nível de 1% de probabilidade e médias com letras iguais não diferem entre si. CV(%) = 36.09. T1 – Guendu; T2 – Crotalaria Juncea; T3 – Feijão de porco; T4 – Mucuna preta; T5 – Crotalaria Nativa; T6 – Vegetação espontânea; T7 – Caninha.