



**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*  
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE**

**CULTIVO DE *Crotalaria spectabilis*, *Cajanus cajan* E *Pennisetum glaucum* EM SOLOS DE CERRADO: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DAS CULTIVARES**

**BRUNNO MOREIRA NAVES SILVA**

**Goiânia - Goiás  
2016**



MESTRADO EM CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS E SAÚDE

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*  
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE**

**CULTIVO DE *Crotalaria spectabilis*, *Cajanus cajan* E *Pennisetum glaucum* EM SOLOS DE CERRADO: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DAS CULTIVARES**

**Acadêmico: Brunno Moreira Naves Silva**

**Orientador: Dr. Darlan Tavares Feitosa (PUC GOIÁS)**

**Co-orientador: Dr. Roberto Toledo de Magalhães (PUC GOIÁS)**

Qualificação de Mestrado apresentada no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Ambientais e Saúde, da Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Saúde.

**Goiânia - Goiás  
2016**

S586c

Silva, Brunno Moreira Naves

Cultivo de *Crotalaria spectabilis*, *Cajanus cajan* e *Pennisetum glaucum* em solos do Cerrado [manuscrito]: características físico-químicas do solo e composição bromotológica das cultivares/ Brunno Moreira Naves Silva.-- 2016. 73f.; il. 30 cm

Texto em português com resumo em inglês Dissertação (mestrado) -- Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais e Saúde, Goiânia, 2016 Inclui referências f.70-73.

1. *Crotalaria*. 2. Feijão. 3. Milheto - (subd. geog.). 4. Ciência do solo - Cerrados. 5. Solos - Análise.  
I. Feitosa, Darlan Tavares. II. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. III. Título.

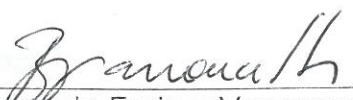
CDU: 631.41(043)

DISSERTAÇÃO DO MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE  
DEFENDIDA EM 09 DE SETEMBRO DE 2016 E CONSIDERADA  
APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA:

1)   
Prof. Dr. Darlan Tavares Feitosa / PUC Goiás (Presidente)

2) \_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Roberto Toledo de Magalhães / PUC Goiás (Coorientador)

3)   
Prof. Dr. Hugo Jayme Mathias Coelho Peron / IFG (Membro Externo)

4)   
Prof. Dr. Breno de Faria e Vasconcellos / PUC Goiás (Membro)

5)   
Prof. Dr. João Daros Malaquias Júnior / PUC Goiás (Suplente)

# FOLHA DE APROVAÇÃO

Goiânia, 09 de setembro de 2016

*Dedico este trabalho a Deus primeiramente,  
seguido pela minha esposa e filhas amadas.  
Elaine, fruto do amor de Deus para minha vida,  
companheira e cúmplice, Gabriela simplesmente  
ou totalmente amor e Cecília linda e amada.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, sobretudo a Deus, Senhor de todas as coisas e somente Nele encontramos refúgio e segurança para caminharmos.

De maneira especial á minha família, a minha esposa Elaine, por todo amor, carinho e muita paciência, apoio incondicional. Gabriela e Cecília, pela compreensão da minha ausência e ajuda na coleta de dados no campo. Sem a ajuda e principalmente a presença de vocês na minha vida, nada teria fundamento. Minha mãe Euza, por tudo o que a Senhora foi, é e será na minha vida, sempre junto e com muita cumplicidade, me apoiando e direcionando em meus caminhos. Meu pai Olívio, por ser um exemplo de caráter e honestidade.

Aos professores do Programa de Mestrado Ciências Agrárias e Saúde, pelas informações e conhecimentos tão importantes para nosso crescimento profissional e humano.

Ao meu Orientador, Professor Dr. Darlan Tavares Feitosa/PUC Goiás, pelo suporte e contribuição na elaboração deste texto e pela oportunidade de aprendizado.

Ao meu Coorientador, Professor Dr. Roberto Toledo de Magalhães/PUC Goiás, amigo, professor, consultor e outros. Este sonho de realizar o Mestrado, se iniciou com o nosso encontro ainda no MEPS e o senhor foi fundamental para que hoje possa esta recebendo este titulo.

Ao meu compadre Msc. Fabrício Carrião dos Santos, pelas horas, dias e meses de ajuda e muita paciência me ajudando neste mestrado, sem você, não seria possível cumprir esta etapa. Junto nesta caminhada, meus funcionários, amigos e companheiros, que foram de fundamental importância para que o experimento fosse concluído, Wilker, Carlos, Aldair e Jose Jr.

Ao Departamento de Zootecnia (Campus II/PUC), pela utilização dos laboratórios e materiais para análises.

Ao Instituto Federal Goiano Campus Urutaí, pelo espaço utilizado para realização do experimento, laboratórios e bolsa fornecida pela instituição.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ pela bolsa de estudo concedida.

**MUITO OBRIGADO...**

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	16
2.1. DEGRADAÇÃO DO SOLO .....	16
2.1.1. DEFINIÇÃO E PRINCIPAIS CAUSAS .....	16
2.1.2. OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO .....	17
2.1.3. ESTÁGIOS DE DEGRADAÇÃO .....	20
2.2. ESTRATÉGIAS DE RECUPERAÇÃO E CONTROLE DE SOLOS DEGRADADOS .....	21
2.2.1. LEGUMINOSAS .....	22
2.2.2. CROTÁRIA .....	24
2.2.3. FEIJÃO-GUANDÚ .....	24
2.2.4. GRAMÍNEAS .....	25
2.2.5. MILHETO .....	25
3. REFERÊNCIAS .....	27
CAPÍTULO I - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO SOB AÇÃO DE <i>CROTALARIA SPECTABILIS</i> , <i>CAJANUS CAJAN</i> E <i>PENNISETUM GLAUCUM</i> EM SOLOS DE CERRADO .....	33
RESUMO .....	33
1. INTRODUÇÃO .....	33
1.1. DENSIDADE DO SOLO .....	36
1.2. ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO .....	36
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	37
2.1. ÁREA DE ESTUDO .....	37
2.2. DELINEAMENTO AMOSTRAL .....	39
2.3. ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO .....	40
2.4. ANÁLISE DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO .....	41
2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	41
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	41
3.1. PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO .....	41
3.2. PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO .....	44
4. CONCLUSÃO .....	49
REFERÊNCIAS .....	50



CAPÍTULO II - COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DA <i>Crotalaria spectabilis</i> , <i>Cajanus cajan</i> E <i>Pennisetum glaucum</i> CULTIVADAS EM SOLOS DE CERRADO ...	58
RESUMO.....	58
1. INTRODUÇÃO .....	58
1.1. COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA .....	59
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	60
2.1. ÁREA AMOSTRAL .....	60
2.2. DELINEAMENTO AMOSTRAL .....	62
2.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	63
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
3.1. COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA .....	63
4. CONCLUSÃO.....	69
REFERÊNCIAS.....	70

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Níveis de degradação de pastagens segundo parâmetros limitantes e indicadores de deterioração.....	21
<b>Tabela 2.</b> Relação entre a resistência a penetração e a limitação para o crescimento da raiz. ....	35
<b>Tabela 3.</b> Propriedades físicas do solo da área experimental, anteriormente à implantação dos tratamentos. ....	39
<b>Tabela 4.</b> Atributos químicos da área experimental anteriormente à implantação dos tratamentos. (Laboratório de Análise do Solo do Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí) .....	39
<b>Tabela 5.</b> Média e desvio padrão da densidade de partícula do solo (g./cm <sup>3</sup> ), na profundidade de 0-20 e 20-40 cm, das espécies Crotalária, Feijão Guandú e Milheto...	42
<b>Tabela 6.</b> Média e desvio padrão de pH, CTC, matéria orgânica e saturação alcalina e de base, na profundidade de 0-20 e 20-40 cm, das espécies Crotalária, Feijão Guandú e Milheto.....	45
<b>Tabela 7.</b> Média e desvio padrão de Ca, Mg, Ca+Mg, Al, H+Al, P e K na profundidade de 0-20 e 20-40 cm, das espécies Crotalária, Feijão Guandú e Milheto.....	46
<b>Tabela 8.</b> Média e desvio padrão de relações entre Ca/Mg, Ca/CTC, Mg/CTC, (H+Al)/CTC e K/CTC, na profundidade de 0-20 e 20-40 cm, das espécies Crotalária, Feijão Guandú e Milheto. ....	48
<b>Tabela 9.</b> Coeficiente de variação, média e desvio padrão da matéria natural (MN), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA) das espécies Crotalária, Feijão Guandú e Milheto.....	64
<b>Tabela 10.</b> Média e desvio padrão da matéria natural (MN), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA) das espécies Crotalária, Feijão Guandú e Milheto, em dois cortes (intervalo de 40 dias) e seis repetições. ....	65
<b>Tabela 11.</b> Média e desvio padrão da matéria natural (MN), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA) das espécies Crotalária, Feijão Guandú e Milheto no 1º corte.....	68

## LISTA DE QUADROS

- Quadro 1.** Atribuição dos resultados na classificação de limitação de crescimento em relação ao RMP, segundo a classificação de Canarache (1990)..... 43
- Quadro 2.** Estimativa de correlação entre as variáveis matéria natural (MN), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA). ..... 69

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Representação gráfica simplificada a evolução do processo de degradação de pastagens cultivadas em suas diferentes etapas no tempo. Fonte: MACEDO (1999). ..... 17
- Figura 2.** Classificação das áreas no mundo de acordo com o grau de degradação do solo.FAO 2011 (<http://www.fao.org>) ..... 18
- Figura 3.** Tendência mundial de alteração nas áreas degradadas provocadas pela ação do homem ou mudanças climáticas. FAO 2011 (<http://www.fao.org>) ..... 19
- Figura 4.** Mapa de degradação do solo no Brasil, classificado de acordo com a velocidade e o estágio do processo de degradação. FAO 2011 (<http://www.fao.org>) .....20
- Figura 5.** Imagem de satélite da área experimental (seta vermelha), do setor bovinos da Unidade Experimental de Produção (UEP) ZOOIII do Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí, no município de Urutaí/GO.....37
- Figura 6.** Imagem da área experimental: A - destaque para a presença de pragas (cupins) e ervas daninha; B – baixa produção de material vegetal. .... 38
- Figura 7.** Esquema dos 24 canteiros, onde foram distribuídos os seis blocos e os quatro tratamentos por bloco.....40
- Figura 8.** Gráfico com índices de chuva acumulada entre os meses de janeiro a dezembro de 2015. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015). ..... 47
- Figura 9.** Imagem de satélite da área experimental (seta vermelha), do setor bovinos da Unidade Experimental de Produção (UEP) ZOOIII do Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí, no município de Urutaí/GO..... 61

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

**C/N** – Carbono/Nitrogênio.

**CTC** – Capacidade de troca de cátions.

**DP** – Densidade de Partícula.

**EE**- Extrato Etéreo.

**EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

**FAO** – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação.

**FB** – Fibra Bruta.

**FDA** – Fibra Detergente Acido.

**FDN** – Fibra Detergente Neutro.

**IBGE**- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

**K** – Potássio.

**Mg** – Magnésio.

**MM** – Matéria Mineral.

**MN** – Matéria Natural.

**MO** – Matéria Orgânica.

**MS** – Matéria Seca.

**MV** – Matéria Verde.

**N** – Nitrogênio.

**P** – Fósforo.

**PB** – Proteína Bruta.

**RMP** – Resistência Mecânica a Penetração.

**UEP** – Unidade Experimental de Produção.

**UNEP** – United Nations Environment Programme.

**UR** – Umidade Relativa.

SILVA, B. M. N. **CULTIVO DA *Crotalaria spectabilis*, *Cajanus cajan* E *Pennisetum glaucum* EM SOLOS DE CERRADO: características físico-químicas do solo e composição bromatológica das cultivares.** 2016. 80 f. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC Goiás. Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde. Goiânia, 2016.

## RESUMO

O objetivo foi descrever as características físico-químicas do solo e a composição bromatológica, como alternativa para recuperação dos solos de Cerrado e fonte de alimentação animal. O experimento foi conduzido na Unidade Experimental de Produção ZOOIII do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí, no município de Urutaí/GO. Foram estabelecidos com quatro tratamentos (duas leguminosas – Crotalária, *Crotalaria spectabilis* e Feijão-Guandú, *Cajanus cajan*; uma gramínea – Milheto, *Pennisetum glaucum* e o controle – Brachiaria, (*Brachiaria decumbens*). Foram realizadas análises das propriedades físicas e químicas do solo anteriormente ao cultivo e após um ano de cultivo. Para a análise da composição bromatológica, foram colhidas amostras com 120 dias de cultivo, considerado primeiro corte e com 160 dias, considerado segundo corte. A Crotalária, Feijão-Guandú e o Milheto não foram capazes de alterar as características físicas e químicas de solos degradados dentro do período estudado. Após as análises, foi observado maiores índices para a Crotalária em comparação com as outras espécies quanto às características da composição bromatológica.

**Palavras-chave:** Crotalária, Feijão-Guandú, Milheto e recuperação.

SILVA, B. M. N. *Crotalaria spectabilis*, *Cajanus cajan* AND *Pennisetum glaucum* FARMING ACTION IN CERRADO SOILS: physico-chemical characteristics of the soil and bromatological composition. 2016. 80 p. Dissertation (Master Science Course) – Pontifical Catholic University of Goiás – PUC Goiás. MSc in Environmental Sciences and Health. Goiânia, 2016.

## ABSTRACT

The aim was to describe the physico-chemical characteristics of the soil and the bromatological composition, as an alternative for the recovery of Cerrado soils and animal feed supply. The experiment was conducted at the Unit Experimental Production ZOOIII the Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí in the city of Urutaí/GO. They were established with four treatments (two pulses - Crotalária, *Crotalaria spectabilis* and Feijão-Guandú, *Cajanus cajan*, a grass - Milheto, *Pennisetum glaucum* and control - *Brachiaria (Brachiaria decumbens)*) were carried out analysis of the physical and chemical properties of soil above cultivation and with a year of cultivation. For bromatological composition analysis, was carried samples with 120 days of cultivation, considerate out first cut and with 160 days the second cut, considerate out second cut. The Crotalária, Feijão-Guandú e Milheto were not able to change the physico-chemical characteristics Cerrado soils within the study period. After the analysis, it was observed higher rates of Crotalária compared to other species as the characteristics of the chemical composition.

**Keywords:** Crotalária, Feijão-Guandú, Milheto and recovery.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos tempos atuais e no futuro, estaremos preocupados com a preservação do meio ambiente. A conscientização da forma como destruimos as fontes de vida do planeta é de fundamental importância para proporcionar mudanças nos hábitos da população. Por sua vez, o crescimento dessa população demanda maior produção de alimentos, impulsionando a exploração e conseqüentemente a destruição do solo.

A busca de uma produtividade desmedida estimula a utilização de técnicas errôneas de manejo como o fogo, a monoculturas, o desmatamento e o superpastejo, promovendo a deterioração do solo.

Os atuais problemas ambientais, discutidos em fóruns e encontros ao redor do mundo impulsionaram a busca por novas tecnologias mais produtivas e tecnicamente mais conservadoras. A ausência de técnicas para correção de áreas degradadas promove a formação de novas áreas de produção por desmatamento, assim como, o aumento de áreas abandonadas por baixa produtividade e poucas condições de exploração. Diversos estudos são desenvolvidos com o objetivo de aperfeiçoar as atuais tecnologias e permitir que o produtor recupere o solo, sem a abertura de novas áreas para produção.

O desafio da agropecuária para o atual século é aumentar a produtividade e lucratividade com o menor impacto ambiental. Assim, pesquisas com a utilização de gramíneas e leguminosas com o enfoque na recuperação de áreas degradadas visam sanar duas problemáticas centrais: a melhoria dos indicadores físicos e químicos do solo e o fornecimento de forragem de qualidade na produção animal.

As leguminosas aparentemente têm se mostrado eficiente no processo de recuperação de solos degradados. Isso por que, sugere-se que o sistema radicular é capaz de descompactar o solo e adubá-lo por meio da fixação de nitrogênio. A utilização de leguminosas pode contribuir na diminuição do custo de produção na medida que impacta diretamente na demanda do solo por fontes químicas nitrogenadas.

Portanto, objetivou-se neste trabalho avaliar a utilização de duas leguminosas, o Guandú (*Cajanus cajan*) e a Crotalária (*Crotalaria spectabilis*) e uma gramínea, o Milheto (*Pennisetum glaucum*) na recuperação de solos degradados e o conhecimento da capacidade nutritiva dessas plantas.



## **2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. DEGRADAÇÃO DO SOLO**

#### **2.1.1. DEFINIÇÃO E PRINCIPAIS CAUSAS**

Segundo Carvalheira (2007), o conceito de área degradada é amplo, porém, pode ser resumido como áreas que perdem a capacidade de recuperação natural como resultado de alguma ação destrutiva. Pode-se ainda dizer que, áreas degradadas são aquelas onde ocorreu à perda da produtividade ocasionada por erosão, salinização, desestruturação ou mesmo poluição.

A perda de produtividade verificada nas áreas degradadas é determinada pelo empobrecimento do solo em todos os nutrientes essenciais para o crescimento vegetal. O mau uso do solo para produção agrícola leva a deterioração desse recurso, traduzido pela perda de fertilidade, acarretando em queda de produtividade e qualidade das lavouras (BODDEY et al., 2003). A mudança desse paradigma de produção inicia-se por meio de crescentes pressões pela diminuição do desmatamento e a maior disponibilidade de tecnologia para o aumento da produtividade das pastagens. Exemplos dessa mudança são as inclusões de novas cultivares de plantas forrageiras e técnicas de recuperação de pastagens degradadas (DIAS-FILHO, 2011).

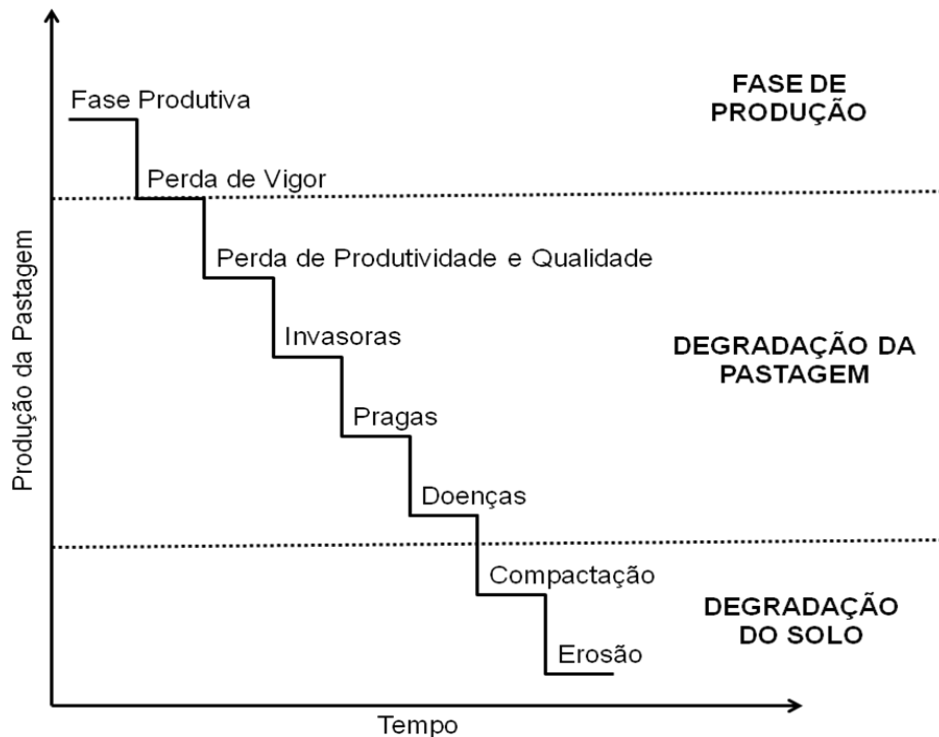
A degradação pode ser causada por vários fatores, atuando isoladamente ou em conjunto, como o preparo incorreto do solo, a má escolha da espécie forrageira, a má formação da pastagem, o manejo inadequado da pastagem, o uso de sementes de baixa qualidade, a monocultura e a não reposição dos nutrientes retirados no processo produtivo (LIRA et al., 2006).

Em relação ao preparo incorreto do solo, o emprego excessivo de maquinários agrícolas pesados tem sido uma das principais causas de alteração das propriedades físicas do solo, com camadas pulverizadas na superfície, estrutura comprometida, perdas de solo por erosão e selamento superficial (SALTON et al., 2005).

Sobre práticas inadequadas de manejo das pastagens, a degradação pode ser causada por taxa de lotação excessiva, períodos de descanso inferior à capacidade de crescimento vegetal da planta ou ainda pela entrada prematura ou

tardia dos animais em áreas de pastagens recém-formadas. A reforma da cultura, no intuito de eliminar o excesso de forragem madura por meio do uso excessivo do fogo, acelera o processo de deterioração do solo (DIAS-FILHO, 2011).

Além disso, fatores bióticos como a ocorrência de pragas seja por insetos ou microrganismos patógenos e fatores denominados abióticos, como excesso ou falta de chuvas, baixa fertilidade e drenagem deficiente do solo podem estar envolvidos em caráter multifatorial à incidências de áreas degradadas (DIAS-FILHO, 2011). A evolução do processo de degradação da pastagem e do solo pode ser melhor visualizado no esquema da Figura 1.



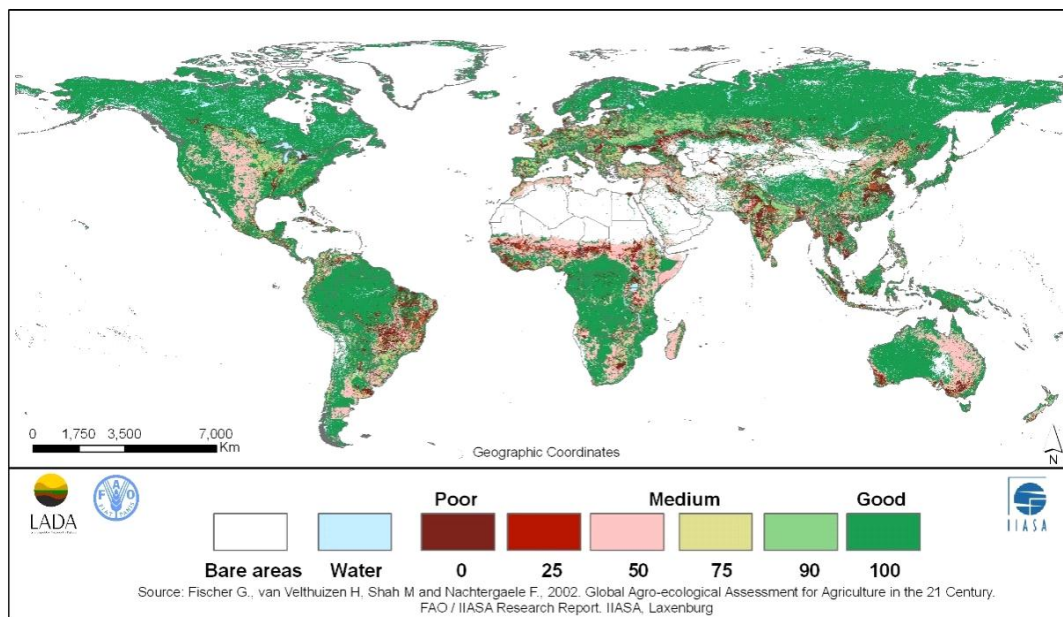
**Figura 1.** Representação gráfica simplificada a evolução do processo de degradação de pastagens cultivadas em suas diferentes etapas no tempo. Fonte: MACEDO (1999).

### 2.1.2. OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO

A degradação de pastagens é um fenômeno de abrangência global e ocorre em pastagens formadas em diferentes ecossistemas (HARRIS, 2010).

A degradação generalizada e o aprofundamento da escassez dos recursos do solo e da água colocaram em risco vários sistemas essenciais de produção alimentar no mundo, aponta o relatório da Organização das nações Unidas para Alimentação e a Agricultura (FAO 2011). O relatório fornece uma avaliação global do

estado dos recursos dos solos do planeta, em que 25% da área são classificadas como degradadas. Segundo o estudo, 8% dos solos estão moderadamente degradados, 36% estão estáveis ou levemente degradados e 10% estão classificados como em recuperação. O resto da superfície terrestre do planeta está descoberta ou coberta por massas de água interiores. A definição de degradação da FAO vai além do solo e degradação da água, e abrange outros aspectos dos ecossistemas afetados, como a perda de biodiversidade (Figura 2).



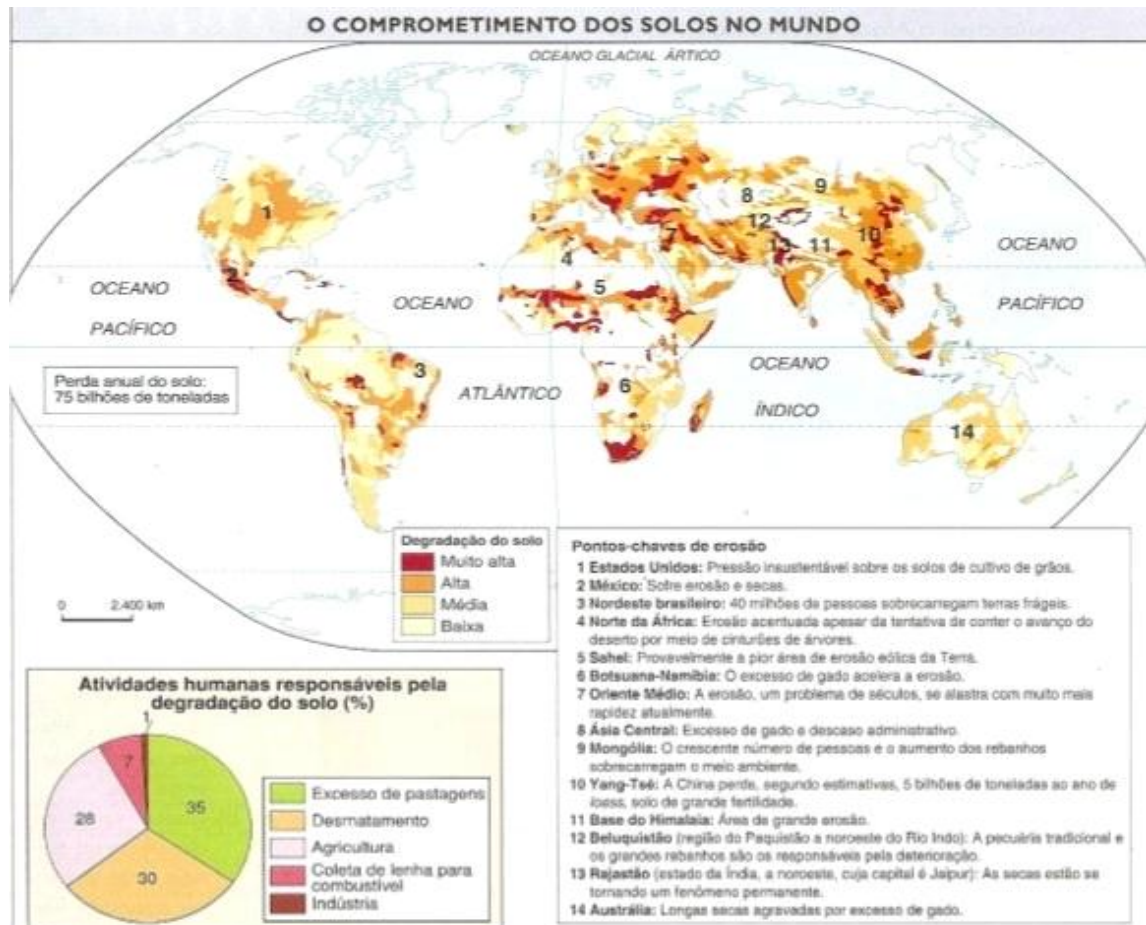
**Figura 2.** Classificação das áreas no mundo de acordo com o grau de degradação do solo.FAO 2011 (<http://www.fao.org>)

Atualmente, cerca de 1,6 bilhão de hectares dos melhores e mais produtivos solos do mundo são utilizados para o cultivo. Partes destas áreas estão sendo degradadas devido às práticas agrícolas que causam erosão hídrica e eólica, perda de matéria orgânica, compactação do solo superficial, salinização, poluição do solo e perda de nutrientes. Entre 1961 e 2009, as terras cultiváveis no mundo cresceram 12%, enquanto a produção agrícola aumentou 150%, graças a um crescimento significativo da produtividade das principais culturas (FAO 2011).

Cerca de 40% dos solos degradados no mundo encontra-se em áreas com elevada taxa de pobreza. Os números indicam que a degradação do solo está associada com o nível econômico, pois 30% dos solos degradados do mundo encontra-se em áreas com níveis moderados de pobreza, enquanto que 20% dessas áreas localizam-se em região economicamente ricas.

Estima-se que cerca de 25% das pastagens mundiais sejam naturais e

plantadas, estejam degradadas ou em processo de degradação, sendo essa proporção pelo menos três vezes maior nas regiões mais áridas do planeta (UNEP, 2005). A Figura 3 traz a tendência de alteração nas áreas degradadas ao redor do mundo provocadas pela ação do homem ou mudanças climáticas.

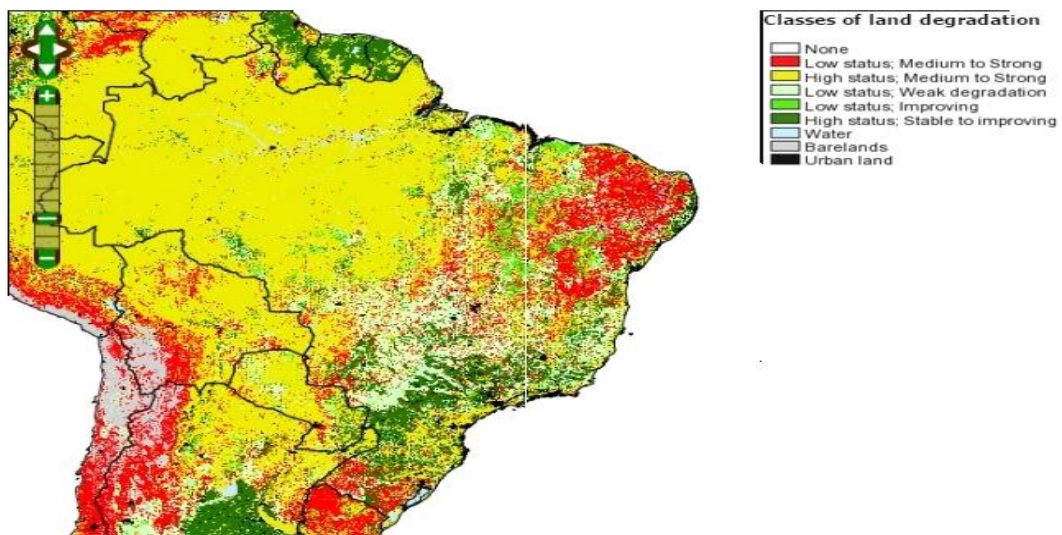


**Figura 3.** Tendência mundial de alteração nas áreas degradadas provocadas pela ação do homem ou mudanças climáticas. FAO 2011 (<http://www.fao.org>)

No Brasil, esse fenômeno tem sido reportado como causa importante de prejuízos econômicos e ambientais, sendo particularmente comum nas áreas de fronteira agrícola do país (DIAS-FILHO, 2011). O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) aponta que a pastagem se configura como a maior cultura agrícola do país, entretanto, 60% dessas áreas estão degradadas (IBGE, 2011).

No contexto geral, existe uma discrepância nos dados brasileiros sobre as áreas degradadas. A FAO (2011) estimou que 28% dos solos brasileiros estejam nessas condições, o que corresponde a aproximadamente 180 milhões de hectares (Figura 4). No Brasil, tem sido sugerido que pelo menos a metade das áreas de pastagens estaria com nível de degradação forte ou moderado, necessitando de rápida intervenção (DIAS-FILHO, 2014a). O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2015) por sua vez, limita a cerca de 30 milhões de hectares as

áreas de pastagens em algum estágio de degradação. Dias-Filho (2011) relatou que cerca de 70 milhões de hectares de pastagens, somente nas regiões centro-oeste e norte do Brasil, estariam degradados ou em processo de degradação. Dessa forma, considerando que os índices zootécnicos dessas pastagens estão abaixo do seu real potencial produtivo, seria possível afirmar que, com a recuperação dessas áreas, a atual produção de carne e leite dessas regiões poderia elevar-se consideravelmente, sem a necessidade de abertura de novas áreas produtivas. Para cada hectare de pastagem recuperada, pelo menos 2 ha de vegetação natural, floresta, cerrado ou caatinga deixariam de ser desmatados (DIAS-FILHO, 2011).



**Figura 4.** Mapa de degradação do solo no Brasil, classificado de acordo com a velocidade e o estágio do processo de degradação. FAO 2011 (<http://www.fao.org>)

Uma das possíveis justificativas para a discrepância nos dados é a ausência de metodologia uniforme para caracterizar os indicadores de degradação de pastagens. Uma pastagem considerada em degradação num determinado local poderia ser considerada ainda produtiva em outro local. A razão para isso, é que o conceito de degradação é relativo à produtividade que se consideraria ideal para aquela determinada área (DIAS-FILHO, 2011).

### 2.1.3. ESTÁGIOS DE DEGRADAÇÃO

A análise do solo para o plantio considera indicadores que ditam o rumo no processo por meio do histórico do solo, culturas exploradas, produtividade ou vigor e no caso de exploração com pastagens, a existência de cobertura vegetal no solo.

Também pode ser utilizado a indicação da presença de pragas. Considera-se também degradação agrícola a morte das forrageiras e conseqüentemente perda de cobertura vegetal e a degradação biológica com lixiviação, erosão e desertificação do solo.

Dias-Filho (2011) propõe uma classificação de degradação de pastagens composta de quatro níveis (Tabela 1). Esta classificação está fundamentada nas diversas variações de degradação agrícola e biológica de pastagens e em parâmetros facilmente observados ou medidos no campo, que indicam a queda da capacidade de suporte da área. O autor enfatiza que a classificação dos estádios de degradação de uma dada pastagem facilita o levantamento do potencial produtivo da propriedade rural e o planejamento de estratégias de manejo e de recuperação de pastagens nessa propriedade.

**Tabela 1.** Níveis de degradação de pastagens segundo parâmetros limitantes e indicadores de deterioração.

<b>Níveis de degradação</b>	<b>Parâmetros Limitantes</b>	<b>Deterioração</b>
Pastagem 1	Bom vigor e boa qualidade	Leve
Pastagem 2	Baixo vigor, qualidade e baixa população	Moderado
Pastagem 3	Baixo vigor, qualidade e baixa população, associado com a presença de invasoras e/ou cupins	Forte
Pastagem 4	Baixo vigor, qualidade e baixa população, associado com a presença de invasoras e/ou cupins e o solo descoberto	Muito forte

**Fonte:** Adaptado de Spain & Gualdron (1991) e Moreira & Assad (2000).

## **2.2. ESTRATÉGIAS DE RECUPERAÇÃO E CONTROLE DE SOLOS DEGRADADOS**

O processo de recuperação de áreas deve promover uma nova dinâmica de sucessão ecológica, em que a área a ser recuperada é o ponto de partida para o restabelecimento de uma nova comunidade de espécies vegetais. A recuperação estrutura-se primeiramente na realização de um diagnóstico, estabelecendo quais as razões para o desencadeamento de processo de degradação. Posteriormente, deve-se realizar uma análise da área para a classificação do estágio de degradação e a escolha da alternativa mais apropriada para a recuperação. Finalmente, após a adoção das medidas corretivas, deve-se realizar o monitoramento do processo de recuperação no intuito de avaliar a eficácia das ações adotadas e a recomendação de outras alternativas, caso não atinja resultados satisfatórios. O processo de reversão da degradação do solo deve ser baseado em práticas sustentáveis de

manejo de solos e de culturas, como cultivo mínimo, plantio direto, adubação verde, adubação orgânica, consorciação, rotação de culturas dentre outras medidas (HOWELL et al., 2012)

A restauração das áreas degradadas com utilização do manejo verde, busca não apenas a reposição dos elementos como o nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K), como também a melhoria das propriedades físicas e biológicas do solo (MELO, et al., 2009). O sistema radicular dessas plantas permite a descompactação do solo, favorecendo a melhoria da estrutura, a infiltração da água e a aeração. O uso de leguminosas fixadoras de N vem sendo preconizado como forma de acelerar a incorporação de MO e N no solo, de modo a tornar os sistemas mais sustentáveis, como os agroflorestais, silviculturais, silvipastoris (TORRES et al., 2008).

### **2.2.1.LEGUMINOSAS**

A família botânica Leguminosae é dotada de mais de 650 gêneros distribuídos entre representantes herbáceos, arbustivos e arbóreos. É considerada uma das mais importantes famílias nos trópicos e conhecida pela sua complexidade biológica (FRANCO et al., 2003).

As leguminosas são apontadas como plantas melhoradoras do solo por se destacarem pela possível capacidade de melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas, tanto para conservação do solo como para a recuperação de solo degradados (SOUZA & RESENDE, 2006). Ressalta-se que os benefícios dessas plantas são dependentes de fatores como o tipo de solo, a disponibilidade de água, a fertilidade, o pH do solo, o clima, dentre outros fatores, na escolha das espécies de leguminosa (ARAÚJO et al., 2009).

Algumas espécies dessa família possui a característica marcante de obter a maioria do N de que necessitam, utilizando a simbiose, em associação com bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*. Essas bactérias associam-se com as plantas e captam o N atmosférico sendo capaz de transformá-lo em compostos nitrogenados. As raízes são geralmente bem ramificadas e profundas o que pode torná-las capazes de proporcionar benefícios ao solo por estabilizar sua estrutura e reciclar nutrientes (EMBRAPA, 2004). O cultivo de plantas de cobertura do solo com sistema radicular abundante pode ser uma alternativa aos métodos de

escarificação mecânica adotada para a descompactação do solo. Além de mitigar a perda de MO, a vegetação de cobertura proporciona benefícios adicionais, como a ciclagem de nutrientes, aumenta a estabilidade dos agregados do solo por meio de suas raízes vigorosas e evita o contato das gotas de chuva diretamente no solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2008).

Em solos degradados, as leguminosas podem contribuir para a diminuição da acidez do solo e elevação dos teores de N, K e Mg. A cobertura vegetal proporcionada por essas plantas pode reduzir a variação térmica e aumentar a retenção de água no solo, nos períodos de estiagem (ANDREOTTI et al., 2008). Outros trabalhos também citam a capacidade das leguminosas em integrar ao solo compostos orgânicos que são decompostos e transformados em nutrientes disponíveis às plantas (OLIVEIRA et al., 2009) e a redução de plantas espontâneas por supressão ou alelopatia (SOUZA & RESENDE, 2006; MACHADO et al., 2014).

Os efeitos promovidos pela adubação verde nas propriedades químicas e físicas do solo são bastante variáveis, dependendo da espécie utilizada, do manejo dado à biomassa, da época de plantio, o corte do adubo verde, do tempo de permanência dos resíduos no solo, das condições locais e da interação entre esses fatores (ALCÂNTARA et al., 2000).

A eficácia da adubação verde como fonte de N para as culturas é de aproximadamente 20% no primeiro cultivo. (SCIVITTARO et al., 2003). Portanto, dentre as vantagens técnicas da utilização de espécies de leguminosas, destaca-se a possibilidade de redução da quantidade de N aplicado na adubação química, o que reduz o custo em adubação nitrogenada. Ressalta-se que, o uso das leguminosas como adubação verde ainda é um recurso pouco explorado pelos produtores rurais, embora de menor custo em relação a aplicação, cada vez maior e mais onerosa, de fertilizantes nitrogenados e concentrados protéicos WUTKE (1993) e BUZINARO et al. (2009).

Apesar dos benefícios apresentados, as leguminosas são de difícil manejo, pois apresentam pequena ressemeadura natural, lento estabelecimento, lento crescimento inicial e dificuldade de manutenção da persistência nos consórcios com gramíneas tropicais. Esse último aspecto pode ser justificado pelas diferenças fisiológicas existentes entre as famílias, em que a taxa de crescimento das gramíneas é muito superior à das leguminosas, o que favorece a competitividade, conseqüente a diminuição e desaparecimento das leguminosas nas pastagens



(BARCELLOS et al., 2008).

### 2.2.2.CROTÁRIA

O gênero *Crotalaria L.* consiste de cerca de 500 espécies, localizadas em áreas tropicais e subtropicais. Inicialmente era considerada uma planta daninha, entretanto, atualmente é um importante gênero no controle de nematóides, na produção de forragem e fibras, na adubação verde e no controle da erosão do solo. As plantas do gênero *Crotalaria* são conhecidas popularmente no Brasil por “chocalho”, “guizo-de-cascavel”, “chocalho-de-cascavel”, “chocalho-de-cobra”, “feijão-de-guizo” ou “xique-xique” (BOGHOSSIAN et al., 2007).

As plantas deste gênero desenvolvem-se bem em solos pobres, arenosos, variadas fertilidades, bem drenados e é exigente em calor, luz e umidade e pode produzir de 10 a 15 kg de matéria seca (MS) por hectare (WUTKE, 1993).

Dentre as diversas espécies do gênero, destaca-se na produção animal a *Crotalaria juncea L.* e *Crotalaria spectabilis*. As principais características que tornam essas espécies as mais utilizadas estão o rápido crescimento inicial, a produção de massa verde (MN) e a fixação de N. A *Crotalaria Spectabilis* ainda apresenta maior facilidade de desenvolvimento em solos pobres (SILVEIRA, et al, 2.004)

### 2.2.3.FEIJÃO-GUANDÚ

O feijão-guandú (*Cajanus cajan*), pertencente à família Fabaceae dotada de múltiplos usos, podendo ser utilizada como fornecedora de grãos para consumo humano, para produção de farinhas para monogástricos e como suplemento protéico para ruminantes. Como forragem para alimentação de animais, o feijão-guandú pode ser utilizado na forma de banco de proteínas, silagem ou pastejo direto (EMBRAPA GADO DE CORTE, 2002).

Dentre as leguminosas, o feijão-guandú é uma das espécies mais utilizadas na adubação verde. Isso porque, além de possuir um sistema radicular profundo e ramificado, que o torna capaz de resistir ao estresse hídrico, possibilita também romper camadas adensadas de solos. Por essa razão é também conhecido como “pé de arado”, ou “arado biológico” (ARAÚJO FILHO et al., 2010).

O feijão-guandú é uma planta anual ou perene de vida curta, caule lenhoso

e raiz principal pivotante que pode penetrar um ou mais metros no solo. O sistema radicular também apresenta numerosas raízes finas secundárias de até 30 cm de comprimento e nódulos que contêm bactérias do gênero *Rhizobium* (EMBRAPA GADO DE CORTE, 2002).

Em solos bem drenados e profundos, seu potencial de produtividade alcança 14 t/ha/ano de MS, com cerca de 2 t de proteína bruta (PB) (VALADARES FILHO, 2000). As folhas e ramos finos apresentam teores de PB entre 16 e 20%, enquanto que a digestibilidade da MS pode variar de 50 a 65%.

#### **2.2.4.GRAMÍNEAS**

Assim como a família das leguminosas, as gramíneas também possuem a capacidade de promover a conservação ou recuperação de processos de degradação do solo. As gramíneas podem ser indicadas na sucessão ao cultivo de verão nas regiões subtropicais e tropical do Brasil (REY et al., 2004).

Menezes & Leandro (2004) recomendam a utilização de espécies de gramíneas como adubação verde, principalmente com o objetivo de manutenção da cobertura do solo e não a incorporação de resíduos. As gramíneas possuem maior volume de raiz, melhorando a porosidade e agregação do solo, além de representarem a melhor alternativa na associação com leguminosas comerciais. A relação C/N mais elevada dessa família implica em maior permanência dos resíduos no solo, favorecendo o estabelecimento da cobertura.

#### **2.2.5.MILHETO**

O milheto (*Pennisetum glaucum*) é uma gramínea de origem tropical, anual, de fácil implantação e manejo, com crescimento cespitoso e ereto. O ciclo vegetativo é curto, de 60 a 150 dias. A espécie também se destaca por sua adaptação a uma grande diversidade de ambientes e a diferentes condições de clima e solo (CAFÉ et al., 2002).

O milheto, segundo Scaléa (1998), é uma planta adaptada às condições do Cerrado brasileiro, onde predomina solos ácidos de baixa fertilidade e longos períodos de estiagem. O sistema radicular profundo permite a maior capacidade de extração de nutrientes e descompactação do solo (CRUSCIOL & SORATTO, 2007).

O cultivo do milho destina-se à produção de cobertura vegetal do solo para plantio direto de culturas como o milho e a soja. Também é utilizada na implantação e recuperação de pastagens, na produção de grãos, forragem para pastejo e volumosos conservados. Quando semeado após as culturas de verão, o milho pode ser aproveitado para colheita de grãos ou como forragem suplementar no período seco, sendo uma alternativa para suprir a carência de alimento em períodos de escassez (TABOSA et al., 1999). Isso somente ocorre devido às características de elevada tolerância do milho a altas temperaturas e a períodos com déficit hídrico. Além disso, as elevadas temperaturas associadas a alta umidade, no verão, promovem rápida decomposição dos resíduos vegetais (LARA CABEZAS et al., 2004).

A utilização do milho como cobertura vegetal dispensa o revolvimento do solo, impedindo modificações indesejáveis na ciclagem de nutrientes. A sua implantação interfere positivamente nos processos de imobilização, mineralização, lixiviação, volatilização e desnitrificação, devido a lenta decomposição da matéria verde (MV). Dentre os nutrientes do solo que podem ser afetados pela falta de cobertura vegetal, o N é o componente mais beneficiado por esta característica do milho. (LARA CABEZAS et al., 2004).

A produção de grãos do milho varia entre 500 e 1500 kg/ha. A espécie apresenta excelente valor nutritivo, 24% de PB, boa palatabilidade, e digestibilidade que varia entre 60 e 78%. A produção de forragem pode alcançar até 60 t/ha de MV e 20 t/ha de MS, quando cultivado no início da primavera de acordo com os autores Kichel & Miranda, 2000.

### 3. REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E; PAULA, M. B.; 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.

ANDREOTTI M, ARALDI M, GUIMARÃES VF, FURLANI E & BUZETTI S (2008) Winter corn yield and chemical modifications in latosol as a function of covering species after lime application under no-tillage system. *Acta Scientiarum*, 30:109-115.

ARAUJO FILHO, J. V.; INOMOTO, M. M.; GODOY, R.; FERRAZ, L. C. C. B. Reação de linhagens de feijão-guandu a *Rotylenchulus reniformes* e *Pratylenchus zeae*. *Nematologia Brasileira*, Piracicaba, v. 34, n. 4, 2010.

ARAUJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. Função da Vegetação Na Estabilidade de Encostas. In: ARAUJO, Gustavo Henrique de Sousa; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de; GUERRA, Antônio José Teixeira. *Gestão Ambiental de Áreas Degradadas*. 4. ed. Rio de Janeiro: Betrand Brasil, 2009. Cap. 5, p. 111-164.

BALIEIRO, F. C. Dinâmica de nutrientes e da água em plantios puros e consorciados de *Pseudosamanea guachapele* Dugand e *Ecalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. 2002. 92p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

BARCELLOS, A. de O.; RAMOS, A. K. B.; VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. *R. Bras. Zootec.*, v.37, suplemento, p.51-67, 2008.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do Solo*, 7ª Edição, Editora Ícone. São Paulo, SP. 2008, 355p.

BODDEY, R. M.; XAVIER, D. ; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.. *Brazilian*

Agriculture: The Transition to Sustainability. Journal Of Crop Production, New York, USA, v. 9, n. 1/2, p. 593-621, 2003.

BOGHOSSIAN, M.R., PEIXOTO, P.V., BRITO, M.F. & TOKARNIA, C.H. Aspectos clínico-patológicos da intoxicação experimental pelas sementes de *Crotalaria mucronata* (Fabaceae) em bovinos. Pesq. Vet. Bras. 27(4): 149-156, 2007.

BUZINARO, T. N.; BARBOSA, J. C.; NAHAS, E. Atividade microbiana do solo em pomar de laranja em resposta ao cultivo de adubos verdes. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 31, n. 2, p. 408-415, 2009.

CAFÉ, M. B.; STRINGHINI, J. H.; FRANÇA, A. F. S. Utilização do milheto na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2., 2002. Uberlândia. Anais... Uberlândia: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2002. p.5-38.

CARVALHEIRA, M. S. Avaliação do estabelecimento de espécies de cerrado sentido restrito, a partir do plantio direto de sementes na recuperação de uma cascalheira na Fazenda Água Limpa – UNB. 2007. 42 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2007.

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

COSTA, N. L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A.; PEREIRA, R. G. A. Formação e manejo de pastagens de guandu em Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2001. 2p. (Recomendações Técnicas, 23).

CRUSCIOL, C. A.C.; SORATTO, R. P. Nutrição e produtividade do amendoim em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura no sistema plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, p.1553-1560, 2007.

DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação / Moacyr Bernardino Dias Filho. \_ 4. ed. rev., atual. e ampl. \_ Belém, PA: Ed. do Autor, 2011.

DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402). Disponível em: <http://bit.ly/1v0USg3>.

EMBRAPA. As principais espécies de Brachiaria utilizadas no país. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2002. 4 p. (Comunicado Técnico 22).

EMBRAPA. Tecnologia de produção de soja-2004 LONDRINA: Embrapa Soja, Fundação Triangulo Mineiro, 237p 2004.

FANTE JÚNIOR, L.; REICHARDT, K; JORGE, L. A. C.; CRESTANA, S. Distribuição do sistema radicular do milho em terra roxa estruturada latossólica: I. Comparação de metodologias. Scientia Agrícola, v.51, p.513518, 1994

FAO (2011) OECD-FAO Agricultural Outlook 2011 <http://www.fao.org>.

FRANCO, A. A.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C. Importância das leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas e na sustentabilidade de sistemas agroflorestais. In: Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável, Mato Grosso do Sul, 2003. p. 1-24.

HARRIS, R.B. Rangeland degradation on the Qinghai-Tibetan plateau: A review of the evidence of its magnitude and causes. Journal of Arid Environments, v.74, n.1, p.1-12, 2010.

HOWELL, E.A., HARRINGTON, J.A., GLASS, S.B. Introduction to Restoration Ecology. Washington: Island Press, 2012. 418p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo agropecuário. Recenseamento geral do Brasil. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e

Estatística. Rio de Janeiro, 2011.

KICHEL, A. N. & MIRANDA, C. H. B. Uso da aveia como planta forrageira. Campo Grande: EMBRAPA Gado de Corte, 2000 (a) 5 p. (EMBRAPA Gado de Corte. Gado de Corte Divulga, 45).

LARA CABEZAS, W. A. R. et al. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.4, p.1005-1013, 2004.

LIRA, M. de A.; SANTOS, M. V. F. dos; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; LIRA JÚNIOR, M. de A.; MELLO, A. C. L. de. Sistemas de produção de forragem: alternativas para sustentabilidade da pecuária. In: 43ª Reunião Anual da Soc. Bras. Zootecnia. Anais... p 405-423. João Pessoa, PB, 2006.

MACEDO, M. C. M. Degradação de Pastagens: Conceitos e Métodos de Recuperação. In: Anais do Simpósio Sustentabilidade da Pecuária de Leite no Brasil. Editado por Vilela, Duarte; Martins, Carlos Eugênio; Bressan, Matheus e Carvalho, Limírio de Almeida. Embrapa Gado de Leite. p.137-150, 1999.

MACHADO, D. F. T., Confessor, J. G., Rodrigues, S. C. Processo inicial de recuperação de área degradada a partir de intervenções físicas e utilização de leguminosas. *Caderno de Geografia*, Alfena, v.24, número especial (1), 2014.

MELO A. C. G.; SOUZA, H.; CONTIERI, W. A.; MALICIA L. C. Biomassa, fixação de carbono e estrutura da vegetação de Cerrado em restauração aos seis anos, Assis, SP. *Rev. Inst. Flor*, v. 21, n. 1, p. 73-78, São Paulo, 2009.

MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 34, n. 3, p. 173-180, 2004.

MINISTERIO DA AGRICULTURA, PECUARIA E ABASTECIMENTO, *Projeção de Agronegócio*, Brasília, DF. MAPA Sexta Edição, 2015.

MOREIRA, L.; ASSAD, E. D. Segmentação e classificação supervisionada para identificar pastagens degradadas. Workshop Brasileiro de Geoinformática, 2, 2000, São Paulo. Anais... São Paulo: SBC, 2000. 15p

OLIVEIRA, A. N. P. de; OLIVEIRA, A. P. de; LEONARDO, F. de A. P.; CRUZ, I. da S.; SILVA, D. F. da. Yield of gherkin in response to doses of bovine manure. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 27, n. 1, p. 100-102, 2009.

REY, F., BALLAIS, J. L., MARRE, A., ROVÉRA, G. 2004. Rôle de la Végétation dans la protection contre l'érosion hydrique de surface. Comptes Rendus Geoscience, 2004.

SALTON, J. Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical. 2005. 155f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciências do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SCALÉA, M. J. Perguntas & Respostas sobre o plantio direto. Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 83, p. 1-8. 1998. Encarte Técnico.

SCIVITTARO, W.B. et al. Transformações do nitrogênio proveniente de mucuna-preta e uréia utilizados como adubo na cultura do milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.38, n.12, p.1427-1433, 2003.

SILVA, G. T. A.; RESENDE, A. S. CAMPELLO, E. F. C.; DIAS, P. F.; FRANCO, A. A. Importância da fixação biológica de nitrogênio na sustentabilidade de sistemas agroflorestais. In: Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável. Ed. Gama- Rodrigues, A.C.; Barros, N. F.; Gama-Rodrigues, E. F.; Freitas, M. S. M.; Viana, A.P.; Jasmin, J. M.; Marciano, C. R.; Carneiro, J. G. A. UENF, Campos dos Goitacazes, RJ. 2006. p.257-274

SILVEIRA, P. M. & RAVA, C. A. Utilização de crotalária no controle de nematóides da raiz do feijoeiro. Embrapa. Comun. Téc. 74, Santo Antônio de Goiás, 2004.



SOUZA, J. L. de & RESENDE, P. L. Manual de Horticultura Orgânica. 2ed. Atual. eampl – Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2006.

SPAIN, J.M., GUALDRÓN, R. Degradación y rehabilitación de pasturas. In: LASCANO, C.E.; SPAIN, J.M. (Eds.). Establecimiento y renovación de pasturas. Cali: CIAT. 1991. 269-283.

TABOSA, J. N.; BRITO, A. R. M. B.; LIMA, G. S. et al. Perspectivas do milho no Brasil - Região Nordeste. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DO MILHETO, 1999, Brasília. Anais... Brasília: Jica-Embrapa, 1999. p.169-185.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, DF, v. 3, p. 421- 428, 2008.

UNEP 2005. Implications of the findings of the Millennium Ecosystem Assessment for the future work of the Convention – Addendum - Summary for decision makers of the biodiversity synthesis report. UNEP

VALADARES FILHO, S. C. V., SEBASTIÃO DE CAMPOS. Nutrição, Avaliação de Alimentos e Tabelas de Composição de Alimentos para Bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 37., Viçosa, 2000, Anais...Viçosa: SBZ, 2000.

WUTKE, E. B. Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A. (Coords.) CURSO SOBRE ADUBAÇÃO VERDE NO INSTITUTO AGRONÔMICO, 1. 1993 Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. P.17-29. (Documentos IAC, 35).

## CAPÍTULO I

### CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO SOB AÇÃO DE *CROTALARIA SPECTABILIS*, *CAJANUS CAJAN* E *PENNISETUM GLAUCUM* EM SOLOS DE CERRADO

#### RESUMO

O objetivo foi descrever as características físicas e químicas do solo após a implantação de gramíneas e leguminosas, como alternativa para recuperação dos solos degradados. O experimento foi conduzido na Unidade Experimental de Produção (UEP) ZOOIII do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí, no município de Urutaí/GO. Foram estabelecidos com quatro tratamentos (duas leguminosas – Crotalária, *Crotalaria spectabilis* e Feijão-Guandú, *Cajanus cajan*; uma gramínea – Milheto, *Pennisetum glaucum* e o controle – Brachiaria, (*Brachiaria decumbens*), distribuídos em seis blocos, com quatro repetições. Foram feitos 24 canteiros de 16 m<sup>2</sup> (4x4m) e espaçamento de 4 m entre canteiros. Para formação dos canteiros, inicialmente utilizou-se a enxada rotativa e posterior retirada manual da vegetação espontânea presente. As plantas foram semeadas a lanço e cobertas manualmente a uma profundidade de 1 cm. A análise das propriedades físicas do solo foi composta pelas variáveis densidade de partícula (DP) em g/cm<sup>3</sup>, umidade relativa (UR) em %, resistência mecânica à penetração (RMP) dados em MPa. A análise das propriedades químicas do solo foi composta pelas variáveis pH, Ca, Mg, Ca+Mg, Al, H+Al, CTC, P, K, matéria orgânica, saturação de base e em Al e as relações entre Ca/Mg, Ca/CTC, Mg/CTC, (H+Al/CTC) e K/CTC. A Crotalária, o Feijão-Guandú e o Milheto não foram capazes de alterar significativamente as características físicas e químicas de solos degradados dentro do período estudado.

**Palavras-chave:** compactação, fixação de nitrogênio, recuperação do solo, crotalária, feijão-guandú e milheto.

#### 1. INTRODUÇÃO

A qualidade é a capacidade do solo, limites do ecossistema, de sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde de

plantas e animais (ZATORRE, 2008). O entendimento atual do conceito de qualidade de solo compreende o equilíbrio entre os condicionantes geológicos, hidrológicos, químicos, físicos e biológicos do solo (BRUGGEN & SEMENOV, 2000; SPOSITO & ZABELI, 2003). A qualidade do solo influencia o potencial de uso, a produtividade e a sustentabilidade global do agroecossistema, sendo seu estudo necessário para fornecer informações sobre o manejo do solo e assegurar a tomada de decisões para uma melhor utilização desse recurso (SPOSITO & ZABELI, 2003).

A fim de reverter o processo de degradação dos solos agrícolas têm sido recomendadas práticas sustentáveis de manejo de solos e de culturas, tais como: cultivo mínimo, plantio direto, adubação verde, adubação orgânica, consorciação, rotação de culturas, dentre outras. A sucessão de diferentes cultivos contribui para a manutenção do equilíbrio dos nutrientes no solo e para o aumento da sua fertilidade, além de permitir uma melhor utilização dos insumos agrícolas. A adição de nutrientes via adubos verdes contribui para a conservação do solo e da água, interferindo positivamente na estrutura do solo quanto à aeração e infiltração de água (ARF et al. 1999).

A implantação de uma cultura em uma área de vegetação nativa, seja lavoura ou pastagem, altera os atributos químicos e físicos do solo (CARNEIRO et al. 2009). Assim, busca-se parâmetros capazes de apontar que um agroecossistema está sendo perturbado e torna-se não sustentável do ponto de vista ambiental e econômico. Nesse sentido, alguns indicadores mais facilmente mensuráveis e visíveis, como a análise da fertilidade química e física do solo passaram a ser utilizados para avaliar o efeito das práticas agrícolas na degradação das áreas cultivadas (DERPSCH, 2000).

Segundo Peng et al. (2004) a compactação do solo é considerada a principal causa de degradação do solo no mundo. O surgimento de camadas compactadas pode ocorrer por pressões externas exercidas sobre o solo, como tráfego de máquinas ou animais (LIMA et al., 2004). Esse processo pode ocorrer de modo natural pela acomodação das partículas constituintes do solo (LIMA, 2006), reorganizando as partículas que passam a ocupar menor volume (DIAS JÚNIOR, 2000). A compactação do solo afeta todos os seus atributos físicos, químicos e biológicos, assim como a dinâmica da água, do ar e do calor e restringe o desenvolvimento radicular das plantas (BEUTLER & CENTURION, 2004; BEUTLER et al., 2006).

Como metodologia para avaliar a compactação, tem sido utilizado o cálculo da resistência do solo à penetração (BEUTLER & CENTURION, 2004), por estar diretamente relacionada com o crescimento das plantas e modificada pelos sistemas de preparo do solo. Além disso, é considerada uma técnica fácil e direta de determinação (STOLF, 1991). Pesquisas mostram que a resistência à penetração é considerada o melhor parâmetro sobre o impedimento mecânico do solo ao crescimento radicular e, também, é um indicador sensível da compactação do solo (MEROTTO & MUNDSTOCK, 1999; BEUTLER & CENTURION, 2004).

As limitações para o crescimento da raiz das plantas segundo a resistência mecânica a penetração (RMP) foi estabelecido por Canarache (1990). A Tabela 2 estabelece a relação entre a RMP e as limitações impostas sobre a raiz.

**Tabela 2.** Relação entre a resistência a penetração e a limitação para o crescimento da raiz.

<b>Classe de resistência a penetração</b>	<b>Limites (MPa)</b>	<b>Limitação para crescimento da raiz</b>
Muito baixo	<_ 1,0	Não apresenta limitações
Baixo	1,1 – 2,5	Não apresenta limitações
Médio	2,6 – 5,0	Algumas limitações
Alto	5,1 – 10,0	Algumas limitações
Muito alto	10,1 – 15,0	Não apresenta possibilidade de crescimento da raiz
Extremamente Alto	> 15,0	Não apresenta possibilidade de crescimento da raiz

Fonte: Adaptado por CANARACHE, 1990.

Uma das formas de se quantificar a compactação é por meio da utilização da técnica de penetrometria com penetrômetros dinâmicos de impactos e estáticos com velocidade de penetração constante (PEDROTI et al. 2001). Conforme a EMBRAPA (2002), “Penetrômetros ou penetrógrafos são instrumentos que medem a resistência à penetração em unidades de pressão (força/área) de um cone padrão, posicionado na extremidade de uma haste de metal, quando inseridos no interior do solo”. Na ocasião de coleta de dados é preciso levar em consideração a umidade do solo, pois esta influência na resistência à penetração (BEUTLER et al., 2007; CARBONERA 2010; NASCIMENTO et al., 2007; ROBOREDO 2010; STOLF, 1984).

O penetrômetro de impacto tem sido amplamente utilizado em razão do baixo custo, da não-necessidade de calibração frequente e do fato de os resultados independem do operador.

## 1.1. DENSIDADE DO SOLO

A densidade de solo é definida numericamente pela relação entre a massa do solo seco por unidade de volume, determinada a partir de amostras coletadas com estrutura preservada (FERNANDES & FERNANDES, 2009; THROOP et al., 2012).

A densidade pode ser usada como um índice do grau de compactação de um solo (REICHARDT & TIMM, 2008). À medida que aumenta a compactação do solo ocorre o aumento da densidade do solo e da resistência à penetração das raízes (BORGES et al., 1999). Esse processo impede fisicamente o desenvolvimento do sistema radicular e contém o movimento da água e do ar ao longo do perfil (RICHART et al., 2005). Em solos compactados secos, o número de macroporos é reduzido o que conseqüentemente eleva a densidade, promovendo maior resistência física ao crescimento das raízes. Entretanto, em solos compactados úmidos, ocorre a falta de oxigênio para a respiração das raízes (MARSCHNER, 1995).

## 1.2. ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO

O método de análise química é o mais abrangente, econômico, acessível e utilizado para a avaliação da fertilidade do solo. A realização da análise de solo é importante, pois somente os dados obtidos a campo por meio da observação visual não são suficientes para se determinar possíveis problemas nutricionais das plantas. A análise química favorece a prevenção para futuros problemas nutricionais que podem facilitar o aparecimento de pragas e doença e monitorar as mudanças da fertilidade do solo (WATANABE et al, 2002).

Uma alternativa para a correção dos parâmetros químicos dos solos sem a adição de insumos químicos é por meio do plantio de leguminosas. As leguminosas possibilitaram a redução das quantidades de N mineral aplicado no milho cultivado anteriormente ao milho (AITA et al., 2001). Em estudos sobre a influência de adubos verdes na recuperação de solos degradados, as leguminosas contribuíram expressivamente para o aumento da fertilidade (ALCÂNTARA et al., 2000)

De um lado, a análise química do solo, embora muito útil para estimar o potencial produtivo do solo, fornece apenas informações sobre a capacidade do solo manter a produtividade vegetal. Por outro lado, alterações nos atributos físicos ou a

perda de matéria orgânica do solo ocorrem que maneira muito lenta, o que pode revelar tardiamente um estado de degradação do solo (CARTER, 1986).

O presente estudo teve o objetivo de avaliar o efeito do uso de gramínea e leguminosas sobre as características físicas e químicas do solo.

## 2.MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi conduzido na área experimental do setor bovinos da Unidade Experimental de Produção (UEP) ZOOIII do Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí, no município de Urutaí/GO, cujas coordenadas geográficas são 17°29'23.8" S e 48°12'40.6" W com altitude de 807 m (Figura 5). O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, predomina o clima tropical com estação seca. A temperatura é amena durante todo o ano, com média de 23,2 °C, sendo a média mínima de 17,7 °C e a máxima de 29,8 °C (normal climatológica de 1961-1990).



Imagens ©2015 CNES / Astrium, DigitalGlobe, Dados do mapa ©2015 Google 100 m

**Figura 5.** Imagem de satélite da área experimental (seta vermelha), do setor bovinos da Unidade Experimental de Produção (UEP) ZOOIII do Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí, no município de Urutaí/GO.

Há duas estações no ano bem definidas: uma chuvosa, de outubro a abril, e outra seca, de maio a setembro. O índice pluviométrico é de aproximadamente 1.570 milímetros (mm) anuais. A topografia do local é plana com declividade de 2,5% e predominância de latossolo vermelho-amarelo distrófico de textura argilo-arenoso tendo como vegetação atualmente predominante o capim Braquiária (*Brachiaria decumbens*).

A definição da área para a realização do experimento levou com consideração primeiramente parâmetros definidos por Dias-Filho (2011), em que classifica a pastagem em processo de degradação pela queda da produtividade agropecuária, determinada pela diminuição da capacidade de suporte da área. O autor despreza a produtividade do ponto de vista biológico, ou seja, o acúmulo de biomassa e/ou análise de solo e valoriza fatores relativos a produção animal, ausência ou não de pragas e ervas daninhas.



**Figura 6.** Imagem da área experimental: A - destaque para a presença de pragas (cupins) e ervas daninha; B – baixa produção de material vegetal.

Ainda sobre a visão de área degradada ou em processo de degradação, existem dúvidas sobre sua relação com a qualidade do solo, principalmente nas regiões de fronteira pecuária. Logo, diferentemente de Dias-Filho (2011), Araújo et al. (2007) abordam algumas características relativamente simples que podem ser usadas para avaliar a qualidade do solo de forma bastante eficaz, sugerindo uma associação com a degradação do solo. Os parâmetros escolhidos para tal ponderação devem abranger atributos biológicos, químicos e físicos. Dentre os principais, de caráter prático, podem ser destacadas a matéria orgânica, a

capacidade de troca catiônica e a resistência à penetração. As avaliações conjuntas dessas propriedades podem ajudar a identificar o grau de alteração do solo e conseqüentemente o nível de degradação.

Diante do exposto para a escolha da área experimental, além dos parâmetros produtivos, também considerou a análise de qualidade física (Tabela 3) e química (Tabela 4) do solo.

**Tabela 3.** Propriedades físicas do solo da área experimental, anteriormente à implantação dos tratamentos.

Parâmetro	Profundidade (cm)	
	0-20	20-40
Umidade gravimétrica(%)	28,47	25,23
Densidade de partículas (g/cm <sup>3</sup> )	20,73	22,00
Resistência mecânica à penetração (MPa)	2,58	2,91

**Tabela 4.** Atributos químicos da área experimental anteriormente à implantação dos tratamentos. (Laboratório de Análise do Solo do Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí)

Atributos	Unid.	0-20 cm	20-40 cm
<b>Ca+Mg</b>	<b>Cmolc/dm<sup>3</sup></b>	1,4	1,0
<b>Ca</b>	<b>Cmolc/dm<sup>3</sup></b>	1,1	0,7
<b>Mg</b>	<b>Cmolc/dm<sup>3</sup></b>	0,3	0,3
<b>H + Al</b>	<b>Cmolc/dm<sup>3</sup></b>	5,0	4,8
<b>Al</b>	<b>Cmolc/dm<sup>3</sup></b>	0,3	0,29
<b>K</b>	<b>Cmolc/dm<sup>3</sup></b>	0,77	0,61
<b>K</b>	<b>mg/dm<sup>3</sup></b>	300	240
<b>P</b>	<b>mg/dm<sup>3</sup></b>	14,6	3,16
<b>pH</b>		6,1	6,1
<b>MO</b>	<b>%</b>	0,5	0,49
<b>MO</b>	<b>g/dm<sup>3</sup></b>	50,7	49,0
<b>Cu</b>	<b>mg/dm<sup>3</sup></b>	2,3	2,2
<b>Fe</b>	<b>mg/dm<sup>3</sup></b>	83,0	43,1
<b>Mn</b>	<b>mg/dm<sup>3</sup></b>	69,0	48,3
<b>Zn</b>	<b>mg/dm<sup>3</sup></b>	6,0	2,4
<b>Sat. Base (V%)</b>	<b>mg/dm<sup>3</sup></b>	30,24	25,16
<b>CTC</b>	<b>Cmolc/dm<sup>3</sup></b>	7,17	6,41
<b>S</b>	<b>Cmolc/dm<sup>3</sup></b>	2,17	1,61
<b>Ca/Mg</b>		3,7	2,3
<b>Ca/K</b>		1,4	1,1
<b>Mg/K</b>		0,4	0,5

## 2.2.DELINEAMENTO AMOSTRAL

O experimento teve a duração de um ano, sendo conduzido entre os meses de dezembro de 2014 a dezembro de 2015. A área antes do início do experimento era utilizada unicamente para o pastejo animal.



O experimento foi realizado com quatro tratamentos (duas leguminosas – Crotalaria, *Crotalaria spectabilis* e Feijão-Guandú, *Cajanus cajan*; uma gramínea – Milheto, *Pennisetum glaucum* e o controle – Brachiaria, (*Brachiaria decumbens*), distribuídos em seis blocos, com quatro repetições e distribuídas nas quatro espécies de planta. A ordem de distribuição tratamentos segue esquematizado na Figura 7.

<b>BLOCO 1</b>	Crotalaria	Feijão-Guandú	Milheto	Controle
<b>BLOCO 2</b>	Controle	Crotalaria	Feijão-Guandú	Milheto
<b>BLOCO 3</b>	Milheto	Controle	Crotalaria	Feijão-Guandú
<b>BLOCO 4</b>	Controle	Milheto	Controle	Crotalaria
<b>BLOCO 5</b>	Crotalaria	Feijão-Guandú	Milheto	Controle
<b>BLOCO 6</b>	Controle	Crotalaria	Feijão-Guandú	Milheto

**Figura 7.** Esquema dos 24 canteiros, onde foram distribuídos os seis blocos e os quatro tratamentos por bloco.

Foram feitos 24 canteiros de 16 m<sup>2</sup> (4x4m) e espaçamento de 4 m entre canteiros. Para formação dos canteiros, inicialmente utilizou-se a enxada rotativa e posterior retirada manual da vegetação espontânea presente na área anteriormente a realização do experimento. As plantas foram semeadas a lanço e cobertas manualmente a uma profundidade de 1 cm.

### 2.3. ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

A análise das propriedades físicas do solo foi composta pelas variáveis densidade de partícula (DP) em g/cm<sup>3</sup>, umidade relativa (UR) em %, resistência mecânica à penetração (RMP) dados em MPa.

Para as análises de DP e UR foram obtidas duas amostras de solo em cada canteiro, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. A metodologia para determinação dos dois parâmetros foi definida de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 1997.

Para o teste de RMP utilizou-se um penetrômetro de impacto modelo

IAA/Planalsucar, em cada canteiro, duas profundidades do solo (0-20 cm e 20-40 cm) e dois momentos (anterior ao estabelecimento dos tratamentos e um ano após o seu estabelecimento). A RMP foi calculada conforme Stolf (1991), como se segue:

$$\text{RMP (MPa)} = 0,56 + 0,689 \times N, \text{ onde:}$$

N = número de impactos até atingir determinada profundidade

## **2.4. ANÁLISE DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO**

A análise das propriedades químicas do solo foi composta pelas variáveis pH, Ca, Mg, Ca+Mg, Al, H+Al, CTC, P, K, matéria orgânica, saturação de base e em Al e as relações entre Ca/Mg, Ca/CTC, Mg/CTC, (H+Al/CTC) e K/CTC. A metodologia utilizada para as análises foi definida de acordo com Análises Químicas para Avaliação da Fertilidade do Solo da EMBRAPA (1998).

## **2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA**

O experimento foi instalado em delineamento experimental de blocos, com quatro tratamentos (Crotalaria, Feijão-Guandú, Milheto e controle) e 6 blocos. Cada unidade experimental foi constituída por um canteiro (16m<sup>2</sup>), totalizando 24 canteiros. Os blocos foram constituídos por grupos de quatro canteiros. As variáveis avaliadas foram submetidas a teste de normalidade. As variáveis paramétricas foram submetidas a análise de variância seguida do teste de Tukey. As variáveis não paramétricas foram submetidas ao teste de Kruskal-Wallis. Foi considerado nível de 0,05 de significância em todos os testes e utilizado para auxílio das análises o software R (Core Development Core Team, 2015).

## **3.RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1.PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO**

A tabela 5 mostra as médias de DP, RMP e UR dos tratamentos nas duas profundidades. As três variáveis não diferiram quanto aos tratamentos, independentemente da profundidade estudada.

**Tabela 5.** Média e desvio padrão da densidade de partícula do solo ( $\text{g./cm}^3$ ), na profundidade de 0-20 e 20-40 cm, das espécies Crotalaria, Feijão Guandú e Milheto.

	Profundidade	Controle	Crotalaria	Feijão Guandú	Milheto
DP ( $\text{g/cm}^3$ )	0-20 cm	17,24 $\pm$ 0,48	16,23 $\pm$ 0,94	16,98 $\pm$ 0,82	16,38 $\pm$ 0,83
	20-40 cm	16,61 $\pm$ 0,76	16,28 $\pm$ 0,79	15,06 $\pm$ 1,35	15,83 $\pm$ 1,30
RMP (MPa)	0-20 cm	1,73 $\pm$ 0,20	1,83 $\pm$ 0,46	1,83 $\pm$ 0,25	1,82 $\pm$ 0,24
	20-40 cm	2,28 $\pm$ 0,34	2,53 $\pm$ 0,76	2,88 $\pm$ 0,43	2,85 $\pm$ 0,52
UR (%)	0-20 cm	24,52 $\pm$ 0,83	22,96 $\pm$ 2,07	23,91, $\pm$ 1,51	23,46 $\pm$ 0,65
	20-40 cm	22,22 $\pm$ 0,93	20,91 $\pm$ 1,50	21,70 $\pm$ 1,24	21,34 $\pm$ 0,80

\* Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças ( $p < 0,05$ ) entre médias das espécies de plantas, comparadas pelo Teste de Kruskal Wallis para a variável RMP e pelo Teste de Tukey para as variáveis DP e UR.

A DP não variou entre as espécies de leguminosas e gramíneas, tanto para a camada mais superficial como na camada mais profunda. Acredita-se que, em camadas mais compactadas do solo, o aumento da densidade resulta em menor absorção de água pela planta e decréscimo na infiltração e armazenamento de água (CABRAL et al., 2012). Conseqüentemente, os resultados não apontam para uma diferença na dinâmica da água no sistema radicular tanto em gramíneas quanto em leguminosas.

As médias de DP dos tratamentos e do controle, antes do plantio e após um ano do estabelecimento das culturas foram diferentes ( $p < 0,05$ ), tanto na profundidade de 0-20cm ( $\bar{x} = 20,73 \text{ g/cm}^3$ ) como 20-40cm ( $\bar{x} = 22,00 \text{ g/cm}^3$ ). Já que o grupo controle também alterou positivamente esse parâmetro, assim como os tratamentos, sugere-se que aspectos relativos ao preparo do solo no momento do plantio estejam envolvidos. Isso porque todos os canteiros foram submetidos ao revolvimento do solo o que alterou os valores de DP.

Em todos os tratamentos, a RMP foi numericamente maior na profundidade 20-40 cm quando comparada à profundidade mais superficial. Os resultados são semelhantes aos observados por Resck (2005) e Genro Júnior et al. (2004) no cerrado, em que a RMP também foi maior nas camadas mais profundas do solo. Apesar da camada superficial ter apresentado menor RMP, o que é interessante no ponto de estabelecimento do sistema radicular, os resultados apontam uma maior dificuldade de aprofundamento desse sistema. Isso pode influenciar no desenvolvimento das espécies estudadas uma vez que a RMP está relacionada com a resistência à penetração radicular e, portanto, associada com restrições do

crescimento das plantas (SILVA & ROSOLEM, 2001; DIAS-JÚNIOR, 2000).

Quando se compara as três espécies de plantas implantadas em relação a RMP, não houve diferença nas duas profundidades, o que permite concluir que a família das gramíneas e leguminosas apresentaram a mesma capacidade de alteração da RMP no período estudado. Esse resultado difere dos outros autores que apontam uma superioridade das leguminosas na capacidade de diminuir a resistência do solo, devidas as características do seu sistema radicular (LEITE et al., 2010; SOUZA & RESENDE, 2006). Nesse sentido, sugere-se que o intervalo curto entre a implantação das culturas e a realização da análise não foi suficiente para que se observar as alterações de RMP atribuídas as leguminosas capaz de diferenciar-se das gramíneas. Outro fator que pode ter contribuído para que as leguminosas não atingissem o potencial esperado, foi a não utilização de correção do solo no momento do plantio ou durante a fase experimental.

As forrageiras implantadas não diferiram do controle em relação à RMP o que pode ser justificado devido ao longo período de cultivo, aproximadamente 7 anos, da gramínea nos canteiros controle. Essas plantas apresentam raízes mais espessas, o que interfere diretamente na RMP.

Canarache (1990) e Hamza & Anderson (2005) sugere que valores de RMP acima de 2,5 MPa começam a restringir o pleno desenvolvimento das plantas. O crescimento de raízes é limitado com valores acima de 2,0 MPa (ARSHAD et al., 1996) e 3,0 MPa (GRANT & LAFOND, 1993).

Para a classificação de Canarache (1990) e Arshad et al. (1996), o solo na profundidade de 0-20 cm em todos os tratamentos foram classificaram como pequena ou moderada compactação. Na profundidade de 20-40 cm, os valores ultrapassaram o limite de classificação (2,5 MPa) pelos valores médios, tornando-se um solo com compactação alta, limitando o crescimento (Quadro 1).

**Quadro 1.** Atribuição dos resultados na classificação de limitação de crescimento em relação ao RMP, segundo a classificação de Canarache (1990).

	0-20 cm	20-40 cm
<b>Crotalaria</b>	Baixo (limitação moderada)	Médio (limitante de crescimento)
<b>Guandu</b>	Baixo (limitação moderada)	Médio (limitante de crescimento)
<b>Milheto</b>	Baixo (limitação moderada)	Médio (limitante de crescimento)

A média dos tratamentos de RMP foi diferente ( $p < 0,05$ ) em relação aos

valores obtidos anteriormente a realização da fase experimental na profundidade de 0-20cm ( $x=2,58$  MPa), porém semelhante na profundidade de 20-40cm ( $x=2,91$  MPa). Assim como no DP, o RMP pode ter sofrido interferências relativas ao revolvimento do solo anteriormente ao plantio. O grupo controle também alterou positivamente esse parâmetro, assim como os tratamentos. Entretanto esperava-se uma superioridade das leguminosas, uma vez que alguns autores apontam o uso de algumas delas como medida biológica para amenizar os efeitos nocivos da compactação do solo, por reduzir a RMP (MINATEL et al., 2006; ESPÍNDOLA et al., 1997).

Os valores de UR não foram diferentes entre os tratamentos e o grupo controle nas duas profundidades. Apesar de pouco significativa sobre o aspecto físico do solo propriamente dito, a UR possui relações próximas aos parâmetros de DP e RMP. Os solos com baixos teores de água têm maior RMP devido a sua maior capacidade de suporte de carga (KONDO & DIAS JÚNIOR, 1999). Os resultados obtidos de UR e RMP são compatíveis com a literatura, já que, os maiores valores de UR e os menores de RMP foram observados na mesma profundidade de solo. A relação estabelecida entre DP e UR, segundo Seixas (2001) é inversa, o que significa que o aumento do teor de água do solo resultaria em redução da densidade do mesmo, causando destruição na estrutura do solo. Esse fato não foi observado no presente estudo, já que os maiores valores de UR na camada mais superficial do solo pode ser justificada pela presença de cobertura vegetal, o que não implicaria em alterações na DP.

As médias de UR foram também diferentes ( $p<0,05$ ) na camada mais superficial ( $x=28,47$ ) e na mais profunda do solo ( $X=25,23$ ) quando comparadas antes do estabelecimento dos tratamentos e após um ano de cultivo. Aparentemente, esses valores podem ter sido diferentes em razão da maior quantidade de chuvas no início da fase experimental (200 mm) em relação à fase final do experimento (175mm) (INMET 2015).

### **3.2. PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO**

A Tabela 6 traz as médias e os desvios padrão de pH, capacidade de troca de cátions (CTC), matéria orgânica (MO), saturação alcalina e de base dos solos, em que nenhuma das variáveis diferiram entre os tratamentos e o grupo controle.

As leguminosas podem contribuir para a diminuição da acidez do solo (NASCIMENTO et al., 2005), característica não verificada no presente estudo. Além disso, os solos ácidos diminuem a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Logo, nas condições experimentais, essas leguminosas não foram capazes de promover a elevação do pH do solo e conseqüentemente aumentar a disponibilidade de nutrientes.

**Tabela 6.** Média e desvio padrão de pH, CTC, matéria orgânica e saturação alcalina e de base, na profundidade de 0-20 e 20-40 cm, das espécies Crotalaria, Feijão Guandú e Milheto.

Parâmetro	Profund.	Testemunho	Crotalaria	Feijão Guandú	Milheto
pH (CaCl <sub>2</sub> )	0-20 cm	4,63±0,10	4,63±0,19	4,5±0,18	4,5±0,15
	20-40 cm	4,82±0,23	4,57±0,28	4,82±0,15	4,77±0,23
CTC (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0-20 cm	3,08±0,99	3,82±1,57	3,15±0,76	3,97±1,06
	20-40 cm	2,93±0,61	3,50±1,03	3,67±2,30	3,38±0,70
Mat.Org. (%)	0-20 cm	24,17±8,80	24,17±5,98	18,33±4,41	27,83±4,31
	20-40 cm	17,33±3,27	20,17±6,85	18,50±6,83	19,83±5,81
Mat.Org. (g/kg)	0-20 cm	2,42±0,88	2,42±0,60	1,83±0,44	2,78±0,43
	20-40 cm	1,73±0,33	2,02±0,69	1,85±0,68	1,98±0,58
Sat. Al (M%)	0-20 cm	10,73±9,34	12,35±11,58	13,17±6,00	11,13±10,12
	20-40 cm	2,47±6,04	12,62±9,87	5,18±7,38	4,93±5,60
Sat. Base (V%)	0-20 cm	36,73±7,20	32,88±5,67	35,78±7,00	32,08±6,56
	20-40 cm	41,73±8,15	32,28±10,09	41,93±10,96	35,93±9,33

\* Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças ( $p < 0,05$ ) entre médias das espécies de plantas, comparadas pelo Teste de Kruskal-Wallis para as variáveis CTC, Matéria Orgânica e Sat. Al. e pelo Teste de Tukey para as variáveis pH e Sat. Base.

A CTC representa o número de cargas negativas geradas pela argila e matéria orgânica do solo, capaz de atrair cátions trocáveis como os ions K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup>. Quanto maior o teor de matéria orgânica do solo (MO) do solo, maior o teor da CTC do solo (LUZ et al., 2005), o que pôde ser verificado nos resultados obtidos no experimento.

Apesar de estatisticamente os valores de MO do solo serem semelhantes entre os tratamentos para cada profundidade, merece destaque que numericamente os maiores valores observados foram na camada de 0-20cm em relação à camada mais profunda. Isso se deve possivelmente à presença da cobertura vegetal e da incorporação de massa verde existente anteriormente a realização do experimento, no momento do preparo.

Os valores de macronutrientes no solo apresentados na Tabela 07 não

diferiram entre os tratamentos e o grupo controle. Esse resultado difere de Sagrilo et al. (2009) em que Feijão Guandú apresentou maior potencial que a *Crotalaria juncea* e a *Braquiária brizantha* na disponibilidade de macro e micronutrientes do solo. O mesmo autor relata que a presença de material orgânico fornecido pelos adubos verdes favorece a atividade dos organismos do solo, uma vez que seus resíduos servem como fonte de energia e nutrientes. Além disso, a manutenção da cobertura vegetal pode reduzir as oscilações térmicas e de umidade, criando condições que favorecem o desenvolvimento dos organismos do solo. Por sua vez, a maior atividade biológica do solo aumenta a reciclagem de nutrientes, o que permite melhor aproveitamento dos fertilizantes aplicados. Possivelmente, a não utilização de adubação química e o baixo tempo de cultivo no presente estudo foi determinante para obtenção destes resultados. A cobertura vegetal constituída pelo cultivo do experimento foi possivelmente incapaz de propiciar essas condições.

**Tabela 7.** Média e desvio padrão de Ca, Mg, Ca+Mg, Al, H+Al, P e K na profundidade de 0-20 e 20-40 cm, das espécies Crotalaria, Feijão Guandú e Milheto.

Parâmetro	Profundi.	Testemunho	Crotalaria	Feijão Guandú	Milheto
Ca (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0-20 cm	0,85±0,33	0,85±0,47	0,78±0,34	0,88±0,38
	20-40 cm	0,92±0,20	0,77±0,45	1,05±0,48	0,88±0,37
Mg (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0-20 cm	0,20±0,09	0,28±0,12	0,23±0,05	0,27±0,05
	20-40 cm	0,22±0,08	0,28±0,12	0,27±0,10	0,27±0,10
Ca+Mg (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0-20 cm	1,05±0,36	1,13±0,58	1,02±0,33	1,15±0,41
	20-40 cm	1,13±0,16	1,05±0,56	1,32±0,51	1,15±0,44
Al (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0-20 cm	0,13±0,12	0,15±0,14	0,17±0,08	0,13±0,10
	20-40 cm	0,03±0,08	0,13±0,10	0,07±0,08	0,05±0,05
H+Al (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0-20 cm	1,93±0,72	2,57±1,08	2,03±0,60	2,70±0,80
	20-40 cm	1,72±0,58	2,35±0,68	2,25±1,95	2,13±0,53
P (mg/dm <sup>3</sup> )	0-20 cm	1,81±1,33	1,17±0,41	3,33±2,58	2,33±2,16
	20-40 cm	1,33±0,82	1,50±1,22	1,50±0,55	1,00±0,00
K (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0-20 cm	0,08±0,02	0,12±0,03	0,10±0,02	0,12±0,03
	20-40 cm	0,06±0,01	0,09±0,03	0,08±0,01	0,07±0,02
K (mg/dm <sup>3</sup> )	0-20 cm	29,33±7,00	45,33±10,93	40,00±7,16	45,33±13,78
	20-40 cm	22,67±4,84	35,33±12,24	30,00±4,20	29,33±6,53

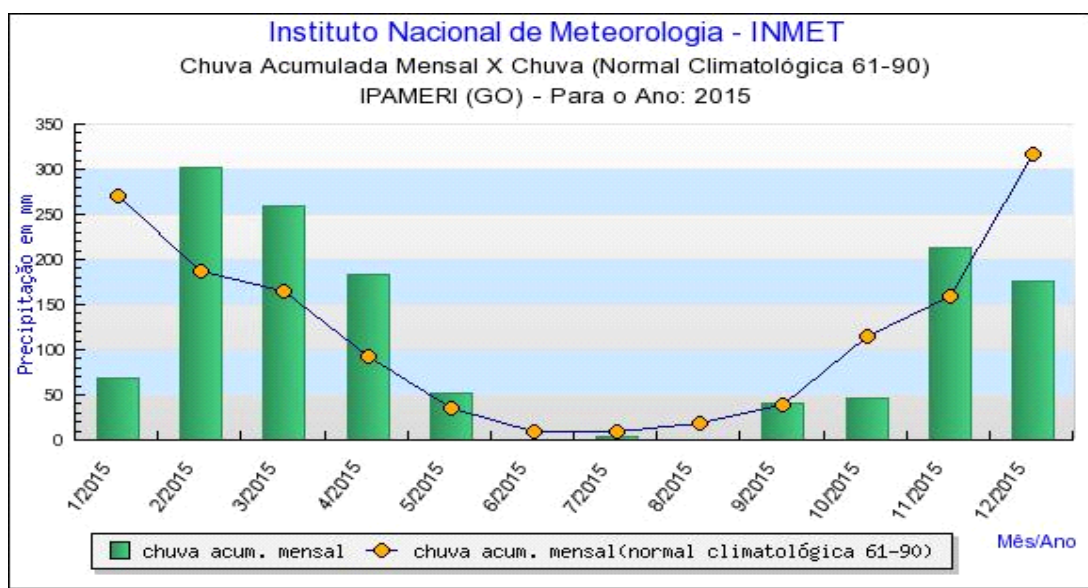
\* Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças ( $p < 0,05$ ) entre médias das espécies de plantas, comparadas pelo Teste de Kruskal-Wallis.

Fernandes et al. (2007) avaliam a eficiência da produção de fitomassa, matéria seca e teores de nutrientes, principalmente N, P, K e Ca das espécies

utilizadas como adubos verdes, e constatou que todas as leguminosas responderam positivamente. Bôer et al. (2007) destacam o milho como culturas recicladora, com elevado acúmulo de nutrientes, entretanto não foi observado durante a realização desse experimento, quando o milho apresentou valores de Ca, Mg, Al, P e K semelhante as demais espécies cultivadas.

Quando se compara os valores obtidos com outras publicações, Primavesi *et al.* (1996) obtiveram menores valores de P, Ca e Mg, imobilizados na Crotalária e Milheto, enquanto que Cáceres et al, (1995) observaram maiores imobilizações destes pela Crotalária. Entretanto, essas diferenças podem ser explicadas pelo histórico anterior de cultivo de cada área, relacionado à fatores como adubações anteriores e restos culturais incorporados ao solo. Os teores de P na camada mais superficial do solo no Feijão Guandú são maiores que os verificados por Alcântara (2000) e Carvalho (2004).

Faria et al.,2004, ao estudar o comportamento de sete leguminosas perenes, obtiveram maior produção de MS e acúmulo de N, P e K, no Feijão Guandú. O desempenho dessa espécie em extrair maior quantidade de fósforo é devido, sem dúvida, ao fato do seu sistema radicular ser mais profundo). Essa superioridade do Feijão Guandú não foi verificada no experimento, o que pode ser justificada pelo curto tempo experimental ou pelo estresse hídrico em que a planta pode ter sido submetida durante a germinação (janeiro) e crescimento vegetal (agosto) (Figura 8).



**Figura 8.** Gráfico com índices de chuva acumulada entre os meses de janeiro a dezembro de 2015. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015).



Silva et al. (2002) relataram superioridade no teor K de solos cultivados com *Crotalaria spectabilis* em relação à outras espécies. Essa diferença não foi verificada no presente estudo. Silva et al. (2008) também observaram resultados diferentes, em que a *Crotalaria juncea* apresentou solos com menores teores de P e Ca inferiores em relação aos outros tratamentos e semelhante aos encontrados para K. Os autores destacam o teor deste último pode ser justificado pela rápida liberação, uma vez que é parte de nenhum composto celular.

Em contrapartida, Teixeira et al. (2005) verificaram que as leguminosas imprimem no solo, menor teor de K que outros adubos verdes. Além disso, eles observaram que, dentre as leguminosas, o Feijão Guandú foi a espécie que apresentou menor teor de Mg no solo, diferindo do presente trabalho.

Assim como os valores dos macronutrientes do solo não foram diferentes entre as espécies de plantas, as relações entre alguns parâmetros também seguiram essa tendência (Tabela 8).

**Tabela 8.** Média e desvio padrão de relações entre Ca/Mg, Ca/CTC, Mg/CTC, (H+Al)/CTC e K/CTC, na profundidade de 0-20 e 20-40 cm, das espécies Crotalária, Feijão Guandú e Milheto.

Parâmetro	Profund.	Testemunho	Crotalaria	Feijão Guandú	Milheto
Ca/Mg	0-20 cm	5,17±3,92	2,92±0,77	3,55±1,96	3,27±1,05
	20-40 cm	5,20±3,89	2,75±0,99	4,58±2,78	3,60±1,52
Ca/CTC (%)	0-20 cm	27,60±7,85	21,77±5,07	24,52±7,15	22,05±6,17
	20-40 cm	32,10±8,07	21,58±8,99	30,90±9,40	25,68±7,85
Mg/CTC (%)	0-20 cm	6,50±2,24	7,57±1,11	7,83±2,56	6,98±1,70
	20-40 cm	7,57±2,80	7,87±1,52	8,45±4,24	7,93±3,16
(H+Al)/CTC (%)	0-20 cm	62,35±6,64	67,06±6,23	64,30±6,63	67,85±6,15
	20-40 cm	57,47±7,88	67,52±9,74	57,32±10,96	63,33±9,72
K/CTC (%)	0-20 cm	2,62±0,94	3,55±1,82	3,43±1,07	3,05±1,06
	20-40 cm	2,03±0,64	2,87±1,52	2,57±1,01	2,30±0,73

\* Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças ( $p < 0,05$ ) entre médias das espécies de plantas, comparadas pelo Teste de Kruskal-Wallis para as variáveis Ca/Mg e K/CTC e pelo Teste de Tukey para as variáveis Ca/CTC, Mg/CTC e (H+Al)/CTC.

Silva et al. (2008) ressalta que a variação das espécies em relação ao teor de nutrientes no solo sofre interferência da diferença na fertilidade do mesmo e assim a eficiência da reciclagem de nutrientes das plantas de cobertura depende da fertilidade preexistente. Esta situação tende a ser igual para todos os indicadores do solo, ainda mais no experimento presente, onde não houve aplicação de adubação

química nos tratamentos.

#### **4.CONCLUSÃO**

A *Crotalaria spectabilis*, *Cajanus cajan* e *Pennisetum glaucum* não foram capazes de alterar as características físicas e químicas de solos degradados dentro do período estudado. Portanto, nas condições experimentais desenvolvidas, os resultados sugerem que essas espécies não são indicadas para a recuperação de áreas ou em processo de degradação no tempo da realização do experimento, indicando um período de cultivo maior.

## REFERÊNCIAS

AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETA, C. J.; GONÇALVES, C. N.; ROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fonte de cobertura para o milho. *Revista Brasileira de Ciência de solo*, Viçosa, v 25, p. 157-165, 2001.

ALCANTARA, F. A. de; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M.B de ; MESQUITA, H.A. de; MUNIZ, J.A. Green manuring in the recovery of the fertility of an Oxisol dark red degraded. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 35(2): 277-288, 2000.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R.; CARVALHO, E. M. S. Effect of composted textile sludge on growth, nodulation and nitrogen fixation of soybean and cowpea. *Bioresource Technology*, Londres, v. 97, p. 1028 -1032, 2007.

ARF, O.; SILVA, L.S.; ALVES, M. C.; SÁ, M. E. Effects on wheat crop rotation with corn and green manure in the presence and absence of nitrogen. *Bragantia*, (58)2: 323-334, 1999.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (eds). *Methods for assessing soil quality*. Madison: Soil Science Society of America, p. 123-141, 1996 (SSSA Special publication 49).

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SILVA, A. P. Comparação de penetrômetros na avaliação da compactação de latossolos. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, 2007, v. 27, n. 1, p.146-15

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SILVA, A. P.; BARBOS, J. C. Intervalo hídrico ótimo e produtividade de cultivares de soja. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 639-45, 2006.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.6, p.581-8, 2004.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L. de; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. de L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 42, n. 9, p. 1269-1276, set. 2007.

BORGES, E. N.; LOMBARDI NETO, F.; CORRÊA, G. F.; BORGES, E. V. S. Alterações físicas introduzidas por diferentes níveis de compactação em latossolo vermelho-escuro textura média. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.34, n. 9, p. 1663-1667, 1999.

BRUGGEN, A. H. C.; SEMENOV, A. M. In search of biological indicators for soil health and disease suppression. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, v. 15, n.1, p.13-24, 2000.

CABRAL, C. E. A.; BONFIM-SILVA, E. M.; BONELLI, E. A.; Silva, T. J. A. da; Cabral, C. H. A.; SCARAMUZZA, W. L. M. P. Compactação do solo e macronutrientes primários na *Brachiaria brizantha* cv. piatã e *Panicum maximum* cv. mombaça. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola. Ambiental*, v.16, p.362-367, 2012.

CACERES, N. T.; ALCARDE, J. C. Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar. *Stab*, Piracicaba, v. 13, n. 5, p. 16-20, 1995.

CANARACHE, A. Penetrometer: a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. *Soil Tillage Research*, Amsterdam, v. 16, p. 51-70. 1990.

CARBONERA, L. Estudos com penetrometria – novos equipamentos e amostragem correta. Piracicaba: USP-ESALQ, 2010 (Relatório Final de Atividades/Projeto de Iniciação Científica / Processo FAPESP nº. 2008/10862-1).

CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.

CARTER, M. R. Microbial biomass and index for tillage-induced changes in soil biological properties. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 7, n. 1, p. 29-40, 1986.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J. e ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39(11): 1153-1155. 2004.

DERPSCH, R. Expansão mundial do plantio direto. *Revista Plantio Direto*, Passo Fundo, v. 59, n. 1, p. 32 - 40, 2000.

DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação / Moacyr Bernardino Dias Filho. \_ 4. ed. rev., atual. e ampl. \_ Belém, PA: Ed. do Autor, 2011.

DIAS JÚNIOR, M. S.. Compactação do Solo. In: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. (Org.). *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000, v. 1, p. 55-94.

EMBRAPA. As principais espécies de *Brachiaria* utilizadas no país. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2002. 4 p. (Comunicado Técnico 22).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Análises Químicas para Avaliação da Fertilidade do Solo da EMBRAPA*, DOC N° 3, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. Adubação verde: estratégia para uma agricultura Sustentável. *Adubação verde: Estratégia para uma agricultura sustentável*. Seropédica: Embrapa- Agrobiologia, 1997. 20p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 42).

FARIA C. M. B.; SOARES, J. M. M.; LEÃO, P. C. S. Adubação verde com leguminosas em videira no Submédio São Francisco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.641-648, 2004.

FERNANDES, A. R.; MORAIS, F. I. O.; LINHARES, L. C. F.; SILVA, G. R. Produção de matéria seca e eficiência nutricional para P, Ca e MG em leguminosas herbáceas. *Acta Amazônica*, v.37, p.169-176, 2007.

FERNANDES FA, FERNANDES AHBM. Cálculo dos estoques de carbono do solo sob diferentes condições de manejo. Corumbá: Embrapa Pantanal; 2009. (Comunicado técnico, 69).

GENRO JÚNIOR, S.A., REINERT, D. J., REICHERT, J. M. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 477-484, 2004.

GRANT, C.A.; LAFOND, G.P. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in southern Saskatchewan. *Journal of Soil Science*, v. 73, p. 223-232, 1993.

HAMZA, M.A. & ANDERSON, W.K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil Till. Res.*, 82:121-145, 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. [WWW.inmet.gov.br](http://WWW.inmet.gov.br), acessado 06/2016.

KONDO, M. K.; DIAS JUNIOR, M. S. Compressibilidade de três Latossolos em função da umidade e uso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n.23, p.211-218, 1999.

LEITE, L. F. C.; FREITAS, R. C. A.; SAGRILO, E. & GALVÃO, S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. *R. Ci. Agron.*, 41:29-35, 2010.

LIMA, M. R. de; SIRTOLI, A. E. et. al. Diagnóstico e recomendações de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos. Curitiba – PR: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006.

LIMA, C. L. R., SILVA, A.P.; IMHOFF, S.; LEÃO, T. P.; Compressibilidade de um solo sob sistemas de pastejo rotacionado intensivo irrigado e não irrigado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, p. 945-951, 2004.

LUZ, P. H. DE C.; VITTI, G. C.; QUINTINO, T. A.; OLIVEIRA, D. B. 2005. Use of green manure on crop cane sugar. GAPE/USP/ESALQ, São Paulo, 53 pp. (In Portuguese).

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2 ed. London, Academic Press, 1995. p. 508-536.

MEROTTO, A.; MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as affected by soil strength. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.23, p.197-202, 1999.

MINATEL, A. L. G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION J. F. ET AL. Efeitos da subsolagem e da adubação verde nas propriedades físicas do solo em pomar de citros. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.26, n.1, p.86-95, 2006.

NASCIMENTO, J. B.; CARVALHO, G. D.; MENDONÇA, L.; MOREIRA, C. A.; LEANDRO, W. M. Análise da compactação do solo em áreas sob manejo sustentável no entorno de Goiânia, GO. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 2, n. 2, out. 2007.

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, Viçosa, v.29, n.5, p.825-831, 2005.

PEDROTTI, A.; PAULETTO, E. A.; CRESTANA, S.; FERREIRA, M. M.; GOMES, A. S.; TURATTI, A. L. Resistência mecânica à penetração de um planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, V.25, n.3,

p.521-529, 2001.

PENG SB, HUANG JL, SHEEHY JE, LAZA RC, VISPERAS RM, ZHONG XH, CENTENO GS, KHUSH GS, CASSMAN KG. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. Proc. Natl. Acad. Sci. 101:9971-9975. 2004.

PRIMAVESI, O. et al. Minerais em adubos verdes conduzidos sobre Latossolo, na região de São Carlos, SP, Brasil. I- Relação com produção de matéria seca. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22, 1996, Manaus. Anais... Manaus: Universidade do Amazonas, p. 92-93, 1996.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações. Barueri: Manole, 2008.

RESCK, B. S. Efeito dos sistemas de manejo na dinâmica de água e no grau de compactação do solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Taguara - DF. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 121f. 2005.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação de solo: Causas e efeitos. Semana Ciência Agrária, Londrina, v. 26, n. 3, p.321-344, 2005.

ROBOREDO, D; MAIA J C. de S.; OLIVEIRA O. J.; ROQUE C. G. . Uso de dois penetrômetros na avaliação da Resistência Mecânica de um Latossolo Vermelho Distrófico. Eng. Agric., Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 307 – 314, mar/ abr. 2010.

SAGRILO, E.; LEITE, L. F. C.; GALVÃO, S. R. S.; LIMA, E. F. Manejo Agroecológico do Solo: os Benefícios da Adubação Verde. Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, Documentos 193, Maio, 2009.

SEIXAS, F.; OLIVEIRA JÚNIOR, E. D. de. Compactação do solo devido ao tráfego de máquinas de colheita de madeira. Scientia Forestalis, Piracicaba, n.60, p.73–87, 2001.



SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; IMHOFF, S. Intervalo hídrico ótimo. In: MORAES, M. H.; MÜLLER, M. M. L.; FOLONI, J. S. S. Qualidade física do solo: métodos de estudo sistemas de preparo e manejo do solo. Jaboticabal: FUNEP, 2002. p.1-18.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; ESPINAL, F. S. C.; TRIVELIN, P. C. O. Utilização do nitrogênio da palha de milho e de adubos verdes pela cultura do milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.2853-2861, 2008.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.25, p.253-259, 2001.

SOUZA, J. L. de & RESENDE, P. L. Manual de Horticultura Orgânica. 2ed. Atual. eampl – Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2006.

SPOSITO, G.; ZABEL, A. The assessment of soil quality. Geoderma, Amsterdam, 114, n. 3/4, p. 143-144, 2003.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 15, p. 229-235, 1991.

STOLF, R. Operação do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1984.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; FURTINI NETO, A. E.; ANDRADE, M. J. B. & MARQUES, E. L. S. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milheto, feijão de porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. Ci. Agrotec., 29:93-99, 2005.

THROOP HL, ARCHER SR, MONGER HC, WALTMAN S. When bulk density methods matter: Implications for estimating soil organic carbon pools in rocky soils. J Arid Environ. 2012;77:66-71.

WATANABE, A. M.; BESSA, L. P. D.; CORRADINI, R. A.; MARTINS, T. G. M.; MONTE SERRAT, B.; LIMA, M. R. Por que fazer análise de solo? Curitiba: Universidade Federal do Paraná Projeto de Extensão Universitária Solo Planta, 2002.

ZATORRE, N. P. Atributos biológicos do solo como indicadores de qualidade do solo. *Gaia Scientia*, 2(1): 9-13, 2008.

## CAPÍTULO II

### COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DA *Crotalaria spectabilis*, *Cajanus cajan* E *Pennisetum glaucum* CULTIVADAS EM SOLOS DE CERRADO

#### RESUMO

O objetivo foi descrever a composição bromatológica de gramíneas e leguminosas, como alternativa como fonte de alimentação animal. O experimento foi conduzido na Unidade Experimental de Produção (UEP) ZOOIII do Instituto Federal Goiano - Câmpus Urutaí, no município de Urutaí/GO Foram estabelecidos com quatro tratamentos (duas leguminosas – Crotalária, *Crotalaria spectabilis* e Feijão-Guandú, *Cajanus cajan*; uma gramínea – Milheto, *Pennisetum glaucum* e o controle – Brachiaria, (*Brachiaria decumbens*), distribuídos em seis blocos, com quatro repetições. As amostras das forrageiras colhidas 120 dias após a germinação, realizada com o auxílio de um quadro metálico (1m<sup>2</sup>), e pré-secadas em estufa a 65°C, por 72 horas ou até atingirem peso constante. As amostras foram armazenadas moídas em moinho estacionário tipo “Thomas-Willey” em peneira de crivo 1 mm até as análises. Após 40 dias, foi realizado o segundo corte, com a mesma metodologia adotada para o primeiro corte. Após as análises, foi observado maiores índices para a Crotalária em comparação com as outras espécies quanto às características da composição bromatológica, tanto no primeiro como segundo corte. **Palavras-chave:** degradabilidade, forrageira, crotalária, feijão-guandú e milheto.

#### 1. INTRODUÇÃO

A família das leguminosas recebe destaque pelo poder de recuperação para os solos degradados. Alguns estudos citam a utilização das leguminosas na alimentação animal e humana. O estudo da composição bromatológica dessa família busca esclarecer a capacidade nutritiva e de digestibilidade para a exploração animal em ruminantes.

A pecuária brasileira, especialmente no Brasil Central, é geralmente extensiva, com uso de pastagens, na sua maioria, gramíneas. Estima-se que 80% a 90% das áreas de pastagens no país são constituídas por capins do gênero

*Brachiaria*, e que a *B. decumbens* ocupa mais de 50% do total formado por essas gramíneas (BODDEY et al., 2004). Uma grande parte dessas áreas apresenta sinais de degradação em poucos anos de uso. A falta de persistência dessas gramíneas pode ser atribuída à forma extrativista de sua exploração, bem como a problemas de adaptação, ao manejo inadequado das diferentes espécies, à redução da fertilidade do solo, à susceptibilidade a pragas e à falta de adubação de reposição (RODRIGUES, 1996).

Assim, alternativas técnicas para a melhoria da alimentação animal são de suma importância no processo de exploração animal. As leguminosas são forrageiras que desempenham papel relevante na produção animal, exercendo funções importantes em virtude de ser uma elevada fonte protéica na suplementação dos animais, além da capacidade de fixação biológica do nitrogênio atmosférico para o solo. Estas características resultam em aumento quantitativo e qualitativo na produção de alimento que será disponibilizado ao animal. O valor nutritivo da forragem é definido pela sua digestibilidade, degradabilidade ruminal e composição química, que associadas à disponibilidade de forragem, tem grande efeito sobre o consumo. Este, por sua vez, tem alta correlação com a produção animal porque determina a quantidade de nutrientes ingeridos, principalmente proteína e energia, os quais são necessários para o atendimento das exigências de manutenção e produção do animal (GOMIDE, 1993).

### **1.1. COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA**

O conceito do termo “valor nutritivo” refere-se à composição química da forragem e sua digestibilidade. Por sua vez, a qualidade de uma planta forrageira é representada pela associação da composição bromatológica, da digestibilidade e do consumo voluntário, entre outros fatores, da forragem em questão. Por isso, é de grande importância o conhecimento dos teores de proteína bruta, fibra bruta e matéria seca, além de outros componentes, e a digestibilidade da matéria seca. A avaliação nutritiva dos alimentos é de fundamental importância para a precisão e a eficiência do manejo alimentar. Enquanto a análise química é o ponto de partida na determinação do valor nutritivo dos alimentos, a utilização destes nutrientes depende do uso que o organismo seja capaz de fazer deles (ANDRIGUETTO et al., 2002).

Como definição, análise da composição bromatológica é o conjunto de

reações químicas e técnicas de laboratórios usados para identificar as espécies químicas e a quantidade dessas espécies formadoras do material analisado. Uma análise bromatológica, nos da condição de conhecer os alimentos (valor nutritivo) de maneira que possibilite o seu uso (interação alimento animal), explorando ao máximo suas qualidades e conhecendo seus defeitos para que possamos corrigi-los e utilizarmos de maneira correta.

A composição bromatológica é avaliada por frações de Matéria Seca (MS), porção do alimento onde encontra todos os nutrientes, a massa natural descontada a umidade. A Proteína Bruta (PB) que é determinada medindo-se o total de nitrogênio (N) e multiplicando-se por 6,25 (as proteínas têm em média 16% de N no aminoácido). Fibra Bruta (FB) que é representada pelo teor de fibra corresponde à celulose, hemicelulose e lignina da planta. A Fibra Detergente Neutro (FDN) que também corresponde à celulose, hemicelulose e lignina. É o melhor indicativo para saber o teor de fibra e também ter uma estimativa da qualidade da silagem. Conhecemos também uma fração de fundamental importância no processo de conhecer as forragens, a Fibra Detergente Ácido (FDA) que representa as frações celulose e lignina. A lignina é fração não digestível da planta, que dá resistência ao caule. Quanto maior o teor de FDA menor a qualidade e a digestibilidade da silagem. A parte da Matéria Mineral (MM) e o Extrato Etéreo (EE) que indica o teor de óleo no alimento. Neste tipo de experimento, os resultados bromatológicos, nos ajudaram na interpretação e escolher qual forrageira obteve o melhor resultado quanto a sua composição.

O presente estudo tem o objetivo de descrever a composição bromatológica de gramíneas e leguminosas, como alternativa para recuperação dos solos degradados.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. ÁREA AMOSTRAL**

O experimento foi conduzido na área experimental do setor bovinos da Unidade Experimental de Produção (UEP) ZOOIII do Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí, no município de Urutaí/GO, cujas coordenadas geográficas são 17°29'23.8" S e 48°12'40.6" W com altitude de 807 m (Figura 9). O clima da região,

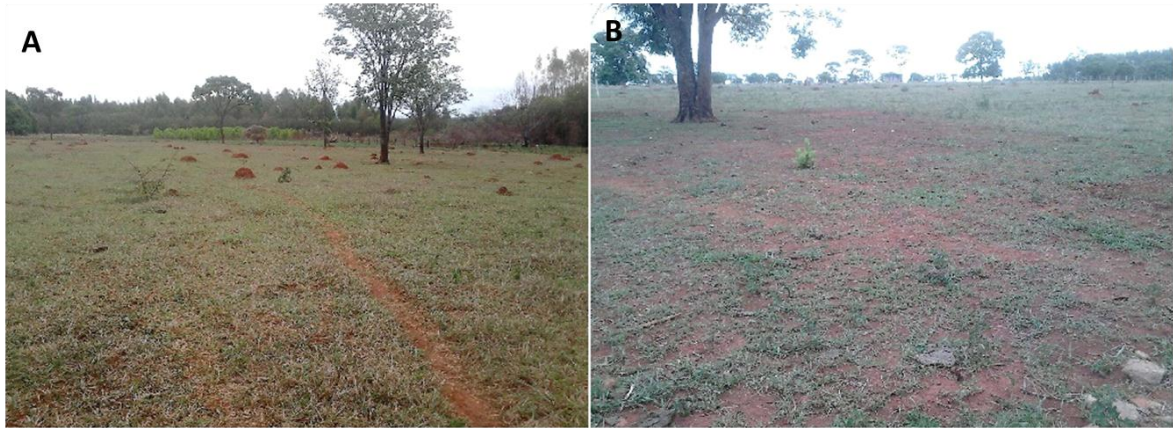
segundo a classificação de Köppen-Geiger, predomina o clima tropical com estação seca. A temperatura é amena durante todo o ano, com média de 23,2 °C, sendo a média mínima de 17,7 °C e a máxima de 29,8 °C (normal climatológica de 1961-1990).



**Figura 9.** Imagem de satélite da área experimental (seta vermelha), do setor bovinos da Unidade Experimental de Produção (UEP) ZOOIII do Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí, no município de Urutaí/GO.

A definição da área para a realização do experimento levou com consideração primeiramente parâmetros definidos por Dias-Filho (2011), em que classifica a pastagem em processo de degradação pela queda da produtividade agropecuária, determinada pela diminuição da capacidade de suporte da área. O autor despreza a produtividade do ponto de vista biológico, ou seja, o acúmulo de biomassa e/ou análise de solo e valoriza fatores relativos a produção animal, ausência ou não de pragas e ervas daninhas.

Há duas estações no ano bem definidas: uma chuvosa, de outubro a abril, e outra seca, de maio a setembro. O índice pluviométrico é de aproximadamente 1.570 milímetros (mm) anuais. A topografia do local é plana com declividade de 2,5% e predominância de latossolo vermelho-amarelo distrófico de textura argilo-arenoso tendo como vegetação atualmente predominante o capim Braquiária (*Brachiaria decumbens*) (Figura 10).



**FIGURA 10.** Imagem da área experimental: A - destaque para a presença de pragas (cupins) e ervas daninha; B – baixa produção de material vegetal.

## 2.2. DELINEAMENTO AMOSTRAL

O experimento teve a duração de um ano, sendo conduzido entre os meses de dezembro de 2014 a dezembro de 2015. A área antes do início do experimento era utilizada unicamente para o pastejo animal.

O experimento foi realizado com quatro tratamentos (duas leguminosas – Crotalaria, *Crotalaria spectabilis* e Feijão-Guandú, *Cajanus cajan*; uma gramínea – Milheto, *Pennisetum glaucum* e o controle – Brachiaria, (*Brachiaria decumbens*), distribuídos em seis blocos, com quatro repetições e distribuídas nas quatro espécies de planta. A ordem de distribuição tratamentos segue esquematizado na Figura 11.

<b>BLOCO 1</b>	Crotalaria	Feijão-Guandú	Milheto	Controle
<b>BLOCO 2</b>	Controle	Crotalaria	Feijão-Guandú	Milheto
<b>BLOCO 3</b>	Milheto	Controle	Crotalaria	Feijão-Guandú
<b>BLOCO 4</b>	Controle	Milheto	Controle	Crotalaria
<b>BLOCO 5</b>	Crotalaria	Feijão-Guandú	Milheto	Controle
<b>BLOCO 6</b>	Controle	Crotalaria	Feijão-Guandú	Milheto

**Figura 11.** Esquema dos 24 canteiros, onde foram distribuídos os seis blocos e os quatro tratamentos por bloco.

Foram feitos 24 canteiros de 16 m<sup>2</sup> (4x4m) e espaçamento de 4 m entre canteiros. Para formação dos canteiros, inicialmente utilizou-se a enxada rotativa e posterior retirada manual da vegetação espontânea presente na área anteriormente a realização do experimento. As plantas foram semeadas a lanço e cobertas manualmente a uma profundidade de 1 cm.

As amostras das forrageiras colhidas 120 dias após a germinação, realizada com o auxílio de um quadro metálico (25cm<sup>2</sup>), e pré-secadas em estufa a 65°C, por 72 horas ou até atingirem peso constante. As amostras foram armazenadas moídas em moinho estacionário tipo “Thomas-Willey” em peneira de crivo 1 mm até as análises. Após 40 dias, foi realizado o segundo corte, com a mesma metodologia adotada para o primeiro corte.

A composição bromatológica avaliou os seguintes parâmetros: matéria natural (MN), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA) das espécies Crotalária, Feijão Guandú e Milheto no primeiro e segundo corte

As análises foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia do Campus II da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, no município de Goiânia-GO.

### **2.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA**

O experimento foi instalado em delineamento experimental de blocos, com quatro tratamentos (Crotalária, Feijão-Guandú, Milheto e controle) e 6 blocos. Cada unidade experimental foi constituída por um canteiro (16m<sup>2</sup>), totalizando 24 canteiros. Os blocos foram constituídos por grupos de quatro canteiros. As variáveis avaliadas na composição bromatológica foram submetidas a teste de normalidade. As variáveis paramétricas foram submetidas a análise de variância seguida do teste de Tukey para dados não pareados e teste t para dados pareados. As variáveis não paramétricas foram submetidas ao teste de Kruskal-Wallis para dados não pareados e o teste de Wilcoxon para dados pareados. Foi considerado nível de 0,05 de significância em todos os testes e utilizado para auxílio das análises o software R (Core Development Core Team, 2015).

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1. COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA**

A Tabela 9 traz os resultados das médias dos parâmetros da composição bromatológica dos dois cortes das três espécies de plantas avaliadas.



**Tabela 9.** Coeficiente de variação, média e desvio padrão da matéria natural (MN), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA) das espécies Crotalária, Feijão Guandú e Milheto.

	CV (%)	Nº Rep.	Crotalaria	Feijão Guandú	Milheto
<b>MN</b>	69,25	12	9,39±3,79 <sup>A</sup>	3,69±1,11 <sup>B</sup>	3,31±1,00 <sup>B</sup>
<b>MS</b>	44,83	12	1528,55±624,63 <sup>A</sup>	1041,77±323,23 <sup>B</sup>	873,22±308,81 <sup>B</sup>
<b>MM</b>	26,25	12	9,47±0,76 <sup>A</sup>	6,06±1,32 <sup>C</sup>	7,24±1,94 <sup>B</sup>
<b>MO</b>	2,15	12	90,53±0,76 <sup>C</sup>	93,94±1,32 <sup>A</sup>	92,76±1,94 <sup>B</sup>
<b>PB</b>	24,33	12	19,32±2,44 <sup>A</sup>	18,42±2,72 <sup>A</sup>	11,86±1,43 <sup>B</sup>
<b>FDN</b>	14,59	12	57,51±9,13 <sup>B</sup>	53,51±3,64 <sup>B</sup>	68,94±2,70 <sup>A</sup>
<b>FDA</b>	16,30	12	40,79±8,26 <sup>A</sup>	34,69±2,73 <sup>A,B</sup>	33,57±1,74 <sup>B</sup>

\* Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças ( $p < 0,05$ ) entre médias das espécies de plantas, comparadas pelo Teste de Kruskal-Wallis para as variáveis MN, MS, MM, MO, FDN e FDA e pelo Teste de Tukey para a variável PB.

A Crotalária apresentou maiores valores de MM, PB, PB e FDN em relação as demais espécies cultivadas. O Feijão-Guandú foi superior na quantidade de MO e o Milheto superior no índice de FDN.

Os resultados de MN foram diferentes ao obtidos por Heinrichs et al. (2005) constataram diferença entre o Feijão-Guandú e a Crotalária.

Sobre a PB das plantas cultivadas, ocorreu o esperado, em que as espécies de leguminosas foram superiores as espécies da família das gramíneas. O valor de PB do milheto foi menor que aqueles encontrados pelo NRC (1994) e semelhante aos obtidos Guimarães Junior et al. (2010). O valor de PB obtido no milheto pode ser explicado pela ausência de correção química do solo, nas condições experimentais. Costa et al. (2011) avaliaram o milheto sob pastejo e verificaram teores médios de PB que variaram de 15,36 a 16,71.

Aparentemente, toda a composição química da planta pode sofrer influência da ausência da adubação, estabelecida pelas condições experimentais. Segundo Kumar et al. (1995), a produção e a composição química da MS do milheto são alteradas com a fertilização nitrogenada, apresentando uma relação positiva, mas também a época e altura de corte e variações típicas de cada cultivar, alteram a composição do alimento. O nitrogênio é o fator que mais limita a produção de forragem em ecossistemas de pastagens do mundo e, quando utilizado corretamente, promove o rápido aumento de matéria seca.

Houveram diferenças significativas entre as leguminosas, quando a

Crotalária superou o Feijão-Guandú, em relação à MS, que pode indicar maior dependência do último às ações de correção química do solo quando comparado à primeira. A MS quando acumulada expressa o potencial da Crotalária para uso como cobertura em solos de Cerrado na região, pois esta pode proporcionar eficiente cobertura do solo pelos seus resíduos, permanecendo estes por maior tempo na superfície em relação às outras leguminosas (CARVALHO & AMABILE, 2006). Outro fator que pode ter interferido no resultado de MS do Feijão-Guandú foi o stress hídrico em que as plantas foram submetidas no início meio da fase de crescimento.

Gomes et al. (1997) consideram que o desempenho de gramíneas em relação a produtividade está associado, entre outros aspectos, ao desenvolvimento inicial mais rápido que o das leguminosas, o que se associa a uma melhor adaptação às condições climáticas.

De acordo com Brâncio et al. (2002), o conteúdo de FDN está relacionado com o mecanismo do consumo animal. Para Lima et al. (2002), é muito importante ter conhecimento dos teores de FDN, pois teores acima de 55-60% na MS correlacionam-se negativamente com o consumo da forragem. Assim, observa-se que esse efeito redutor pode ocorrer no caso do Milheto, fato não observado nas leguminosas.

A Tabela 10 aponta traz os resultados das médias dos parâmetros da composição bromatológica e a comparação entre os dois cortes das três espécies de plantas avaliadas.

**Tabela 10.** Média e desvio padrão da matéria natural (MN), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA) das espécies Crotalária, Feijão Guandú e Milheto, em dois cortes (intervalo de 40 dias) e seis repetições.

Esp.	Crotalaria		Feijão Guandú		Milheto	
	01	02	01	02	01	02
<b>MN</b>	6,29±1,42 <sup>b</sup>	12,49±2,55 <sup>a</sup>	2,77±0,61 <sup>b</sup>	4,61±0,56 <sup>a</sup>	3,22±0,59	3,41±1,36
<b>MS</b>	1007,33±227,58 <sup>b</sup>	2049,77±393,15 <sup>a</sup>	776,17±152,48 <sup>b</sup>	1307,37±193,12 <sup>a</sup>	726,50±124,58 <sup>b</sup>	1019,93±377,66 <sup>a</sup>
<b>MM</b>	10,04±0,59 <sup>a</sup>	8,91±0,40 <sup>b</sup>	5,60±0,14	6,52±1,81	6,77±2,68	7,71±0,78
<b>MO</b>	89,97±0,59 <sup>a</sup>	91,09±0,40 <sup>b</sup>	94,40±0,14	93,48±1,81	93,23±2,68	92,29±0,78
<b>PB</b>	21,43±1,24 <sup>a</sup>	17,20±0,9 <sup>b</sup>	20,28±2,37 <sup>a</sup>	16,56±1,53 <sup>b</sup>	11,78±0,82	11,95±1,95
<b>FDN</b>	54,79±7,80	60,23±10,24	51,24±2,48	55,78±3,26	69,54±3,57	68,33±1,56
<b>FDA</b>	39,24±6,01	42,34±10,41	33,11±2,72	36,26±1,76	32,50±1,48	34,65±1,31

\* Letras minúsculas diferentes na mesma linha para uma espécie indicam diferenças ( $p < 0,05$ ) entre médias do primeiro e segundo corte (intervalo de 40 dias), comparadas pelo Teste de Wilcoxon para as variáveis MN, MS, MM, MO, FDN e FDA e pelo Teste de t para dados pareados para a variável PB.

Os resultados mostram que a MN e MS das leguminosas diferiu, quando os valores do segundo corte foram superiores ao primeiro. Isso ocorreu também em relação ao MS para o Milheto. De forma contrária, a PB foi superior no primeiro corte em relação ao segundo para as famílias das leguminosas.

De forma particular, a MM e MO da *Crotalaria* também acompanhou os resultados de PB, quando os valores de primeiro corte foram maiores do que os do segundo corte.

O comportamento verificado da PB nas leguminas, pode ser explicado por Balsalobre et al. (2001) que aponta que os maiores teores de PB foram obtidos aos 36 dias, em virtude das elevadas porcentagens de folhas e baixas porcentagens de colmos, em que as folhas são notadamente mais digestíveis e nutricionalmente mais ricas em PB relatam que as maiores mudanças que ocorrem na composição das plantas forrageiras são aquelas decorrentes de sua maturidade. A maioria das espécies forrageiras sofre declínio no seu valor nutritivo com o aumento da idade, resultado da menor relação folha/colmo combinada com a crescente lignificação da parede celular. Costa et al. (2007) relatam que as maiores mudanças que ocorrem na composição das plantas forrageiras são aquelas decorrentes de sua maturidade. A maioria das espécies forrageiras sofre declínio no seu valor nutritivo com o aumento da idade, resultando da menor relação folha/colmo combinada com a crescente lignificação da parede celular.

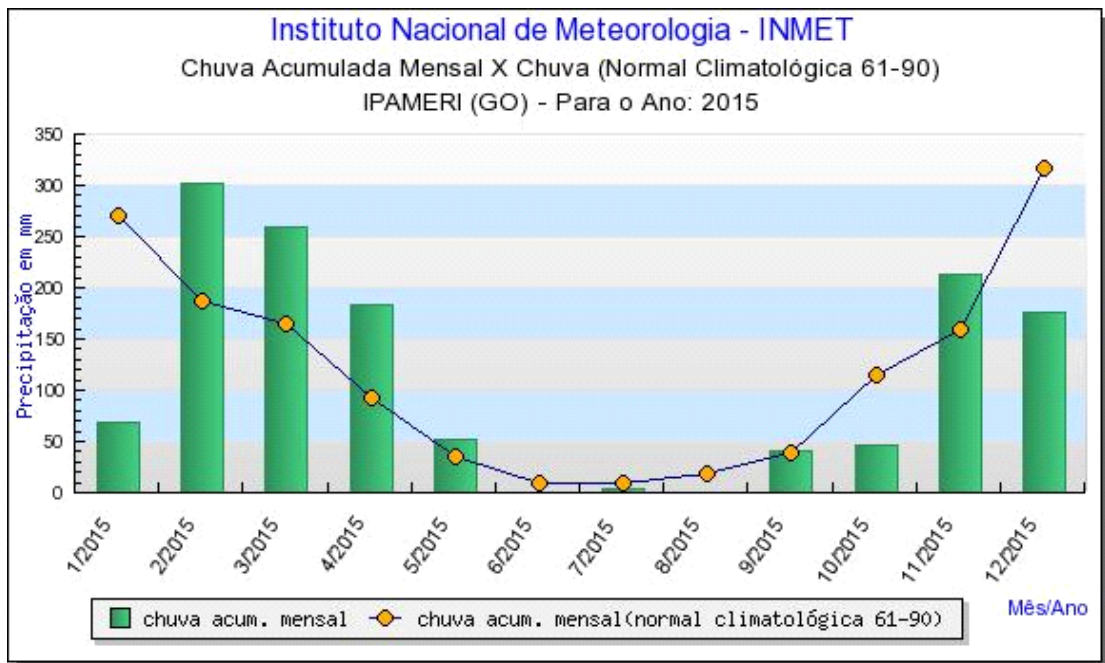
As variações citadas sobre o efeito negativo do FDN sobre o consumo foram observadas nas três espécies estudadas, no segundo corte para as leguminosas e ambos os cortes para o Milheto.

Santos & Carvalho (1999) ao cultivarem o Feijão-Guandú obtiveram produtividade de 3,5 t./há, semelhantes ao obtidos no presente estudo.

As maiores variações observados entre os cortes sobre o Milheto pode ser explicada pela redução do crescimento foliar e a reposição de tecido foliar não é suficiente para compensar o desaparecimento de lâminas foliares realizada pelos cortes. Isso reflete na diminuição da participação deste componente na massa de forragem, ou seja, a quantidade de MN reduz ou não aumenta com os cortes consecutivos (SOBRINHO et al. 2005).

Em um estudo sob as condições do cerrado observou-se que a época de germinação é um fator importante que afeta o desempenho de diferentes espécies de adubos verdes, influenciando na produção, interferindo nos valores dos nutrientes

da planta e do solo como vimos em muitos trabalhos (STONE et al., 2013 e CARNEIRO et al., 2008). No experimento o mês de janeiro a agosto (Figura 12), a média de precipitação foi muito baixa, período onde ocorre a germinação e a produção de massa, interferindo diretamente no desenvolvimento da massa (MN e MS) e da raiz das plantas, afetando principalmente o Feijão Guandu. Para o Feijão-Guandú a melhor época de plantio é entre os meses de novembro e dezembro, onde a colheita atinge até 18.106 kg/ha em contrapartida o plantio realizado em fevereiro atingiram apenas 1678 kg/ha. Em sua discussão os autores afirmam que os valores encontrados são influenciados diretamente pela época de plantio, taxa de luminosidade disponível umidade. Ainda neste mesmo estudo os autores discutem a produção de massa seca e observam que ela é afetada pelo ano e sistema de plantio, culturas de cobertura, e taxa de sementes, outro fator de influência é a luz cumulativa. Mesmo a época de semeadura foi correta, as intempéries climáticas influenciaram.



**Figura 12.** Gráfico com índices de chuva acumulada entre os meses de janeiro a dezembro de 2015. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015).

Em um estudo, Keatinge et al. (1998) relataram que uma combinação de altas temperaturas e dias curtos acelera a floração e enchimento de vagens. Esta observação implica uma redução do tempo disponível para o crescimento vegetal, em que a MN quanto a MS das forragens é afetada, concordando os dados encontrados neste experimento.

Assim como no presente estudo, MM do Feijão-Guandú, os cortes consecutivos não alteraram o parâmetro mineral da forrageira (MENEZES et al.

(2004).

Quando comparado em relação aos cortes, no primeiro corte (Tabela 11) e segundo corte (Tabela 12), a Crotalária foi superior em relação às demais forrageiras observando os valores de MN, MS, MM e PB.

**Tabela 11.** Média e desvio padrão da matéria natural (MN), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA) das espécies Crotalária, Feijão Guandú e Milheto no 1º corte.

Corte	Crotalária	Feijão Guandú	Milheto
<b>MN</b>	6,29±1,42 <sup>A</sup>	2,77±0,61 <sup>B</sup>	3,22±0,59 <sup>B</sup>
<b>MS</b>	1007,33±227,58 <sup>A</sup>	776,17±152,48 <sup>B</sup>	726,50±124,58 <sup>B</sup>
<b>MM</b>	10,04±0,59 <sup>A</sup>	5,60±0,14 <sup>C</sup>	6,77±2,68 <sup>B</sup>
<b>MO</b>	89,97±0,59 <sup>C</sup>	94,40±0,14 <sup>A</sup>	93,23±2,68 <sup>B</sup>
<b>PB</b>	21,43±1,24 <sup>A</sup>	20,28±2,37 <sup>A</sup>	11,78±0,82 <sup>B</sup>
<b>FDN</b>	54,79±7,80 <sup>B</sup>	51,24±2,48 <sup>B</sup>	69,54±3,57 <sup>A</sup>
<b>FDA</b>	39,24±6,01 <sup>A</sup>	33,11±2,72 <sup>A,B</sup>	32,50±1,48 <sup>B</sup>

\* Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças ( $p < 0,05$ ) entre as espécies, comparadas pelo Teste de Kruskal-Wallis para as variáveis MN, MS, MM, MO, FDN e FDA e pelo Teste de Tukey para a variável PB.

**Tabela 12.** Média e desvio padrão da matéria natural (MN), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA) das espécies Crotalária, Feijão Guandú e Milheto no 160 dias de cultivo (intervalo de 40 dias do primeiro).

Corte	Crotalária	Feijão Guandú	Milheto
<b>MN</b>	12,49±2,55 <sup>A</sup>	4,61±0,56 <sup>B</sup>	3,41±1,36 <sup>B</sup>
<b>MS</b>	2049,77±393,15 <sup>A</sup>	1307,37±193,12 <sup>B</sup>	1019,93±377,66 <sup>C</sup>
<b>MM</b>	8,91±0,40 <sup>A</sup>	6,52±1,81 <sup>B</sup>	7,71±0,78 <sup>A,B</sup>
<b>MO</b>	91,09±0,40 <sup>B</sup>	93,48±1,81 <sup>A</sup>	92,29±0,78 <sup>A,B</sup>
<b>PB</b>	17,20±0,90 <sup>A</sup>	16,56±1,53 <sup>A</sup>	11,95±1,95 <sup>B</sup>
<b>FDN</b>	60,23±10,24 <sup>A,B</sup>	55,78±3,26 <sup>B</sup>	68,33±1,56 <sup>A</sup>
<b>FDA</b>	42,34±10,41	36,26±1,76	34,65±1,31

\* Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças ( $p < 0,05$ ) entre as espécies, comparadas pelo Teste de Kruskal-Wallis para as variáveis MN, MS, MM, MO, FDN e FDA e pelo Teste de Tukey para a variável PB.

Euclides et al. (2008), mostrando outro fator de mudança na composição do alimento, relataram que as maiores mudanças que ocorrem na composição química das plantas forrageiras são aquelas decorrentes de sua maturidade, pois, à medida que a planta forrageira amadurece, a produção dos componentes potencialmente digestíveis tende a decrescer, a proporção de lignina, celulose, hemicelulose e outras frações indigestíveis aumentam, levando à queda na digestibilidade.

A comprovada superioridade da produção de massa verde e seca da

Crotalaria e do Milheto, em relação às demais espécies de adubos verdes, também foi observada por Suzuki & Alves (2006) em que verificaram que a produtividade de matéria seca da parte aérea da Crotalaria (9.770 kg/ha) foi superior à do milho (7.370 kg/ha). Estes valores foram diferentes aos verificados no presente trabalho, entretanto, a maior capacidade produtiva da Crotalaria sobre o Milheto foi constatada.

O fato de o milho não ter acompanhado o acréscimo de MN das leguminosas, possivelmente, por esta cultivar não acumular nitrogênio ao solo como as leguminosas, por esta espécie apresentar baixo teor de carboidratos não estruturais afetando assim, a sua capacidade de rebrota.

Maia et al. (2000), verificaram teores de FDN mais elevados para o Milheto colhido em idade avançada, o que pode estar associado à elevação dos constituintes fibrosos com o avanço da idade da planta.

Kollet et al (2006) estimaram uma correlação negativa do FDN com o consumo, ou seja, ingestão de matéria seca. O Quadro 2 aponta também para uma correlação negativa significativa entre o PB e FDN.

**Quadro 2.** Estimativa de correlação entre as variáveis matéria natural (MN), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA).

	MN	MS	MM	MO	PB	FDN	FDA
MN	1						
MS	0,83*	1					
MM	0,37*	0,25	1				
MO	-0,37*	-0,24	-1,00*	1			
PB	0,22	0,11	0,16	-0,16	1		
FDN	-0,12	-0,05	0,07	-0,07	-0,69*	1	
FDA	0,38	0,44*	0,32	-0,32	0,26	0,34*	1

\* Asterisco indica significância ( $p < 0,05$ ) no teste de Pearson.

Segundo Araujo et al. (2002), o percentual de PB bruta apresenta-se negativamente associado com FDN, assim como apresentado no presente estudo.

#### 4. CONCLUSÃO

A *Crotalaria spectabilis* apresentou maiores índices avaliados, sendo superior à *Cajanus cajan* e à *Pennisetum glaucum* em relação às características da composição bromatológica, no uso dessas espécies para a recuperação de áreas degradadas. A espécie mostrou-se mais produtiva e nutritiva para bovinos, tanto no primeiro como segundo corte.

## REFERÊNCIAS

ANDRIGUETTO, José Milton; PERLY, Luimar; MINARDI, Italo; GEMAEL, Alaor; FLEMMING, José Sidney; SOUZA, Gilberto Alves de; BONA FILHO, Amadeu. *Nutrição Animal Volume I: as bases e os fundamentos da nutrição animal ± os alimentos*. São Paulo, Nobel, 2002. 395 p.

ARAUJO, M. R. A.; COULMAN, B. E.; RAKOW, G. Genetic variation, heritability and progeny testing in meadow brome grass. *Plant Breeding*, v. 121, n. 2, p. 417-424, 2002.

BALSALOBRE, M. A. A.; NUSSIO, L. G.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Controle de perdas na produção de silagem de gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.890-911.

BODDEY, R.M.; MACEDO, R.; TARRÉ, R.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O.C.; RESENDE, C. de P.; CANTARUTTI, R.B.; PEREIRA, J.M.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.103, p.389-403, 2004.

BRÂNCIO, P. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V. P. B.; REGAZZI, A. J.; ALMEIDA, R. G.; FONSECA, D. M. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo. Composição química e digestibilidade da forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1605-1613, set 2002.

CARNEIRO, M. A. C.; CARNEIRO, M. A. S.; ASSIS, P. C. R.; M, E. S.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. *Bragantia*, Campinas, v.67, n.2, p.455-462, 2008.

CARVALHO, A.M. & AMABILE, R.F. *Cerrado: Adubação verde*. Brasília, Embrapa Cerrados, 2006. 369p.

COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.P.; FAQUIN, V.; NEVES, B.P.; RODRIGUES, C.; SAMPAIO, F.M.T. Intervalo de corte na produção de massa seca e composição químico-bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1197-1202, 2007.

COSTA, V. G.; ROCHA, M. G.; PÖTTER, L.; ROSO, D.; ROSA, T. N.; REIS, J. Comportamento de pastejo e ingestão de forragem por novilhas de corte em pastagens de milho e papua. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.2, p. 251-259, 2011.

DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação / Moacyr Bernardino Dias Filho. \_ 4. ed. rev., atual. e ampl. \_ Belém, PA: Ed. do Autor, 2011

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; VALLE, C.B. et al. Produção de forragem e características da estrutura do dossel de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob Brasília, v.43, p.1805-1812, 2008.

FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C. de; PEREIRA, J.C.; LANA, R. de P.; BARBOSA, M.H.P.; FONSECA, D.M. da; DETMANN, E.; CABRAL, L. da S.; PEREIRA, E.S.; VITTORI, A. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp* L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de corte. *R. Bras. Zootec.*, v. 32, n. 4, p. 977-985, 2003.

GOMES, L.H. et al. Avaliação de cultivares do gênero *Cynodon* sob dois níveis de adubação nitrogenada. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, Anais... Juiz de Fora: SBZ, v. 2, p. 33-35, 1997.

GOMIDE, J.A. Produção de leite em regime de pasto. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v. 22, n.4, p.591-613, 1993.

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L. C.; JAYME, D. G.; PIRES, D. A. A.;



RODRIGUES, J. A. S.; TOMICH, T. R. Degradabilidade *in situ* de silagens de milho em ovinos. *Ciência Animal Brasileira*, Goiânia, v. 11, n. 2, p. 334-343, abr./jun. 2010.

HEINRICH, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P. A. M.; FANCELLI, A. L.; CORAZZA, E. J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.71-79, 2005.

KEATINGE, J.D.H., A.M. QI, T.R. WHEELER, R.H. ELLIS; SUMMERFIELD R.J. Effects of temperature and photoperiod on phenology as a guide to the selection of annual legume cover and green manure crops for hillside farming systems. *Field Crops Res.*v. 57, p.139–152,1998.

KOLLET, J. L., DIOGO, J. M da S., LEITE, G. G. Rendimento forrageiro e composição bromatológica de variedades de milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.4, p.1308-1315, 2006.

KUMAR, A.; GAUTAM, R.C.; KAUSHIK, S.K. Production potential of rainfed pearl millet (*Pennisetum glaucum*), castor (*Ricinus communis*) intercropping at different fertility levels. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, New Delhi, v.65, n.5, p.315-322, 1995.

LIMA; L.G.; NUSSIO; L.G.N.; GONÇALVES, J.R.S. et al. Fontes de amido e proteína para vacas leiteiras em dietas à base de capim-elefante. *Scientia Agricola*, v.59, n.1, p.19-27, 2002.

MAIA, M.C.; PINTO, J.C.; EVANGELISTA, A.R. Concentração de fibras (FDN e FDA) e minerais de cultivares de milho em sucessão à cultura de feijão no sul de Minas Gerais. *Ciência Animal Brasileira*, v.1, n.1, p.23-29, 2000.

MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 34, n. 3, p. 173-180, 2004.

RODRIGUES, L.R.A.; RODRIGUES, T.J.D. Estabelecimento dos capins do gênero *Cynodon* em áreas de *Brachiaria* spp. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO *CYNODON*, 1996, Juiz de Fora. Anais. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 1996. p.8-21.

SANTOS, C.T.C.; CARVALHO, G. J. de. Avaliação de leguminosas utilizadas para adubação verde, cultivadas no inverno e no verão sem adubação química na região de Lavras. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA, 12, 1999, Lavras. Anais... Lavras: UFLA/PRP, 1999. p.43.

SOBRINHO, F.; PEREIRA, A.V.; LEDO, F.J.S.; BOTREL, M.A.; OLIVEIRA, J.S.; XAVIER, D.F. Avaliação agrônômica de híbridos interespecíficos entre capim-elefante e milheto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol.40, n.9, p. 873-880, 2005.

STONE, L. F.; FERREIRA E. P. de B.; DIDONET, A. D.; HEINEMANN, A. B.; OLIVEIRA, J. P. Correlação entre a produtividade do feijoeiro no sistema de produção orgânica e atributos do solo. *Revista Brasileira de Eng. Agric. E Amb.*, v. 17, n.1, p. 19-25, 2013.

SUZUKI, L.E.A.S. & ALVES, M.C. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. *Bragantia*, 65:121-127, 2006.