

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

**RECUPERAÇÃO DE PASTAGEM COM SISTEMAS DE MANEJO DO
SOLO, CONSORCIAÇÃO E ADUBAÇÃO FOSFATADA**

ALINE MAGALHÃES
Engenheira Agrônoma

**Dracena, SP
2016**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CÂMPUS DE DRACENA**

**RECUPERAÇÃO DE PASTAGEM COM SISTEMAS DE MANEJO DO
SOLO, CONSORCIAÇÃO E ADUBAÇÃO FOSFATADA**

Aline Magalhães

Orientador: Prof. Dr. Reges Heinrichs

Co-orientador: Prof. Dr. Cecílio Viegas Soares Filho

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Animal da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvida pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação
Campus de Dracena

M188r

Magalhães, Aline.

Recuperação de pastagem com sistemas de manejo do solo, consorciação e adubação fosfatada / Aline Magalhães. --
Dracena: [s.n.], 2016.
100 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista.
Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena.
Área do conhecimento: Produção Animal, 2016.

Orientador: Reges Heinrichs
Inclui bibliografia.

1. Pastagem. 2. Degradação de pastagens. 3. Fósforo. 4.
Manejo do solo. 5. Recuperação de pastagens. 6. Adubação.
I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Dracena



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: RECUPERAÇÃO DE PASTAGEM COM SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO, CONSORCIAÇÃO E ADUBAÇÃO FOSFATADA

AUTORA: ALINE MAGALHÃES

ORIENTADOR: REGES HEINRICHS

COORIENTADOR: CECILIO VIEGA SOARES FILHO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA E TECNOLOGIA ANIMAL, área: PRODUÇÃO ANIMAL pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. REGES HEINRICHS

Curso de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas

Prof. Dra. CAROLINA DOS SANTOS BATISTA BONINI

Curso de Engenharia Agrônoma / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena

Prof. Dr. CARLOS SERGIO TIRITAN

Departamento de Solos / UNIVERSIDADE DO OESTE PAULISTA

Dracena, 17 de novembro de 2016

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Aline Magalhães, nascida em 25 de Novembro de 1985 no município de São Paulo, São Paulo. Graduada em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual de Maringá, Campus de Umuarama, dezembro de 2010. Ingressou no curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal em março de 2015, na área de produção de ruminantes, sendo bolsista pela FUNEP – Fundação de apoio a pesquisa, ensino e extensão. Membro do GENAP – Grupo de Experimentação em Nutrição e Adubação de Plantas, certificado junto ao CNPq.

**Ao amado Teodoro Neto, ao meu pai Mário,
à minha mãe Soraya e minha irmã Angélica,
pelo amor, paciência, compreensão e apoio
principalmente nos períodos ausentes,
DEDICO.**

**À Deus por me iluminar e me dar força e
saúde, MINHA GRATIDÃO.**

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp/Dracena e Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, Ilha Solteira, pela oportunidade e suporte.

Ao prof. Dr. Reges Heinrichs, pela oportunidade, orientação, confiança, apoio e principalmente pela paciência. Pelo exemplo de profissional e ser humano.

Ao prof. Dr. Cecílio Viega Soares Filho, pela oportunidade e coorientação.

À Profa. Dra. Carolina dos Santos Batista Bonini, sempre tão solícita, disponível e disposta a ajudar, sem medir esforços e pela amizade.

Aos professores/pesquisadores Cristiana Andrighetto, Gustavo Pavan Mateus e Carlos Sérgio Tiritan que aceitaram compor as bancas de qualificação e defesa.

À todos os docentes do programa de mestrado em Ciência e Tecnologia Animal.

Aos técnicos de laboratório e de campo pela contribuição na execução das coletas e análises do experimento.

Aos alunos e amigos do mestrado em ciência e tecnologia animal e GENAP (Grupo de Experimentação em Nutrição e Adubação de Plantas), pelo companheirismo e ajuda na execução dos trabalhos, em especial Natália, Guilherme e Maikon.

Ao Polo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Extremo Oeste, em Andradina/SP, por ceder a área para a realização do experimento, e ao pesquisador Dr. Gustavo Pavan Mateus, pela disponibilidade em ajudar sempre que necessário.

Ao meu namorado Antônio Teodoro Neto que sempre esteve ao meu lado nos momentos difíceis e de alegria me apoiando e me incentivando todos os dias mesmo a distância.

Aos meus familiares e amigos por fazerem parte da minha vida e tornarem os meus dias mais leves.

E por fim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa. Muito obrigada!

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

2.1	Vista geral da área experimental	41
2.2	Precipitação e temperaturas médias mínimas e máximas observadas durante o período experimental	42
2.3	Consociação da <i>Urochloa decumbens</i> e estilosantes cv. Campo Grande ..	44
2.4	A: Coleta de amostra indeformada; B: Amostras indeformadas coletadas; C: Amostras indeformadas saturadas; D: Amostras indeformadas na mesa de tensão	45
2.5	A: Torrão coletado para análise de estabilidade de agregados em água; B: Amostras coletadas; C: Amostra submetida a peneira de 6 mm; D: Amostra submetida a peneira de 4 mm	46
2.6	A: Resistência à penetração realizada com o Penetrolog (modelo Falker); B: Trado utilizado para coletar solo para determinação da umidade gravimétrica	47
2.7	Mini infiltrômetro de disco utilizado para determinar a taxa de infiltração de água	48
2.8	Infiltração média acumulada (mm), para os tratamentos estudados: (A) – Plantio direto com dessecação parcial, (B) – Plantio direto sem dessecação, (C) – Plantio direto com escarificação do solo, (D) – Gradagem, (E) – Aração + gradagem, (F) - Controle – Braquiária, (G) – Plantio direto com dessecação total	54

CAPÍTULO 3

3.1	Precipitação e temperaturas médias mínimas e máximas observadas durante o período experimental	63
3.2	Separação morfológica da forragem em material senescente, lâmina foliar, colmo + bainha e estilosantes	66

CAPÍTULO 4

4.1	Precipitação e temperaturas médias mínimas e máximas observadas durante o período experimental	83
-----	--	----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

2.1	Estabilidade de agregados em distintas profundidades do solo em diferentes estratégias de manejo para a introdução de estilosantes na pastagem de <i>Urochloa decumbens</i>	49
2.2	Densidade do solo e porosidade total do solo, em função de diferentes estratégias de manejo para a introdução de estilosantes na pastagem de <i>Urochloa decumbens</i>	51
2.3	Macroporosidade e microporosidade do solo em função de diferentes estratégias de manejo para a introdução de estilosantes na pastagem de <i>Urochloa decumbens</i>	51
2.4	Taxa constante de infiltração de água em função de diferentes estratégias de manejo para a introdução de estilosantes na pastagem de <i>Urochloa decumbens</i>	53
2.5	Valores médios para resistência do solo à penetração e umidade gravimétrica, em função de diferentes estratégias de manejo para a introdução de estilosantes na pastagem de <i>Urochloa decumbens</i> das camadas de solo estudadas	55

CAPÍTULO 3

3.1	Produção de massa seca por corte e total na consorciação entre <i>Urochloa decumbens</i> e estilosantes em sistemas de introdução da leguminosa, com e sem adubação fosfatada	68
3.2	Composição morfológica da <i>Urochloa decumbens</i> e estilosantes em sistemas de consorciação de estilosantes cv. Campo Grande, sem e com adubação fosfatada nas estações chuvosas e secas	71
3.3	Proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), em porcentagem, na consorciação entre <i>Urochloa decumbens</i> e estilosantes, com e sem adubação fosfata no verão e outono	72
3.4	Teores de macronutrientes da parte aérea na consorciação entre <i>Urochloa decumbens</i> e estilosantes, sem e com adubação fosfata nos períodos primavera/verão e outono	75

CAPÍTULO 4

4.1	Valores médios, F e CV% para o fósforo, potássio, cálcio e magnésio em distintas profundidades do solo em função do manejo do solo para a introdução de estilosantes e adubação fosfatada na pastagem de <i>Urochloa decumbens</i>	87
4.2	Teores de fósforo (mg dm^{-3}), potássio, cálcio e magnésio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) distintas profundidades do solo em função de estratégias de manejo para	

a introdução de estilosantes e adubação fosfatada na pastagem de <i>Urochloa decumbens</i>	89
4.3 Valores médios, F e CV% para matéria orgânica em distintas profundidades do solo em função do manejo do solo para a introdução de estilosantes e adubação fosfatada na pastagem de <i>Urochloa decumbens</i> ...	93
4.4 Valores médios, F e CV% para o pH e H+Al (mmol _c dm ⁻³) em distintas profundidades do solo em função do manejo do solo para a introdução de estilosantes e adubação fosfatada na pastagem de <i>Urochloa decumbens</i> .	94
4.5 Valores médios, F e CV% para soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação por base em distintas profundidades do solo em função do manejo do solo para a introdução de estilosantes e adubação fosfatada na pastagem de <i>Urochloa decumbens</i>	95
4.6 Teores de soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação por bases em distintas profundidades do solo em função de estratégias de manejo para a introdução de estilosantes e adubação fosfatada na pastagem de <i>Urochloa decumbens</i>	96

SUMÁRIO

	Páginas
CAPITULO 1 – Considerações gerais	13
1.1 INTRODUÇÃO	13
1.2 REVISÃO DE LITERATURA	14
1.2.1 Pastagem em âmbito nacional	14
1.2.3 Degradação de pastagens	15
1.2.4 Atributos físicos do solo	17
1.2.4 Manejo do solo	20
1.2.5 Leguminosa e a fixação biológica	22
1.2.6 Estilosantes cv. Campo Grande	23
1.2.7 A importância da adubação fosfatada	26
1.2.8 Composição química e bromatológica	27
1.3 REFERÊNCIAS	29
 CAPITULO 2 – Atributos físicos do solo de pastagem em recuperação com consorciação de estilosantes cv. Campo Grande	 38
2.1 INTRODUÇÃO	40
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	41
2.2.1 Histórico da área	41
2.2.2 Delineamento experimental e tratamentos	42
2.2.3 Calagem e adubação	44
2.2.4 Amostragem e preparo do solo para análise física	44
2.2.5 Análise estatística	48
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
2.3.1 Estabilidade de agregados em água	49
2.3.2 Porosidade do solo e densidade do solo	51
2.3.3 Infiltração de água no solo	52
2.3.4 Resistência mecânica a penetração e teor de água no solo	55
2.4 CONCLUSÃO	56
2.5 REFERÊNCIAS	57

CAPITULO 3 – Produção, composição morfológica e química-bromatológica de pastagem em recuperação com consorciação de estilosantes cv. Campo Grade e adubação fosfatada	60
3.1 INTRODUÇÃO	62
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	63
3.2.1 Histórico da área	63
3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos	64
3.2.3 Calagem e adubação	65
3.2.4 Avaliação das plantas	65
3.2.5 Análise estatística	66
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
3.3.1 Produção de massa seca	67
3.3.2 Composição morfológica	69
3.3.3 Composição químico-bromatológica	72
3.4 CONCLUSÃO	77
3.5 REFERÊNCIAS	77
 CAPITULO 4 – Atributos químicos do solo de pastagens em recuperação com consorciação de estilosantes cv. Campo Grande e adubação fosfatada	 80
4.1 INTRODUÇÃO	82
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	83
4.2.1 Histórico da área	83
4.2.2 Delineamento experimental e tratamentos	84
4.2.3 Calagem e adubação	85
4.2.4 Atributos químicos do solo	85
4.2.5 Análise estatística	85
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
4.4 CONCLUSÃO	99
4.5 REFERÊNCIAS	99

RECUPERAÇÃO DE PASTAGEM COM SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO, CONSORCIAÇÃO E ADUBAÇÃO FOSFATADA

RESUMO – Na alimentação animal se destaca o uso das pastagens. No entanto, em sua grande maioria encontram-se em algum grau de degradação física ou biológica. O objetivo do trabalho foi continuar o estudo da recuperação de pastagem degradada, iniciado em 2011, com estratégias de manejo do solo para introdução de estilosantes cv. Campo Grande (*Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*) em pastagem de *Urochloa decumbens*, em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, textura média. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram formadas por sete estratégias de manejo para recuperação da pastagem: controle capim-decumbens (CB); capim-decumbens + estilosantes com plantio direto (PD), capim-decumbens + estilosantes com dessecação parcial com 1,5 L ha⁻¹ de ingrediente ativo glifosato (DP); capim-decumbens + estilosantes com dessecação total com 3,0 L ha⁻¹ de ingrediente ativo glifosato (DT); capim-decumbens + estilosantes com escarificação do solo (E), capim-decumbens + estilosantes com gradagem aradora (G) e capim-decumbens + estilosantes com aração + gradagem (AG). Nas subparcelas foi avaliada a presença e ausência da adubação fosfatada. O experimento foi realizado na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA do Extremo Oeste, no município de Andradina/SP com coleta de dados de agosto de 2015 a julho de 2016. Após 4 anos da implantação do experimento, a aração + gradagem proporcionou menor resistência mecânica a penetração do solo, enquanto o maior diâmetro médio ponderado do agregado foi com a utilização do plantio direto + dessecação parcial. A adubação fosfatada contribuiu para maior concentração de fósforo na forragem e na produção de massa seca e menor teor de FDN no período das águas. Os teores de fósforo no solo aumentaram em relação aos valores encontrados na implantação do experimento. O sistema plantio direto sem dessecação apresentou os maiores teores de cálcio, magnésio, soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação por bases.

Palavras-chave: degradação de pastagens, fósforo, manejo do solo, recuperação de pastagens, *Stylosanthes* spp, *Urochloa decumbens*

PASTURE RECOVERY WITH SOIL MANAGEMENT SYSTEMS, INTERCROPPING AND PHOSPHATE FERTILIZERS

ABSTRACT – In animal feed, highlights the use of pastures. However, the vast majority are in some degree of physical or biological degradation. The objective was to continue the study of degraded pasture recovery, which started in 2011, with ways of introducing estilosantes cv. Campo Grande (*Stylosanthes capitata* and *S. macrocephala*) grazing *Urochloa decumbens* and associated with phosphorus fertilization in Oxisol dystrophic, medium texture. The experiment was conducted at the São Paulo Agency Agribusiness Technologies - APTA Far West, in Andradina / SP with data collection from August 2015 to July 2016. The experimental design was a randomized block with split plots and four replications. The plots were formed seven management strategies for pasture recovery: control pasture *U. decumbens* (CB); *U. decumbens* + estilosantes with partial desiccation with 1.5 L ha⁻¹ glyphosate (DP); *U. decumbens* + estilosantes with complete desiccation with 3.0 L ha⁻¹ glyphosate (DT); *U. decumbens* + estilosantes with tillage (PD); brachiaria + estilosantes with soil scarification (E), brachiaria + estilosantes with disc plows revealed inefficient harrowing (G) and pasture + estilosantes with plowing + disking (AG). Subplots evaluated the presence and absence of phosphate fertilizer. After four years of implementation of the experiment, noted that plowing + harrowing provided less mechanical resistance to penetration of the soil, while the largest weighted average diameter of the aggregate was the use of direct planting + partial desiccation. The phosphorus fertilization contributes to higher phosphorus concentrations in forage and dry matter production and lower FDN content in the rainy season. Phosphorus levels in the soil increased in relation to the values found in the implementation of the experiment. The tillage without desiccation presented the highest concentration calcium, magnesium, sum of bases, cation exchange capacity and base saturation.

Keywords: pasture degradation, phosphorus, soil management, pasture recovery, *Stylosanthes* spp, *Urochloa decumbens*.

Capítulo 1 – Considerações gerais

1.1 INTRODUÇÃO

As áreas de pastagens degradadas ou em processo de degradação estão aumentando progressivamente devido as formas extrativistas de exploração pecuária. Em consequência do manejo, a ausência de adubação e o esgotamento da fertilidade do solo têm sido apontados como uma das principais causas da degradação de pastagens cultivadas, sendo a recuperação uma alternativa para reversão dessa situação (COSTA et al., 2009).

O processo de recuperação de pastagem otimiza o aproveitamento das áreas, recupera as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e viabiliza a produção de proteína animal pela ampliação da capacidade de suporte. Além disso, impede novos desmatamentos, beneficiando o agroambiente, gerando a sustentabilidade da agropecuária brasileira, reduzindo os custos de produção e viabilizando o empreendimento agrícola, agregando valor a atividade e aumentando a competitividade, favorecendo o emprego do plantio direto e da integração lavoura-pecuária (EMBRAPA, 2007).

O uso de corretivos e fertilizantes é fundamental para o aumento da produtividade, especialmente os macronutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio. A adoção de praticas como a consorciação entre gramíneas e leguminosas vem como alternativa para recuperação ou manutenção de solos de baixa fertilidade (SILVA; SALIBA, 2007). As leguminosas são dotadas de grande potencial ambiental e econômico por sua capacidade de fixar nitrogênio, fornecendo este nutriente para as gramíneas a que estão associadas, mantendo-se a produtividade das pastagens e proporcionando sustentabilidade dos sistemas de produção a um custo reduzido (WERNER et al., 2001).

Objetivou-se estudar a recuperação de pastagem degradada em diferentes estratégias de introdução de estilóides cv. Campo Grande (*Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*) em pastagem de *Urochloa decumbens* por meio de avaliações da produção de massa seca, composição botânica e químico-bromatológica da parte aérea, porosidade e densidade do solo, distribuição e estabilidade de agregados em água, resistência do solo à penetração e umidade do solo, distribuição de tamanho de partículas, infiltração de água e atributos químicos do solo.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 A pastagem em âmbito nacional

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014), o rebanho bovino brasileiro chegou a 212,3 milhões de cabeças, um acréscimo de 569 mil animais em relação ao ano de 2013 ocupando uma área de aproximadamente 155,0 milhões de hectares. Com isso, o Brasil manteve-se na segunda colocação no ranking mundial, atrás apenas da Índia, sendo o maior rebanho comercial do mundo.

Por viabilizar a pecuária em áreas formadas por solos ácidos e fracos, tipicamente predominantes nos cerrado, os capins do gênero *Urochloa* desempenham um papel importante na produção de carne e leite no país. Tais gramíneas em sua maioria são originárias da África Tropical, apesar de existirem ocorrências de espécies nativas (SILVA, 1995).

Segundo Rao et al., (1996), aproximadamente 60% das espécies de pastagens presentes no Brasil são do gênero *Urochloa*. Por apresentarem características de maior rusticidade, e serem menos exigentes quanto a fertilidade do solo, tais forrageiras são muito utilizadas em áreas de pastagem extensiva (MOREIRA et al., 2005).

Na escolha da forrageira a ser utilizada, devem ser considerados os aspectos produtivos desejados, além de espécies adaptadas às condições edafoclimáticas da região. Cada planta possui diferentes potenciais de adaptação aos diferentes ecossistemas. Outro fator importante é a diversificação de espécies, pois promove a queda dos riscos ambientais, atendendo as necessidades dos diferentes animais presentes na propriedade rural (MACEDO et al., 2013).

Além da espécie forrageira adotada, a disponibilidade de nutrientes no solo também é muito importante para o estabelecimento e uso das pastagens, porém não são os únicos fatores a serem considerados, deve-se compreender também os mecanismos morfofisiológicos inerentes à planta, a interação planta-animal-ambiente e o sistema de manejo do pastejo adotado (FAGUNDES et al., 2006).

É importante avaliar as características morfofisiológicas das plantas forrageiras, para que, se possa fazer um planejamento definindo as estratégias de manejo que serão adotadas, relacionando fatores de produção como, por exemplo,

adubação e consórcio, às respostas morfofisiológicas da planta (SILVA; NASCIMENTO JÚNIOR, 2007).

Desta maneira, conhecendo as características morfogênicas da espécie forrageira que se quer utilizar, é possível compreender a dinâmica do fluxo de tecidos, distinguir e caracterizar os processos de crescimento, senescência e morte da mesma (LEMAIRE; AGNUSDEI, 2000). Possibilitando assim, viabilizar o consumo da forragem pelos animais, evitando a formação e acúmulo de material senescente (SANTOS; BALSALOBRE; CORSI, 2004).

O pastejo modifica o ambiente onde os perfilhos estão localizados, como é o caso do aumento da incidência de luz, e no número de perfilhos. Constituem um sistema complexo e dinâmico, onde alterações na morfogênese determinam modificações na estrutura do dossel como um todo, ou seja, a altura e massa de forragem (kg MS.m^{-3} de dossel) e a razão folha colmo disponível no sistema. Tais mudanças alteram o padrão de crescimento dos perfilhos, ocasionando em respostas morfogênicas que, em seguida, irão alterar as características estruturais da planta com intuito de manter o equilíbrio dinâmico da produção vegetal (SANTOS, 2011).

1.2.2 Degradação de pastagens

A exploração extrativista e o manejo inadequado do sistema solo-planta-animal caracterizam os modelos atuais de exploração da pecuária de corte nas pastagens brasileiras. Tais fatores proporcionaram o aumento do processo de degradação nessas áreas. Entre as áreas de pastagens cultivadas no Brasil aproximadamente 80% encontram-se em algum nível de degradação, proporcionando a baixa eficiência bioeconômica e ao aumento dos impactos negativos sobre o ambiente afetando diretamente a sustentabilidade da pecuária (PAULINO et al., 2012).

Segundo Dias-Filho (2015), o conceito de degradação ou área degradada varia de acordo com o local onde tais efeitos são gerados e do campo do conhecimento em que são tratados. Normalmente este conceito está relacionado a efeitos negativos ou adversos ocasionados por atividades ou interferência humana, associados à perda de produtividade ou qualidade ambiental.

A degradação de pastagem indica um processo evolutivo de perda de vigor, de produtividade e da sua capacidade natural de regeneração, não atingindo sua capacidade natural de recuperação, tornando-a incapaz de sustentar os níveis de produção e qualidade. Pode ser considerada, quando o seu período de maior crescimento, não é suficiente para manter as taxas de lotação animal anteriores. Esse estágio pode ser considerado em pastagens que estejam produzindo menos de 50% de seu potencial, dependendo da cultivar ou tipo de exploração, pois dificilmente conseguem manter a produção economicamente viável (MACEDO; ZIMMER, 2015).

As principais causas da degradação das pastagens são a alta taxa de lotação animal e a ausência da adubação. Entre outros fatores, o uso de cultivares impróprias para determinada área e as práticas de estabelecimento e manejo inadequados, podem predispor ao processo. Ocorrem com perda de matéria orgânica proporcional à sua concentração no solo, além de perdas de nutrientes como fósforo, potássio, cálcio e magnésio (SCHAEFER et al., 2002).

A adoção de mesma taxa de lotação animal durante todo o ano é uma prática comum para a maioria dos criadores do Brasil, o que ocasiona utilização do pasto além da capacidade de suporte no período de estiagem, fato que contribui para acelerar o processo de degradação (SILVA et al., 2004).

A recuperação está relacionada ao conjunto de procedimentos que visam minimizar os impactos ambientais negativos, bióticos e abióticos causados por atividades ou interferência humana (DIAS FILHO, 2015). Para obtenção de resultados positivos neste processo, é fundamental a escolha das espécies a serem implantadas.

A prioridade nas fases iniciais de restauração é a reabilitação da função e dos serviços do ecossistema. Ou seja, algumas vezes, torna-se impossível reabilitar a estrutura original de um ecossistema em um primeiro momento, fazendo-se urgente a amenização dos agentes impactantes, por meio da cobertura imediata do solo (ROVEDDER; ELTZ, 2008).

1.2.3 Atributos físicos do solo

Sistemas agrícolas que associam a monocultura ao uso de equipamentos inadequados de preparo do solo resultam em sua rápida degradação (MOREIRA et al., 2005). Fatores como a cobertura do solo, rugosidade da superfície e as propriedades físicas nas camadas, superficial e subsuperficial do solo influenciam na erosão hídrica (MARTINS et al., 2002; PIRES et al., 2006).

O microrrelevo superficial ao solo varia conforme o tipo e a intensidade de preparo; o teor de água do solo; a quantidade, tipo e manejo de resíduo vegetal existente no solo; e o tipo de solo. É influenciado pelo tipo de preparo, afetando o volume de poros da camada preparada. A cobertura por resíduos vegetais interfere na armazenagem de água na superfície, na infiltração de água no solo, na velocidade e o volume de enxurrada, e na retenção de sedimentos (DARBOUX; HUANG, 2005), conseqüentemente, nas perdas de solo e na qualidade da estrutura regulando a velocidade e o grau de sua degradação (BERTOL et al., 2006).

Segundo Santos (1993), dependendo do estágio de degradação das pastagens e, conseqüentemente, do índice de cobertura do solo, têm sido relatadas perdas do solo aproximadas a $17 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Deste modo, torna-se evidente a necessidade de recuperação das áreas de pastagens degradadas, tanto do ponto de vista químico quanto físico.

Os impactos do uso e manejo na qualidade física do solo são estudados a partir de diferentes propriedades físicas relacionadas com a forma e com a estabilidade estrutural do solo, tais como: compactação do solo, densidade do solo, resistência do solo à penetração das raízes, estrutura, porosidade total, tamanho dos poros, infiltração e redistribuição de água (BONINI; ALVES, 2012).

A densidade do solo define-se como sendo o quociente de sua massa de sólidos por seu volume, é afetada por cultivos que alteram a estrutura, o arranjo e o volume de poros. Tais mudanças interferem em propriedades físico-hídricas importantes, como a porosidade de aeração, a retenção de água no solo, a disponibilidade de água às plantas e a resistência mecânica do solo à penetração (KLEIN, 2014). Para um mesmo tipo de solo a densidade esta sujeita a alterações, variando conforme sua estruturação e, pelo manejo inadequado que poderá provocar a compactação, alterando a estruturação (BONINI; ALVES, 2012).

Segundo Corsi e Goulart (2006), valores médios de densidade do solo entre 1,27 e 1,57 g cm⁻³ são restritivos ao crescimento radicular e à infiltração de água no solo. A densidade é a propriedade física mais estudada e monitorada, sendo um dos atributos usados para avaliação do estado estrutural do solo (SPERA et al., 2004).

De acordo com Klein (2014), as modificações na densidade dos solos são de causas naturais e agem lentamente, sendo difíceis de serem definidas e avaliadas. Como por exemplo, a pressão e a tração proporcionadas pelo peso do maquinário, durante o movimento dos implementos sobre o solo. O principal responsável pela compactação do solo é o tráfego indiscriminado de máquinas realizado de forma excessiva sob diferentes condições de umidade desencadeando redução da produtividade agrícola.

Considerando-se o arranjo das partículas, pode-se estimar a densidade do solo a partir do espaço poroso entre os sólidos. Assim, quanto maior a porosidade, menor será a densidade. Desta maneira, a compactação do solo, aproxima as partículas sólidas diminuindo o espaço poroso, tendo como consequência o aumento da densidade. Solos com maior teor de argila e de matéria orgânica apresentam densidade do solo menor (KLEIN, 2014).

A porosidade é a fração volumétrica do solo ocupada com ar e água, representando o local onde circulam a solução (água e nutrientes) e o ar. Neste local ocorrem os processos dinâmicos do ar e solução do solo. A distribuição do diâmetro dos poros condiciona seu comportamento físico-hídrico, tendo origem a partir do arranjo aleatório das partículas sólidas. O volume do espaço poroso será sempre em torno de 50%, independente do tamanho das esferas e do seu arranjo (KLEIN, 2014).

Valores de macroporosidade abaixo de 0,10 m³ m⁻³ são considerados críticos para o bom desenvolvimento das plantas, indicando níveis de degradação. O solo ideal deve apresentar 0,17 m³ m⁻³ de macroporos, isto é, 1/3 de macroporosidade dos 50% ocupados pelo espaço poroso, enquanto a microporosidade deve ocupar 2/3 deste espaço. A porosidade total é resultado da soma da macro e microporosidade, logo não se pode afirmar que altos valores de porosidade do solo, indicam que o solo está em condição adequada, sendo de suma importância a distribuição do tamanho de poros na avaliação da qualidade da estrutura do solo (BONINI et al., 2015).

No processo de degradação, o efeito imediato é o aumento da densidade do solo e a diminuição da macroporosidade. Conforme as modificações das condições de macroporosidade, a microporosidade e a porosidade total são alteradas devido as modificações no arranjo de suas partículas, o que proporciona a diminuição no tamanho dos poros, levando a redução na área da seção transversal para o fluxo de água, afetando diretamente o processo de infiltração (SOUZA; ALVES, 2003). Estudos realizados por Kitamura et al. (2008) verificaram que a redução da macroporosidade nos solos degradados decorrem do aumento da compactação, que é evidenciada pelo aumento da densidade do solo.

A resistência mecânica do solo à penetração é uma das propriedades físicas do solo que influenciam diretamente no crescimento das raízes e da parte aérea das plantas, devido aos seus efeitos vitais e metabólicos nas mesmas (LEÃO et al., 2006). Tal propriedade mede a compactação, podendo ser utilizada para avaliar os impactos causados pelo uso e manejo do solo. A mesma está sendo utilizada por vários autores para a avaliação dos efeitos dos sistemas de manejo do solo sobre o ambiente radicular (KLEIN, 2014).

Segundo Taboada-Castro et al. (2009) a perda de estrutura do solo provoca redução de sua qualidade e conseqüente queda de produtividade. Estudos realizados por Lanzanova et al. (2007) e Flores (2007), onde foram adotados diferentes estratégias de manejo do solo, resultaram em modificações na distribuição do tamanho de poros.

Uma das propriedades mais importantes é a estrutura do solo, ou seja, o arranjo das partículas do solo e do espaço poroso entre elas incluindo o tamanho, a forma e o arranjo dos agregados formados quando partículas primárias se agrupam em unidades separáveis, podendo ser modificada caso haja alteração na disposição das partículas dos solos (FERREIRA, 2010). O tamanho do agregado é um dos principais fatores condicionadores do ambiente para o crescimento do sistema radicular das plantas, pois determina sua suscetibilidade à movimentação pelo vento e pela água, além do espaço poroso e seu arranjo, interferindo na movimentação da água e do ar no solo (KLEIN, 2014).

A estabilidade dos agregados em água é influenciada por diversas características do solo, como textura, teor de óxidos de ferro e alumínio, teor de matéria orgânica, atividade microbiana e também pelo manejo do solo (BERTOL et al., 2006; NEVES; FELLER; KOUAKOUA, 2006). Os agregados são fatores de

grande importância para a conservação do solo por conferirem maior resistência ao processo erosivo, proteção à matéria orgânica e à população microbiana (FERREIRA; TAVARES FILHO; FERREIRA, 2010).

Essencial à manutenção dos organismos vivos, a água é requerida em grandes quantidades para atender a demanda atmosférica, por meio do processo de evapotranspiração no sistema solo-planta-atmosfera. Juntamente com outros elementos constitui a solução do solo, onde ocorrem os processos de trocas de elementos entre o solo e a planta (AMARO FILHO; ASSIS JUNIOR; MOTA, 2008).

A capacidade de infiltração de água no solo pode ser afetada por diversos fatores, entre eles destacam-se, o tempo, a umidade inicial, a porosidade e a textura, e a condutividade hidráulica (LIBARDINI, 2005). Segundo Klein (2014), a textura do solo relacionada ao tamanho das partículas determina a classificação do diâmetro dos poros do solo. Assim, quanto maior for o volume de macroporos, maior será a capacidade de infiltração de água em profundidades.

Ao chegar à superfície do solo, a água pode infiltrar-se ou escoar superficialmente. Quando infiltrada é armazenada no solo até atingir a capacidade de campo, que compreende no armazenamento máximo de água pelo solo contra o campo gravitacional. O excedente infiltrado percola em profundidade até atingir o lençol freático, constituindo o escoamento subterrâneo. No escoamento superficial, a água não infiltra diretamente, escoando na superfície do solo ocasionando erosão do solo. O armazenamento de água no solo e a sua disponibilidade para as plantas dependem de processo decorrentes da interação solo-água-planta (AMARO FILHO; ASSIS JUNIOR; MOTA, 2008).

1.2.4 Manejo do solo

As forrageiras tropicais exercem papel fundamental na qualidade do solo, especialmente em suas propriedades físicas. Devido às propriedades de seu sistema radicular fasciculado, abundante e profundo, proporcionando ao solo capacidade de estruturação, infiltração de água e o aumento do carbono total no perfil do solo. Pastagens manejadas de forma adequada após longo período podem apresentar teores de carbono no solo mais elevados do que culturas anuais e até mesmo áreas de vegetação natural (MACEDO, 2013).

O solo coberto com restos culturais deixados na superfície tem ação direta e efetiva na redução da erosão hídrica, pois promove a dissipação da energia cinética das gotas da chuva, diminuindo a desagregação das partículas de solo e o selamento superficial, e aumentando a infiltração de água. Segundo Cogo; Levien; Schwarz (2003), a cobertura do solo, ainda atua na redução da velocidade do escoamento superficial e, conseqüentemente, no potencial erosivo da enxurrada.

A adoção de práticas conservacionista como adubação verde, rotação de culturas e plantio direto são capazes de aumentar e/ou manter os teores de matéria orgânica nas camadas superficiais do solo, reduzir as perdas de nutrientes via imobilização por microrganismos e liberar gradualmente nutrientes (ANDERSON; DOMSCH, 1980; AMADO et al., 1999). Esse acréscimo varia de acordo com o tipo e a qualidade do material adicionado, sequência de culturas adotada, forma e tempo de adoção destas práticas (MENGEL, 1996).

Segundo Grandy e Robertson (2007); Tan et al. (2007); Tomazi (2008), os sistemas de manejo que incluem mínimo ou nulo revolvimento mecânico do solo, sistema de cultivo perene com alta produção de biomassa e sistema radicular bem desenvolvido, favorecem o acúmulo de matéria orgânica, melhorando a atividade biológica e disponibilidade de nutrientes no meio.

Operações de preparo do solo, tais como a escarificação, criam um micro relevo na superfície do solo, sendo o índice de rugosidade superficial do mesmo o critério mais utilizado para a sua determinação. Tais alterações afetam o escoamento superficial e o armazenamento temporal de água (VASQUEZ; DE MARIA, 2003). A descompactação do solo utilizando implementos de hastes, como escarificadores, que produzem superfícies mais rugosas que os implementos de discos, como grades pesadas, têm por objetivo aumentar a porosidade, reduzir a densidade e, ao mesmo tempo, romper as camadas superficiais encrostadas e camadas subsuperficiais compactadas (KOCHHANN; DENARDIN, 2000).

Juntamente às práticas de plantio direto e escarificação do solo, o emprego do consórcio entre plantas das famílias *Poaceae* e *Fabaceae* vem ganhando destaque. A *Poaceae* por sua vez, se adapta facilmente às diferentes condições edafoclimáticas, fazendo-se fundamentais na revitalização do solo, proteção e recuperação destas áreas. Já as da família *Fabaceae* são dotadas de grande potencial ambiental e econômico por sua capacidade de fixar nitrogênio e, em pastos consorciados, são fornecedoras deste nutriente para as gramíneas a que

estão associadas, mantendo a produtividade das pastagens e proporcionando sustentabilidade dos sistemas de produção a um custo reduzido, oferecendo menores danos ao meio ambiente (WERNER et al., 2001).

1.2.5 Leguminosas e a fixação biológica

A capacidade de fixação biológica de nitrogênio, associada ao melhor valor nutricional, permitem que as leguminosas tropicais contribuam no aumento da qualidade e quantidade de forragem. Este potencial é muito importante em regiões que possuem estação seca prolongada, pois neste período normalmente as gramíneas forrageiras disponíveis ao consumo não atende as necessidades nutricionais dos animais. Tais vantagens são bem conhecidas pelos produtores, porém o uso de leguminosas forrageiras tropicais na alimentação dos bovinos tem sido pouco explorado no Brasil (MACEDO et al., 2013).

A adoção de *Fabaceae* na formação de pastagens, em consórcio ou exclusivas, é orientada pela escolha da cultivar mais adequada às condições ambientais, à natureza da exploração, à capacidade de intervenção e à disponibilidade de recursos, dentre outros fatores (BARCELLOS et al., 2008).

Embora a tomada de decisão seja semelhante à empregada na escolha de uma gramínea forrageira, existe uma resistência maior à leguminosa por parte de técnicos e produtores, em função dos riscos de insucesso e dos custos envolvidos. Em partes esta resistência se deve ao maior conhecimento e informações disponibilizadas às gramíneas forrageiras e ao processo agressivo de comercialização de suas sementes (BARCELLOS et al., 2008). Por outro lado, Aroreira et al., (2005) aponta que as pastagens consorciadas constituem boa opção, de baixo custo, para diminuir o problema da degradação das pastagens.

A utilização de *Fabaceae* é uma das formas naturais de adicionar nitrogênio no sistema da pastagem, devido sua simbiose com algumas bactérias. Neste processo, a planta fornece fotoassimilados para as bactérias e em troca, as bactérias disponibilizam o nitrogênio atmosférico por elas fixado. Os tipos mais comuns que ocorrem com os gêneros de bactéria são o *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium* e *Photorhizobium* (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Segundo Vasconcelos (2006) o nitrogênio é o principal nutriente responsável pela manutenção da produtividade das gramíneas forrageiras. Sua deficiência no solo causa um crescimento lento, resultando em plantas de pequeno porte, com poucos perfilhos, folhas estreitas e pequenas, e o teor de proteína torna-se deficiente para atender os requerimentos nutricionais dos animais.

A fixação biológica do nitrogênio realizada pelas leguminosas proporciona um aumento nos teores de proteína bruta das gramíneas consorciadas neste sistema. Em consequência do aumento da produção e da qualidade da forragem produzida em pastos consorciados, é possível ampliar a capacidade de suporte, melhorando a produtividade de carne e leite, e ainda potencializar o desempenho individual dos animais. A partir do segundo ano após o estabelecimento do sistema, pode se observar tais benefícios, a partir da liberação do nitrogênio da leguminosa para a gramínea via mineralização da matéria orgânica (KICHEL et al., 2006).

Algumas destas espécies podem servir de alimento para animais como bovinos, caprinos, ovinos e equinos, fato este importante, visto que, Lira et al. (2006), por meio de simulação, sugerem que a manutenção de 25% de fabáceas na composição botânica da pastagem, equivale a uma adubação anual com 100 kg de N ha⁻¹.

1.2.6 Estilosantes Campo Grande

O gênero *Stylosanthes* possui o maior número de espécies (44), sendo 25 com ocorrência no Brasil, principalmente na região do Cerrado. Poucas cultivares estão disponíveis no mercado, destacando-se o estilosantes cv. Campo Grande composto por duas espécies distintas (*S. macrocephala* e *S. capitata*) e o Mineirão (*S. guianensis*). O *Stylosanthes macrocephala* é um subarbusto perene, de porte semi-prostrado, constituído por muitos galhos pilosos e alcança de 20 a 80 cm de altura. São trifoliolados, com folhas no formato estipulado-obovado. Sua inflorescência pode ser capitada, terminal ou axilar, onde cada galho pode produzir de 10 a 30 flores. Esta planta é capaz de produzir nódulos com rizóbios nativos (SILVA, 2004).

O estilosantes cv. Campo Grande foi desenvolvido pela Embrapa Gado de Corte, constituído por duas linhagens de sementes, com 80% de seu peso constituído por *S. capitata* (tolerante à antracnose) e 20% de linhagens de *S.*

macrocephala. A cultivar tem mostrado bom desempenho em solos com textura arenosa e média, como os Latossolos, textura média e Neossolo Quartzarenico. Sua principal forma de utilização é em consorciação com *Urochloa decumbens*, *U. brizantha* e *Andropogon gayanus*, utilizada nos processo de recuperação de pastagens e de áreas degradadas (SILVA, 2004).

A cultivar possui bom valor nutritivo, com teores de proteína bruta que variam entre 13 e 18% na planta inteira, chegando a 22% somente nas folhas, no período chuvoso. Durante essa estação, a digestibilidade in vitro da matéria orgânica da leguminosa varia de 55% a 70% (EMBRAPA, 2007). No período em que ocorre a queda das folhas após o florescimento das plantas, ou seja, durante a estação seca, os teores de proteína bruta podem ser reduzidos até valores próximos de 6%, nas condições de Mato Grosso do Sul (BARCELLOS et al., 2000).

Estudos realizados por Kichel et al., (2006) demonstraram o benefício da consorciação da leguminosa visto que no terceiro ano de estudo a produtividade da pastagem consorciada com estilosantes cv. Campo Grande foi semelhante à de uma pastagem solteira adubada anualmente com 200 kg ha⁻¹ de ureia ou 90 kg ha⁻¹ de N. Outros autores relatam que a inclusão do estilosantes cv. Campo Grande na recuperação de pastagens de *Urochloa decumbens* aumentou em 25% a produtividade quando comparada a gramínea pura (ZIMMER et al., 2002).

Experimentos realizados pela EMBRAPA (2007) demonstraram que a produção de massa seca anual do estilosantes cv. Campo Grande varia de 8 a 14 t ha⁻¹, e quando consorciado com gramíneas atinge valores de 3 a 6 t ha⁻¹ano⁻¹. Nessas condições a participação da leguminosa na pastagem equivale 30% a 40% da massa seca de forragem produzida.

Entre os vários aspectos positivos proporcionados pela leguminosa Verzignassi e Fernandes (2002) apontam o bom potencial produtivo, boa produção de sementes (200 a 400 kg ha⁻¹) com possibilidade de colheita mecânica e plantas com boa resistência a antracnose. Sua consorciação com gramíneas ainda complementa a cobertura do solo, contribuindo para redução de perdas por processos erosivos, além da melhoria no desempenho animal (EMBRAPA, 2013).

No Mato Grosso do Sul (MS), trabalhos de recuperação de pastagens degradadas de *U. decumbens* consorciada com estilosantes cv. Campo Grande em solos arenosos forneceram resultados de grande expressão. Naquelas condições, pastagens recuperadas com estilosantes permitiram que os animais ganhassem

aproximadamente três arrobas a mais por ano que os animais nos pastos recuperados sem o uso da leguminosa (VALLE et al., 2001).

Estudos realizados pela Embrapa Gado de Corte no município de Chapadão do Sul, MS, em área de Latossolo Vermelho Amarelo, textura média, a pastagem de *U. decumbens* recuperada pela introdução de estilosantes cv. Campo Grande obteve ganho médio de peso vivo diário superior, quando comparada à braquiária pura, avaliando-se três taxas de lotação. Os pastos consorciados proporcionaram ganhos de 608, 621 e 542 g animal⁻¹ dia⁻¹, nas lotações de 0,6, 1,0 e 1,4 UA ha⁻¹ respectivamente, ao passo que nos pastos formados somente por braquiária, os ganhos foram de 553, 511 e 464 g animal⁻¹ dia⁻¹, respectivamente (EMBRAPA, 2000).

Entre os diversos nutrientes exigidos para a adequada nutrição do estilosantes, o fósforo se destaca, uma vez que junto com o nitrogênio são nutrientes que promovem os maiores incrementos na produtividade das culturas exploradas economicamente em solos tropicais, sendo o mais limitante para o *Stylosanthes capitata* (PAULINO et al., 2006). São forrageiras adaptadas a solos de baixa fertilidade, apresentam boa adaptação a solos arenosos e de textura média, mas respondem a Ca, Mg, P, K e micronutrientes (EMBRAPA, 2007).

As espécies de *Stylosanthes* possuem resistência à seca e alta capacidade de associação com rizóbios nativos. Tais características fazem com que a leguminosa seja uma alternativa nos processos de recuperação de pastagem. A utilização do estilosantes na recuperação das pastagens envolve a correção do solo através da calagem, adubação fosfatada, gradagem para incorporação dos fertilizantes, rompimento das camadas compactadas de solo, e redução da competição da gramínea estabelecida para permitir o desenvolvimento da leguminosa (EMBRAPA, 2013).

No consórcio entre estilosantes cv. Campo Grande e gramíneas na proporção de 20-40% da leguminosa em condições de solos arenosos de baixa fertilidade, a fixação de nitrogênio equivale a 60 - 80 kg ha⁻¹ de N ano⁻¹. Somente uma parte deste nitrogênio liberado para as gramíneas no primeiro ano de cultivo, seu maior benefício é a melhoria na qualidade da dieta do rebanho. No segundo ano em decorrência da ciclagem de nutrientes pela morte de partes das plantas, o N orgânico fixado é mineralizado tornando-se disponível para a gramínea em

consorciação, aumentando a disponibilidade total de forragem em até 50% (EMBRAPA, 2013).

1.2.7 A importância da adubação fosfatada

No Brasil as práticas de adubação e calagem em pastagens são pouco convencionais. A alta capacidade de adaptação das forrageiras tropicais implantadas possibilitou que os criadores aumentassem a capacidade de suporte animal e explorassem a pecuária sem adubação ao longo dos anos. A queda da capacidade de suporte, juntamente com a degradação das pastagens e a falta de sustentabilidade do sistema estão alterando este quadro (YAMADA; ABDALLA, 2004).

Independente do sistema de exploração adotado, seja ele intensivo ou extensivo, a adubação fosfatada é fundamental, visto que, o fósforo desempenha papel indispensável no desenvolvimento radicular e no perfilhamento da *Poaceae*. Este nutriente está relacionado ao metabolismo energético da planta, pois participa de todos os ciclos metabólicos relacionados ao seu gasto de energia, tornando-se limitante à capacidade produtiva, no estabelecimento e na persistência das pastagens, atuando na utilização dos outros nutrientes (HEINRICHS; SOARES FILHO, 2014). Em geral, os Latossolos brasileiros apresentam níveis extremamente baixos de fósforo disponível e total. A deficiência desse elemento associada a alta capacidade de adsorção do fósforo em consequência da acidez, e os altos teores de óxidos de ferro e de alumínio, dificultam o estabelecimento e a manutenção das pastagens (MACEDO, 2004).

Dada baixa mobilidade do P no solo vários estudos estão sendo realizados, quanto à eficiência da adubação fosfatada de cobertura em pastagens estabelecidas, em diferentes sistemas de produção (CANTO et al., 2003). Moreira et al. (2006) avaliaram sistema de manejo e doses de adubação fosfatada em pastagem de capim-elefante em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, textura argilosa, comparando doses de fósforo (0, 60, 120, 200 e 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅), em duas formas de aplicação (em sulco de plantio e a lanço no sulco e incorporado). Após dois anos de estudo, a produção de massa seca foi superior nos tratamentos com incorporação sobre o sulco em relação ao tratamento no sulco, independente da dose aplicada.

A fosfatagem é uma prática corretiva do fósforo solúvel presente no solo. Sua acessibilidade para a planta geralmente está abaixo do teor presente no solo, pois se apresenta na forma orgânica e mineral. A disponibilidade é afetada por fatores como: teor e tipo de argila, pH e umidade, e nível de fósforo presente no solo. Estima-se que 80 a 85% do fósforo pode ser fixado pelo solo. O fósforo orgânico ocorre em teores proporcionais à matéria orgânica, enquanto na forma mineral, a proporção relativa dos compostos inorgânicos, com ferro, alumínio e cálcio, é condicionada pelo pH e pelo tipo e quantidade de minerais existentes na fração argila (HEINRICHS; SOARES FILHO, 2014).

O sistema solo-planta-animal, na exploração pecuária, apresenta aspectos de extração e ciclagem de nutrientes bem característicos. A alta capacidade de ciclagem de nutrientes e a profundidade do sistema radicular das forrageiras são de grande importância nas práticas culturais de manutenção. Logo, as doses de fertilizantes são maiores na implantação da cultura e menores na manutenção (YAMADA; ABDALLA, 2004).

O processo de calagem realizado em solos ácidos proporciona melhores condições para melhorar a eficiência da adubação fosfatada, pela redução da capacidade do solo em absorver ou fixar íons fosfato. Quanto menor o teor de fósforo no solo, maiores serão as respostas obtidas com a adubação, variando em função do teor inicial deste nutriente no solo. As fabáceas respondem melhor a adubação fosfatada que as poáceas forrageiras, pois o fósforo assume papel importante na fixação de nitrogênio por elas realizada (HEINRICHS; SOARES FILHO, 2014). A adubação fosfatada associada à introdução de fabacea para fornecimento de nitrogênio é uma alternativa possível de ser adotada pelos produtores na recuperação de pastagens (EMBRAPA, 2013).

1.2.8 Composição química e bromatológica

Dentre os principais substratos energéticos utilizados pelos microrganismos que habitam o sistema digestivo dos ruminantes, destacam-se os alimentos fibrosos, fonte de carboidratos estruturais (hemicelulose e celulose), (SILVA; QUEIROS, 2002). A parede celular representa de 30 a 80% da matéria seca das plantas forrageiras, composta por celulose, hemicelulose e pectina, carboidratos estruturais responsáveis pela qualidade nutricional dos alimentos volumosos. Outras

substâncias podem estar presentes nos diferentes alimentos, tais como a lignina, que pode estar associada a celulose e a hemicelulose, durante o amadurecimento da planta forrageira, diminuindo a digestibilidade dos compostos nutritivos (ALVES, 2007; MAEDA et al., 2007).

A fibra alimentar pode ser determinada através dos métodos “fibra bruta (FB)”, “fibra em detergente neutro (FDN)” e “fibra em detergente ácido (FDA)” (LIMA, 2003). O método da FB foi desenvolvido há mais de um século pela estação experimental de Weende na Alemanha, porém vem sendo substituída pela FDN e FDA a aproximadamente 40 anos pelos pesquisadores (GERON, 2014).

O método proposto por Van Soest (1963) foi baseado na separação das diferentes frações que compõe as plantas forrageiras, através de reagentes detergentes específicos. Este método considera que os constituintes das plantas podem ser divididos em conteúdo celular (lipídios, compostos nitrogenados, gorduras, amido e outros compostos solúveis em água) e parede celular (proteína insolúvel, hemicelulose, celulose e lignina).

A célula vegetal é revestida por uma parede celular rígida composta basicamente por celulose, mas em células adultas esta parede sofre um espessamento que pode formar uma segunda parede composta por lignina e hemicelulose. O método de Van Soest consiste, inicialmente, em separar o conteúdo celular da parede celular. Isto é feito aquecendo-se parte da amostra em solução de detergente neutro. O conteúdo celular solubiliza-se no detergente, enquanto a parede celular não, podendo ser separada por filtração. As frações resultantes são denominadas de solúveis em detergente neutro, e são compostas por proteína, nitrogênio não protéico (NNP), lipídeos, pigmentos, açúcares, ácidos orgânicos e pectina, e FDN (constituída basicamente por celulose), N ligado à fibra, hemicelulose e lignina (SALMAN et al., 2010).

Quando se utiliza solução de detergente ácido a celulose e a hemicelulose solubilizam-se, e a lignina ligada à celulose que é separada por filtração. As duas frações são denominadas, respectivamente, de solúveis em detergente ácido e FDA. A porção solúvel é integralmente aproveitada por ruminantes ou outros herbívoros e parcialmente por monogástricos não herbívoros. A FDA é a porção menos digestível da parede celular das forrageiras pelos microrganismos do rúmen, constituída quase na sua totalidade por lignina e celulose. Logo, a proporção de hemicelulose é

determinada pela diferença entre FDN e FDA. A celulose contida na fração FDA, que é parte solúvel em detergente ácido (SALMAN, et al., 2010).

O teor de FDN dos alimentos pode ser utilizado no balanço nutricional para formulação de rações com teores adequados de fibra alimentar. A qualidade e a quantidade de fibra alimentar constituintes das plantas forrageiras influenciam no consumo de massa seca pelos ruminantes, podendo ser determinada pela densidade energética ou pelo efeito físico de enchimento do rúmen proporcionado pela fibra alimentar nos animais ruminantes (MACEDO JUNIOR et al., 2007; GERON et al., 2012).

O consumo animal de matéria seca está relacionado ao percentual de FDN, e a digestibilidade está relacionada ao FDA, principalmente pela presença da lignina. Deste modo o FDA indica a porcentagem de material altamente indigestível presente na forragem, logo baixos valores de FDA indicam maior energia e alta digestibilidade, e forragens com baixo teor de FDN têm maior taxa de consumo do que aquelas de alto FDN. Teores de FDN entre 55 a 60% da matéria seca do alimento são prejudiciais ao consumo, sendo desejáveis valores inferiores (MOURA et al., 2011).

A fibra alimentar constitui a fração dos carboidratos estruturais presentes nos alimentos, sua composição pode limitar o consumo de matéria seca e de energia. É importante que a matéria seca fornecida na dieta do animal tenha pequena quantidade de fibra e que seja de boa qualidade, rica em hemicelulose e pectina, proporcionando assim uma digestão adequada da matéria seca e demais nutriente (NUSSIO; CAMPOS; LIMA, 2010).

1.3 REFERÊNCIAS

ALVES, M. C. **Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira - SP.** 2001. 83 f. Tese (Livre Docência em Solos) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

ALVES, C. T. **Efeitos de diferentes níveis de milho em grãos moídos relação proteína: carboidratos não estruturais em dietas para búfalos sobre o metabolismo no rúmen.** 2007. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S.B.V. BAYER, C. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade do milho. **R. Bras. Ci. Solo**, v.23, p.679-686, 1999.

AMARO FILHO, J.; ASSIS JUNIOR, R.N.; MOTA, J.C.A. **Física do solo conceitos e aplicações**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2008. p.107-224.

ANDERSON. J. E.; DOMSCH. K. H. Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of selected soils. *Soil Sci.* v. 130. p.2011-2016. 1980.

AROEIRA. L. J. M.; PACIULLO. D. S. C.; LOPES. F. C. F.; MORENZ. M. J. F.; E. S. SILVA.; J. J.; DUCATTI. C. Disponibilidade. composição bromatológica e consumo de matéria seca em pastagem consorciada de *Brachiaria decumbens* com *Stylosanthes guianensis*. **Pesq. Agropec. Bras** v. 40. n. 4. p. 413-418, 2005.

BARCELLOS. A. O.; ANDRADE. R. P.; KARIA. C. T.; VILELA L. Potencial e uso de leguminosas forrageiras dos gêneros *Stylosanthes*, *Arachis* e *Leucaena*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM: a planta forrageira no sistema de produção, 17., 2000. Piracicaba. 2.ed. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 297-357.

BARCELLOS. A. de O. et al. 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.**, Viçosa, v.37, 2008.

BERTOL. I.; AMARAL. A. J.; VIDAL VÁZQUEZ. E.; PAZ GONZÁLEZ. A.; BARBOSA. F. T. Relações da rugosidade superficial do solo com o volume de chuva e com a estabilidade de agregados em água. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, MG. v.30, p. 543-553, 2006.

BONINI. C.S.B. **Restauração ecológica de um solo decapitado sob intervenção antrópica há 17 anos**. 2012. 152f. Tese (Doutorado em sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

BONINI. C.S.B.; ALVES. M. C. Qualidade física de um latossolo vermelho em recuperação há dezessete anos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16. n. 4 p.329-336, 2012.

BONINI. C.S.B.; BONINI NETO. A.; HEINRICH. R.; SOARES FILHO. C.V.; ALVES. M.C.; FEITOSA. D.G. Distribuição do tamanho de poros de um Latossolo cultivado com pastagem em recuperação com estilosantes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLOS, 35., 2015, Natal. **Anais...** Natal: [s.n.], 2015.

CANTO. M.W.; LIMA. M.Y.S.M.; SENGIK. E.; RICKLI. M.E. Diferentes profundidades de incorporação de adubo fosfatado na produção de massa seca e no perfilhamento da aveia preta (*Avena strigosa*). **Acta Scientiarum**, Maringá. v.25. n.2. p.359-363. 2003.

CARVALHO. P. C. F. (Ed.). **International symposium on grassland ecophysiology and grazing ecology**. Curitiba: CAB International. 2000. p. 265-287.

COGO. N. P.; LEVIEN. R.; SCHWARZ. R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo. classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 27. p. 743-753, 2003.

CORSI. M.; GOULART. R. O sistema de produção de carne e as exigências da sociedade moderna. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM. 23.. Piracicaba. 2006. **Anais...** Piracicaba: FEALQ. 2006. p.7-36.

COSTA. K.A.P.; FAQUIN. V.; OLIVEIRA. I.P.; SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, M.A. Doses e fontes de nitrogênio na nutrição mineral do capim-marandu. **Cienc. Animal Bras.** v.10. p.115-123. 2009.

DARBOUX. F.; HUANG. C. Does soil surface roughness increase or decrease water and particle transfers? **Soil Science Society of America Journal**, Madison. v. 69. n. 5. p. 748-756. 2005.

DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4.ed. reimp. Belém: [s.n.], 2011. 215 p.

DIAS-FILHO, M.B. A necessidade do profissional em projetos de recuperação de áreas degradadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRONOMIA, 29., 2015, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: [s.n.], 2015.

EMBRAPA Gado de Corte. **Estilosantes Campo Grande**: estabelecimento. manejo e produção animal. Campos Grande: Embrapa Gado de Corte. 2000. p.1-8. (Comunicado técnico ; n.61).

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Integração lavoura pecuária**. Brasília: EMBRAPA,. 2007. (Informes técnicos).

EMBRAPA Gado de Corte. **Cultivo e uso do Estilosantes Campo Grande**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2007.11p. (Comunicado Técnico, n.105)

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação do solo**. 3.d. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 93p.

EPSTEIN. E; BLOOM. A.J. **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. 2. ed. Londrina: Planta, 2006.

FAGUNDES. J. L.; FONSECA. D. M.; MISTURA. C.; MISTURA. C.; MORAIS. R. V.; VITOR. C. M. T.; GOMIDE. J. A.; NASCIMENTO JÚNIOR. D.; CASAGRANDE. D. R.; COSTA. L. T. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa – MG, v. 35. n. 1. p. 21-29. 2006.

FERREIRA. R. R. M.; TAVARES FILHO. J.; FERREIRA. V. M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31. p. 913-932, 2010.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: LIER, Q. de J. van. **Física do solo**. Viçosa: SBCS, 2010. p.1-27.

FLORES. J. P. C.; ANGHINONI. I.; CASSOL. L.C.; CARVALHO. P. C. F.; LEITE. J. G. D.B. & FRAGA. T. I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.771-780, 2007.

GERON, L. J. V.; MEXIA, A. A.; GARCIA, J.; ZEOULA, L. M.; GARCIA, R. R. F.; MOURA, D. C. Desempenho de cordeiros em terminação suplementados com caroço de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e grão de milho moído (*Zea mays* L.). **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 17, n. 4, p. 34-42, 2012.

GRANDY. A.; ROBERTSON. G. Land-Use Intensity Effects on Soil Organic Carbon Accumulation Rates and Mechanisms. **Ecosystems**, New York. v. 10. p. 59-74. 2007.

HEINRICH. R.; SOARES FILHO. C. V. Adubação e manejo de pastagens: II Simpósio de adubação e manejo de pastagens. Birigui-SP: BOREAL, 2014. p. 7-8.

IBGE. Sidra: **Sistema IBGE de Recuperação automática**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp?t=2&z=t&o=24&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1&u7=1>>. Acesso em: 26 out. 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**. 2006. Disponível em: <http://brasilemsintese.ibge.gov.br/agropecuaria/utilizacao-das-terras-area.html>. Acesso em: 11 ago. 2016.

KICHEL. A. N.; COSTA. J. A. A.; LIMA. N. R. C. B.; SILVEIRA. D. S.; GALDINO. S.; COMIRAN. G.; ARAÚJO. M. T. B. D.; PARIS. A. **Sistema de recuperação e manejo de pastagem em solos arenosos: produtividade e custo de produção**. Corumbá: Embrapa Pantanal; Embrapa Gado de Corte, 2006.

KITAMURA, A. E.; ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; GONZALEZ, A. P. Recuperação de um solo degradado com aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:405-416, 2008.

KLEIN, V. A. **Física do solo**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2014.

KOCHHANN. R. A.; DENARDIN. J. E. **Implantação e manejo do sistema plantio direto**. Passo Fundo. EMBRAPA-CNPT. 2000. 36p

LANZANOVA. M.E.; NICOLOSO. R. da S.; LOVATO. T.; ELTZ. F.L.F.; AMADO. T.J.C.; REINERT. D.J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.31. p.1131-1140. 2007.

LEÃO. T.P.; SILVA. A.P. da; MACEDO. M.C.M.; IMHOFF. S.; EUCLIDES. V.P.B. Least limiting water range: a potential indicator of changes in near-surface soil physical quality after the conversion of Brazilian Savanna into pasture. **Soil Tillage and Research**. v.88. p.279-285. 2006.

LEMAIRE. G.; AGNUSDEI. M. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: LEMAIRES. G.; HODGSON. J.; MORAES. A.; NABINGER. C.;

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: Edusp, p. 335, 2005.

LIMA. C. G. R.; CARVALHO. M. P.; MELLO. L. M. M.; LIMA. R. C. Correlação linear e espacial entre produtividade de forragem. a porosidade total e a densidade do solo de Pereira Barreto (SP). **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa. MG. v. 31. p. 1233-1244. 2007.

LIMA, M. L. M. **Análise comparativa da efetividade da fibra de volumosos e subprodutos**. 2003. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; LIRA JUNIOR, M.A.; MELLO, A. C. L. Sistemas de produção de forragem: alternativas para sustentabilidade da pecuária. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ. 2006. p. 491-511.

MACEDO. M.C.M. Adubação fosfatada em pastagens cultivadas com ênfase na Região do cerrado. In: YAMADA. T.; ABDALA. S.R.S. (Eds.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p.359-400.

MACEDO JÚNIOR, G. L.; ZANINE, A. M.; BORGES, I.; OLALQUIAGA PÉREZ, J. R. O. Qualidade da fibra para a dieta de ruminantes. **Ciência Animal**, Goiânia, v. 17, n. 1, p. 7-17, 2007.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G.; ARAUJO, A. R. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. In: ENCONTRO DE ADUBAÇÃO DE PASTAGENS DA SCOT CONSULTORIA - TEC - FÉRTIL, 1., 2013, Ribeirão Preto. **Anais...** Bebedouro: Scot Consultoria, 2013. p. 158-181.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 308-318.

MAEDA, E. M.; ZEOULA, L. M.; GERON, L. J. V.; BEST, J.; PRADO, I. N.; MARTINS, E. N.; KAZAMA, R. Digestibilidade e características ruminais de dietas com diferentes níveis de concentrado para bubalinos e bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 3, p. 716-726, 2007.

- MARTINS. S. G.; SILVA. M. L. N.; CURI. N.; FERREIRA. M. M. Avaliação de atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférrico sob diferentes povoamentos florestais. **Cerne**, Lavras. v. 8. n. 1. p. 32-41. 2002.
- MALAVOLTA. E.; VITTI. G.C.; OLIVEIRA. S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS. 1997. 319p.
- MENGEL. K. Turnover of organic nitrogen in soils and its availability to crops. **Plant Soil**. v.181. p.83-93. 1996.
- MOREIRA, J. A. A.; OLIVEIRA, I. P.; GUIMARÃES, C. B.; STONE, L. F. Atributos químicos e físicos de um latossolo vermelho distrófico sob pastagens recuperada e degradada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v. 35, p. 155-161. 2005.
- MOREIRA. L. M.; FONSECA. D. M.; MARTUSCELLO. J. A.; NÓBREGA. E. B. Absorção e Níveis Críticos de Fósforo n aparte aérea para manutenção da produtividade do Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Napier). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v. 30. n.6. p.1170-1176. 2006.
- MOURA, R.L.; NASCIMENTO, M.P.S.C.B.; RODRIGUES, M.M.; OLIVEIRA, M.E.; LOPES, J.B. Razão folha/haste e composição bromatológica da rebrota de estilosantes Campo Grande em cinco idades de corte. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 249-254, 2011.
- NEVES. C. S. V. J.; FELLER. C.; KOUAKOUA. E. Efeito do manejo do solo e da matéria orgânica solúvel em água quente na estabilidade de agregados de um Latossolo argiloso. **Ciência Rural**, Santa Maria. v. 36. p. 1410-1415. 2006.
- NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; LIMA, M. L. M. **Metabolismo de carboidratos estruturais**. In: Editores: BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, A. V. P.; GISELE, S de. Nutrição de ruminantes. Jaboticabal: Funep, 2010. p. 193-238.
- PACIULLO. D.S.C.; AROEIRA. L.J.M.; ALVIM. M.J.; CARVALHO. M.M. Características produtivas e qualitativas de pastagem de braquiária em monocultivo e consorciada com estilosantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38. p.421-426. 2003.
- PAULINO . V.T.; COLOZZA. M.T.; COSTA. N.L., OTSUK, I. P. Respostas de Stylosantes capitata Vogel à aplicação de nutrientes e doses de calcário em solos de cerrado. In: CONGRESSO DE ZOOTECNIA SABER PRODUZIR. SABER TRANSFORMAR.. 16., 2006, Castelo Branco. **Anais...** Castelo Branco: Instituto Politécnico de Castelo Branco/Escola Superior Agrária, 2006. p. 54-62.
- PAULINO, V.T.; SCHUMANN, A.M.; SILVA, S.C.; RASQUINHO, N.M.; SANTOS, K.M. Impactos ambientais da exploração pecuária em sistemas intensivos de pastagens. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.33, n.266, p.17-24, 2012.
- PIRES. L. S.; SILVA. M. L. N.; CURI. N.; LEITE. F. P.; BRITO. L. F. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. v. 41. n. 4. p. 678-695. 2006.

RAIJ. B. van; ANDRADE. J.C.; CANTARELLA. H.; QUAGGIO. J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.

RAO. I. M.; KERRIDGE. P. C.; MACEDO. M. C. M. Nutritional requirements of Brachiaria and adaptation to aci soils. In: MILES. J. W.; MAASS. B. L.; VALLE. C. B. (Ed.). **Brachiaria: biology, agronomy and improvement**. Cali: CIAT/EMBRAPA-CNPQC, 1996. p. 53-71.

ROVEDDER. A. P. M.; ELTZ. F. L. F. Desenvolvimento de Pinus ellioti e do Eucaliptus tereticornis consorciado com plantas de cobertura. em solos degradados por arenização. **Ciência Rural**, v.38, n.1, Santa Maria, 2008.

Salman, A. K. D.; FERREIRA, A. C. D.; SOARES, J. P. G.; SOUZA, J. P. **Metodologia para avaliação de alimentos para ruminantes**. Porto Velho, RO: Embrapa, 2010. p. 10-12.

SANTOS. D. **Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas melhoradas sob diferentes práticas de manejo em Cambissolo distrófico (epiálico) dos Campos da Mantiqueira (MG)**. 1993, 99 f. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

SANTOS. M.C.; SILVA. H. R.; BUZETTI. S.; CASSIOLATO. A. M. R. Caracterização química e microbiológica e da produção de biomassa de Brachiaria brizantha. em diferentes épocas de amostragem. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás. v. 38-. p. 6-13. 2008.

SANTOS. M. E. R. Variabilidade Espacial da vegetação e produção animal em pastagem monoespecífica: proposta de um modelo conceitual. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa. v. 1, n. 1, p. 129-136, 2011.

SANTOS. P. M.; BALSALOBRE. M. A. A.; CORSI. M. Características morfogenéticas e taxa de acúmulo de forragem do capim-Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa. v. 33. n. 4. p. 843-851. 2004.

SCHAEFER. C. E. R.; SILVA. D. D.; PAIVA K. W. N.; PRUSKI F. F.; ALBUQUERQUE FILHO. M. R.; ALBUQUERQUE. M. A. Perdas de solo. nutrientes. matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5. p. 669-678, 2002.

SILVA. D.J.; QUEIROZ. A.C. **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa - MG: Editora UFV, 2002. 235p.

SILVA. J.J. da; SALIBA. E. de O.S. Pastagens consorciadas: uma alternativa para sistemas extensivos e orgânicos. **Veterinária e Zootecnia**, v.14. p.8-18. 2007.

SILVA. M. C.; SANTOS. M. V. F.; DUBEUX JUNIOR. J. C. B.; LIRA. M. A.; SANTANA. D. F. Y.; FARIAS. I.; SANTOS. V. F. Avaliação de métodos para

recuperação de pastagens de braquiária no agreste de Pernambuco. 1. Aspectos quantitativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa – MG, v. 33. n. 6. p. 1999-2006, 2004.

SILVA, M. P. **Estilosantes – *Stylosanthes* spp.** Campo Grande: EMBRAPA Gado de Corte, 2004. Disponível em: <<http://cloud.cnpqc.embrapa.br/faunaeflora/plantas-forrageiras/estilosantes-stylosanthes-spp>>. Acesso em: 11 ago. 2016.

SILVA. S.C. Manejo de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria*, *Cynodon* e *Setaria*. In: PEIXTO. A.M; MOURA. J. C.; FARIA. V. P. (Eds.). **Volumosos para bovinos**. 2.ed. Piracicaba: FEALQ. 1995. p.29-57.

SILVA. S. C. da; NASCIMENTO JUNIOR. D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa – MG, v. 36, p. 121-138, 2007. Suplemento Especial.

SILVA. S. C.; NASCIMENTO. D.J.; EUCLIDES. V.B.P. **Pastagens: conceitos básicos**. produção e manejo. Viçosa: [s.n.], 2008. 115p.

SOUZA. Z. M.; ALVES. M. C. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.133-139, 2003.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M.C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado, sob diferentes usos e manejos. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.7, p. 18-23, 2003.

SPERA. S. T.; SANTOS. H. P.; FONTANELI. R. S.; TOMM. G. O.. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa – MG, v. 28. p. 533-542. 2004.

TABOADA-CASTRO. M. M.; ALVES. M. C.; NASCIMENTO. V.; TABOADA-CASTRO. T. Revegetation on a removed topsoil: effect on aggregate stability. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.40, p.771–786, 2009.

TAN. Z.; LAL. R.; OWENS. L.; IZAURRALDE. R. C. Distribution of light and heavy fractions of soil organic carbon as related to land use and tillage practice. **Soil and Tillage Research**, v. 92. p. 53-59. 2007.

TOMAZI. M. **Estabilidade da matéria orgânica em Latossolos do cerrado sob sistemas de uso e manejo**. 2008. 108 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

VALLE. L. C. S.; SILVA. J. M.; SCHUNKE. R. M. Ganho de peso de bovinos em pastagens de *Brachiaria decumbens* pura e consorciada com *Stylosanthes* spp. cv.

Campo Grande. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 38., 2001. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 175-17

VAN SOEST, P. J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forage. **Journal Animal Science**, v. 26, n. 1, p. 119-128, 1967.

VAN SOEST, P. J. Ecologia nutricional dos ruminantes. 2. ed. Rio de Janeiro: Constock Publishing Associates, 1994. 476 p.

VASCONCELOS. C. N. **Pastagens**: implantação e manejo. Salvador: EDBA, 2006. 177p.

VASQUEZ, E.V.; DE MARIA, I.C. Influencia del Laboreo sobre la rugosidad del suelo y la retención de agua en un Ferrasol. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto, 2003. **Resumo expandido...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003.

VERZIGNASSI. R. J.; FERNANDES. C. D. **Estilosantes Campo Grande**: situação atual e perspectivas. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2002. p. 85-113. (Comunicado técnico ; n.70).

WERNER. C.; RYEL. R.J.; CORREIA. O.; BEYSCHLAG. W. Structural and functional variability within the canopy and its relevance for carbon gain and stress avoidance. **Acta Oecologica**, v.22, p. 129-138, 2001.

YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. Fósforo na Agricultura Brasileira. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 3., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Potafos, 2004. 359-396 p.

ZIMMER. A; SILVA. M.P. da. MAURO. R. Sustentabilidade e impactos ambientais da produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 19., 2002, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ. 2002. p.31- 58.

Capítulo 2 – Atributos físicos do solo de pastagem em recuperação com consorciação de estilosantes cv. Campo Grande

RESUMO - As áreas de pastagens degradadas ou em processo de degradação estão aumentando progressivamente devido as formas extrativistas de exploração pecuária. O objetivo do trabalho foi avaliar a recuperação física do solo de uma pastagem degradada, com estratégias de manejo do solo para introdução de estilosantes cv. Campo Grande (*Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*) em pastagem de *Urochloa decumbens*, em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, textura média. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições. As parcelas foram formadas por sete estratégias de manejo para recuperação da pastagem: : controle capim-decumbens (CB); capim-decumbens + estilosantes com plantio direto (PD), capim-decumbens + estilosantes com dessecação parcial com 1,5 L ha⁻¹ de ingrediente ativo glifosato (DP); capim-decumbens + estilosantes com dessecação total com 3,0 L ha⁻¹ de ingrediente ativo glifosato (DT); capim-decumbens + estilosantes com escarificação do solo (E), capim-decumbens + estilosantes com gradagem aradora (G) e capim-decumbens + estilosantes com aração + gradagem (AG). Após quatro anos da introdução do estilosantes em pastagem de *Urochloa decumbens*, por meio de estratégias de manejo do solo, a porosidade total do solo, o teor de água no solo e a taxa de infiltração de água não foram alteradas. A macroporosidade do solo ficou abaixo do valor considerado adequado para o desenvolvimento das plantas. A aração + gradagem proporcionou menor resistência mecânica a penetração do solo, enquanto o maior diâmetro médio ponderado do agregado foi com a utilização do plantio direto + dessecação parcial.

Palavras-chave: degradação de pastagens, estilosantes, manejo do solo, recuperação de pastagens, *Urochloa decumbens*.

Soil physical attributes in pasture recovery with intercropping estilosantes cv. Campo Grande

ABSTRACT – The areas of degraded pastures or degradation process are increasing progressively due extractive forms livestock farming. The objective was to evaluate the physical recovery of soil from a degraded pasture of *Urochloa decumbens*, with ways of introducing estilosantes cv. Campo Grande (*Stylosanthes capitata* and *S. macrocephala*) in Oxisol dystrophic, medium texture. The experimental design was a randomized block with four replications. The plots were formed seven management strategies for pasture recovery: control pasture *U. decumbens* (CB); *U. decumbens* + estilosantes with partial desiccation with 1.5 L ha⁻¹ glyphosate (DP); *U. decumbens* + estilosantes with complete desiccation with 3.0 L ha⁻¹ glyphosate (DT); *U. decumbens* + estilosantes with tillage (PD); *U. decumbens* + estilosantes with soil scarification (E), *U. decumbens* + estilosantes with disc plows revealed inefficient harrowing (G) and pasture + estilosantes with plowing + disking (AG). Four years after the introduction of estilosantes in *Urochloa decumbens* pasture through soil management strategies, the total soil porosity, water content in the soil and the water infiltration rates have not changed. The soil macroporosity was below the amount considered appropriate for the development of plants. The plowing + harrowing provided less mechanical resistance to penetration of the soil, while the largest weighted average diameter of the aggregate was the use of direct planting + partial desiccation.

Keywords: pasture degradation, estilosantes, phosphorus, soil management, pasture recovery, *Urochloa decumbens*.

2.1 INTRODUÇÃO

A rápida degradação do solo pode ser resultante dos sistemas agrícolas que associam a monocultura ao uso de equipamentos inadequados de preparo do solo. O mesmo ocorre nas pastagens em regime extensivo de manejo. A opção pelo uso de forrageiras do gênero *Urochloa*, vem moderando o problema da degradação por serem variedades rústicas. Entretanto, nem mesmo estas forrageiras têm alcançado boa proteção dos solos, pois o consumo da massa verde pelo animal, associado à falta de reposição dos nutrientes, acidificação do solo, perda da matéria orgânica e a compactação do solo com o tempo diminuem a eficiência das pastagens (MOREIRA, et al., 2005).

O aumento da pressão de pastejo, relação entre o peso animal e a massa de forragem disponível [$\text{kg (animal) kg}^{-1}$ (massa seca de forragem) dia^{-1}], em consequência do aumento da taxa de lotação animal em pastagens de baixa produtividade, compromete a qualidade física do solo, pois resulta em maior carga de animais sobre o solo (SILVA et al., 2003).

Uma pastagem com melhor qualidade permite intensificar a sua utilização com maior taxa de lotação o que afeta na fertilidade física da camada superficial do solo. A densidade e a porosidade do solo são as propriedades físicas mais amplamente utilizadas na quantificação da qualidade física do solo, em pastagem sob pastejo, a qual é mais afetada nos primeiros 150 mm de profundidade (GREENWOOD; MCKENZIE, 2001; LANZANOVA et al., 2007).

Com a melhoria na qualidade do solo cresce a produtividade das pastagens permitindo intensificar a sua utilização com maior da taxa de lotação animal (LUGÃO et al., 2003). Este progresso pode ser alcançado por meio do consorcio entre forrageiras das famílias *Poaceae* e *Fabaceae* representando uma alternativa para a recuperação ou manutenção de solos de baixa fertilidade (SILVA; SALIBA, 2007), além de contribuir para a melhoria da qualidade da forragem oferecida aos animais (PACIULLO et al., 2003).

O presente trabalho tem por objetivo estudar os atributos físicos do solo em pastagem de *Urochloa decumbens* degradada em recuperação com diferentes estratégias para introdução de Estilosantes cv. Campo Grande (*Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*).

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Histórico da área

O experimento foi realizado na Agência Paulista de Tecnologias dos Agronegócios – APTA do Extremo Oeste – Município de Andradina/SP, instalado em fevereiro de 2011 numa área de 3.500 m² em pastagem de capim-decumbens (*Urochloa decumbens* Syn. *Brachiaria*) estabelecida há cerca de dez anos, na qual se encontrava com baixa produção, com pouca infestação de plantas invasoras, compactação do solo e trilhos formados pelos animais (Figura 2.1).



Figura 2.1 – Vista geral da área experimental.

A área experimental está a 379 metros de altitude, latitude 20°55'S e longitude 51°23'W. Segundo a classificação de Koppen o clima local é do tipo Aw, caracterizado pelas estações de verão quente e úmido, e inverno quente e seco, com maior índice pluviométrico entre novembro e março. As médias anuais de temperatura e precipitação são, respectivamente, 23°C e 1.150 mm. O experimento foi conduzido de agosto de 2015 a julho de 2016, e os dados climáticos referentes à

precipitação (mm), temperaturas médias mínimas (C°) e médias máximas (C°) correspondentes ao período experimental estão apresentadas na Figura 2.2.

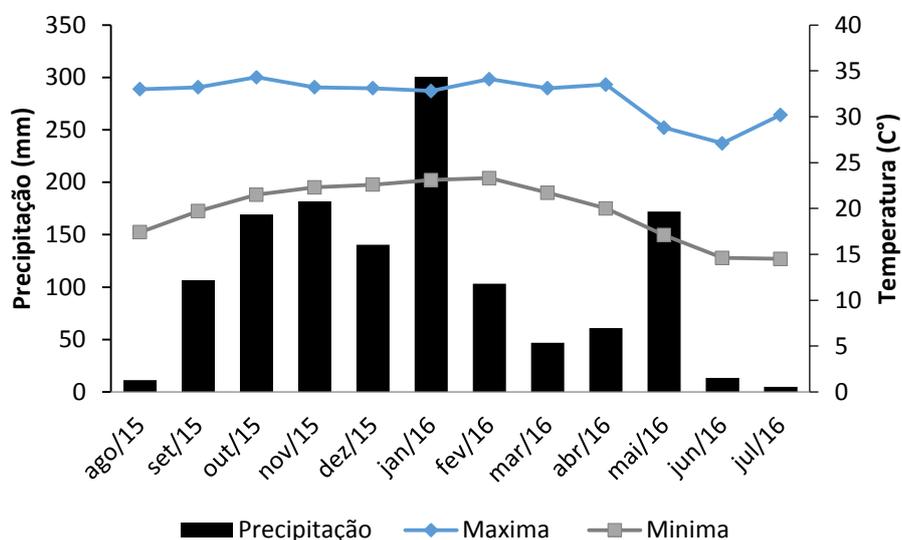


Figura 2.2 – Precipitação e temperaturas médias mínimas e máximas observadas durante o período experimental. Fonte: CIIAGRO (Centro Integrado de Informações Agro meteorológicas, 2016).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, textura média (Embrapa, 2013). Por ocasião da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo, na profundidade de 0,0 – 0,20 m e apresentando os seguintes atributos: pH= 4,5, MO= 21,5 g dm⁻³, P= 3,5 mg dm⁻³ (resina), S= 11 mg dm⁻³, K= 4,6 mmolc dm⁻³, Ca= 18 mmolc dm⁻³, Mg= 7,5 mmolc dm⁻³, capacidade de troca de cátions= 53,6 mmolc dm⁻³, saturação por bases= 56%, saturação por alumínio=15,5%, B=0,84 mg dm⁻³, Cu=0,80 mg dm⁻³, Fe= 53 mg dm⁻³, Mn=13,25 mg dm⁻³, Zn=1,2 mg dm⁻³, Na=10,35 mg dm⁻³, condutividade elétrica=0,12 dS m⁻¹, argila= 17 g kg⁻¹, silte=6 g kg⁻¹, areia=77 g kg⁻¹.

2.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições. As parcelas foram compostas por sete estratégias de manejo para introdução da leguminosa na pastagem:

- 1- Controle capim-decumbens (CB);
- 2- Capim-decumbens + estilosantes com plantio direto (PD);
- 3- Capim-decumbens + estilosantes com dessecação parcial com 1,5 L ha⁻¹ do ingrediente ativo glifosato (DP);
- 4- Capim-decumbens + estilosantes com dessecação total com 3,0 L ha⁻¹ do ingrediente ativo (DT);
- 5- Capim-decumbens + estilosantes com escarificação do solo (E);
- 6- Capim-decumbens + estilosantes com gradagem aradora (G) e
- 7- Capim-decumbens + estilosantes com aração + grade niveladora (AG).

A dimensão das parcelas foi de 5 m x 10 m, nas quais a leguminosa foi introduzida com a semeadura de 5 kg ha⁻¹ de sementes, com valor cultural de 92%, a lanço nos tratamentos G e AG, e os demais tratamentos em linhas espaçadas em 0,22 m, no dia 07/02/2011. Somente o tratamento controle, permaneceu com a braquiária exclusiva. Devido à baixa disponibilidade do estilosantes na área, no dia 05/11/2015 foi realizada ressemeadura a lanço, com densidade 3,0 kg ha⁻¹ de semente, em todas as parcelas exceto no controle. As estratégias de manejo para introdução do estilosantes foram adotadas somente na implantação do experimento, não ocorrendo qualquer tipo de revolvimento do solo durante o período experimental.

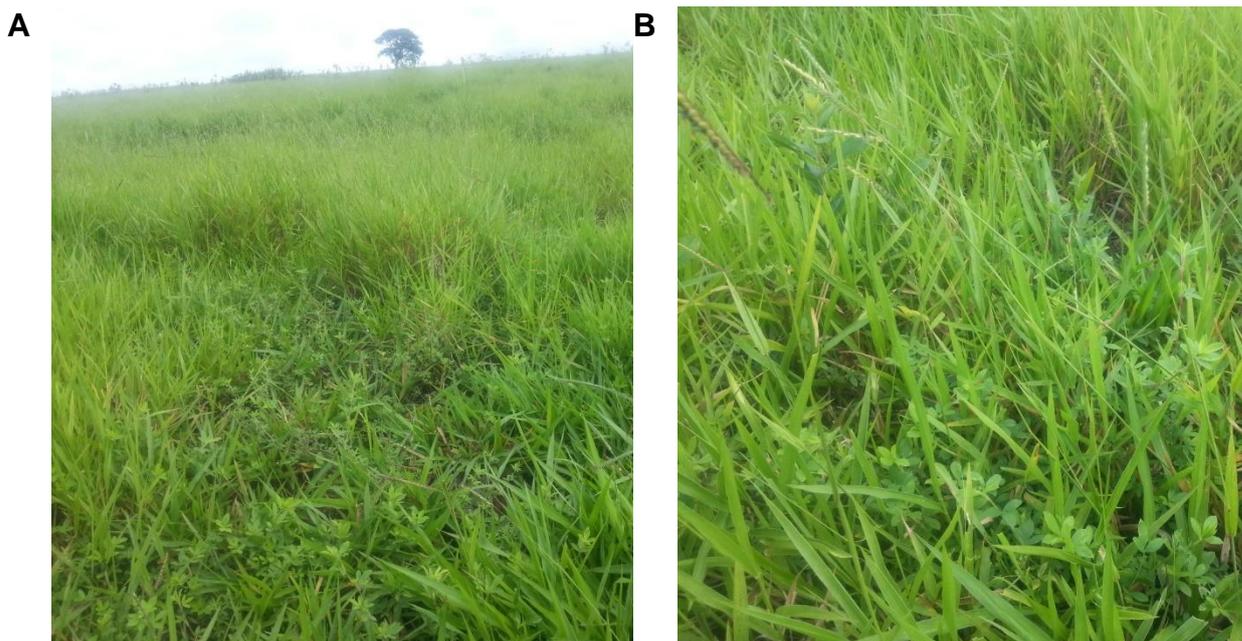


Figura 2.3 – Consorciação de *Urochloa decumbens* e estilosantes cv. Campo Grande.

2.2.3 Calagem e adubação

A determinação da necessidade de calagem foi efetuada em 2014 para corrigir a saturação por base para 40% (Werner et al., 1996). Durante todos os anos de condução do experimento, no início do período das chuvas, foram aplicados 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 na forma de superfosfato simples e 20 kg ha^{-1} de K_2O na forma de cloreto de potássio.

2.2.4 Amostragem e preparo do solo para análise física

As amostras de solo deformadas para a análise de estabilidade de agregados em água e diâmetro médio ponderado, e as amostras indeformadas com os anéis volumétricos para avaliação da densidade do solo e porosidade do solo, foram coletadas concomitantemente nas camadas 0,0-0,10 m; 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m.

A porosidade total foi determinada pela saturação do solo (volume de poros totais do solo ocupado pela água), e a microporosidade pelo método da mesa de tensão com coluna de água de 0,060 kPa e a macroporosidade foi calculada por diferença entre a porosidade total e a microporosidade, segundo EMBRAPA (1997).

A densidade do solo foi determinada por meio do método do anel volumétrico de acordo com EMBRAPA (1997) (Figura 2.4).

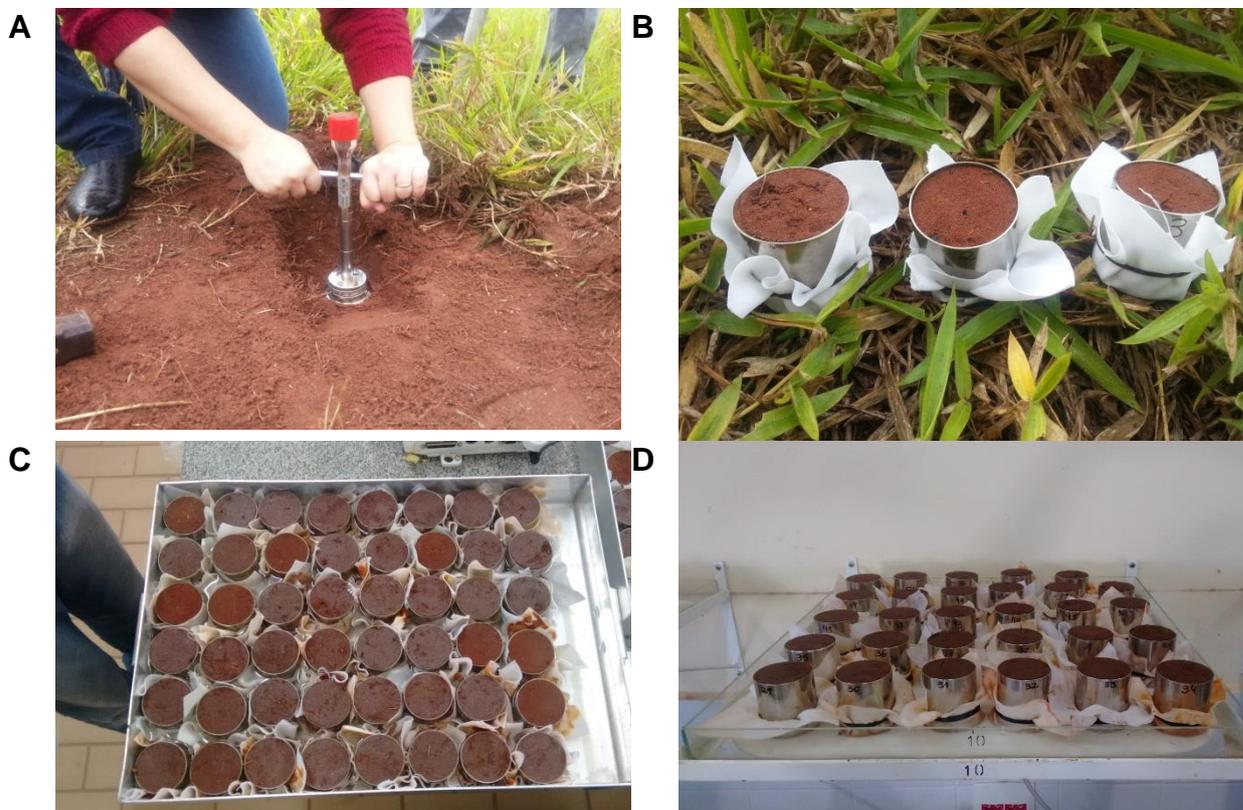


Figura 2.4 – A: Coleta de amostra indeformada; B: Amostras indeformadas coletadas; C: Amostras indeformadas saturadas; D: Amostras indeformadas na mesa de tensão.

A distribuição e estabilidade de agregados em água foram determinadas pela metodologia de Angers e Mehuys (2000) (Figura 2.5). Para esta análise foi coletado um torrão de solo e tamizado em peneiras de 6 e 4 mm, utilizando o solo retido na peneira de 4 mm para posterior análise.



Figura 2.5 – A: Torrão coletado para análise de estabilidade de agregados em água; B: Amostras coletadas; C: Amostra submetida a peneira de 6 mm; D: Amostra submetida a peneira de 4 mm.

A resistência do solo à penetração foi realizada com o equipamento penetroLOG, modelo Falker, Automação Agrícola, enquanto o teor de umidade do solo foi determinada pelo método clássico de pesagem (EMBRAPA, 1997). Ambas as análises foram realizadas concomitantemente (Figura 2.6).

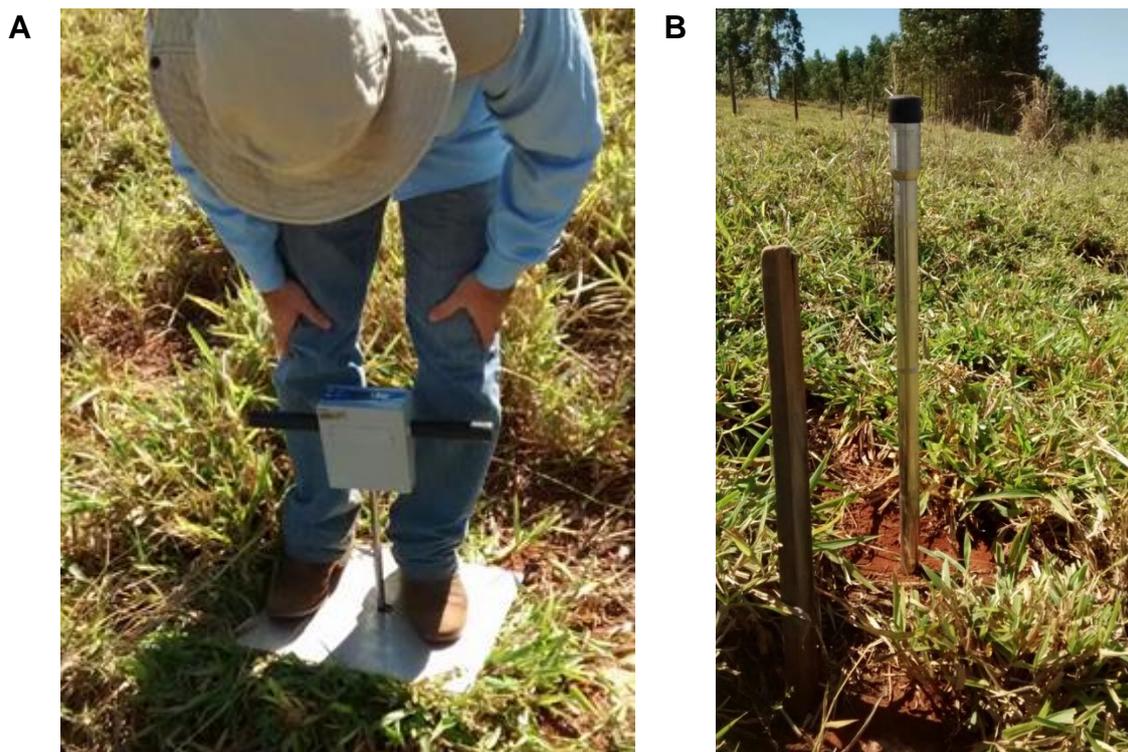


Figura 2.6 - A: Resistência à penetração realizada com o Penetrolog (modelo Falker); B: Trado utilizado para coletar solo para determinação da umidade gravimétrica.

A taxa de infiltração de água foi determinada com a utilização do mini infiltrômetro de disco (ZHANG, 1997), conforme apresentado na Figura 2.7.



Figura 2.7 – Mini infiltrômetro de disco utilizado para determinar a taxa de infiltração de água.

2.2.5 Análise estatística

Os resultados foram testados quanto à normalidade dos erros e homogeneidade de variância e as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa Sisvar (FERREIRA, 2011). Posteriormente, realizou-se a análise de variância e a comparação de médias foi pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002). O Modelo estatístico adotado está representado a seguir:

$$Y_{ij} = m + A_i + b_j + e_{ij}$$

Y = valor observado para a variável em estudo;

M = média de todas as unidades experimentais para a variável em estudo;

A = efeito do fator A observado;

B = efeito do bloco observado;

e = efeito residual.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Estabilidade de agregados em água

A distribuição e estabilidade de agregados em água e o DMP (diâmetro médio ponderado dos agregados), nas camadas 0,00-0,10 m; 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m estão compilados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Estabilidade de agregados em distintas profundidades do solo em diferentes estratégias de manejo para a introdução de estilosantes na pastagem de *Urochloa decumbens*.

TRATAMENTO	DMP	4	2	1	0,50	0,25	<0,25
----- mm -----							
0-0,10 m							
CB	3,41 B	43,76 C	28,92 B	21,50 A	4,65 B	0,08 F	1,09 G
PD	2,40 D	31,05 E	23,57 C	5,10 C	1,58 B	3,08 A	35,62 B
DP	3,78 A	63,30 A	18,38 E	2,20 D	1,17 B	0,78 D	14,17 D
DT	2,25 D	28,15 F	27,19 B	6,04 C	4,40 B	1,98 C	32,20 C
E	2,77 C	30,70 E	27,10 B	18,39 B	18,63 A	0,20 F	4,99 F
G	0,45 E	4,60 D	24,01 C	4,87 C	2,64 B	2,33 B	75,47 A
AG	3,74 A	48,51 B	42,77 A	1,38 D	0,64 B	0,44 E	6,26 E
F	280,986*	370,568*	33,808*	272,745*	13,46*	212,163*	2794,183*
CV(%)	5,16	3,17	9,53	11,46	23,55°	12,77	1,47
0,10-0,20 m							
CB	3,45 A	47,29 C	10,45 C	2,43 B	2,67 B	3,43 A	33,72 A
PD	3,78 A	57,60 B	27,41 A	3,40 B	2,19 B	1,47 B	7,92 D
DP	3,89 A	63,84 A	22,58 A	0,25 C	0,35 C	0,17 C	12,79 C
DT	4,02 A	69,34 A	16,57 B	2,19 B	0,98 C	0,46 C	10,42 C
E	3,44 A	56,24 B	18,43 B	3,35 B	1,34 C	1,22 B	22,91 B
G	2,48 B	25,51 D	24,54 A	20,70 A	19,25 A	1,92 B	8,08 D
AG	2,26 B	31,99 D	26,83 A	3,69 B	2,32 B	1,61 B	10,97 C
F	16,368*	32,406*	15,40*	91,762*	350,06*	48,419*	111,828*
CV(%)	10,30	11,39	14,96	28,21	17,24	20,85	11,89
0,20-0,40 m							
CB	3,13 A	37,44 B	33,39 A	10,84 A	10,57 A	1,63 B	6,13 D
PD	0,99 C	8,27 C	12,78 B	2,65 B	6,09 A	8,23 A	61,98 A
DP	3,26 A	48,06 B	27,81 A	1,81 B	1,58 A	3,79 B	17,92 C
DT	2,37 B	41,72 B	4,51 B	2,78 B	4,38 A	6,19 A	40,42 B
E	3,42 A	43,19 B	32,56 A	3,26 B	2,34 A	3,26 B	15,37 C
G	3,31 A	45,63 B	31,37 A	3,28 B	3,49 A	2,66 B	13,86 C
AG	3,69 A	65,67 A	25,13 A	1,00 B	0,62 A	1,49 B	13,89 C
F	31,360*	9,351*	7,590*	3,394*	2,946*	12,954*	204,758*
CV(%)	11,52	27,10	33,62	11,13°	25,12°	35,35	11,41

CB= controle *U. decumbens*; PD= plantio direto sem dessecação; DP= dessecação parcial; DT= dessecação total; E= escarificação do solo; G= gradagem; AG= aração + gradagem. CV: coeficiente de variação; F: teste F. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade. DMP: diâmetro médio ponderado. ° transformação de dados $\sqrt{x}+0,5$.

Após cinco anos da implantação do experimento verificou-se que na camada de 0-0,10 m, o tratamento plantio direto + dessecação parcial apresentou o maior DMP, com maior quantidade de agregados de maior tamanho (4 mm). Enquanto o tratamento gradagem apresentou menor estruturação do solo refletindo em um menor DMP, e maior número de agregados menores quando comparado aos demais tratamentos (Tabela 2.1).

Observou-se na camada de 0,10-0,20 m, que os tratamentos que compreendem ao plantio direto, sem ou com dessecação, parcial ou total apresentaram maior estruturação do solo com maior DMP, assim como o tratamento controle. Esses resultados podem ser atribuídos ao menor revolvimento do solo nestes sistemas de cultivo, mesmo que o manejo tenha ocorrido há quatro anos, uma vez que, a menor estruturação do solo e o menor DMP foi no tratamento Aração + gradagem, que intensifica manejo do solo.

Quanto a camada subsuperficial, ou seja, de 0,20-0,40 m de profundidade, o tratamento plantio direto sem dessecação apresentou menor estruturação do solo e menor DMP e maior quantidade de agregados de menor tamanho (classe > 0,25) em relação aos outros tratamentos. A recuperação da estrutura do solo não atingiu essa camada.

Estes resultados corroboram com estudos realizados por Salton et. al., (2008), que avaliaram a estabilidade de agregados e formas de manejo do solo e verificaram que os sistemas com presença de pastagem permanente e em rotação com soja em plantio direto apresentaram maior quantidade de agregados grandes na camada de 0,0-0,5 m, em relação aos demais sistemas. Para as classes de agregados inferiores a 1 mm ocorreu o inverso, com os sistemas sem pastagens apresentaram maior porcentagem.

Os mesmos autores destacaram que a maior quantidade de agregados da classe de 4,76 mm no sistema pastagem permanente, também na profundidade de 10 a 20 cm, indicando a existência de efeito do sistema radicular da pastagem permanente no processo de formação dos macroagregados.

Outros autores destacam que amostras de solo coletadas em situação de cerrado com pastagem nativa, apresentaram diâmetro médio maior que as amostras coletadas em solo com cultivo de milho. Concluindo que quanto menor o tamanho do agregado maior a proporção de argilas, menor a densidade do agregado e maior a porosidade intra-agregado (CARVALHO, et. al., 2014).

2.3.2 Porosidade do solo e densidade do solo

Os valores médios de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, nas camadas de 0,00-0,10 m; 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m encontram-se nas Tabelas 2.2 e 2.3. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para nenhuma variável analisada.

Tabela 2.2 – Densidade do solo e porosidade total do solo, em função de diferentes estratégias de manejo para a introdução de estilosantes na pastagem de *Urochloa decumbens*.

TRATAMENTO	Densidade do solo (kg dm ⁻³)			Porosidade total (m ³ m ⁻³)		
	Profundidade (m)					
	0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
CB	1,60	1,61	1,64	0,20	0,19	0,20
PD	1,58	1,59	1,61	0,20	0,22	0,21
DP	1,67	1,62	1,69	0,18	0,20	0,16
DT	1,65	1,61	1,59	0,18	0,20	0,21
E	1,62	1,63	1,60	0,19	0,19	0,21
G	1,51	1,63	1,62	0,26	0,20	0,21
AG	1,59	1,58	1,66	0,19	0,22	0,20
F	3,367 ^{ns}	0,364 ^{ns}	1,019 ^{ns}	1,284 ^{ns}	1,132 ^{ns}	1,032 ^{ns}
CV(%)	3,60	3,91	4,14	22,93	11,18	16,86

CB= controle *U. decumbens*; PD= plantio direto sem dessecação; DP= dessecação parcial; DT= dessecação total; E= escarificação do solo; G= gradagem; AG= aração + gradagem. CV: coeficiente de variação; F: teste F. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 2.3 – Macroporosidade e microporosidade do solo em função de diferentes estratégias de manejo para a introdução de estilosantes na pastagem de *Urochloa decumbens*.

TRATAMENTO	Macroporosidade			Microporosidade		
	Profundidade (m)					
	0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
CB	0,04	0,04	0,06	0,15	0,14	0,14
PD	0,05	0,06	0,05	0,14	0,15	0,15
DP	0,03	0,04	0,05	0,16	0,15	0,11
DT	0,05	0,06	0,06	0,13	0,14	0,15
E	0,04	0,05	0,06	0,14	0,14	0,14
G	0,05	0,05	0,06	0,20	0,14	0,15
AG	0,04	0,05	0,04	0,14	0,17	0,16
F	0,830 ^{ns}	0,613 ^{ns}	0,613 ^{ns}	0,814 ^{ns}	1,022 ^{ns}	0,972 ^{ns}
CV(%)	34,79	32,95	31,49	33,42	13,52	21,85

CB= controle *U. decumbens*; PD= plantio direto sem dessecação; DP= dessecação parcial; DT= dessecação total; E= escarificação do solo; G= gradagem; AG= aração + gradagem. CV: coeficiente de variação; F: teste F. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade.

As camadas analisadas apresentaram valores de macroporosidade abaixo do valor considerado crítico para o bom desenvolvimento das plantas ($0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), indicando condições degradadas de solo. Os resultados foram semelhantes aos encontrados por Arruda et al. (2013) quando estudaram a macroporosidade em pastagem de *Urochloa decumbens* em função da adubação e verificaram variação de $0,06$ a $0,08 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ nas camadas mais superficiais.

O processo de recuperação de áreas degradadas ocorre a longo prazo. Devido ao pequeno período que compreende o experimento (4 anos) não foi possível detectar modificações na qualidade física do solo. Resultados discordantes foram encontrados por Marchão et al. (2007) que verificou mudanças na estrutura do solo estudado, possivelmente pelo tempo de avaliação (1991 a 1999).

Diferentes formas de manejo do solo foram adotados por Lanzasova et al. (2007) e Flores (2007) obtendo resultados positivos com as modificações na distribuição do tamanho de poros, diferente dos dados deste experimento. Vale ressaltar que os estudos de Marchão et al. (2007), Lanzasova et al. (2007) e Flores (2007) foram em solos de textura média, assim como neste trabalho. É provável que neste experimento o impacto do pastejo tenha sido maior, deixando a desestruturação do solo mais evidente.

2.3.3 Infiltração de água no solo

As taxas de infiltração de água e a infiltração média acumulada não apresentaram diferença significativa e os resultados estão apresentados na Tabela 2.4 e Figura 2.8, respectivamente.

Tabela 2.4 – Taxa constante de infiltração de água em função de diferentes estratégias de manejo para a introdução de estilosantes na pastagem de *Urochloa decumbens*.

Tratamento	Taxa constante de infiltração (mm h ⁻¹)
CB	40,9933
PD	36,8650
DP	44,5408
DT	33,1050
E	41,5666
G	40,1183
AG	40,1166
F (5%)	0,332 ^{ns}
CV (%)	21,42

CB= controle *U. decumbens*; PD= plantio direto sem dessecação; DP= dessecação parcial; DT= dessecação total; E= escarificação do solo; G= gradagem; AG= aração + gradagem. CV: coeficiente de variação; F: teste F. ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade.

Os valores obtidos neste trabalho foram semelhantes aos encontrados por Brandão et al (2012). Segundo estes autores, solos com pastagem e de textura média possuem valor médio de infiltração que variam de 38,1 a 111,8 mm h⁻¹. Os resultados obtidos neste trabalho não apresentaram grandes variações os valores médios de infiltração ficaram entre 33 e 44 mm h⁻¹, não apresentando diferença estatística, e estando dentro da faixa recomendada. Também Romeiro; Bonini; Bonini Neto (2014) que estudaram o comportamento da infiltração da água no solo em 3 áreas distintas (vegetação nativa, cultivo perene (eucalipto) e pastagem degradada) e verificaram valores semelhantes nos tratamentos vegetação nativa e pastagem degradada, concordando com este trabalho.

Segundo Klein (2014), os sistemas de manejo adotados possuem grande efeito sobre a taxa de infiltração no solo. Avaliando tais fatores, o autor relata que em alguns casos, estudos comprovaram maior taxa de infiltração no plantio direto quando comparado ao sistema convencional de preparo. Tal fato pode ser explicado pela grande variação da quantidade e qualidade dos restos culturais sobre a superfície do solo e a variação do volume de macroporos que existem nas diferentes formas de manejo.

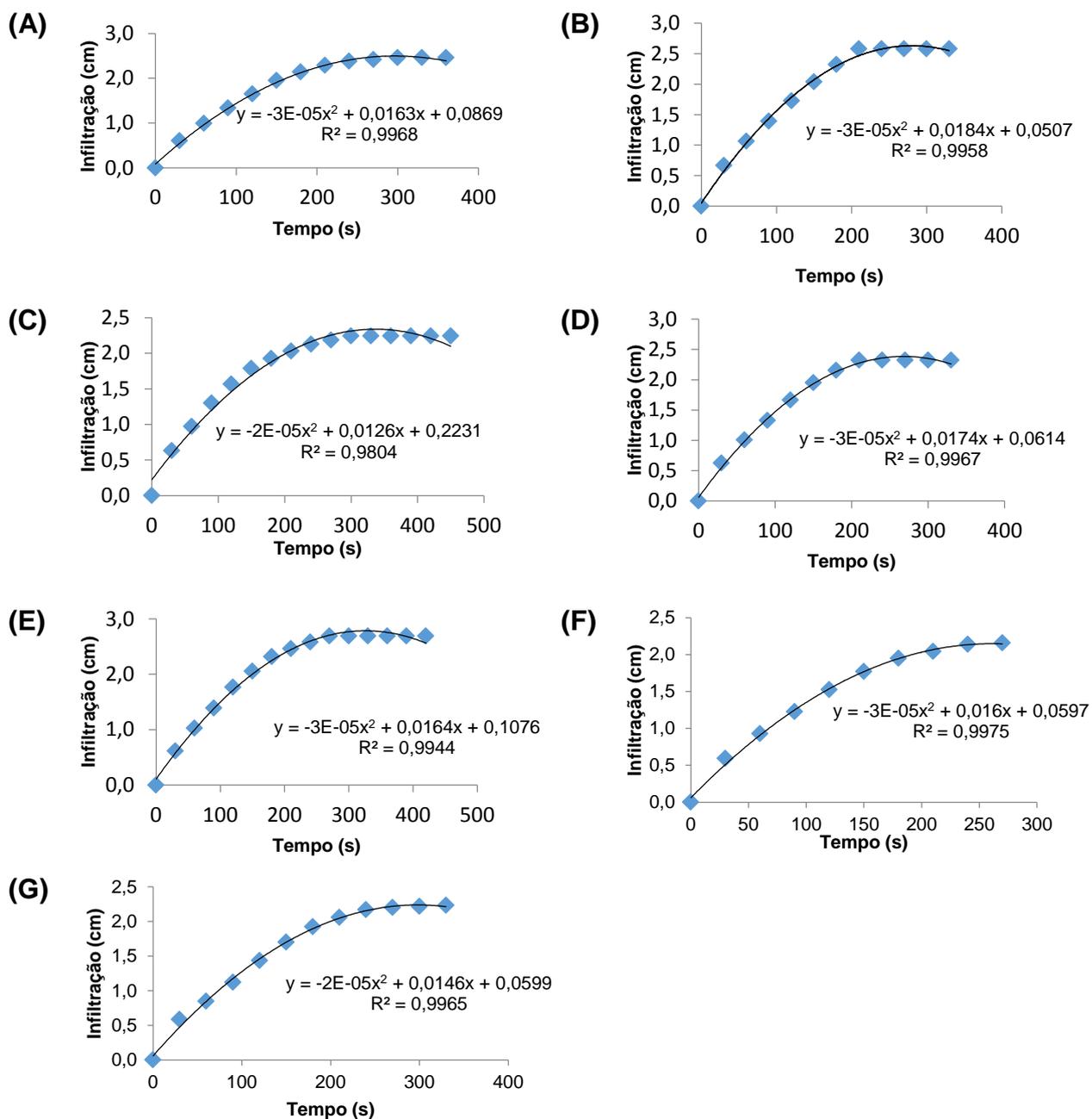


Figura 2.8 – Infiltração média acumulada (mm), para os tratamentos estudados: (A) – Plantio direto com dessecação parcial, (B) – Plantio direto sem dessecação, (C) – Plantio direto com escarificação do solo, (D) – Gradagem, (E) – Aração + gradagem, (F) - Controle – Braquiária, (G) – Plantio direto com dessecação total.

2.3.4 Resistência mecânica a penetração e teor de água no solo

Os resultados da resistência do solo à penetração e do teor de água no solo, nas camadas de 0,0-0,10 m; 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m estão compilados na Tabela 2.5. Somente a camada de 0,20-0,40 m apresentou diferença significativa entre os tratamentos onde o tratamento aração + gradagem apresentou menor resistência à penetração (RP), enquanto o plantio direto com escarificação do solo apresentou a maior RP.

Tabela 2.5 – Valores médios para resistência do solo à penetração e umidade gravimétrica, em função de diferentes estratégias de manejo para a introdução de estilosantes na pastagem de *Urochloa decumbens* das camadas de solo estudadas.

Tratamentos	Resistência do solo à Penetração – Mpa		
	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40 m
CB	1,03	0,86	0,10 B
PD	0,93	0,61	0,06 B
DP	0,88	0,48	0,07 B
DT	0,94	0,50	0,06 B
E	0,80	1,38	0,21 A
G	0,83	1,08	0,11 B
AG	1,14	1,03	0,05 B
F	0,835 ^{ns}	1,276 ^{ns}	2,846*
CV (%)	27,68	70,37	57,90
	Teor de água no solo – g g ⁻¹		
	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,20-0,40 m
CB	0,076	0,084	0,085
PD	0,076	0,080	0,084
DP	0,083	0,081	0,082
DT	0,087	0,087	0,087
E	0,075	0,083	0,093
G	0,085	0,089	0,085
AG	0,837	0,085	0,091
F	0,827 ^{ns}	0,984 ^{ns}	0,906 ^{ns}
CV (%)	13,52	8,11	9,53

CB= controle *U. decumbens*; PD= plantio direto sem dessecação; DP= dessecação parcial; DT= dessecação total; E= escarificação do solo; G= gradagem; AG= aração + gradagem. CV: coeficiente de variação; F: teste F. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo.

Segundo Canarache (1990) valores entre 2,6-5,0 MPa se enquadram na classe média e as raízes podem sofrer algumas limitações no seu crescimento. As

camadas estudadas podem ser classificadas como de baixa resistência à penetração, pois os valores encontrados estão abaixo do sugerido pela classe média de resistência.

Estudando a resistência mecânica a penetração de um Latossolo Vermelho compactado, Campo e Alves (2006) relataram que uma área com estado avançado de degradação na profundidade de 0-0,05 m apresentou classe de resistência do solo à penetração alta com 5,92 MPa, enquanto o solo em condições naturais de cerrado apresentou classe de resistência a penetração considerada baixa (0,72 MPa).

Na avaliação do teor de água no solo, em todas as camadas estudadas, não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Os valores encontrados podem ser considerados bons estando próximos a capacidade de campo que segundo Andrade e Stone (2011) estão na faixa de 0,12 a 0,18 g.g⁻¹. Segundo Campos e Alves (2006) a determinação do teor de água do solo no momento da avaliação da resistência à penetração é fundamental para se realizar adequadamente a interpretação dos resultados encontrados.

O grau de umidade intervém, modificando a coesão entre as partículas do solo, que é maior no solo seco e decresce na medida em que a quantidade de água aumenta, provocando a separação das partículas e menor resistência à penetração (KLEIN et. al., 2014).

2.4 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizada a pesquisa, os resultados permitem concluir:

Após 4 anos da introdução do estilosantes em pastagem de *Urochloa decumbens*, por meio de estratégias de manejo do solo, a porosidade total do solo, o teor de água no solo e a taxa de infiltração de água não foram alteradas.

A macroporosidade do solo ficou abaixo do valor considerado adequado para o desenvolvimento das plantas, nas distintas estratégias de manejo para a introdução de estilosantes em pastagem de *Urochloa decumbens*.

A aração + gradagem proporcionou menor resistência mecânica a penetração do solo, enquanto o maior diâmetro médio ponderado do agregado foi com a utilização do plantio direto + dessecação parcial.

2.5 REFERÊNCIAS

- ALVES. M. C. **Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira - SP.** 2001. 83 f. Tese (Livre Docência em Solos) - Faculdade de Engenharia. Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira. 2001.
- ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. Estimativa da umidade na capacidade de campo em solos sob Cerrado. **R. Bras. Eng. Ambiental**, v. 15. N. 2. P. 111-116, 2011.
- ANGERS. D.A.; MEHUYS. G.R. Aggregate stability to water. In: CARTER. M.R. Soil sampling and methods of analysis. **Canadian Society of Soil Science**. Lewis Publisher. Boca Raton. Florida. p. 529-539. 2000.
- ARRUDA. O. G.; ALVES. M. C.; BONINI. C.S.B.; MARCHINI. D. C. Atributos físicos de um Latossolo degradado tratado com biossólido há cinco anos. **Revista Científica, Jaboticabal**, v.14, n. 1, 2013.
- BONINI. C.S.B. **Restauração ecológica de um solo decapitado sob intervenção antrópica há 17 anos.** 2012. 152f. Tese (Doutorado em sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia. Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira. 2012.
- BRANDÃO, V.S.; CECILIO, R. A.; PRUSKI, F.F. & SILVA, D. D. **Infiltração da Água no Solo.** Viçosa, UFV. 3 ed. 120p. 2012.
- CAMPOS. F. S.; ALVES. M. C. Resistência à penetração de um solo em recuperação sob sistemas agrosilvopastoris. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**. v.10. p.759- 764. 2006.
- CANARACHE, A. **Penetr – a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration, Soil Till. Res.**, 16:51-70, 1990.
- CARVALHO, M.A.; RUIZ, H.A.; COSTA, L.M.; PASSOS, R.R.; ARAUJO, C.A.S. Composição granulométrica, densidade e porosidade de agregados de Latossolo Vermelho sob duas coberturas do solo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.18, n.10, p.1010–1016, 2014.
- CIIAGRO. Centro integrado de informações agrometeorológicas. **Mapas da resenha agrometeorológica.** Andradina, SP. Disponível em: <http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/menuresenha.htm>. Acesso em: 03 de agosto de 2016.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação do solo**. Embrapa Solos. 3ª ed. Brasília. 2013. 93 p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011.

FLORES. J. P. C.; ANGHINONI. I.; CASSOL. L.C.; CARVALHO. P. C. F.; LEITE. J. G. D.B. & FRAGA. T. I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 31:771-780. 2007.

GREENWOOD. K.L.; MCKENZIE. B.M. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. v.41. p.1231-1250. 2001.

KLEIN. V. A. **Física do solo**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo. 2014.

LANZANOVA. M.E.; NICOLOSO. R. da S.; LOVATO. T.; ELTZ. F.L.F.; AMADO. T.J.C.; REINERT. D.J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.31. p.1131-1140. 2007.

LANZANOVA. M.E.; NICOLOSO. R. da S.; LOVATO. T.; ELTZ. F.L.F.; AMADO. T.J.C.; REINERT. D.J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.31. p.1131-1140. 2007.

LUGÃO. S.M.B.; RODRIGUES. L.R. de A.; ABRAHÃO. J.J. dos S.; MALHEIROS. E.B.; MORAIS. A. de. Acúmulo de forragem e eficiência de utilização do nitrogênio em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. (acesso BRA-006998) adubadas com nitrogênio. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v.25. p.371-379. 2003.

MARCHÃO. R.L.; BALBINO. L.C.; SILVA. E.M. da; SANTOS JUNIOR. J. de D.G. dos; SÁ. M.A.C. de; VILELA. L.; BECQUER. T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.42. p.873-882. 2007.

MOREIRA, J. A. A.; OLIVEIRA, I. P.; GUIMARÃES, C. B.; STONE, L. F. Atributos químicos e físicos de um latossolo vermelho distrófico sob pastagens recuperada e degradada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v. 35, p. 155-161. 2005.

PACIULLO. D.S.C.; AROEIRA. L.J.M.; ALVIM. M.J.; CARVALHO. M.M. Características produtivas e qualitativas de pastagem de braquiária em monocultivo e consorciada com estilosantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.38. p.421-426. 2003.

ROMEIRO, E.R.; BONINI, C.S.B. & BONINI NETO, A. INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO SOB DIFERENTES USOS E MANEJO. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, 10: 39-49, 2014.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; Paulo Cesar Conceição, P.C.; Carvalho, F.A.; Macedo, M.C.M; Broch, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:11-21, 2008.

SILVA. A.P. da; IMHOFF. S.; CORSI. M. **Evaluation of soil compaction in an irrigated short-duration grazing system**. Soil Tillage and Research. v.70. p.83-90. 2003.

SILVA. J.J. da; SALIBA. E. de O.S. **Pastagens consorciadas: uma alternativa para sistemas extensivos e orgânicos**. Veterinária e Zootecnia. v.14. p.8-18. 2007.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M.C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.7, p. 18-23, 2003.

SOUZA. Z. M.; ALVES. M. C. Propriedades químicas de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**.27: 133-139. 2003.

WERNER. J.C.; PAULINO. V.T.; CANTARELLA. H.; QUAGGIO. J.A.; ANDRADE. N.de O. Forrageiras. In: **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas. Instituto Agrônomo e Fundação IAC. 1996. (Boletim técnico. 100) p. 263-273.

ZHANG. R. Determination of soil sorptivity and hydraulic conductivity from the disk infiltrometer. **Soil Science Society of American Journal**. v.61. p.1024-1030. 1997.

ZHOU. G. Y.; MORRIS. J. D.; YAN. J. H.; YU. Z. Y.; PENG. S. L. Hydrological impacts of reforestation with eucalypts and indigenous species: a case study in Southern China. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam. v. 167. p. 209-222. 2002.

Capítulo 3 – Produção, composição morfológica e química-bromatológica de pastagem em recuperação com consorciação de estilosanteas cv. Campo Grande e adubação fosfatada

RESUMO – No Brasil, as pastagens correspondem a um dos maiores e mais importantes ecossistemas, variando desde pastagens nativas a pastagens cultivadas, selecionadas e melhoradas. O objetivo do experimento foi estudar a produção de massa seca, composição morfológica e química-bromatológica na recuperação de uma pastagem degradada de *Urochloa decumbens*, com diferentes estratégias de introdução de estilosantes cv. Campo Grande e adubação fosfatada, em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, textura média. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram formadas por sete estratégias de manejo para recuperação da pastagem: controle capim-decumbens (CB); capim-decumbens + estilosantes com plantio direto (PD), capim-decumbens + estilosantes com dessecação parcial com 1,5 L ha⁻¹ de ingrediente ativo glifosato (DP); capim-decumbens + estilosantes com dessecação total com 3,0 L ha⁻¹ de ingrediente ativo glifosato (DT); capim-decumbens + estilosantes com escarificação do solo (E), capim-decumbens + estilosantes com gradagem aradora (G) e capim-decumbens + estilosantes com aração + gradagem (AG). Nas subparcelas foi avaliada a presença e ausência da adubação fosfatada. Após quatro anos da introdução do estilosantes na pastagem de *U. decumbens*, por meio de estratégias de manejo do solo, na análise da parte aérea das plantas constatou-se que a adubação fosfatada contribuiu para maior concentração de fósforo na forragem e na produção de massa seca. O teor de proteína bruta na forragem não variou em função da presença do estilosantes. No período das águas, o menor teor de FDN foi na presença da adubação fosfatada.

Palavras-chave: consorciação, fósforo, leguminosa, *Stylosanthes spp.*, recuperação de pastagens, *Urochloa decumbens*.

Production, morphological and chemical-bromatologic composition in pasture recovery with intercropping estilosantes cv. Campo Grande and phosphorus fertilization

ABSTRACT – In Brazil, pastures correspond to one of the largest and most important ecosystems, ranging from native pastures to cultivated, selected and improved pastures. The objective was to evaluate dry matter production, morphological and chemical-bromatologic composition of pasture with intercropping recovered of *Urochloa decumbens*, with estilosantes cv. Campo Grande (*Stylosanthes capitata* and *S. macrocephala*) in Oxisol dystrophic, medium texture. The experimental design was a randomized block with split plots and four replications. The plots were formed seven management strategies for pasture recovery: control pasture *U. decumbens* (CB); *U. decumbens* + estilosantes with partial desiccation with 1.5 L ha⁻¹ glyphosate (DP); *U. decumbens* + estilosantes with complete desiccation with 3.0 L ha⁻¹ glyphosate (DT); *U. decumbens* + estilosantes with tillage (PD); *U. decumbens* + estilosantes with soil scarification (E), *U. decumbens* + estilosantes with disc plows revealed inefficient harrowing (G) and pasture + estilosantes with plowing + disking (AG). In the subplots was assessed the presence and absence of phosphate fertilization. Four years after the introduction of estilosantes in *U. decumbens* pasture through soil management strategies, the analysis of the shoot it was found that phosphorus fertilization contributed to increased phosphorus concentration in forage and mass production dry. The crude protein content in the forage did not change due to the presence of estilosantes. In the rainy season, the lowest FDN was in the presence of phosphorus fertilization.

Keyword: intercropping, phosphorus, legume, *Stylosanthes spp*, pasture recovery, *Urochloa decumbens*.

3.1 INTRODUÇÃO

No Brasil, as pastagens correspondem a um dos maiores e mais importantes ecossistemas, variando conforme seus níveis de complexidade, desde pastagens nativas, onde co-existem várias espécies e tipos de plantas forrageiras (como os campos nativos no Rio Grande do Sul, o cerrado e suas variações, o pantanal e a caatinga), as pastagens cultivadas (monoespecíficas ou consorciadas), normalmente formadas por plantas forrageiras introduzidas, selecionadas ou melhoradas (*Poaceae* e/ou *Fabaceae*) (SILVA, 2008). A pecuária brasileira emprega vários sistemas de criação, com grande potencial pecuário em todo território, associado às condições de solo e clima favoráveis para produção de espécies forrageiras (ANUALPEC, 2006).

A população mundial vem desempenhando constante pressão sobre os sistemas de produção pecuários no que se refere à preservação do ambiente. No Brasil, a legislação ambiental está mais rigorosa em relação ao desmatamento, proteção de cursos d'água e nascentes, áreas de proteção permanentes e reservas legais, estimulando a intensificação como forma de se elevar a rentabilidade na exploração animal a pasto (CORSI; GOULART, 2006). Tal processo tem sido alcançado com uso correto das técnicas de manejo das pastagens no intuito de recuperar áreas degradadas.

O emprego do consórcio entre gramíneas forrageiras e leguminosas vem ganhando destaque. As leguminosas são dotadas de grande potencial ambiental e econômico por sua capacidade de fixar nitrogênio e, em pastos consorciados, são fornecedoras deste nutriente para as gramíneas a que estão associadas, mantendo a produtividade das pastagens e proporcionando sustentabilidade dos sistemas de produção a um custo reduzido, oferecendo menores danos ao meio ambiente (WERNER et al., 2001).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a recuperação de pastagem degradada com diferentes estratégias de introdução de estilosantes cv. Campo Grande (*Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*) em pastagem de *Urochloa decumbens* quanto à produção de massa seca, composição botânica e composição químico-bromatológica da parte aérea das plantas.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Histórico da área

O experimento foi realizado na Agência Paulista de Tecnologias dos Agronegócios – APTA do Extremo Oeste – Município de Andradina/SP, instalado em fevereiro de 2011 numa área de 3.500 m² em pastagem de capim-decumbens ((*Urochloa decumbens* Syn. *Brachiaria*)) estabelecida há cerca de dez anos, na qual se encontrava com baixa produção, com pouca infestação de plantas invasoras, compactação do solo e trilhos formados pelos animais.

A área experimental está a 379 metros de altitude, latitude 20°55'S e longitude 51°23'W. Segundo a classificação de Koppen o clima local é do tipo Aw, caracterizado pelas estações de verão quente e úmido, e inverno quente e seco, com maior índice pluviométrico entre novembro e março. As médias anuais de temperatura e precipitação são, respectivamente, 23°C e 1.150 mm. Os dados climáticos referentes à precipitação (mm), temperaturas médias mínimas (C°) e médias máximas (C°) correspondentes ao período experimental estão apresentadas na Figura 3.1.

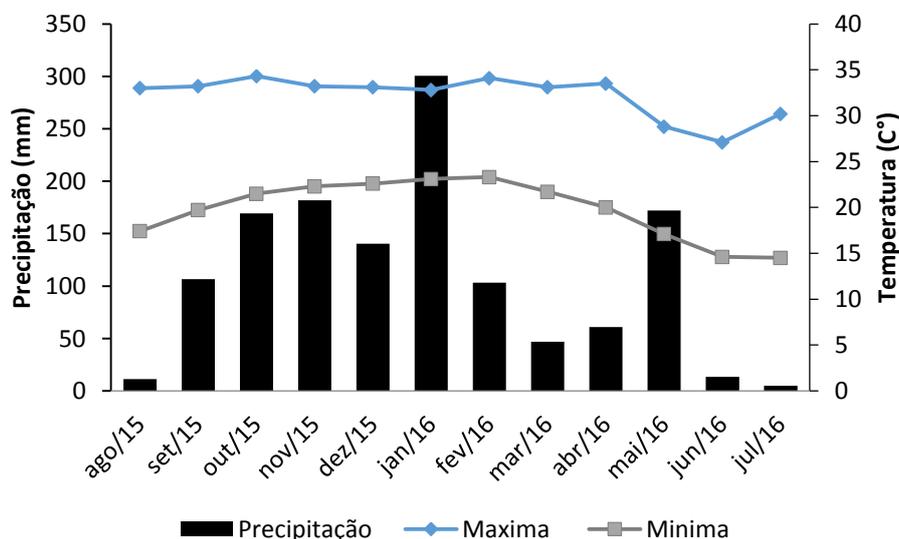


Figura 3.1 – Precipitação e temperaturas médias mínimas e máximas observadas durante o período experimental. Fonte: CIIAGRO (Centro Integrado de Informações Agro meteorológicas, 2016).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, textura média (Embrapa, 2013). Por ocasião da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo, na profundidade de 0,0 – 0,20 m e apresentando os seguintes atributos: pH= 4,5, MO= 21,5 g dm⁻³, P= 3,5 mg dm⁻³ (resina), S= 11 mg dm⁻³, K= 4,6 mmol_c dm⁻³, Ca= 18 mmol_c dm⁻³, Mg= 7,5 mmol_c dm⁻³, capacidade de troca de cátions= 53,6 mmol_c dm⁻³, saturação por bases= 56%, saturação por alumínio=15,5%, B=0,84 mg dm⁻³, Cu=0,80 mg dm⁻³, Fe= 53 mg dm⁻³, Mn=13,25 mg dm⁻³, Zn=1,2 mg dm⁻³, Na=10,35 mg dm⁻³, condutividade elétrica=0,12 dS m⁻¹, argila= 17 g kg⁻¹, silte= 6 g kg⁻¹, areia= 77 g kg⁻¹.

3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram compostas por sete estratégias de manejo para introdução da leguminosa na pastagem:

- 1- Controle capim-decumbens (CB);
- 2- Capim-decumbens + estilosantes com plantio direto (PD);
- 3- Capim-decumbens + estilosantes com dessecação parcial com 1,5 L ha⁻¹ do ingrediente ativo glifosato (DP);
- 4- Capim-decumbens + estilosantes com dessecação total com 3,0 L ha⁻¹ do ingrediente ativo (DT);
- 5- Capim-decumbens + estilosantes com escarificação do solo (E);
- 6- Capim-decumbens + estilosantes com gradagem aradora (G) e
- 7- Capim-decumbens + estilosantes com aração + grade niveladora (AG).

Nas subparcelas foi avaliada a ausência e presença da adubação fosfatada. A dose foi de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples, aplicado anualmente no início do período das chuvas durante todos os anos de condução do experimento.

As parcelas foram dimensionadas em 10 m x 10 m, e as subparcelas 5 m x 10 m, nas quais a leguminosa foi introduzida com a semeadura de 5 kg ha⁻¹ de sementes, com valor cultural de 92%, a lanço nos tratamentos G e AG, e os demais tratamentos em linhas espaçadas em 0,22 m, no dia 07/02/2011. Somente o

tratamento controle, permaneceu com a braquiária exclusiva. Devido a baixa disponibilidade do estilosantes na área, no dia 05/11/2015 foi realizada ressemeadura a lanço com densidade $3,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de semente, em todas as parcela exceto no controle. As estratégias de manejo para introdução do estilosantes foram adotadas somente na implantação do experimento, não ocorrendo qualquer tipo de revolvimento do solo durante o período experimental.

3.2.3 Calagem e adubação

A determinação da necessidade de calagem foi efetuada em 2014 para corrigir a saturação por base para 40% (Werner et al., 1996). Todas as parcelas foram submetidas a adubação de 20 Kg ha^{-1} de K_2O na forma de cloreto de potássio, anualmente no mesmo dia da adubação fosfatada.

3.2.4 Avaliação das plantas

O experimento foi dividido em dois ciclos produtivos, acompanhando o ano agrícola. O primeiro ciclo correspondente ao período das águas (outubro a março) no qual foram realizados 4 cortes, e no segundo ciclo (junho) 1 corte, correspondendo ao período seco.

A produção de massa seca e a composição morfológica foram mensuradas a partir de coletas de amostras da forragem (uma por subparcela), por meio do uso de um quadro de ferro com dimensão de $0,5 \text{ m}^2$ ($1\text{m} \times 0,5\text{m}$), no momento que o pasto atingiu aproximadamente 30 cm de altura. As coletas foram realizadas em pontos representativos e aleatórios de cada subparcela, cortando-se a forragem a 10 cm de altura do solo para obtenção do peso de massa verde de forragem nas seguintes datas: 19/10/2015, 30/11/2015, 20/01/2016, 15/03/2016 e 22/06/2016.

Em cada amostragem foram retiradas duas subamostras de forragem para determinação da matéria seca e a outra para separação dos componentes morfológicos. As amostras para determinação de massa seca total foram pesadas antes e após de serem colocadas em estufa com circulação de ar forçada a 65° C até peso constante (SILVA; QUEIROZ, 2002). Posteriormente, os materiais foram moídos em moinho tipo Willey para análises químicas e bromatológicas. A análise de macronutrientes seguiu a metodologia de Malavolta et al. (1997), enquanto o teor

de proteína bruta (PB) foi obtido a partir do teor de N total ($PB = N \cdot 6,25/10$) e o teor de fibra em detergente neutro (FDN) e a fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas pela metodologia descrita por Silva e Queiros (2002).

As amostras para determinar a composição morfológica foram divididas em lâmina foliar verde, pseudocolmo (colmo + bainha) da gramínea, material senescente, estilosantes e plantas invasoras as quais foram secas em estufa conforme metodologia descrita anteriormente (Figura 3.2).



Figura 3.2 – Separação morfológica da forragem em material senescente, lâmina foliar, colmo + bainha e estilosantes.

O rebaixamento do capim na área experimental foi realizado após cada coleta em sistema de pastejo até atingir o resíduo em torno de 10 cm de altura. Os animais utilizados neste manejo foram novilhas Nelore com peso vivo ao redor de 300 kg.

3.2.5 Análise estatística

Os resultados foram testados quanto à normalidade dos erros, homogeneidade de variância e as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SISVAR para esquema fatorial (FERREIRA, 2011). Os resultados foram submetidos à ANOVA e teste de Scott-Knott para comparação múltipla de

médias, a 5% de significância. O modelo estatístico adotado está representado a seguir:

$$Y_{ijk} = m + b_k + A_i + e_{a(ik)} + B_j + (AB)_{ij} + e_{b(ijk)}$$

Y = valor observado para a variável em estudo;

M = média de todas as unidades experimentais para a variável em estudo;

A = efeito do fator A observado;

B = efeito do fator B observado;

AB = efeito da interação do fator A e o fator B;

e_a = efeito residual do fator A;

e_b = efeito residual do fator B.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Produção de massa seca

A produção de massa seca em cada corte e na massa seca total no período experimental 2015/2016 não apresentaram diferença significativa e interação entre as formas de introdução do estilósantes, porém apresentou diferença quanto à presença da adubação fosfatada. Os quatro cortes iniciais compreendem ao período das águas (primavera/verão), enquanto o quinto corte corresponde ao período seco (outono), conforme apresentado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Produção de massa seca por corte e total na consorciação entre *Urochloa decumbens* e estilosantes em sistemas de introdução da leguminosa, com e sem adubação fosfatada.

Tratamento	1° Corte	2° Corte	3° Corte	4° Corte	5° Corte	Total
	----- kg ha ⁻¹ -----					
CB	2.776,69	2.097,82 B	2.143,26 B	2.826,68 A	2.448,22 B	12.292,67
PD	2.477,07	1.817,45 B	1.713,24 B	2.151,38 B	2.735,73 A	10.894,87
DP	2.401,65	1.908,31 A	2.201,01 A	2.477,45 A	2.358,10 A	11.346,52
DT	2.299,36	2.185,03 A	2.205,70 A	2.310,46 A	2.710,08 A	11.710,63
E	2.566,40	2.100,75 B	1.906,73 B	2.698,73 A	2.487,10 A	11.759,71
G	2.685,68	1.834,34 B	2.519,88 A	2.412,82 A	2.563,93 A	12.016,65
AG	2.061,45	1.849,67 A	2.313,22 A	2.637,21 A	2.368,36 A	11.229,91
Sem P	2.310,82	1.943,74	1.979,68 b	2.353,35 b	2.245,93 b	10.833,52 b
Com P	2.622,98	1.997,23	2.306,90 a	2.650,86 a	2.803,07 a	12.381,04 a
CV (%)	26,42	25,67	21,64	25,91	25,29	

CB= controle *U. decumbens*; PD= plantio direto sem dessecação; DP= dessecação parcial; DT= dessecação total; E= escarificação do solo; G= gradagem; AG= aração + gradagem. CV (%) = coeficiente de variação. Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Em relação a adubação fosfatada, verificou-se que houve efeito significativo na presença de P no terceiro, quarto e quinto corte e na produção de massa seca total (Tabela 3.1). Esses resultados podem ser atribuídos pelo início do período das chuvas, no qual as plantas ainda não estavam em pleno desenvolvimento ocasionado pelo estresse das plantas durante o período de estiagem, bem como devido ao sistema de adubação para pastagens, a qual é realizada em superfície e necessita maior período para incorporação ao solo, especialmente o fósforo que apresenta baixa mobilidade no solo. Estes resultados corroboram com os encontrados por Rebonatti et al (2016), que ao estudar o efeito da adubação fosfatada em pastagem de *Urochloa decumbens* obteve resultados semelhantes em anos anteriores na mesma área.

Os valores de massa seca da estação de seca (outono) foram semelhantes ao período corresponde a estação chuvosa (primavera/verão). Isto se deve ao fato de o ano de 2016 foi atípico da região, com chuvas regulares (Tabela 3.1). Desse modo, na análise entre os cortes, houve diferença estatística somente nos tratamentos controle (CB), plantio direto sem dessecação (PD), escarificação do solo (E) e gradagem (G), muito mais atribuídas a variação climática do que aos tratamentos aplicados.

3.3.2 Composição morfológica

Analisando a composição morfológica do capim *Urochloa decumbens*, ou seja, lâmina foliar, colmo + bainha, material senescente das plantas e a quantidade de estilosantes e plantas invasoras na área experimental, foi possível observar que a porcentagem de massa seca da lâmina foliar foi maior na primavera/verão quando comparado ao outono, no sistema de plantio direto sem dessecação e na média dos tratamentos associados a adubação fosfatada. Enquanto a porcentagem de colmo + bainha foi superior na primavera/verão somente na média dos tratamentos sem a presença da adubação (Tabela 3.2).

Esses resultados podem ser atribuídos as características fisiológicas das forrageiras tropicais, que aumentam a taxa fotossintética durante o período de primavera/verão devido a interceptação de luz associada a presença de precipitação, promovendo maior desenvolvimento da planta (MACEDO et al., 2013). Além disso, o fósforo está particularmente envolvido na transferência de energia, pois o ATP (adenosina trifosfato) é necessário para que se realize a fotossíntese, translocação e muitos outros processos metabólicos (FERNANDES, 2006). Logo, a presença da adubação fosfatada contribuiu para o melhor desenvolvimento das plantas proporcionando o aumento da matéria seca da lâmina foliar.

A presença de material senescente na forragem foi maior no período do outono em relação a primavera/verão (Tabela 3.2). Embora o período seco do ano 2016 tenha sido chuvoso, a redução da temperatura diminui a produção de folhas das gramíneas tropicais e reduz sua vida fotossintética, contribuindo com o aumento do material senescente nesse período.

O estilosantes teve maior participação durante o verão devido a ressemeadura no início do período chuvoso (Tabela 3.2). A sua persistência em todos os tratamentos foi muito baixa, inclusive com a ressemeadura não foi possível atingir grande participação da leguminosa aos sistemas de manejo avaliados. Em nenhum tratamento foi atingido a participação de 20-40% preconizado como recomendado para o aumento na qualidade de forragem sem interferir na saúde dos animais (EMBRAPA, 2013).

Rebonatti (2015) avaliando diferentes formas de introdução de leguminosa em *Urochloa decumbens* observou decréscimo na porcentagem de leguminosa no outono quando comparado ao período de primavera/verão. Os tratamentos que

apresentaram maior permanência da leguminosa na pastagem foram os de plantio direto com dessecação, obtendo resultados semelhantes a essa pesquisa.

Tal fato pode ser atribuído à competição por água, luz e nutrientes, comum entre plantas de diferentes espécies. A *Urochloa decumbens* possui maior eficiência fotossintética (ciclo C4) em condições tropicais e melhor adaptação a solos de baixa fertilidade sendo mais competitiva do que a leguminosa (ciclo C3) (AROEIRA et al., 2005). As gramíneas forrageiras possuem maior eficiência de absorção do potássio do que as leguminosas, logo, em pastagens consorciadas o potássio pode limitar mais frequentemente o desenvolvimento das leguminosas devido a esta menor eficiência de absorção, portanto a aplicação de potássio pode aumentar sensivelmente a proporção de leguminosas na pastagem e ajudar a evitar seu desaparecimento (HEINRICH; SOARES FILHO, 20014).

Observou-se pequena presença de plantas invasoras na área o que evidencia que os sistemas de manejo contribuíram para a recuperação da pastagem em relação a essa variável (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Composição morfológica da *Urochloa decumbens* e estilosantes em sistemas de consorciação de estilosantes cv. Campo Grande, sem e com adubação fosfatada nas estações chuvosas e secas.

Tratamento	Lâmina foliar		Colmo + bainha		Material Senescente		Estilosantes *		Invasoras *	
	Pri/Ver	Out	Pri/Ver	Out	Pri/Ver	Out	Pri/Ver	Out	Pri/Ver	Out
	------(%)-----									
CB	37,9	38,8	30,2	29,9	30,8	30,8	5,4	5,0	5,2	5,5
PD	44,4 A	34,2 B	30,1	26,1	23,2 B	38,4 A	5,8	5,2	5,4	5,2
DP	38,3	35,2	30,6	28,3	27,1	34,4	6,6 A	5,8 B	5,1	5,0
DT	36,2	32,8	31,3	29,6	27,8	36,6	6,8 A	5,4 B	5,2	5,1
E	39,9	33,5	31,4	26,7	25,6 B	39,5 A	6,3 A	5,0 B	5,2	5,1
G	37,9	34,4	29,8	26,1	28,7 B	38,7 A	6,7 A	5,1 B	5,1	5,2
AG	38,1	39,2	29,2	26,7	28,1	33,2	6,7 A	5,4 B	5,0	5,0
Sem P	38,7	36,5	30,4 A	27,1 B	26,5 B	34,8 A	6,7 Aa	5,4 B	5,2	5,3
Com P	39,9 A	34,6 B	30,1	28,0	28,1 B	37,1 A	5,9 Ab	5,1 B	5,0	5,0
CV (%)	16,22		14,62		28,46		16,41		10,11	

CB= controle *U. decumbens*; PD= plantio direto sem dessecação; DP= dessecação parcial; DT= dessecação total; E= escarificação do solo; G= gradagem; AG= aração + gradagem. Pri/Ver= primavera/verão; Out= outono. CV(%) = coeficiente de variação. * Transformação de dados equação = $\sqrt{x} + 5$.

3.3.3 Composição químico-bromatológica

A análise bromatológica da forragem não apresentou diferença significativa e inteiração entre os tratamentos, para os teores de proteína bruta (PB) e fibra solúvel em detergente ácido (FDA) e nem entre os períodos analisados, exceto no tratamento DT (Tabela 3.3). As análises respectivas ao período de primavera/verão foram realizadas com as amostras do terceiro corte e as do outono com as amostras do quinto corte.

Tabela 3.3 – Proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), em porcentagem, na consorciação entre *Urochloa decumbens* e estilosantes, com e sem adubação fosfata no verão e outono.

Tratamentos	PB		FDN		FDA	
	Pri/Ver	Out	Pri/Ver	Out	Pri/Ver	Out
	----- (%) -----					
CB	5,9	5,6	63,5	66,0	31,8	31,7
PD	6,0	5,3	65,6	64,4	32,7	31,8
DP	5,6	5,4	65,4	64,7	31,7	30,9
DT	6,2 A	4,9 B	66,5	65,2	32,3	31,4
E	5,4	5,4	64,1	65,5	33,4	31,5
G	6,1	5,1	65,3	64,1	32,5	29,0
AG	6,2	5,3	63,7	67,5	31,4	31,4
Sem P	5,7	5,2	65,5 a	66,0	32,9	31,2
Com P	6,1	5,3	64,2 b	64,6	31,6	31,1
CV (%)	19,17	16,65	3,69	7,54	6,99	14,13

CB= controle *U. decumbens*; PD= plantio direto sem dessecação; DP= dessecação parcial; DT= dessecação total; E= escarificação do solo; G= gradagem; AG= aração + gradagem. Pri/Ver= primavera/verão; Out= outono. CV (%) = coeficiente de variação. Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Todos os sistemas de manejo apresentaram valores absolutos de proteína bruta (PB) no período de primavera/verão superiores aos do período de outono, porém somente o tratamento plantio direto com dessecação total (DT) foi detectado estatisticamente. Estes resultados podem ser atribuídos a maior participação do estilosantes no período das águas (Tabela 3.2) contribuindo no aumento dos teores de nitrogênio (Tabela 3.4), uma vez que a PB é calculada a partir do teor de nitrogênio presente nas plantas.

Os resultados encontrados foram menores aos obtidos por Rebonatti (2015), em estudos anteriores na mesma área. Esse fato pode ser explicado pela diferença de porcentagem da leguminosa presente em cada período avaliado, considerando que a participação da leguminosa nos períodos avaliados por Rebonatti foi superior. Nesta pesquisa foi constatada a baixa presença do estilosantes conforme tabela 3.2.

Os teores de fibra solúvel em detergente neutro (FDN) apresentaram diferença significativa quanto a presença da adubação fosfatada. A média dos tratamentos associados a adubação fosfatada apresentaram menor teor de FDN no período de primavera/verão conforme demonstrado na Tabela 3.3.

Os teores de FDN variaram de 63,5 a 67,5 %, superiores aos recomendados por Van Soest (1965). O mesmo descreve que valores acima de 60% apresentam respostas negativas ao consumo animal, visto que a fração FDN está diretamente relacionada ao consumo voluntário e aceitabilidade, ou seja, quanto menor o seu teor, maior será a capacidade de consumo pelo animal. Mesmo estando acima do considerado adequado, os resultados apresentados nesta pesquisa foram menores que os encontrados por Rebonatti (2015), em estudos anteriores na mesma área, em que os valores de FDN variaram entre 68,8 a 78,8%.

Em relação ao teor de FDA não houve diferença significativa em nenhum parâmetro avaliado, variando de 29,0 a 33,4 %. Comparando com estudos realizados na mesma área experimental em anos anteriores por Rebonatti (2015), houve redução dos teores de FDA que variaram entre 36,7 a 43,8% nos anos de 2011/2012/2013. A diminuição do teor de FDA é um fator positivo para qualidade da forragem (MOURA et al, 2011).

O FDA está relacionado à digestibilidade da matéria seca, pois os nutrientes permanecem ligados as fibras, logo, quanto maior o seu valor menor a disponibilidade dos nutrientes para os animais. Teores de FDA de 30% ou menos em forragens serão altamente consumidos pelos animais, enquanto teores acima de 40% serão consumidos em baixo nível (NUSSIO; MANZANO; PEDREIRA, 1998). A redução dos teores de FDN e FDA aponta que as diferentes estratégias de manejo para introdução de estilosantes na pastagem e adubação fosfatada estão contribuindo para melhoria das qualidades bromatológicas da forragem ao passar dos anos.

A análise de macronutrientes da parte aérea não apresentou diferença significativa entre as estratégias de manejo para introdução do estilosantes, porém

apresentou significância quanto à presença da adubação fosfatada e aos períodos avaliados, conforme dados apresentados na Tabela 3.4.

O teor de nitrogênio (N) apresentou diferença significativa entre os períodos avaliados no sistema de plantio direto + dessecação total com teores de $9,92 \text{ g kg}^{-1}$ na primavera/verão e $7,87 \text{ g kg}^{-1}$ no outono (Tabela 3.4), conseqüentemente o teor de proteína bruta também foi superior no mesmo tratamento e período (Tabela 3.3). Este resultado pode ser atribuído a maior porcentagem de estilosantes verificada no tratamento DT (Tabela 3.2). Todos os tratamentos apresentaram teores inferiores aos considerados adequados para o bom desenvolvimento da *Urochloa decumbens*, que variam de 12 a 20 g kg^{-1} (WERNER et al., 1996). Esses resultados evidenciam que a baixa quantidade de leguminosa contribui pouco para o aumento do teor do N na composição total da forragem (Tabela 3.2). Cabe destacar, que os valores referenciais citados em relação a concentração de nutrientes foram considerados somente da *Urochloa decumbens* devido a baixa contribuição do estilosantes na composição da forragem.

A concentração de fósforo (P) apresentou diferença significativa quanto a presença da adubação fosfatada. Os maiores teores foram nas médias dos tratamentos associadas a adubação em ambos os períodos. Na primavera/verão os teores variaram de $1,41 \text{ g kg}^{-1}$ e $1,96 \text{ g kg}^{-1}$ e no outono $1,43 \text{ g kg}^{-1}$ e $2,07 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 3.4). Não houve diferença significativa em função dos períodos avaliados. Estes resultados corroboram com Leiri et al., (2010) que ao estudar fontes e doses de fósforo em área de recuperação de pastagem em Latossolo Vermelho, obtiveram resposta significativa quanto a presença da adubação fosfatada.

Embora todos os valores estejam na faixa considerada adequada para nutrição de plantas que varia de 0,8 a $3,0 \text{ g kg}^{-1}$ (WERNER et al., 1996), é importante salientar a contribuição da adubação fosfatada na qualidade da forragem em relação à presença do fósforo na dieta animal. Os teores apresentados neste trabalho não suprem a necessidade de P dos animais, porém podem contribuir na redução da quantidade de suplementos oferecidos aos animais.

Tabela 3.4 – Teores de macronutrientes da parte aérea na consorciação entre *Urochloa decumbens* e estilosantes, sem e com adubação fosfata nos períodos primavera/verão e outono.

Tratamentos	N		P		K		Ca		Mg		S	
	Pri/Ver	Out	Pri/Ver	Out	Pri/Ver	Out	Pri/Ver	Out	Pri/Ver	Out	Pri/Ver	Out
	g kg ⁻¹											
CB	9,50	8,97	1,56	1,83	17,97 A	13,81 B	1,87 B	2,30 A	1,67	1,61	1,17	1,42
PD	9,62	8,43	1,70	1,82	17,52 A	12,98 B	1,96 B	2,36 A	1,90 A	1,65 B	1,25	1,41
DP	8,98	8,70	1,60	1,81	17,52	14,96	2,02	2,61	1,72	1,73	1,18	1,42
DT	9,92 A	7,87 B	1,77	1,78	18,05 A	13,38 B	1,80 B	2,37 A	1,70	1,50	1,24	1,33
E	8,66	8,56	1,76	1,66	16,35	13,16	2,31	2,37	1,81	1,53	1,27	1,40
G	9,70	8,17	1,77	1,68	17,95 A	12,96 B	1,94 B	2,38 A	1,70	1,57	1,41	1,41
AG	9,83	8,53	1,65	1,68	17,88	13,13	2,16	2,36	1,88 A	1,51 B	1,31	1,41
Sem P	9,16	8,37	1,46 b	1,43 b	17,41	13,22	1,98	2,49	1,80	1,63	1,21	1,36
Com P	9,76	8,56	1,91 a	2,07 a	17,80	13,75	2,03	2,30	1,74	1,54	1,32	1,44
CV(%)	19,17	16,68	32,11	18,75	28,17	16,96	17,52	25,54	15,10	13,47	22,54	10,99

CB= controle *U. decumbens*; PD= plantio direto sem dessecação; DP= dessecação parcial; DT= dessecação total; E= escarificação do solo; G= gradagem; AG= aração + gradagem. Pri/Ver= primavera/verão; Out= outono. CV (%) = coeficiente de variação. Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

No período das águas, o teor de potássio (K) na parte aérea da forragem foi maior em relação ao período seco, exceto nos sistemas de plantio direto + dessecação parcial, escarificação do solo e aração + gradagem. Esse resultado pode ser associado a dinâmica do nutriente no solo que na presença de umidade ocorre maior disponibilidade e difusão no solo, aumentando a sua absorção. No entanto, no período de outono, devido à deficiência hídrica, a concentração total de íons em solução aumenta, mas os teores de cálcio e magnésio aumentam mais rapidamente do que a de potássio devido a relação de atividades de cátions em solução ser constante (Equação de Gapon), o que explica a menor absorção de K no outono e a maior absorção de Ca (Tabela 3.4). De modo geral os teores de potássio apresentados estão dentro da faixa considerada adequada (WERNER et al., 1996).

Quanto ao cálcio (Ca) os teores diferiram estatisticamente entre os períodos avaliados. A *U. decumbens* pura (controle), o plantio direto sem dessecação, plantio direto + dessecação total e gradagem apresentaram os menores valores na primavera/verão em relação ao outono. Os teores identificados nestes sistemas de manejo são inferiores aos citados na literatura. Os demais sistemas de manejo do período primavera/verão e todos do outono estão adequados para o bom desenvolvimento das plantas que segundo a literatura variam de 2-6 g kg⁻¹ (WERNER et al., 1996).

A absorção do cálcio pode ser diminuída por altas concentrações de K, Mg e NH₄. Porém, a adição de grandes quantidades de Ca e Mg em solos deficientes em K, ou aplicação de Ca em solos deficientes de Mg, pode causar desequilíbrio nutricional e crescimento reduzido das plantas. Portanto, é necessário o fornecimento de todos os nutrientes de maneira equilibrada para diminuir as condições limitantes ao crescimento e desenvolvimento das plantas (FERNANDES, 2006).

De modo geral os teores de Mg e S estão dentro da faixa considerada adequada e as pequenas variações podem ser consideradas aleatórias dentro do estudo experimental. Os valores de referência para nutrição de plantas adequada para o Mg e S são, respectivamente, 1,5-4 g kg⁻¹ e 0,8-2,5 g kg⁻¹ (WERNER et al., 1996).

3.4 CONCLUSÃO

Nas condições em que foi realizada a pesquisa, os resultados permitem concluir:

No período das águas, o menor teor de FDN foi na presença da adubação fosfatada.

O teor de proteína bruta na forragem não variou em função da presença do estilosantes.

A adubação fosfatada contribuiu para maior concentração de fósforo na forragem e na produção de massa seca.

No período de primavera/verão o sistema plantio direto com dessecação total apresentou maior porcentagem de estilosantes e consequente maiores teores de nitrogênio e proteína bruta, em relação aos outros sistemas de manejo.

3.5 REFERÊNCIAS

ANUALPEC. **Anuário estatístico da produção animal**. São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2006. 364p.

AROEIRA. L. J. M. et al. Disponibilidade, composição bromatológica e consumo de matéria seca em pastagem consorciada de *Brachiaria decumbens* com *Stylosanthes guianensis*. **Pesq. Agropec. Bras.** vol. 40. n. 4. p. 413-418, 2005.

CIAGRO. Centro integrado de informações agrometeorológicas. **Mapas da resenha agrometeorológica**. Andradina, SP. Disponível em: <http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/menuresenha.htm>. Acesso em: 03 de agosto de 2016

CORSI. M.; GOULART. R. O sistema de produção de carne e as exigências da sociedade moderna. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM. 23.. Piracicaba. 2006. **Anais...**Piracicaba: FEALQ. 2006. p.7-36.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação do solo**. Embrapa Solos. 3a ed. Brasília. 2013. 93 p.

FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 254-273 p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011.

HEINRICHES, R.; SOARES FILHO, C. V. Adubação e manejo de pastagens: II Simpósio de adubação e manejo de pastagens. Birigui-SP: BOREAL, 2014. p. 7-8.

IBGE. **Sidra: Sistema IBGE de Recuperação automática**. Rio de Janeiro: IBGE. 2014. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp?t=2&z=t&o=24&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1&u7=1>. Acesso em outubro de 2015.

IEIRI, A. Y.; Lana, R.M.Q.; Korndörfer, G.H.; Pereira, H.S. Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na recuperação de pastagem com brachiaria. In: **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1154-1160, set./out., 2010

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G.; ARAUJO, A. R. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. In: Encontro de adubação de pastagens da Scot Consultoria - Tec - Fértil, 1., Ribeirão Preto, SP. **Anais...** Bebedouro: Scot Consultoria, 2013. p. 158-181. 2013.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS. 1997. 319p.

MOURA, R.L.; NASCIMENTO, M.P.S.C.B.; RODRIGUES, M.M.; OLIVEIRA, M.E.; LOPES, J.B. Razão folha/haste e composição bromatológica da rebrota de estilosantes Campo Grande em cinco idades de corte. **Acta Scientiarum**. Animal Sciences. Maringá, v. 33, n. 3, p. 249-254, 2011.

NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P.; PEDREIRA, C. G. S. Valor alimentício em plantas do gênero cynodon. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 15. Piracicaba 1998. **Anais...** Piracicaba: FEALQ 1998.p. 203-243.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo: Fundação IAC, 1996. p. 266 (Boletim técnico, 100).

REBONATTI, M. D. **Recuperação de pastagem com estilosantes campo grande e adubação fosfatada**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) – Campus Experimental de Dracena, Universidade Estadual Paulista, Dracena, 2015.

REBONATTI, M. D.; FABRICE, C. E.; SANTOS, J. M. F.; HEINRICHES, R.; SOARES FILHO, C. V.; MOREIRA, A. Chemical Attributes of Soil and Forage Yield o Pasture Recovered with Phosphate Fertilization and Soil Management. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v. 47, n. 18,p. 2069–2076, 2016.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa. MG: Editora UFV. 2002. 235p.

SILVA, S. C.; NASCIMENTO, D.J.; EUCLIDES, V.B.P. **Pastagens: conceitos básicos**. produção e manejo. 115p. Viçosa. 2008.

VAN SOEST, P. J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forage. **Journal Animal Science**, v. 26, n. 1, p. 119-128, 1967.

WERNER. J.C.; PAULINO. V.T.; CANTARELLA. H.; QUAGGIO. J.A.; ANDRADE. N.de O. Forrageiras. In: **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas. Instituto Agrônômico e Fundação IAC. 1996. (Boletim técnico. 100) p. 263-273.

WERNER. C.; RYEL. R.J.; CORREIA. O.; BEYSCHLAG. W. Structural and functional variability within the canopy and its relevance for carbon gain and stress avoidance. **Acta Oecologica**, v.22, p. 129-138, 2001

Capítulo 4 – Atributos químicos do solo de pastagens em recuperação com diferentes estratégias de manejo e adubação fosfatada

RESUMO - O uso de corretivos e fertilizantes é fundamental para aumentar a produtividade e o progresso tecnológico na produção agropecuária. O objetivo do trabalho foi avaliar os atributos químicos do solo de uma pastagem de *Urochloa decumbens* em recuperação, com diferentes estratégias de introdução de estilosantes cv. Campo Grande (*Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*), estabelecidas a 4 anos, em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, textura média. As parcelas foram formadas por sete estratégias de manejo para recuperação da pastagem: : controle capim-decumbens (CB); capim-decumbens + estilosantes com plantio direto (PD), capim-decumbens + estilosantes com dessecação parcial com 1,5 L ha⁻¹ de ingrediente ativo glifosato (DP); capim-decumbens + estilosantes com dessecação total com 3,0 L ha⁻¹ de ingrediente ativo glifosato (DT); capim-decumbens + estilosantes com escarificação do solo (E), capim-decumbens + estilosantes com gradagem aradora (G) e capim-decumbens + estilosantes com aração + gradagem (AG). Nas subparcelas foi avaliada a presença e ausência da adubação fosfatada. O experimento foi realizado na Agência Paulista de Tecnologias dos Agronegócios – APTA do Extremo Oeste, no município de Andradina/SP com coleta de dados de agosto de 2015 a julho de 2016. Após quatro anos da introdução do estilosantes na pastagem de *U. decumbens*, por meio de estratégias de manejo do solo, na análise química do solo constatou-se as estratégias de manejo do solo e a adubação fosfatada foram eficientes no processo de recuperação da área mantendo a matéria orgânica contribuindo para redução da resistência mecânica a penetração do solo. Os teores de fósforo aumentaram em relação aos valores encontrados na implantação do experimento. O sistema plantio direto sem dessecação apresentou os maiores teores de cálcio, magnésio, soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação por bases, comparado aos demais sistemas de manejo do solo.

Palavras-chave: fósforo, estilosantes, manejo do solo, recuperação de pastagens, *Urochloa decumbens*.

Soil chemical attributes in pasture recovery with intercropping estilosantes cv. Campo Grande

ABSTRACT – The use of lime and fertilizers is very important to increasing productivity and technological progress in agricultural production. The objective was to evaluate soil chemical properties of pasture intercropping recovered of *Urochloa decumbens*, with estilosantes cv. Campo Grande (*Stylosanthes capitata* and *S. macrocephala*) in Oxisol dystrophic, medium texture. The experimental design was a randomized block with split plots and four replications. The plots were formed seven management strategies for pasture recovery: control pasture *U. decumbens* (CB); *U. decumbens* + estilosantes with partial desiccation with 1.5 L ha⁻¹ glyphosate (DP); *U. decumbens* + estilosantes with complete desiccation with 3.0 L ha⁻¹ glyphosate (DT); *U. decumbens* + estilosantes with tillage (PD); *U. decumbens* + estilosantes with soil scarification (E), *U. decumbens* + estilosantes with disc plows revealed inefficient harrowing (G) and pasture + estilosantes with plowing + disking (AG). In the subplots was assessed the presence and absence of phosphate fertilization. After four years of the introduction of estilosantes on grazing *U. decumbens* through soil management strategies on soil chemical analysis it was found soil management strategies and phosphate fertilizer were efficient in the area recovery process while maintaining the organic matter contributing to reduced mechanical resistance to penetration of the soil. the phosphorus content increased from the values found in the implementation of the experiment. The tillage without desiccation presented the highest concentration calcium, magnesium, sum of bases, cation exchange capacity and base saturation compared to other soil management systems.

Keywords: phosphorus, stylosanthes, soil management, pasture recovery, *Urochloa decumbens*.

4.1 INTRODUÇÃO

No Brasil as práticas de adubação e calagem em pastagens são pouco convencionais. A alta capacidade de adaptação das forrageiras tropicais implantadas possibilitou que os criadores aumentassem a capacidade de suporte animal e explorassem a pecuária sem adubação ao longo dos anos. A queda da capacidade de suporte, juntamente com a degradação das pastagens e a falta de sustentabilidade do sistema estão alterando este quadro (YAMADA; ABDALLA, 2004).

As principais causas da degradação das pastagens são a alta taxa de lotação animal e a ausência da adubação. Entre outros fatores, o uso de cultivares impróprias para determinada área e as práticas de estabelecimento e manejo inadequados, podem predispor ao processo (MACEDO; ZIMMER, 2015). Este processo ocorre com perda de matéria orgânica proporcional à sua concentração no solo, além de perdas de nutrientes como fósforo, potássio, cálcio e magnésio (SCHAEFER et al., 2002).

No processo de recuperação dessas áreas, algumas práticas podem ser adotadas. Os sistemas de manejo que incluem mínimo ou nulo revolvimento mecânico do solo, sistema de cultivo perene com alta produção de biomassa e sistema radicular bem desenvolvido, favorecem o acúmulo de matéria orgânica, melhorando a atividade biológica e disponibilidade de nutrientes no meio (TOMAZI, 2008).

A adubação fosfatada é fundamental no cultivo das pastagens, visto que, o fósforo desempenha papel indispensável no desenvolvimento radicular e no perfilhamento das gramíneas. Este nutriente está relacionado ao metabolismo energético da planta, pois participa de todos os ciclos metabólicos relacionados ao seu gasto de energia, tornando-se limitante à capacidade produtiva, no estabelecimento e na persistência das pastagens, atuando na utilização dos outros nutrientes (HEINRICH; SOARES FILHO, 2014).

O objetivo do trabalho foi estudar a viabilidade da recuperação de pastagem degradada em diferentes formas de introdução de estilosantes cv. Campo Grande (*Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*) e adubação fosfatada em pastagem de *Urochloa decumbens* por meio de avaliações dos atributos químicos do solo.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Histórico da área

O experimento foi realizado na Agência Paulista de Tecnologias dos Agronegócios – APTA do Extremo Oeste – Município de Andradina/SP, instalado em fevereiro de 2011 numa área de 3.500 m² em pastagem de capim-decumbens (*Urochloa decumbens* Syn. *Brachiaria*) estabelecida há cerca de dez anos, na qual se encontrava com baixa produção, com pouca infestação de plantas invasoras, compactação do solo e trilhos formados pelos animais.

A área experimental esta a 379 metros de altitude, latitude 20°55'S e longitude 51°23'W. Segundo a classificação de Koppen o clima local é do tipo Aw, caracterizado pelas estações de verão quente e úmido, e inverno quente e seco, com maior índice pluviométrico entre novembro e março. As médias anuais de temperatura e precipitação são, respectivamente, 23°C e 1.150 mm. Os dados climáticos referentes à precipitação (mm), temperaturas médias mínimas (C°) e médias máximas (C°) correspondentes ao período experimental estão apresentadas na Figura 4.1.

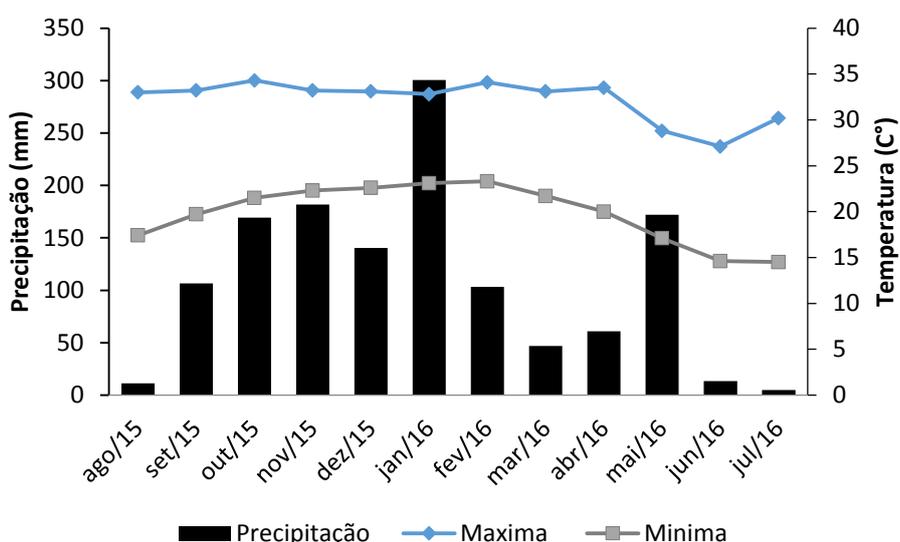


Figura 4.1 – Precipitação e temperaturas médias mínimas e máximas observadas durante o período experimental. Fonte: CIIAGRO (Centro Integrado de Informações Agro meteorológicas, 2016).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, textura média (Embrapa, 2013). Por ocasião da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo, na profundidade de 0,0 – 0,20 m e apresentando os seguintes atributos: pH= 4,5, MO= 21,5 g dm⁻³, P= 3,5 mg dm⁻³ (resina), S= 11 mg dm⁻³, K= 4,6 mmol_c dm⁻³, Ca= 18 mmol_c dm⁻³, Mg= 7,5 mmol_c dm⁻³, capacidade de troca de cátions= 53,6 mmol_c dm⁻³, saturação por bases= 56%, saturação por alumínio=15,5%, B=0,84 mg dm⁻³, Cu=0,80 mg dm⁻³, Fe= 53 mg dm⁻³, Mn=13,25 mg dm⁻³, Zn=1,2 mg dm⁻³, Na=10,35 mg dm⁻³, condutividade elétrica=0,12 dS m⁻¹, argila= 17 g kg⁻¹, silte=6 g kg⁻¹, areia=77 g kg⁻¹.

4.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram compostas por sete estratégias de manejo para introdução da leguminosa na pastagem:

- 1- Controle capim-decumbens (CB);
- 2- Capim-decumbens + estilosantes com plantio direto (PD);
- 3- Capim-decumbens + estilosantes com dessecação parcial com 1,5 L ha⁻¹ do ingrediente ativo glifosato (DP);
- 4- Capim-decumbens + estilosantes com dessecação total com 3,0 L ha⁻¹ do ingrediente ativo (DT);
- 5- Capim-decumbens + estilosantes com escarificação do solo (E);
- 6- Capim-decumbens + estilosantes com gradagem aradora (G) e
- 7- Capim-decumbens + estilosantes com aração + grade niveladora (AG).

Nas subparcelas foi avaliada a ausência e presença da adubação fosfatada. A dose foi de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples, aplicado anualmente no início do período das chuvas durante todo o período experimental.

As parcelas foram dimensionadas em 10 m x 10 m, e as subparcelas 5 m x 10 m, nas quais a leguminosa foi introduzida com a semeadura de 5 kg ha⁻¹ de sementes, com valor cultural de 92%, a lanço nos tratamentos G e AG, e os demais tratamentos em linhas espaçadas em 0,22 m, no dia 07/02/2011. Somente o tratamento controle, permaneceu com a braquiária exclusiva. Devido a baixa

disponibilidade do estilosantes na área, no dia 05/11/2015 foi realizada ressemeadura a lanço com densidade $3,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de semente, em todas as parcela exceto no controle. As estratégias de manejo para introdução do estilosantes foram adotadas somente na implantação do experimento, não ocorrendo qualquer tipo de revolvimento do solo durante o período experimental.

4.2.3 Calagem e adubação

A determinação da necessidade de calagem foi efetuada em 2014 para corrigir a saturação por base para 40% (Werner et al., 1996). Todas as parcelas foram submetidas a adubação de 20 Kg ha^{-1} de K_2O na forma de cloreto de potássio, anualmente no mesmo dia da adubação fosfatada.

4.2.4 Atributos químicos do solo

As análises químicas do solo foram realizadas no final do período experimental (julho de 2016), de acordo com a metodologia descrita por RAIJ & QUAGGIO (1983) e foram avaliados os teores de fósforo, potássio, magnésio e cálcio pelo método de extração com resina trocadora de íons. O teor de matéria orgânica foi determinado pelo método colorimétrico e o pH, em cloreto de cálcio, além da acidez potencial (hidrogênio + alumínio) a pH 7,0. Foram realizados os cálculos das somas de bases ($\text{SB} = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}$), capacidade de troca catiônica ($\text{CTC} = \text{SB} + (\text{H} + \text{AL})$) e saturação por bases ($\text{V}\% = (100 \times \text{SB}) / \text{CTC}$).

4.2.5 Análise estatística

Os resultados foram testados quanto à normalidade dos erros, homogeneidade de variância e as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SISVAR, para esquema fatorial (FERREIRA, 2011). Os resultados foram submetidos à ANOVA e teste de Scott-Knott para comparação múltipla de médias, a 5% de significância. O modelo estatístico adotado está representado a seguir:

$$Y_{ijk} = m + b_k + A_i + e_{a(i,k)} + B_j + (AB)_{ij} + e_{b(ijk)}$$

Y = valor observado para a variável em estudo;

M = média de todas as unidades experimentais para a variável em estudo;

A = efeito do fator A observado;

B = efeito do fator B observado;

AB = efeito da interação do fator A e o fator B;

e_a = efeito residual do fator A;

e_b = efeito residual do fator B.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios para o fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas camadas 0,00-0,10 m; 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m estão compilados na Tabela 4.1. Os valores médios foram significativos para o tipo de manejo do solo, adubação fosfatada e para suas interações.

Tabela 4.1 – Valores médios, F e CV% para o fósforo, potássio, cálcio e magnésio em distintas profundidades do solo em função do manejo do solo para a introdução de estilósantes e adubação fosfatada na pastagem de *Urochloa decumbens*.

	Profundidade (m)		
	0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
----- P -----			
F Manejo do solo (M)	3,99*	15,62*	7,80*
F Adubação (A)	625,25*	131,90*	119,33*
F (MxA)	2,76*	13,817*	13,29*
CV1 (%)	18,19	28,98	27,81
CV2 (%)	16,46	34,29	28,15
----- K -----			
F Manejo do solo (M)	15,52*	12,40*	7,08*
F Adubação (A)	1,09*	45,86*	16,51*
F (MxA)	17,42*	1,10*	2,32*
CV1 (%)	9,97	14,06	15,26
CV2 (%)	9,29	14,88	18,30
----- Ca -----			
F Manejo do solo (M)	25,99*	12,15*	18,64*
F Adubação (A)	74,05*	8,74*	6,12*
F (MxA)	10,72*	7,05*	18,95*
CV1 (%)	9,35	11,68	12,29
CV2 (%)	8,84	12,51	9,16
----- Mg -----			
F Manejo do solo (M)	12,41*	17,79*	13,33*
F Adubação (A)	107,36*	16,21*	40,50*
F (MxA)	8,46*	0,70*	16,00*
CV1 (%)	19,01	14,58	10,28
CV2 (%)	13,69	14,08	7,51

CV: coeficiente de variação; F: teste F. * significativo a 5% de probabilidade.

Os resultados de fósforo apontaram que na camada de 0-0,10 m, houve diferença significativa em todos os tratamentos associados a adubação fosfatada, apresentando valores superiores aos tratamentos sem adubação. Quanto as formas de manejo do solo, somente os tratamentos escarificação do solo, e aração + gradagem, ambos com adubação fosfatada, apresentaram diferença estatística com os menores teores de fósforos, todos os demais sistemas de manejo apresentaram valores superiores (Tabela 4.2). Esse comportamento pode ser considerado como consequência da adição consecutiva de fósforo na camada superficial, ausência de revolvimento e diminuição das taxas de erosão (SANTOS; GATIBONI; KAMINSKI, 2008).

Na camada de 0,10-0,20 m, com exceção do tratamento plantio direto + dessecação total, todos os tratamentos com adubação fosfatada foram superiores aos tratamentos sem adubação. Entre as formas de manejo somente o tratamento controle apresentou diferença significativa em relação aos demais tratamentos com valor superior (Tabela 4.2).

Quanto a camada subsuperficial, ou seja, de 0,20-0,40 m de profundidade, os resultados não apresentaram diferença significativa entre as formas de manejo nos tratamentos sem adubação fosfatada. Já nos tratamentos associados a adubação o controle e o escarificação do solo, apresentaram os maiores teores de P, enquanto o tratamento plantio direto + dessecação total apresentou o menor valor. Comparando-se os tratamentos com e sem adubação, foi possível observar que somente os tratamentos plantio direto + dessecação parcial e o plantio direto + dessecação total, ambos sem adubação, foram semelhantes estatisticamente aos tratamentos com adubação, ou seja, todos os demais tratamentos sem adição de P apresentaram teores inferiores aos tratamentos com adubação fosfatada (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 – Teores de fósforo acumulado (mg dm^{-3}), potássio, cálcio e magnésio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) distintas profundidades do solo em função de estratégias de manejo para a introdução de estilosantes e adubação fosfatada na pastagem de *Urochloa decumbens*.

Adubação	Manejo do solo						
	CB	PD	DP	DT	E	G	AG
----- P -----							
0,00-0,10 m							
Sem P	5,00 b	7,50 b	7,00 b	9,50 b	5,00 b	7,50 b	7,00 b
Com P	26,50 Aa	24,00 Aa	24,50 Aa	27,50 Aa	21,00 Ba	25,00 Aa	18,50 Ba

0,10-0,20 m							
Sem P	2,00 b	4,00 b	4,00 b	5,50	3,00 b	6,50 b	2,00 b
Com P	27,00 Aa	11,00 Ba	10,50 Ba	9,50 B	9,00 Ba	13,50 Ba	6,50 Ba

0,20-0,40 m							
Sem P	2,50 b	3,00 b	4,00	4,00	3,50 b	2,50 b	2,00 b
Com P	10,50 Aa	9,00 Aa	4,50 B	2,00 C	10,50 Aa	6,00 Ba	9,00 Aa
----- K -----							
0,00-0,10 m							
Sem P	1,50 Ba	0,90 Db	1,70 Aa	1,50 B	1,20 Cb	1,30 Cb	1,65 A
Com P	1,25 Bb	1,15 Ba	0,95 Bb	1,50 A	1,40 Aa	1,65 Aa	1,60 A

0,10-0,20 m							
Sem P	1,25 Ba	1,20 Ba	1,60 Aa	1,70 Aa	1,20 Ba	1,25 B	1,70 Aa
Com P	0,95 Bb	0,90 Bb	1,05 Bb	1,40 Ab	0,80 Bb	1,15 A	1,30 Ab

0,20-0,40 m							
Sem P	1,25 A	1,10 A	1,30 A	1,25 Aa	1,05 A	1,35 A	1,55 Aa
Com P	0,95 B	1,00 B	1,30 A	0,90 Bb	0,75 B	1,40 A	0,95 Bb
----- Ca -----							
0,00-0,10 m							
Sem P	10,50 Cb	14,00 Ab	9,50 Cb	12,50 Bb	11,50 Bb	12,00 B	9,50 C
Com P	17,50 Aa	16,50 Aa	12,50 Ca	15,50 Ba	15,00 Ba	12,00 C	8,50 D

0,10-0,20 m							
Sem P	7,00 Cb	11,50 A	9,00 B	9,50 B	8,00 Cb	10,00 B	7,50 C
Com P	12,00 Aa	12,50 A	7,50 C	9,00 C	10,50 Ba	9,50 C	8,00 C

0,20-0,40 m							
Sem P	7,00 Cb	9,50 Ab	6,50 C	8,00 Ba	9,50 A	8,00 B	7,50 B
Com P	11,50 Aa	12,00 Aa	6,00 C	5,50 Cb	8,50 B	8,00 B	8,00 B
----- Mg -----							
0,00-0,10 m							
Sem P	5,50 Ca	9,50 Aa	6,00 Ca	8,00 Ba	6,50 C	5,50 C	4,50 D
Com P	3,50 Cb	6,50 Ab	4,00 Cb	3,00 Cb	5,50 B	5,00 B	3,50 C

0,10-0,20 m							
Sem P	5,00 C	7,00 Aa	4,50 Ca	6,00 B	4,50 Ca	4,50 Ca	4,00 C
Com P	4,50 B	6,00 Ab	3,50 Bb	5,50 A	3,50 Bb	3,50 Bb	4,00 B

0,20-0,40 m							
Sem P	5,00 C	7,00 Aa	5,00 Ca	5,00 C	6,00 Ba	5,50 Ca	4,00 Db
Com P	4,50 B	6,00 Ab	4,00 Cb	4,50 B	4,00 Cb	4,50 Bb	5,50 Aa

CB= controle *U. decumbens*; PD= plantio direto sem dessecação; DP= dessecação parcial; DT= dessecação total; E= escarificação do solo; G= gradagem; AG= aração + gradagem. Sem P= sem adubação fosfatada; Com P= com adubação fosfatada. P, K, Ca e Mg: extraídos com resina trocadora de íons. Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Segundo Raij et. al, (1996) as médias dos teores de fósforo encontradas nos tratamentos sem adubação das camadas de 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m podem ser considerados baixos ($6-12 \text{ mg dm}^{-3}$), por outro lado os teores referentes aos tratamentos com adubação são considerados médios ($13-30 \text{ mg dm}^{-3}$). Na camada de 0,20-0,40 m todos os tratamentos apresentaram teores considerados baixos. Quanto mais profundas foram as camadas maior foi a redução do teor do nutriente, este fato pode estar relacionado a baixa mobilidade do fósforo no solo.

Mesmo nos sistemas de manejo sem a adubação fosfatada houve aumento dos teores de fósforo em relação a análise do solo inicial, embora esteja na mesma faixa de interpretação. Esses resultados podem ser atribuídos a mineralização da matéria orgânica durante o período experimental.

Os resultados do teor de potássio na camada de 0,00-0,10 m, o plantio direto + dessecação parcial e a aração + gradagem (sem adubação fosfatada), apresentaram os maiores valores do nutriente, enquanto o menor teor foi observado no plantio direto sem dessecação. Por outro lado, nos tratamentos plantio direto + dessecação total, escarificação do solo, gradagem e aração + gradagem associados a adubação fosfatada apresentaram valores superiores aos demais tratamentos. Na interação entre os manejos do solo e adubação, o plantio direto sem dessecação, a escarificação do solo e a gradagem junto com adubação fosfatada foram superiores aos tratamentos sem fósforo (Tabela 4.2).

Na camada de 0,10-0,20 os tratamentos plantio direto + dessecação parcial, plantio direto + dessecação total e aração + gradagem (sem adubação fosfatada) apresentaram os maiores teores de potássio. Já nos tratamentos com adubação os maiores valores foram encontrados no plantio direto + dessecação total, gradagem, e aração + gradagem. Com exceção do tratamento gradagem, os teores de potássio nos tratamentos sem adubação fosfatada foram superiores quando comparados aos tratamentos com adubação, com exceção do tratamento gradagem (Tabela 4.2). Esses resultados podem ser atribuídos a maior absorção dos nutrientes pelas plantas devido a maior produção de massa seca (Tabela 3.1).

Quanto a camada de 0,20-0,40 m, não houve diferença significativa entre os sistemas de manejo do solo na ausência da adubação fosfatada. Por outro lado, na presença do fósforo na adubação, os maiores valores foram observados no plantio direto + dessecação parcial e gradagem. A interação entre os manejos do solo e a adubação demonstrou que somente os tratamentos plantio direto + dessecação total

e aração + gradagem (com adubação) diferiram estatisticamente, apresentando valores inferiores aos tratamentos sem adubação (Tabela 4.2). Os teores de potássio na análise química do solo podem ser considerados baixos ($0,8-1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (RAIJ et. al., 1996).

O potássio é o cátion mais abundante na planta, sendo absorvido em grandes quantidades pelas raízes (FERNANDES, 2006), logo estes resultados podem ser atribuídos a maior extração do nutriente pelas plantas no período chuvoso, visto que os teores de potássio na análise química da parte aérea foram considerados bons (Tabela 3.4). Por se tratar de um nutriente que está prontamente disponível no solo para absorção da planta e por ser bastante móvel no solo ele pode ser facilmente lixiviado (HEINRICHES; SOARES FILHO, 2014).

Em relação ao cálcio, as camadas superficiais apresentaram resultados semelhantes. Nos tratamentos sem adubação fosfatada o plantio direto sem dessecação apresentou o maior teor do nutriente. Nos tratamentos associados a adubação, o controle e no plantio direto sem dessecação apresentaram valores superiores, enquanto o tratamento aração + gradagem apresentou o menor teor. Na camada de $0,00-0,10$ todos os manejos associados a adubação apresentaram valores superiores aos tratamentos sem adubação, com exceção dos tratamentos gradagem e aração + gradagem. Já na camada de $0,10-0,20$ m, a *Urochloa decumbens* sem fósforo e escarificação do solo apresentaram teores mais baixos (Tabela 4.2).

Na camada $0,20-0,40$ m os resultados de cálcio foram semelhantes ao verificado nas camadas superiores. O controle e o plantio direto sem dessecação associados a adubação apresentaram teores superiores aos respectivos manejos sem adubação fosfatada, enquanto o plantio direto + dessecação total sem adubação foi superior ao respectivo tratamento associado a adubação (Tabela 4.2).

Em geral os teores de cálcio que variaram entre $5-7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ podem ser considerados médios e altos quando maiores que $7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (RAIJ et al., 1996). Os teores mais elevados nos tratamentos associados a adubação fosfatada podem ser atribuídos a fonte utilizada, pois o superfosfato simples possui aproximadamente 20% de cálcio em sua composição. A maior concentração do nutriente na solução do solo também pode estar relacionada a baixa extração do cálcio pelas plantas (Tabela 3.4).

Quanto ao magnésio o plantio direto sem dessecação (sem e com adubação fosfatada) apresentaram os maiores teores do nutriente nas três camadas estudadas. Na camada de 0,00-0,10 m a ausência da adubação com fósforo associada aos tratamentos controle, plantio direto sem dessecação e plantio direto + dessecação total, apresentaram teores de magnésio superiores aos respectivos tratamentos com adubação fosfatada (Tabela 4.8).

Na camada de 0,10-0,20 m os tratamentos sem adubação no plantio direto sem dessecação, plantio direto + dessecação parcial, escarificação do solo, e gradagem foram superiores aos respectivos tratamentos com adubação fosfatada. Os resultados da camada de 0,20-0,40 m foram semelhantes aos anteriores, somente o tratamento com adubação aração + gradagem apresentou valor superior ao tratamento sem adubação fosfatada (Tabela 4.2).

Em todas as camadas o plantio direto sem dessecação apresentou os maiores valores de magnésio, seguido pelo plantio direto + dessecação total. Porém, todos os valores estão dentro da faixa considerada adequada (RAIJ et al., 1996). Em relação a análise de solo inicial observa-se a manutenção dos atributos químicos do solo. No entanto, em relação aos valores encontrados após dois anos da implantação dos sistemas de manejo e adubação (REBONATTI, 2015) houve recuperação da fertilidade química, pois os sistemas de manejo possibilitam a ciclagem dos nutrientes que foram extraídos pelas plantas, principalmente aqueles associados ao plantio direto.

Logo, os resultados desta pesquisa apontam que as estratégias de manejo do solo estão sendo eficientes ao longo do tempo, pois todos os macronutrientes citados anteriormente apresentaram valores superiores aos obtidos por Rebonatti et al (2016) em estudos na mesma área em anos anteriores.

Os valores médios da matéria orgânica do solo foram significativos somente para adubação fosfatada, nas camadas de 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m. Ambas as profundidades apresentaram as maiores médias nos tratamentos sem adubação fosfatada (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 – Valores médios, F e CV% para matéria orgânica em distintas profundidades do solo em função do manejo do solo para a introdução de estilosantes e adubação fosfatada na pastagem de *Urochloa decumbens*.

	Profundidade (m)		
	0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
F Manejo do solo (M)	0,94	1,02	0,58
F Adubação (A)	2,60	7,18*	8,05*
F (MxA)	0,68	0,66	0,91
CV1 (%)	19,64	11,36	12,98
CV2 (%)	15,74	11,08	8,75
Manejo do solo	----- g dm ⁻³ -----		
CB	15,75	14,00	13,00
PD	16,50	14,25	12,62
DP	16,37	13,75	12,12
DT	17,87	13,62	12,25
E	17,12	12,87	12,75
G	16,12	13,12	12,12
AG	14,37	12,87	11,75
Sem P	16,85	14,03 a	12,78 a
Com P	15,70	12,96 b	11,96 b

CB= controle *U. decumbens*; PD= plantio direto sem dessecação; DP= dessecação parcial; DT= dessecação total; E= escarificação do solo; G= gradagem; AG= aração + gradagem. CV: coeficiente de variação; F: teste F. * significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Os teores de matéria orgânica na camada de 0,00-0,10 m variaram entre 14,37 e 17,87 g dm⁻³. Enquanto nas profundidades de 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m os valores foram de 11,75 a 14,25 g dm⁻³, características de solos de textura média. Os resultados encontrados apontam que os teores de matéria orgânica estão dentro da faixa que caracteriza este tipo de solo (RAIJ et al., 1996). Estudos realizados por Rebonatti et al (2016) em anos anteriores na mesma área apresentaram valores menores variando de 11 a 13 mg dm⁻³, o que indica que os sistemas de manejo estão sendo eficientes no aumento da matéria orgânica no solo.

O efeito da presença da matéria orgânica foi verificado até a camada de 0,00-0,10 m, indicando melhoria da resistência mecânica a penetração do solo (Tabela 2.5). Resultados semelhantes foram verificados por Campos e Alves (2006), em que estudaram resistência do solo à penetração em área de pastagem degradada e a recuperação atingiu somente a camada mais superficial do solo.

A matéria orgânica transformada, rica em substâncias húmicas possui a propriedade de aumentar a disponibilidade de cargas negativas na região de

liberação de fosfato dos fertilizantes organominerais, podendo tornar esse nutriente mais disponível para as raízes das plantas (KIEHL, 2008). Logo, a presença da matéria orgânica contribuiu para a maior concentração de fósforo no solo (Tabela 4.2) e maior teor do nutriente nas plantas (Tabela 3.4).

Na resistência a penetração, a presença da matéria orgânica contribuiu para a melhoria da porosidade do solo, beneficiando a aeração e a infiltração e armazenamento da água no solo, fatores que interferem na compactação. No entanto, os efeitos na correlação entre os dois fatores foram pouco expressivos no presente estudo, possivelmente a variação nos teores de matéria orgânica não foram o suficientes. Verificou-se que em todas as profundidades, quanto maior o teor de matéria orgânica no solo, menor foi a resistência mecânica à penetração.

Os valores médios de pH e acidez potencial do solo (H+Al) não foram significativos para tipo de manejo do solo, adubação fosfatada e para suas interações, nas camadas estudadas (Tabelas 4.4).

Tabela 4.4 – Valores médios, F e CV% para o pH e H+Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) em distintas profundidades do solo em função do manejo do solo para a introdução de estiloides e adubação fosfatada na pastagem de *Urochloa decumbens*.

	Profundidade (m)					
	0,0-0,10		0,10-0,20		0,20-0,40	
	pH	H+Al	pH	H+Al	pH	H+Al
F Manejo do solo (M)	1,17	0,27	1,61	0,29	0,93	0,67
F Adubação (A)	0,13	0,05	0,38	0,46	0,07	0,04
F (MxA)	0,77	0,53	1,81	1,15	1,48	1,41
CV1 (%)	5,60	14,57	5,55	13,44	6,57	16,08
CV2 (%)	4,94	11,42	4,25	9,21	4,79	9,11
Manejo do solo						
CB	5,16	15,87	5,07	15,00	5,02	15,00
PD	5,38	14,87	5,25	14,75	5,16	14,12
DP	5,21	15,12	4,91	15,75	4,87	15,00
DT	5,23	15,12	5,13	14,25	4,92	15,00
E	5,13	15,62	4,91	15,12	4,92	15,37
G	5,25	15,50	5,13	14,50	5,15	13,62
AG	5,02	14,75	5,00	14,75	5,00	13,87
Sem P	5,18	15,21	5,07	14,67	5,00	14,60
Com P	5,21	15,32	5,04	15,07	5,01	14,53

CB= controle *U. decumbens*; PD= plantio direto sem dessecação; DP= dessecação parcial; DT= dessecação total; E= escarificação do solo; G= gradagem; AG= aração + gradagem. CV: coeficiente de variação; F: teste F; Sem P: sem adubação; Com P: com adubação.

Os parâmetros relacionados à acidez do solo, pH em CaCl_2 e saturação por bases, apresentam estreita correlação entre si. Houve aumento no pH em relação a análise de solo inicial. É provável que a elevação do pH esteja relacionada ao efeito positivo da matéria orgânica no solo. De maneira geral os valores de pH apresentados são considerados médios (RAIJ et al., 1996). A acidez potencial do solo (H+Al) nas distintas profundidades manteve-se na faixa de 13,6 a 15,8 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$.

Os valores médios da soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação por base foram significativos para o tipo de manejo do solo, adubação fosfatada e para suas interações, nas camadas 0,00-0,10 m; 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 – Valores médios, F e CV% para soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação por base em distintas profundidades do solo em função do manejo do solo para a introdução de estilosantes e adubação fosfatada na pastagem de *Urochloa decumbens*.

	Profundidade (m)		
	0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
	----- SB ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) -----		
F Manejo do solo (M)	61,77*	19,51*	21,21*
F Adubação (A)	1,66	0,14	4,22
F (MxA)	6,74*	7,76*	30,54*
CV1 (%)	5,61	9,01	8,72
CV2 (%)	6,91	7,68	4,68
	----- CTC ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) -----		
F Manejo do solo (M)	12,14*	9,70*	5,22*
F Adubação (A)	0,80	0,40	1,42
F (MxA)	1,97	2,86	6,05*
CV1 (%)	7,31	6,01	8,41
CV2 (%)	6,84	5,27	4,78
	----- V (%) -----		
F Manejo do solo (M)	8,37*	4,92*	5,10*
F Adubação (A)	0,07	1,10*	1,08
F (MxA)	3,58	4,71*	9,62*
CV1 (%)	6,75	9,29	9,83
CV2 (%)	5,39	6,48	5,25

CV: coeficiente de variação; F: teste F. * significativo a 5% de probabilidade.

Os resultados da soma de bases apontam que o sistema de manejo plantio direto sem dessecação apresentou os maiores valores em todas as camadas, enquanto o gradagem apresentou os menores valores. Na camada 0,00-0,10 m

observou-se que o controle e escarificação do solo associados a adubação, e o aração + gradagem (sem adubação) foram superiores ao demais (Tabela 4.6).

Na camada de 0,10-0,20 a presença da adubação foi significativa somente para o controle, ao contrario do plantio direto + dessecação parcial que apresentou maior teor na média sem adubação fosfatada. Já na ultima camada os tratamentos controle, plantio direto sem dessecação, escarificação do solo e aração + gradagem (associados a adubação), e o plantio direto + dessecação parcial, plantio direto + dessecação total, e gradagem (sem adubação fosfatada), apresentaram os maiores valores.

Tabela 4.6 – Teores de soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação por bases em distintas profundidades do solo em função de estratégias de manejo para a introdução de estilozantes e adubação fosfatada na pastagem de *Urochloa decumbens*.

Adubação	Tratamentos						
	CB	PD	DP	DT	E	G	AG
----- SB (mmol _c dm ⁻³) -----							
0,00-0,10 m							
Sem P	17,50 Cb	24,40 A	17,20 C	22,00 A	19,20 Bb	18,80 B	15,65 Ca
Com P	22,25 Ba	24,15 A	17,45 D	20,00 C	21,90 Ba	18,65 D	13,60 Eb
0,10-0,20 m							
Sem P	13,25 Db	19,70 A	15,10 Ca	17,20 B	13,70 D	15,75 C	13,20 D
Com P	17,45 Ba	19,40 A	12,05 Db	15,90 B	14,80 C	14,15 C	13,30 D
0,20-0,40 m							
Sem P	13,25 Db	17,60 Ab	12,80 Da	14,25 Ca	13,25 Bb	14,85 C	13,05 Db
Com P	16,95 Ba	19,00 Aa	11,30 Db	10,90 Db	16,50 Ba	13,90 B	14,45 Da
----- CTC (mmol _c dm ⁻³) -----							
0,00-0,10 m							
Sem P	33,25 Bb	39,15 A	31,70 B	37,25 A	37,25 A	34,05 B	30,15 B
Com P	38,25 Aa	39,15 A	33,20 B	35,00 B	36,65 A	34,40 B	28,60 C
0,10-0,20 m							
Sem P	28,50 Bb	34,70 A	29,85 B	31,20 B	28,95 B	30,00 B	27,70 B
Com P	32,54 Aa	33,90 A	28,80 B	30,40 B	29,80 B	28,90 B	28,30 B
0,20-0,40 m							
Sem P	29,00 b	31,60	26,80	29,25 a	32,30 a	28,35	27,30
Com P	31,20 a	33,25	27,30	25,90 b	28,25 b	27,60	27,95
----- V% -----							
0,00-0,10 m							
Sem P	52,71 b	62,46	54,36	59,17	53,86 b	55,35	52,09 a
Com P	58,17 Aa	61,81 A	52,63 B	57,09 A	60,03 Aa	54,28 B	47,51 Cb
0,10-0,20 m							
Sem P	46,87 Bb	56,68 A	50,89 Ba	55,21 A	47,27 B	52,55 A	47,96 B
Com P	53,88 Aa	57,10 A	41,91 Cb	52,34 A	49,73 B	49,01 B	46,99 B
0,20-0,40 m							
Sem P	45,77 Bb	55,64 A	47,65 Ba	48,97 Ba	51,13 Aa	52,51 A	47,95 Bb
Com P	54,47 Aa	57,18 A	41,82 Db	42,06 Db	47,08 Cb	50,47 B	51,83 Ba

CB= controle *U. decumbens*; PD= plantio direto sem dessecação; DP= dessecação parcial; DT= dessecação total; E= escarificação do solo; G= gradagem; AG= aração + gradagem. Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Na soma de bases trocáveis (SB) a prevalência dos teores de cátions foi do Ca, seguido pelo Mg e K. Estes resultados corroboram com Fernandes (2006) ao dizer que em condições de solo com boa drenagem, os teores de Ca trocável predominam na soma de bases, vindo a seguir, em teores bem mais baixos, o Mg e depois o K. A presença da matéria orgânica (Tabela 4.3) aliada a taxa de infiltração (Tabela 2.4) contribuíram de forma positiva no aumento da SB quando comparado aos resultados obtidos por Rebonatti et al (2016) em estudos anos anteriores na mesma área.

Em relação a capacidade de troca de cátions, observou-se que na camada de 0,00-0,10 m os manejos plantio direto sem dessecação, plantio direto + dessecação total e escarificação do solo (sem adubação) foram superiores. E nos tratamentos associados a adubação o controle, plantio direto sem dessecação e escarificação do solo foram os que apresentaram os maiores valores. Quanto a presença da adubação fosfatada somente o controle apresentou significância (Tabela 4.6).

Na segunda camada os tratamentos correspondentes ao plantio direto sem dessecação e sem adubação, plantio direto sem dessecação e o controle, ambos associados a adubação foram estatisticamente superiores aos outros sistemas de manejo. A presença da adubação fosfatada foi significativa somente no tratamento controle. Enquanto na ultima camada, os resultados foram significativos somente quanto a presença da adubação, em que os tratamentos sem adubação em sistema de plantio direto + dessecação total, e escarificação do solo, e o controle associado a adubação, apresentaram as maiores médias (Tabela 4.6).

A capacidade de troca catiônica, por meio de suas cargas iônicas é responsável pela retenção dos nutrientes no solo, estimando assim a capacidade de armazenamento de nutrientes, e conseqüentemente potencial produtivo. Os cátions trocáveis em equilíbrio com a solução regula a disponibilidade de nutrientes para as plantas, uma vez que define os níveis de nutrientes que o solo pode comportar sem perdas excessivas por lixiviação e ao mesmo tempo orienta sobre intervalos ou frequência, em que adubações devem ser efetuadas. Solos com CTC elevada são solos que apresentam grande potencial de produção, uma vez que apresentam a capacidade de armazenar grande quantidade de nutrientes (HEINRICHES; SOARES FILHO, 2014).

Nas médias referentes a saturação por bases os resultados apontam que na primeira camada (0,00-0,10 m), houve diferença significativa somente entre os

sistemas de manejo associados a adubação fosfatada. O tratamento plantio direto sem dessecação apresentou o maior valor, enquanto o aração + gradagem foi o menor. Quanto ao fator adubação, os tratamentos controle e escarificação do solo associados a presença de fósforo, e o sistema de aração + gradagem sem adubação fosfatada foram superiores (Tabela 4.6).

Na segunda camada, os sistemas de manejo plantio direto sem dessecação, plantio direto + dessecação total, e gradagem apresentaram os maiores valores entre as médias dos tratamentos sem adubação fosfatada. Nos sistemas associados a adubação os maiores valores foram no controle, plantio direto sem dessecação, e plantio direto + dessecação total. Na presença da adubação fosfatada, o tratamento controle foi superior, assim como o plantio direto + dessecação parcial sem adubação (Tabela 4.6).

Por fim, na última camada entre sistemas de manejo sem adubação, o plantio direto sem dessecação, escarificação do solo e gradagem, foram superiores. Já nos tratamentos associados a adubação fosfatada o controle e sistema de plantio direto sem dessecação apresentaram os maiores valores. Quanto a presença da adubação fosfatada, os tratamentos controle e aração + gradagem foram superiores aos respectivos tratamentos sem adubação, e os tratamentos plantio direto + dessecação parcial, plantio direto + dessecação total e escarificação do solo foram superiores aos respectivos tratamentos com adubação fosfatada (Tabela 4.6). Os valores de saturação por bases que variaram de 41 a 50% podem ser considerados baixos, e o valores de 51 a 62% médios, estando dentro da faixa considerada adequada (RAIJ et al., 1996).

Estudos realizados por Rebonatti et al (2016) em anos anteriores na mesma área apresentaram valores soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação por bases inferiores aos desta pesquisa. Esses resultados podem ser associados ao aumento da matéria orgânica do solo e dos teores de cálcio e magnésio. Desta maneira, supõe-se que as diferentes estratégias de manejo para a introdução de estilosantes em pastagem de *U. decumbens* e adubação fosfatada, estão sendo eficientes ao longo dos anos, uma vez que os efeitos do manejo para recuperação dessas áreas são evidenciados a longo prazo.

5 CONCLUSÃO

Após quatro anos de instalação do experimento, pode-se concluir:

As estratégias de manejo do solo e a adubação fosfatada foram eficientes no processo de recuperação da área mantendo a matéria orgânica contribuindo para redução da resistência mecânica a penetração do solo.

Os teores de fósforo aumentaram em relação aos valores encontrados na implantação do experimento.

O sistema plantio direto sem dessecação apresentou os maiores teores de cálcio, magnésio, soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação por bases, comparado aos demais sistemas de manejo do solo.

6 REFÊRENCIAS

CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Resistência à penetração de um solo em recuperação sob sistemas agrosilvopastoris. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**. v.10. p.759- 764. 2006.

D. R. SANTOS; L. C. GATIBONI; J. KAMINSKI. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural, Santa Maria**. v.38, n.2, p.576-586. 2008.

FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 254-273 p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011.

HEINRICH, R.; SOARES FILHO, C. V. **Adubação e manejo de pastagens: II** Simpósio de adubação e manejo de pastagens. Birigui-SP: BOREAL, 2014. p. 7-8.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Organominerais**. 2.ed. Piracicaba, Degaspari, 2008. 160p.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 308-318.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo: Fundação IAC, 1996. p. 266 (Boletim técnico, 100).

REBONATTI, M. D. **Recuperação de pastagem com estilosantes campo grande e adubação fosfatada**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) – Campus Experimental de Dracena, Universidade Estadual Paulista, Dracena, 2015.

REBONATTI, M. D.; FABRICE, C. E.; SANTOS, J. M. F.; HEINRICH, R.; SOARES FILHO, C. V.; MOREIRA, A. Chemical Attributes of Soil and Forage Yield of Pasture Recovered with Phosphate Fertilization and Soil Management. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v. 47, n. 18, p. 2069–2076, 2016.

SCHAEFER, C. E. R.; SILVA, D. D.; PAIVA, K. W. N.; PRUSKI, F. F.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; ALBUQUERQUE, M. A. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 669-678, 2002.

TOMAZI, M. Estabilidade da matéria orgânica em Latossolos do cerrado sob sistemas de uso e manejo. 2008. 108 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; ANDRADE, N.de O. Forrageiras. In: **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas. Instituto Agrônomo e Fundação IAC. 1996. (Boletim técnico. 100) p. 263-273.

YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. Fósforo na Agricultura Brasileira. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 3., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Potafos, 2004. 359-396 p.