



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**Avaliação de sistemas de produção e aplicação
superficial de corretivos em plantio direto**

MATHEUS GUSTAVO DA SILVA

Engenheiro Agrônomo M.Sc.

Orientador: Prof.Dr. Orivaldo Arf

Co-orientador: Prof.Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia
– UNESP – Campus de Ilha Solteira, para
obtenção do título de Doutor em
Agronomia. Especialidade: Sistemas de
Produção

Ilha Solteira – SP

Julho de 2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

- S586a Silva, Matheus Gustavo da.
Avaliação de sistemas de produção e aplicação superficial de corretivos em plantio direto / Matheus Gustavo da Silva. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2009. 145 f.
- Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2009
- Orientador: Orivaldo Arf
Co-orientador: Carlos Alexandre Costa Crusciol
Bibliografia: p. 128-145
1. Movimentação de bases.
 2. Calagem dos solos.
 3. Rotação de cultivos.
 4. Silício.

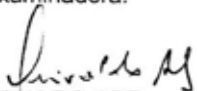
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Avaliação de sistemas de produção e aplicação superficial de corretivos em plantio direto

AUTOR: MATHEUS GUSTAVO DA SILVA

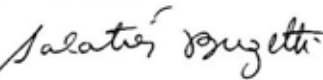
ORIENTADOR: Prof. Dr. ORIVALDO ARF

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em AGRONOMIA pela Comissão Examinadora:



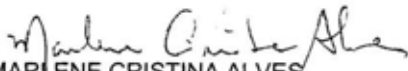
Prof. Dr. ORIVALDO ARF

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira




Profa. Dra. MARLENE CRISTINA ALVES

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. HEITOR CANTARELLA

Instituto Agronômico de Campinas / IAC



Prof. Dr. JOÃO KLUTHCOUSKI

Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão / EMBRAPA

Data da realização: 05 de janeiro de 2009. .

DEDICO

A Deus, pela vida e oportunidades!

Aos meus pais CLORISVALDO e MARIA INEZ,
aos quais devo muito do que sou hoje, pois são exemplos
de honestidade e competência.

Aos meus irmãos EDUARDO e ANA CLÁUDIA
pela ajuda direta e indireta em todos os aspectos da minha
vida.

Aos meus cunhados CARLOS e SIMONE sempre
muito atenciosos, incentivadores e prestativos.

À Sofia, um anjinho!

Aos meus demais familiares, que mesmo distantes,
sempre torcem pelo meu sucesso.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Orivaldo Arf, pela orientação, incentivo e amizade em todas as fases da minha vida profissional e pessoal. Eficiência e responsabilidade caminham juntas com ele.

Ao Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol, pela co-orientação, entusiasmo e visualização de novos horizontes.

Ao Prof. Dr. Rogério Peres Soratto, pela amizade desde os tempos de graduação em Ilha Solteira, um verdadeiro amigo de importância relevante em minha vida.

Aos Profs. Drs. Salatiér Buzetti e Marlene Cristina Alves, pelas excelentes sugestões ao longo dessa jornada.

Aos Pesquisadores Heitor Cantarella e João Kluthcouski pelas excelentes observações, que contribuíram fundamentalmente na lapidação deste trabalho.

À Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus de Ilha Solteira, pela disponibilização de áreas, laboratórios, entre tantas coisas.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro, concedido por meio de bolsa de estudo e reserva técnica.

Aos Professores Drs. Marco Eustáquio de Sá, Marcelo Andreotti, Edson Lazarini, Morel Passos e Carvalho, Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues, Marlene Cristina Alves, Salatiér Buzetti, Enes Furlani Jr., pela paciência e auxílio nas diversas análises realizadas neste trabalho.

Ao Engenheiro Agrônomo Thiago Longhi Adorno, fundamental em todas as etapas do meu Doutorado, sempre presente e muito solícito. Um amigo.

Aos técnicos e funcionários dos Laboratórios de Física do Solo, Fertilidade do Solo e Fazenda de Ensino e Pesquisa, em especial Jean, Valdivino, Carlinhos, João e Alexandre.

Ao eterno amigo FERNANDO MANOEL TOBAL (in memoriam).

Aos amigos Ana Luisa Ferrari, Pablo R. B. Flozi, Camila Mantello e respectivas famílias, pelo carinho com que sempre me trataram, sempre me incentivando, apoiando nos momentos mais difíceis desta empreitada. Estima imensurável!

Aos já antigos meio-irmãos da República Tcheca, Fernando “Poty”, Carlos “Vassoura”, Eduardo “Espigão” e Rômulo “Perereca”, pela amizade contínua desde os tempos de graduação.

Aos amigos do curso de pós-graduação da UNESP Campus de Ilha Solteira e de Botucatu, em especial Julio Gramps, Inocêncio Zigas e Marco Zizou, pela boa convivência em minha estada em Botucatu.

Aos inúmeros amigos que tenho em Ilha Solteira, em especial aos brothers Glauber Crow, Filipe Frank e Alex Lekonis.

Aos novos amigos que fiz em Nova Xavantina.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	22
2. OBJETIVOS	25
3. REVISÃO DE LITERATURA	26
4. MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1. Localização e caracterização climática da área experimental	40
4.2. Caracterização química do solo e histórico da área experimental	45
4.3. Delineamento experimental e tratamentos	45
4.3.1. Corretivos do solo	46
4.3.2. Sucessões de culturas	46
4.3.2.1. Sucessão “safra - forrageira”	46
4.3.2.2. Sucessão “safra - safrinha”	47
4.3.2.3. Sucessão “safra - pousio”	47
4.3.2.4. Sucessão “safra - adubo verde”	47
4.3.3. Culturas de verão	48
4.3.3.1. Milho	48
4.3.3.1.1. Produção de matéria seca	48
4.3.3.1.2. Produtividade de grãos	49
4.3.3.2. Soja	49
4.3.3.2.1. Produção da matéria seca	49
4.3.3.2.2. Produtividade de grãos	49
4.3.3.3. Arroz	50
4.3.3.3.1. Produção de matéria seca	50
4.3.3.3.2. Produtividade de grãos	50
4.3.4. Culturas de outono / inverno	50
4.3.4.1. Feijão	51
4.3.4.1.1. Produção de matéria seca	52

4.3.4.1.2. Produtividade de grãos.....	52
4.3.4.2. Triticale	52
4.3.4.2.1. Produção de matéria seca	52

4.3.4.2.2. Produtividade de grãos.....	52
4.3.5. Culturas de cobertura.....	53
4.3.5.1. Guandu.....	53
4.3.5.1.1. Produção de matéria seca.....	53
4.3.5.2. Milheto.....	53
4.3.5.2.1. Milheto na sucessão safra - safrinha.....	54
4.3.5.2.2. Milheto na sucessão safra - adubo verde.....	54
4.3.5.2.3. Produção de matéria seca.....	54
4.3.5.3. Braquiária.....	54
4.3.5.3.1. Produção de matéria seca.....	55
4.4. Amostragens de solo e avaliações gerais.....	56
4.4.1. Características químicas do solo.....	56
4.4.2. Características físicas do solo.....	56
4.4.2.1. Densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total.....	56
4.4.2.2. Resistência do solo à penetração.....	57
4.4.2.3. Taxa constante de infiltração de água no solo.....	57
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
5.1. Área de sequeiro.....	58
5.1.1. Características físicas do solo.....	58
5.1.2. Características químicas do solo.....	67
5.1.2.1. 18 meses após a aplicação dos corretivos.....	68
5.1.2.2. 34 meses após a aplicação dos corretivos.....	75
5.1.3. Desempenho da cultura do milho.....	80
5.1.4. Desempenho da cultura da soja.....	81
5.1.5. Desempenho da cultura do arroz de terras altas.....	83
5.1.6. Desempenho da cultura do feijão comum.....	85
5.1.7. Desempenho da cultura do triticale.....	86
5.1.8. Desempenho da braquiária.....	87
5.1.9. Desempenho do guandu.....	89
5.1.10. Desempenho do milheto.....	90
5.2. Área irrigada.....	93
5.2.1. Características físicas do solo.....	93

5.2.2. Características químicas do solo.....	100
5.2.2.1. 18 meses após a aplicação dos corretivos.....	100
5.2.2.2. 34 meses após a aplicação dos corretivos.....	108
5.2.3. Desempenho da cultura do milho	113
5.2.4. Desempenho da cultura da soja	114
5.2.5. Desempenho da cultura do arroz de terras altas	116
5.2.6. Desempenho da cultura do feijão comum.....	117
5.2.7. Desempenho da cultura do triticale	119
5.2.8. Desempenho da braquiária	120
5.2.9. Desempenho do guandu	122
5.2.10. Desempenho do milheto	123
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	125
7. CONCLUSÕES	127
8. REFERÊNCIAS	128
<u>Lista de Tabelas</u>	9
<u>Lista de Figuras</u>.....	17
<u>Resumo</u> 18	
<u>Abstract</u> 20	
<u>1. INTRODUÇÃO</u>.....	22
<u>2. OBJETIVOS</u>.....	25
<u>3. REVISÃO DE LITERATURA</u>	26
<u>4. MATERIAL E MÉTODOS</u>	40
<u>4.1. Localização e caracterização climática da área experimental</u>	40
<u>4.2. Caracterização química do solo e histórico da área experimental</u>	45
<u>4.3. Delineamento experimental e tratamentos</u>	45
<u>4.3.1. Corretivos do solo</u>.....	46

<u>4.3.2. Sucessões de culturas</u>	46
<u>4.3.2.1. Sucessão “safra - forrageira”</u>	46
<u>4.3.2.2. Sucessão “safra - safrinha”</u>	47
<u>4.3.2.3. Sucessão “safra - pousio”</u>	47
<u>4.3.2.4. Sucessão “safra - adubo verde”</u>	47
<u>4.3.3. Culturas de verão</u>	48
<u>4.3.3.1. Milho</u> 48	
<u>4.3.3.1.1. Produção de matéria seca</u>	48
<u>4.3.3.1.2. Produtividade de grãos</u>	49
<u>4.3.3.2. Soja</u> 49	
<u>4.3.3.2.1. Produção da matéria seca</u>	49
<u>4.3.3.2.2. Produtividade de grãos</u>	49
<u>4.3.3.3. Arroz</u> 50	
<u>4.3.3.3.1. Produção de matéria seca</u>	50
<u>4.3.3.3.2. Produtividade de grãos</u>	50
<u>4.3.4. Culturas de outono / inverno</u>	50
<u>4.3.4.1. Feijão</u> 51	
<u>4.3.4.1.1. Produção de matéria seca</u>	52
<u>4.3.4.1.2. Produtividade de grãos</u>	52
<u>4.3.4.2. Triticale</u> 52	
<u>4.3.4.2.1. Produção de matéria seca</u>	52
<u>4.3.4.2.2. Produtividade de grãos</u>	52
<u>4.3.5. Culturas de cobertura</u>	53
<u>4.3.5.1. Guandu</u> 53	
<u>4.3.5.1.1. Produção de matéria seca</u>	53
<u>4.3.5.2. Milheto</u> 53	
<u>4.3.5.2.1. Milheto na sucessão safra - safrinha</u>	54
<u>4.3.5.2.2. Milheto na sucessão safra - adubo verde</u>	54
<u>4.3.5.2.3. Produção de matéria seca</u>	54
<u>4.3.5.3. Braquiária</u>	54
<u>4.3.5.3.1. Produção de matéria seca</u>	55
<u>4.4. Amostragens de solo e avaliações gerais</u>	56
<u>4.4.1. Características químicas do solo</u>	56

4.4.2. <u>Características físicas do solo</u>	56
4.4.2.1. <u>Densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total</u>	56
4.4.2.2. <u>Resistência do solo à penetração</u>	57
4.4.2.3. <u>Taxa constante de infiltração de água no solo</u>	57
5. <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	58
5.1. <u>Área de sequeiro</u>	58
5.1.1. <u>Características físicas do solo</u>	58
5.1.2. <u>Características químicas do solo</u>	67
5.1.2.1. <u>18 meses após a aplicação dos corretivos</u>	67
5.1.2.2. <u>34 meses após a aplicação dos corretivos</u>	74
5.1.3. <u>Desempenho da cultura do milho</u>	78
5.1.4. <u>Desempenho da cultura da soja</u>	80
5.1.5. <u>Desempenho da cultura do arroz de terras altas</u>	81
5.1.6. <u>Desempenho da cultura do feijão comum</u>	83
5.1.7. <u>Desempenho da cultura do triticale</u>	84
5.1.8. <u>Desempenho da braquiária</u>	85
5.1.9. <u>Desempenho do guandu</u>	87
5.1.10. <u>Desempenho do milheto</u>	88
5.2. <u>Área irrigada</u>	90
5.2.1. <u>Características físicas do solo</u>	90
5.2.2. <u>Características químicas do solo</u>	97
5.2.2.1. <u>18 meses após a aplicação dos corretivos</u>	97
5.2.2.2. <u>34 meses após a aplicação dos corretivos</u>	105
5.2.3. <u>Desempenho da cultura do milho</u>	109
5.2.4. <u>Desempenho da cultura da soja</u>	110
5.2.5. <u>Desempenho da cultura do arroz de terras altas</u>	112
5.2.6. <u>Desempenho da cultura do feijão comum</u>	113
5.2.7. <u>Desempenho da cultura do triticale</u>	115
5.2.8. <u>Desempenho da braquiária</u>	115
5.2.9. <u>Desempenho do guandu</u>	117
5.2.10. <u>Desempenho do milheto</u>	119
6. <u>CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	120

<u>7.</u>	<u>CONCLUSÕES</u>	122
<u>8.</u>	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS(deletar Bibliograficas)</u>	122

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Valores médios de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, no perfil de solo, em área de sequeiro, antes da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2004).	60
Tabela 2 - Valores de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, na camada de solo de 0-0,05 m, em área de sequeiro, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).	61
Tabela 3 - Valores de macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, na camada de solo de 0,05-0,10 m, em área de sequeiro, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).	61
Tabela 4 - Valores de macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, na camada de solo de 0,10-0,20 m, em área de sequeiro, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).	62
Tabela 5 - Valores de macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, na camada de solo de 0,20-0,40 m, em área de sequeiro, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).	62
Tabela 6 - Valores de pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0-0,05 m, em área de sequeiro, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2006).	71
Tabela 7 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente a K ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), na camada de solo de 0-0,05 m, em área de sequeiro, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).	72
Tabela 8 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente a Ca ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), na camada de solo de 0-0,05 m, em área de sequeiro, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).	72

Tabela 9 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente a Si (g kg^{-1}), na camada de solo de 0-0,05 m, em área de sequeiro, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).....	72
Tabela 10 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente à saturação por bases ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), na camada de solo de 0-0,05 m, em área de sequeiro, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).....	72
Tabela 11 - Valores de pH em CaCl_2 0,01 mol L^{-1} , matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0,05-0,10 m, em área de sequeiro, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2006).	73
Tabela 12 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente a Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), na camada de solo de 0,05-0,10 m, em área de sequeiro, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).	73
Tabela 13 - Valores de pH em CaCl_2 0,01 mol L^{-1} , matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0,10-0,20 m, em área de sequeiro, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2006).	74
Tabela 14 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente a Si (g kg^{-1}), na camada de solo de 0,10-0,20 m, em área de sequeiro, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).....	74
Tabela 15 - Valores de pH em CaCl_2 0,01 mol L^{-1} , matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0,20-0,40 m, em área de sequeiro, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2006).	75
Tabela 16 - Valores de pH em CaCl_2 0,01 mol L^{-1} , matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}), e saturação por bases, na camada de solo de 0-0,05 m, em área de sequeiro, 34 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2007).	78
Tabela 17 - Valores de pH em CaCl_2 0,01 mol L^{-1} , matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}), e saturação por bases, na camada de solo de 0,05-0,10 m, em área de sequeiro, 34 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2007).	78

Tabela 18 - Valores de pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}), e saturação por bases, na camada de solo de 0,10-0,20 m, em área de sequeiro, 34 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2007).	79
Tabela 19 - Valores de pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}), e saturação por bases, na camada de solo de 0,20-0,40 m, em área de sequeiro, 34 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2007).	79
Tabela 20 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos da cultura da cultura do milho, em área de sequeiro, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2004/2005).....	81
Tabela 21 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos da cultura da soja, em área de sequeiro, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2005/2006).....	83
Tabela 22 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos da cultura do arroz, em área de sequeiro, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2006/2007).....	84
Tabela 23 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos da cultura do feijão, em área de sequeiro (1º ano de experimentação), após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2005).....	86
Tabela 24 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos da cultura do feijão, em área de sequeiro (3º ano de experimentação), após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2007).....	86
Tabela 25 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos para a cultura do triticales, em área de sequeiro, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).....	87
Tabela 26 - Produção de matéria seca (três cortes) para a cultura da <i>Brachiaria brizantha</i> semeada nas entrelinhas do milho (sucessão safra - forrageira), em área de sequeiro, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2005).....	88
Tabela 27 - Produção de matéria seca (um corte) para a cultura da <i>Brachiaria brizantha</i> semeada em sobressemeadura da soja (sucessão safra - forrageira), em área de sequeiro, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).	88

Tabela 28 - Produção de matéria seca (três cortes) para a cultura da <i>Brachiaria brizantha</i> semeada em conjunto com a cultura do arroz (Sistema Santa Fé - sucessão safra - forrageira), em área de sequeiro, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2007).	88
Tabela 29 - Produção de matéria seca (dois cortes) para a cultura do guandu, em área de sequeiro (1º ano de experimentação), após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2005).	90
Tabela 30 - Produção de matéria seca (1 corte) para a cultura do guandu, em área de sequeiro (3º ano de experimentação), após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2007).	90
Tabela 31 - Produção de matéria seca para a cultura do milho (1º ano - sucessão safra - safrinha), em área de sequeiro, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2005).	91
Tabela 32 - Produção de matéria seca para a cultura do milho (2º ano - sucessão safra - safrinha), em área de sequeiro, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).	91
Tabela 33 - Produção de matéria seca para a cultura do milho (sucessão safra - adubo verde), em área de sequeiro, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).	92
Tabela 34 - Valores medos de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, no perfil de solo, em área irrigada por aspersão, antes da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2004).	94
Tabela 35 - Valores de macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, na camada de solo de 0-0,05 m, em área irrigada por aspersão, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).	94
Tabela 36 - Valores de macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, na camada de solo de 0,05-0,10 m, em área irrigada por aspersão, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).	95

Tabela 37 - Valores de macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, na camada de solo de 0,10-0,20 m, em área irrigada por aspersão, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).	95
Tabela 38 - Valores de macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, na camada de solo de 0,20-0,40 m, em área irrigada por aspersão, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).	96
Tabela 39 - Valores de pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0-0,05 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2006).....	104
Tabela 40 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente a Ca, na camada de solo de 0 - 0,05 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).....	105
Tabela 41 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente a Mg, na camada de solo de 0 - 0,05 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).....	105
Tabela 42 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente à saturação por bases, na camada de solo de 0 - 0,05 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).....	105
Tabela 43 - Valores de pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0,05-0,10 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2006).....	106
Tabela 44 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente a pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, na camada de solo de 0,05-0,10 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).....	106
Tabela 45 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente à Ca, na camada de solo de 0,05-0,10 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).	106

Tabela 46 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente à saturação por bases, na camada de solo de 0,05-0,10 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).....	107
Tabela 47 - Valores de pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0,10-0,20 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2006).....	107
Tabela 48 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente a Si, na camada de solo de 0,10-0,20 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).....	107
Tabela 49 - Valores de pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0,20-0,40 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2006).....	108
Tabela 50 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente a Si, na camada de solo de 0,20-0,40 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).....	108
Tabela 51 - Valores de pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0 - 0,05 m, em área irrigada por aspersão, 34 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2007).....	111
Tabela 52 - Valores de pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0,05 - 0,10 m, em área irrigada por aspersão, 34 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2007).	112
Tabela 53 - Valores de pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0,10 - 0,20 m, em área irrigada por aspersão, 34 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2007).	112
Tabela 54 - Valores de pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0,20 - 0,40 m, em área irrigada por aspersão, 34 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2007).	113

Tabela 55 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos da cultura do milho, em área irrigada por aspersão, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2004/2005).....	114
Tabela 56 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos da cultura da soja, em área irrigada por aspersão, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2005/2006).....	116
Tabela 57 - Produção de matéria seca e produtividade do arroz, em área irrigada por aspersão, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2006/2007).....	117
Tabela 58 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos da cultura do feijão, em área irrigada por aspersão (1º ano de experimentação), após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2005).....	118
Tabela 59 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos da cultura do feijão, em área irrigada por aspersão (3º ano de experimentação), após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2007).....	119
Tabela 60 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos para a cultura do triticale, em área irrigada por aspersão, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).....	119
Tabela 61 - Produção de matéria seca (4 cortes) da cultura da <i>Brachiaria brizantha</i> semeada nas entrelinhas do milho (sucessão safra - forrageira), em área irrigada por aspersão, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2005)....	121
Tabela 62 - Produção de matéria seca (2 cortes) da cultura da <i>Brachiaria brizantha</i> semeada em sobressemeadura da soja (sucessão safra - forrageira), em área irrigada por aspersão, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006)....	121
Tabela 63 - Produção de matéria seca (2 cortes) da cultura da <i>Brachiaria brizantha</i> , semeada em conjunto com a cultura do arroz (Sistema Santa Fé - sucessão safra - forrageira), em área irrigada por aspersão, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2007).	121
Tabela 64 - Produção de matéria seca (2 cortes) da cultura do guandu, em área irrigada por aspersão (1º ano de experimentação), após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2005).	122
Tabela 65 - Produção de matéria seca (1 corte) da cultura do guandu, em área irrigada por aspersão (3º ano de experimentação), após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2007).	123

Tabela 66 - Produção de matéria seca da cultura do milho (1º ano - sucessão safra - safrinha), em área irrigada por aspersão, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2005).	124
Tabela 67 - Produção de matéria seca da cultura do milho (2º ano - sucessão safra - safrinha), em área irrigada por aspersão, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).	124
Tabela 68 - Produção de matéria seca da cultura do milho (sucessão safra - adubo verde), em área irrigada por aspersão, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).	124

Lista de Figuras

Figura 1 - Temperaturas máximas, mínimas e precipitação média entre novembro de 2004 e novembro de 2005. Selvíria, MS (2009).....	41
Figura 2 - Temperaturas máximas, mínimas e precipitação média entre novembro de 2005 e novembro de 2006. Selvíria, MS (2009).....	42
Figura 3 - Temperaturas máximas, mínimas e precipitação média entre novembro de 2006 e novembro de 2007. Selvíria, MS (2009).....	43
Figura 4 - Balanço hídrico climatológico de Ilha Solteira durante a condução do experimento. Selvíria, MS (2009).....	44
Figura 5 - Resistência do solo à penetração e sua umidade, em área de sequeiro, em função das subparcelas onde foram instaladas posteriormente às sucessões indicadas. Selvíria, MS (2004).....	64
Figura 6 - Resistência do solo à penetração e sua umidade, em área de sequeiro, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).	64
Figura 7 - Taxa média de infiltração de água no solo, em área de sequeiro, em função das subparcelas onde foram instaladas posteriormente às sucessões indicadas. Selvíria, MS (2004).....	66
Figura 8 - Taxa média de infiltração de água no solo, em área de sequeiro, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).	67
Figura 9 - Resistência do solo à penetração e sua umidade, em área irrigada por aspersão, em função das subparcelas onde foram instaladas posteriormente às sucessões indicadas. Selvíria, MS (2004).....	97
Figura 10 - Resistência do solo à penetração e sua umidade, em área irrigada por aspersão, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).....	98
Figura 11 - Taxa média de infiltração de água no solo, em área irrigada por aspersão, em função das subparcelas onde foram instaladas posteriormente às sucessões indicadas. Selvíria, MS (2004).....	99
Figura 12 - Taxa média de infiltração de água no solo, em área irrigada por aspersão, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).	100

Avaliação de sistemas de produção e aplicação superficial de corretivos em plantio direto

Resumo

O SPD é uma prática conservacionista que preconiza o não revolvimento do solo, sua cobertura por matéria seca e rotação de culturas. Depois de instalado, inicia-se um contínuo acúmulo de matéria seca e fertilizantes na superfície do solo, acelerando seu processo de acidificação, afetando diretamente o desenvolvimento das culturas, fazendo-se necessária a correção de sua acidez. Em SPD, a aplicação de materiais corretivos é realizada superficialmente sem prévia incorporação, muitas vezes reduzindo sua eficácia, que pode ser facilitada utilizando-se produtos com maior solubilidade aliados à rotação de culturas. Assim, os experimentos (área de sequeiro e área irrigada por aspersão) foram desenvolvidos na mesma área experimental da UNESP - Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria (MS), de 2004 a 2007, em um Latossolo Vermelho de cerrado, objetivando avaliar os efeitos da aplicação de corretivos de acidez, em SPD já estabelecido, em conjunto com diferentes sucessões de culturas, ao longo de três anos, sobre as características físicas, movimentação de bases, correção da acidez do solo, bem como as alterações proporcionadas na produtividade das culturas, em região de inverno seco, sob condições de sequeiro e irrigação por aspersão. As parcelas foram constituídas por três modalidades de correção (I - Calcário dolomítico; II - Silicato; III - Sem correção) e as subparcelas por quatro sucessões de culturas (I. milho + braquiária - soja + braquiária - arroz + braquiária; II. milho - feijão - milho - soja - triticale - milho - arroz - feijão; III. milho - pousio - soja - pousio - arroz - pousio; IV. milho - guandu - soja - milho - arroz - guandu). Para efeito de análise em blocos casualizados com parcelas subdivididas foram considerados ambos os fatores (modalidades de correção do solo e sucessões de culturas). Para análise em blocos casualizados, foram considerados como tratamentos apenas as modalidades de correção. Para todas as culturas de verão, o delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas e quatro repetições. Já para as culturas de outono, inverno e primavera, o delineamento seguido foi em blocos casualizados, com oito repetições. Desta maneira a semeadura das culturas de verão foi realizada nos meses de novembro de 2004, 2005 e 2006; já as culturas de outono/inverno foram semeadas em abril/maio. A adubação levou em conta as características químicas do solo e as exigências médias de cada cultura. Foram realizadas avaliações de produção de matéria seca e produtividade de cada uma das culturas. Foi realizada prévia caracterização física antes da instalação e após o término do experimento. Antes da instalação do experimento, foi realizada a caracterização química geral do solo da área experimental (0-

0,20 m). Após 6, 18 e 34 meses após a aplicação dos corretivos, foram realizadas caracterizações químicas nas profundidades de 0-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m. Assim, as características físicas do solo indicam que ambas as áreas (sequeiro e irrigada) são homogêneas desse ponto de vista, mesmo após três anos de experimentação. Para a região de Ilha Solteira, não se recomenda o cultivo em safrinha e na época de inverno, sem a utilização de irrigação suplementar, dada a grande possibilidade de estresse hídrico decorrente de veranicos. Após 34 meses, a aplicação de corretivos superficialmente ou a adoção de diferentes sucessões de culturas não modifica a porosidade do solo (macroporosidade e microporosidade), bem como densidade do solo, resistência do solo à penetração e taxa de infiltração de água no solo. Após 18 meses da aplicação superficial de calcário dolomítico e de silicato em SPD conclui-se que ambos são eficientes na correção da acidez na camada superficial (0-0,05m), com seus efeitos se estendendo até a profundidade de 0,10-0,20m, após 34 meses. Em área de sequeiro, os teores de Ca na profundidade de 0,05-0,10m são elevados após 18 meses da aplicação dos corretivos. Já em área irrigada esse incremento é observado até a profundidade de 0,10-0,20m, permanecendo assim até 34 meses após aplicação; Em solos com bons níveis de fertilidade, a aplicação dos corretivos não altera a produtividade das culturas de verão (milho, soja e arroz), tanto em área de sequeiro, como em área irrigada; Em área de sequeiro, feijão e tritcale respondem à aplicação do silicato de cálcio e magnésio. Já em área irrigada, a produtividade das mesmas é incrementada mediante utilização de ambos os corretivos; De modo geral, o milheto responde à aplicação dos corretivos, diferentemente do feijão guandu;

Termos para indexação: Latossolo Vermelho, fertilidade do solo, sucessão de culturas, calcário dolomítico, silicato de Ca e Mg, lixiviação de íons.

Production systems and superficial lime application in no tillage system

Abstract

No tillage system is a vegetative conservationist practice that advocates the non-revolving soil, its dry matter coverage and crop rotation. After installed, starts a continuous dry matter and fertilizers accumulation in soil surface, accelerating acidity process, directly affecting crop development, making necessary acidity correction. In no-tillage system, liming materials application is made superficially without previous incorporation, sometimes reducing your effectiveness, which can be facilitated using products with more solubility allies crop rotation. Thus, the experiments (rainfed and sprinkler-irrigated area) were carried out in a UNESP - Ilha Solteira Campus experimental area, in Selvíria county, from 2004 to 2007, on a Red Latosol (Typic Haplustox) of Brazilian Savann Haplorthox, aiming to evaluate lime surface application effects, in a established no-tillage system, with crop succession combination, beyond three years, on physical properties, cations movement, soil acidity correction, and crop productivity, in a dry winter region, under rainfed and sprinkler-irrigated condition. Plots were composed by three liming modalities (I - dolomitic lime; II - calcium and magnesium silicate; III - control - no lime) and subplots composed by four crop successions (I - Corn + *Brachiaria brizantha* / Soybean + *Brachiaria brizantha* / Rice + *Brachiaria brizantha*; II - Corn / Common Bean / Millet / Soybean / Triticale / Millet / Rice / Common Bean; III - Corn / Fallow / Soybean / Fallow / Rice / Fallow; IV - Corn / Pigeon pea / Soybean / Millet / Rice / Pigeon pea). For the randomized complete block design, in a split-plot scheme analysis was considerate both factors (liming modalities and crop succession). For the randomized complete block design analysis was considered as a treatment only the liming modalities. For the summer crops, it was used a randomized complete block design, in a split-plot scheme, and four replications. For the autumn, winter and spring crops, it was used a randomized complete block design, with eight replications. This way, summer crops was sowing in 2004, 2005 and 2006 November; autumn/winter crops were sowing in 2005, 2006 and 2007 April/May. A basic fertilizer rate were applies in the sowing rows according to the soil analysis and crops recommendations. The following variables were evaluated: full-flowering shoot dry matter yields and crop productivity for each ones. It was made a previous physical characterization before the experiment installation and after his finish. Before the experiment installation, it was made a complete soil chemical characterization in an experimental area (0-0.20m). After 6, 18 and 34 months after the lime application, soil chemical characterizations were performed at depths of 0-0.05m, 0.05-0.10m, 0.10-0.20m and

0.20-0.40m. Thus, soil physical properties indicate that both areas (rainfed and sprinkler-irrigated) are homogeneous at this point of view, even after 3 years of experimentation. For the Ilha Solteira region even safrinha and winter cultivation is not recommended, without supplemental irrigation, because there's a great possibility of water stress caused by dry water spells. After 34 months, surface limes application or crop succession adoption does not modify soil porosity (macro and micro), soil bulk density, penetration soil resistance and soil water infiltration rates. After 18 months of dolomitic lime and calcium and magnesium silicate surface application in no-tillage system it conclude that both are effective in liming the surface layer acidity (0-0.05m), with effects extending up at depth of 0.10-0.20m, after 34 months. In rainfed area, Ca contents at depth of 0.05-0.10m layer are high after 18 months of limes apply. This increase in sprinkler-irrigated area is observed in 0.10-0.20m layer yet, and remained after 34 months; In soils with high fertility rates, liming application does not modify the summer crops productivity (corn, soybean and rice), both in rainfed area, as in sprinkler-irrigated area; In rainfed area, common bean and triticale respond to calcium and magnesium silicate application. Already in sprinkler-irrigated area, both productivity is enhanced by both limes; generally, millet responds to liming application, unlike pigeon pea;

Index terms: Haplorthox, soil fertility, crop succession, dolomitic lime, Ca and Mg silicate, ion leaching.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos 10 anos o Sistema Plantio Direto (SPD) tem sido um dos responsáveis pelo significativo aumento da produtividade e a continuidade da exploração agrícola dos solos brasileiros. Para sua implantação e condução de forma sustentável, é indispensável a rotação de culturas de forma a proporcionar a manutenção permanente de uma quantidade mínima de matéria seca na superfície do solo, a qual é função do tipo de resíduo, grau de trituração, quantidade, composição química (principalmente a relação C/N) e grau de contato com o solo.

De fato, a maior limitação para a sustentabilidade do SPD na grande maioria do território do Estado de São Paulo e na maior parte do Brasil Central é a baixa produção de matéria seca no período de outono/inverno e inverno/primavera, tanto das espécies utilizadas para adubação verde e cobertura do solo, como das culturas graníferas, em razão das condições climáticas desfavoráveis, notadamente baixa disponibilidade hídrica, caracterizando essas regiões como de inverno seco. Assim, devido à rápida decomposição da matéria seca de leguminosas como a soja e o feijão, principalmente em cultivos de verão, e a alta probabilidade de insucesso das culturas de safrinha, muitas áreas, nessas regiões, ficam ociosas durante sete meses do ano, com quantidades ínfimas de matéria seca, comprometendo a viabilidade e sustentabilidade do SPD. Para minimizar este problema alguns agricultores na região Centro-Oeste iniciaram o cultivo consorciado de culturas como o milho, a soja, o arroz, o feijão e o sorgo, com plantas forrageiras, notadamente a *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum*, semeadas concomitantemente ou quando as culturas graníferas já estão com algum desenvolvimento, favorecendo a produção de matéria seca e, por conseguinte, proteção do solo.

A proteção da superfície do solo é especialmente importante para a manutenção das características físicas e a atividade de microrganismos, que promovem a liberação de determinados elementos, como o nitrogênio e fósforo, contribuindo para a absorção destes nutrientes pelo sistema radicular das plantas. Por outro lado, o não revolvimento do solo no SPD e o consequente acúmulo de matéria seca e fertilizantes na superfície aceleram o

processo de acidificação. Assim como ocorre em sistemas de preparo do solo convencionais, no qual é o revolvimento do solo mediante uso de arados e grades, existe necessidade de restabelecimento da fertilidade do solo, sendo primordial a aplicação de materiais corretivos da acidez, bem como de fertilizantes.

A aplicação de corretivos é uma prática usual e essencial para a garantia do sucesso da produtividade das culturas, tendo como benefício a neutralização da acidez do solo, o fornecimento de cálcio e magnésio e a redução da toxidez de alumínio, proporcionando máxima disponibilidade relativa de nutrientes,

Quando aplicados no solo, a reação dos corretivos de modo geral é restrita a uma pequena distância do local da aplicação, assim, o benefício máximo é obtido com a aplicação antecipada, distribuição uniforme e maior profundidade de incorporação. Contudo, a técnica tradicional de correção de acidez, mediante incorporação de calcário ao solo com aração e gradagem, se contrapõe aos fundamentos do SPD, podendo interferir negativamente nos benefícios proporcionados pela ausência de preparo do solo. Dessa forma, no SPD, a aplicação de corretivos tem sido realizada mediante a aplicação do calcário na superfície do solo, sem incorporação. Porém, esse método de aplicação de corretivos, ainda é bastante questionado, pois se sabe que o calcário é um produto que apresenta baixa solubilidade em água e baixa reatividade, o que teoricamente dificultaria sua reação.

Outro problema relacionado à aplicação de calcário em superfície, em SPD, é a correção da acidez do subsolo, que limita, em muitos casos, o crescimento radicular e conseqüentemente a absorção de água e nutrientes pelas culturas, pois a aplicação de corretivos dificilmente corrige a acidez e a deficiência de cálcio em subsuperfície. Além disso, sabe-se que há movimentação do cálcio no perfil do solo auxiliado pelos ânions resultantes da reação de corretivos ou da decomposição da matéria seca, ou seja, os ácidos orgânicos e os íons SO_4^{-2} e NO_3^- , que ligados ao cálcio fazem com que seja levado nas camadas subsuperficiais. Mas a intensidade com que o fenômeno ocorre, assim como suas condicionantes, não são bem conhecidas. Provavelmente, os mecanismos que levam o cálcio para a subsuperfície dos solos devem estar ligados aos tipos de matéria seca das plantas que são utilizadas em SPD, levando assim a diferentes resultados.

No Brasil, o material mais utilizado como corretivo de acidez do solo é o calcário. No entanto, os silicatos provenientes das escórias de aciaria são materiais que se comportam de forma semelhante aos calcários, podendo ser utilizados como corretivo, pois além de promoverem elevação do pH, dos teores de cálcio e de magnésio trocável, da disponibilidade de fósforo, e redução de toxidez de ferro, manganês e alumínio, são fontes de silício para as

plantas. De fato, o silício tem proporcionando efeitos benéficos para algumas culturas, principalmente gramíneas, em especial o arroz. A utilização desses materiais no SPD, aliada a rotação de culturas viável, pode ser uma alternativa interessante no processo de correção de acidez do solo, visto que, algumas escórias apresentam maior solubilidade que o calcário, promovendo, dessa forma, efeito corretivo em profundidade e em menor tempo.

2. OBJETIVOS

Avaliar os efeitos da aplicação de corretivos de acidez, em SPD já estabelecido, em conjunto com a adoção de diferentes sucessões de culturas, ao longo de três anos, sobre as características físicas, movimentação de bases, correção da acidez do solo, bem como as alterações proporcionadas na produtividade das culturas, em região de inverno seco, em condição de sequeiro e de irrigação por aspersão.

3. REVISÃO DE LITERATURA

A correção da acidez de um solo pode ser realizada pela simples aplicação de corretivos de acidez, tal quais os calcários, elevando seu pH, que é uma medida direta de acidez do solo. Sabe-se que o pH médio dos solos de Cerrado está em torno de 5,0 (LOPES, 1983) e que para as culturas de soja, feijão, milho e trigo o ideal seriam valores próximos a 6,0 (FAGERIA; ZIMMERMANN, 1998), e, portanto, é necessária a correção dos solos da região dos Cerrados. Assim, a aplicação de corretivos é prática usual na correção da acidez do solo e quando realizada de modo adequado, além do pH, eleva a saturação por bases do solo, além de fornecer Ca e Mg, reduzindo possíveis teores de Al e Mn tóxicos. A elevação do pH tem influência direta na redução da toxidez de Al, podendo alterar positivamente a disponibilidade de nutrientes para as plantas (AZEVEDO et al., 1996, MIRANDA; MIRANDA, 2000).

Normalmente a aplicação de corretivos é realizada de forma antecipada à semeadura das culturas, havendo prévia incorporação com auxílio de grades e/ou arados, para que sua eficiência seja maior essa variável de acordo com a tecnologia do produtor, contrapondo os conceitos do sistema plantio direto (SPD), o qual é uma das melhores alternativas para a manutenção da sustentabilidade dos recursos naturais, na utilização agrícola dos solos tropicais e subtropicais. Dentro desse sistema, a não movimentação do solo promove modificações químicas no solo em função do acúmulo de matéria seca, corretivos e fertilizantes na sua superfície, ocorrendo de forma gradual e progressiva, a partir da superfície do solo, afetando tanto a disponibilidade de nutrientes quanto o processo de acidificação do solo (SIDIRAS; PAVAN, 1985, RHEINHEIMER et al., 1998).

Em áreas anteriormente cultivadas no sistema convencional de preparo do solo ou sob pastagens, tem sido observada a aplicação do calcário sem sua incorporação prévia (CAIRES et al., 1998, 1999, RHEINHEIMER et al., 2000, SORATTO, 2005), o que pode ser feito desde que não haja impedimento físico ao crescimento radicular. As vantagens desse procedimento estão relacionadas principalmente ao maior controle da erosão e economia nas operações de

preparo do solo e incorporação de corretivos (CAIRES et al., 2003). Por outro lado, existem dúvidas quanto à eficiência desta prática (SÁ, 1995), quando realizada na superfície do solo, uma vez que os corretivos à base de carbonatos de cálcio e magnésio são pouco solúveis em água, tendo os produtos de sua reação com o solo mobilidade limitada no perfil (CAIRES et al., 1998, PAVAN; OLIVEIRA, 2000), com seus benefícios se restringindo às camadas superficiais do solo (RITCHEY et al., 1982, CAIRES et al., 1998, 2004, 2006). Entretanto, vários pesquisadores têm demonstrado que os benefícios supracitados ocorrem na subsuperfície do solo (OLIVEIRA; PAVAN, 1996, CAIRES et al., 1996, 1998, 1999, 2000, RHEINHEIMER et al., 2000, FRANCHINI et al., 2000).

A neutralização da acidez em profundidade também pode ser atribuída à liberação de compostos orgânicos hidrossolúveis de baixa massa molar (ácidos orgânicos) pela matéria seca, antes do início da decomposição microbiana (OLIVEIRA; PAVAN, 1996, CAIRES et al., 1999, FRANCHINI et al., 1999a, 1999b, 2001, 2003). Isso reforça a idéia de que a adoção da rotação/sucessão de culturas é fundamental não só para a manutenção do aporte necessário de matéria seca, mas também como ferramenta auxiliar na movimentação dos produtos da dissolução do calcário. Assim, desde que o solo esteja coberto por grandes quantidades de resíduos de plantas, o calcário aplicado superficialmente consegue mover o cálcio para a subsuperfície, bem como aumentar o pH e reduzir os teores de Al (PAVAN; MIYAZAWA, 1998, MIYAZAWA et al., 1998, ZIGLIO et al., 1999). Em função da elevação do pH do solo, há geração de cargas negativas variáveis, as quais adsorvem cátions básicos e ácidos, dificultando o deslocamento dos mesmos (CAIRES et al., 2004), variando de acordo com o tipo de solo. Outro ponto seria a formação de pares iônicos entre os cátions do solo e os compostos inorgânicos, a qual pode ocorrer com os próprios produtos da dissolução do corretivo ou de ânions liberados pela exsudação radicular na rizosfera como OH^- e HCO_3^- , além de outros ânions como nitrato (NO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}) e cloreto (Cl^-), provenientes da disponibilização de adubos ou da decomposição de resíduos vegetais do solo pelos microrganismos, na camada superficial (ROSOLEM et al., 2003).

Por outro lado, em experimento visando quantificar a contribuição da matéria seca de plantas de cobertura para a movimentação dos produtos da dissolução do calcário aplicados em um Latossolo Vermelho textura muito argilosa, Moraes et al. (2007) concluíram que a aplicação de corretivos, isolada ou em associação com matéria seca de nabo forrageiro, aveia-preta, sais neutros e sais orgânicos, promoveu a neutralização da acidez e do alumínio no solo somente na camada superficial (0-0,08 m). Além disso, notaram que a presença de plantas de cobertura, sais neutros e ácidos orgânicos por si só não conseguem neutralizar a acidez do

solo, corroborando os dados apresentados por Caires et al. (2006), em que o resíduo de aveia preta mantido na superfície do solo em quantidades usualmente produzidas nas lavouras em SPD não ocasionou benefícios à ação da aplicação de corretivos na correção da acidez em subsuperfície, em um Latossolo Vermelho distrófico, textura argilo-arenosa. Assim, a mobilidade dos produtos da dissolução do calcário é dependente de outros fatores, como a formação de canais pelas raízes de plantas, como a braquiária (PETRERE; ANGHINONI, 2001), canais estes mantidos intactos pela ausência de preparo do solo (AMARAL et al., 2004) ou então pelo aumento da fauna responsável pela abertura de canais contínuos, pelos quais pode ocorrer movimentação física do calcário aplicado superficialmente (OLIVEIRA; PAVAN, 1996). De acordo com Almeida et al. (2007), em um Cambissolo, a relação entre a fauna edáfica, manejo do solo e calagem é sensível às alterações advindas do manejo do solo, se beneficiando em SPD, mas sem correlação direta com as modificações químicas decorrentes da calagem.

O calcário é o material corretivo mais utilizado no Brasil, entretanto, outros materiais podem ser utilizados como corretivos de acidez, desde que contenham um constituinte neutralizante (ALCARDE, 1985). Um exemplo seriam os silicatos provenientes das escórias de aciaria, os quais são materiais que se comportam de forma semelhante aos calcários, podendo ser utilizados como corretivo da acidez do solo, pois além de promoverem os benefícios do calcário (KORNDÖRFER et al., 2002), fornecem silício às plantas (ALCARDE, 1992). Uma observação interessante são os benefícios do micronutriente silício (BRASIL, 2004) para as gramíneas como um todo, permitindo que as mesmas consigam acumular grandes quantidades deste elemento na epiderme foliar, aumentando a resistência da parede celular e assim diminuindo a perda de água por transpiração, aumentando a tolerância a pragas e doenças e a eficiência fotossintética (BARBOSA FILHO et al., 2000, KORNDÖRFER et al., 2002). Assim, esses materiais podem ser uma alternativa interessante no processo de correção de acidez do subsolo, visto que possuem solubilidade em água mais elevada que o carbonato de cálcio ($\text{CaCO}_3 = 0,014 \text{ g dm}^{-3}$; $\text{CaSiO}_3 = 0,095 \text{ g dm}^{-3}$) (ALCARDE, 1992). Dessa forma, esses corretivos seriam uma boa opção para aplicações superficiais, teoricamente promovendo efeito corretivo em profundidade e em menor tempo, porém o que restringe fundamentalmente seu uso é falta de conhecimento e sua disponibilidade restrita a algumas regiões, o que de fato não ocorre com os calcários.

O tempo de reação do calcário, assim como seus benefícios, é variável de acordo com a região e tipo de solo. Assim, a diminuição do Al trocável e o aumento do pH do solo, até 0,40 m de profundidade, 32 meses após a aplicação de calcário na superfície, foram constatados em

Latossolo Vermelho, na região de Ponta Grossa (PR), em SPD estabelecido há cerca de um ano (OLIVEIRA; PAVAN, 1996). Em solo semelhante e na mesma região, Caires et al. (1999) observaram aumento nos valores de pH e nos teores de Ca e Mg, além da diminuição do Al trocável, até a profundidade de 0,40 m, 18 meses após a aplicação de calcário em superfície, em um solo sob SPD há 15 anos. Já Lima (2004), em um Nitossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, na região de Botucatu (SP), verificou aumento do pH e da saturação por bases até a profundidade de 0,40 m, com apenas cinco meses após a aplicação do calcário, na implantação do SPD.

Por outro lado, vários trabalhos indicam que a reação do calcário é restrita a pequenas distâncias do local de aplicação. Assim, trabalho desenvolvido região de Botucatu, em um Latossolo Vermelho distroférico, permitiu concluir que houve efeito da aplicação superficial de corretivos na diminuição da acidez potencial e elevação do pH, apenas na camada superficial (0-0,05 m), dez meses após a aplicação do corretivo, na implantação do SPD (BARIZON, 2001). Na mesma região, Mello et al. (2003) destacam que os atributos químicos do solo (pH, H+Al, Ca e Mg) foram alterados positivamente doze meses após a aplicação do calcário, apenas na camada superficial (0,00-0,10m). Além disso, em outras regiões com regimes hídricos distintos, há relatos que o efeito da aplicação de calcário, se restringiu às camadas de 0-0,10 m, doze meses (CAIRES et al., 1998) e 30 meses (ALLEONI et al., 2005), e 0-0,05 m, 34 meses após a aplicação de corretivo na superfície (PÖTTKER; BEN, 1998), no SPD consolidado, evidenciando que ainda existem muitas dúvidas quanto à eficiência dessa prática.

Apesar das ressalvas quanto à eficiência da aplicação de corretivos em SPD, vários experimentos indicaram aumento de produtividade de soja, milho e trigo em função da aplicação de calcário, em SPD já estabelecido (OLIVEIRA; PAVAN, 1996, SÁ, 1999, CAIRES et al., 2000, CAIRES et al., 2004).

Quando cultivamos uma cultura em seqüência à outra, pode-se chamar a prática de sucessão de culturas, entretanto, quando há referência a uma rotação de culturas, entende-se que haja um planejamento da lavoura alternando-se os cultivos de forma que não seja cultivada uma mesma cultura, em uma mesma área, na mesma época de semeadura. Portanto, seriam necessários três anos para que se fechasse uma rotação de culturas.

Assim, a rotação de culturas é um manejo conservacionista, que consiste em alternar espécies vegetais ao longo dos anos em uma mesma gleba ou talhão. Inúmeras vantagens têm sido relacionadas à rotação, dentre elas a diversificação de renda, melhor aproveitamento das máquinas, variação no tipo e na profundidade utilizada pelos sistemas radiculares, controle de

plantas daninhas, pragas e doenças, fixação de nitrogênio pelas leguminosas, efeitos alelopáticos, redução das perdas de água e de solo, além de aumento na produtividade (DERPSCH et al., 1991). Para Calegari (2000) a rotação de culturas é a alternância de espécies vegetais na mesma estação em determinada área, observando-se um período mínimo sem o cultivo da mesma espécie na mesma área. Ademais e Adegas (1997) cita que esta alternância regular e ordenada de culturas em seqüência temporal numa determinada área dificulta a instalação de plantas invasoras. O fato ocorre pelas características das culturas utilizadas em uma rotação de culturas, como rapidez de crescimento, eficiência na ocupação do espaço do solo, sombreamento e liberação de substâncias alelopáticas.

A escolha da espécie que será semeada em sucessão dentro de uma rotação de culturas é determinante para o sucesso do SPD (ARGENTA et al., 2001, OLIVEIRA et al., 2002). Depende da manutenção de sistemas capazes de gerar quantidades de matéria seca suficientes para manter o solo coberto durante todo o ano (CERETTA et al., 2002). No entanto, na maioria das regiões do Brasil, principalmente nas que possuem distribuição de chuvas irregular, normalmente é realizado apenas um cultivo, na estação chuvosa do ano, deixando-se o solo descoberto e sujeito às intempéries climáticas o resto do ano, o que aumenta a erosão e conseqüente perda de nutrientes por lixiviação (GASSEN; GASSEN, 1996), sendo esta perda relacionada às condições climáticas da região e das culturas utilizadas. Caso não haja esta manutenção, o sistema de cultivo, compreendido como rotação e sucessão de culturas, não influenciará, em geral, as características físicas do solo, tanto em SPD quanto no preparo convencional e, além disso, os efeitos benéficos do SPD e da rotação não ocorrerão da forma esperada (BERTOL et al., 2004).

Os sistemas de produção na região dos Cerrados estão alicerçados em pastagens degradadas e fundamentalmente na sequencia soja – milho safrinha. Outras culturas são opções comumente visualizadas, como o milho cultivado no verão, bem como em menor escala, arroz e feijão. Na safrinha, diversos produtores têm adotado o milheto para a produção de sementes, assim como o sorgo, sendo o último muitas vezes direcionado como volumoso para a alimentação animal.

A cultura mais plantada atualmente no Brasil é a soja, a qual é uma planta de dia curto, com sensibilidade ao fotoperiodismo, entretanto, como melhoramento genético, tem sido amplamente cultivada, em quase todo o Brasil. Ela é adaptada a diferentes tipos de solos, mas cresce bem em solos drenados, com pH próximo da neutralidade. Outro ponto interessante é que é trata-se de uma planta menos sensível à deficiência hídrica, seja na fase vegetativa como na fase reprodutiva, em relação, por exemplo, a feijão e triticale. Para a

mesma, Santos et al. (1998) verificaram que os menores valores de produtividade de grãos e altura da inserção de vagens da soja estão relacionados diretamente às características da cultura antecessora. Outro fator que deve ser levado em consideração é o aumento da produtividade das culturas quando cultivadas em intervalos maiores na mesma área, conforme observado por Silveira (2002), na região dos Cerrados, que constataram aumento de produtividade da soja em cultivos bienais.

Tradicionalmente, o milho é cultivado em quase todo Brasil, durante o período das águas e também na safrinha, sistema em que após a colheita da cultura de verão, aproveita-se o final da época chuvosa para se realizar a semeadura do milho. Trata-se de uma planta C4, com alta taxa de fotossíntese e baixa taxa de fotorrespiração, além de apresentarem alta eficiência no uso da água e translocação de fotossintatos e em condições favoráveis, ser uma cultura altamente produtiva, quando a água não é fator limitante (FAGERIA, 1989). Para o milho, a rotação de culturas é uma das práticas de cultivo de grande importância porque evita a incorporação contínua de restos com elevada relação C/N (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA-EMBRAPA, 1996). Da mesma forma, experimento desenvolvido por Silveira (2002) na região dos Cerrados testando alternância de cultivos, destaca que houve aumento de produtividade do milho em cultivos bienais.

Estudando a rotação para a cultura do milho, Mascarenhas et al. (1998) constataram que o uso de soja, arroz, crotalária em qualquer esquema foi mais produtivo que o monocultivo do milho. Já Derpsch et al. (1991) constataram que depois do cultivo de soja e tremoço sem adubação nitrogenada, houve considerável aumento na produtividade de milho quando comparado à produção em monocultura e pousio de inverno.

Experimentos realizados por Silveira (2002) objetivando avaliar os efeitos da rotação de culturas sobre o feijoeiro, nos Cerrados brasileiros, constataram que a rotação arroz consorciado com calopogônio proporcionou as maiores produtividades do feijoeiro nos seis anos de experimentação estudados. De acordo com os autores, a inclusão de leguminosas melhorou as características físicas, químicas e biológicas do solo, além disso, as rotações com leguminosas determinaram os maiores incrementos de nitrogênio total no solo. De modo geral, as piores produtividades do feijoeiro foram alcançadas nas rotações milho-feijão e milho-feijão-milho-feijão-arroz-feijão. A menor produtividade do feijoeiro após o milho foi atribuída, em parte, à deficiência de nitrogênio, devido à maior competição dos microorganismos, para com o nutriente, durante a decomposição da matéria seca de milho.

Estudando a influência de diferentes rotações de culturas na produtividade do feijoeiro de inverno na região de Ilha Solteira indicou que embora não tenham incrementado a

produtividade da cultura em questão, *Crotalaria juncea*, milho + mucuna-preta, milho + braquiária e milho constituem-se em adequadas opções de rotações de culturas, mediante satisfatória produção de massa seca e recobrimento do solo, apesar de não ter influenciado diretamente na produtividade do feijoeiro, provavelmente em decorrência da incidência de mofo branco (SILVA et al., 2008).

Outra cultura interessante do ponto de vista de adaptabilidade é o tritcale, o qual é o primeiro cereal criado pelo homem, a partir do cruzamento entre trigo e o centeio. Nesse cruzamento, o tritcale herdou das espécies parentais características favoráveis, como potencial de produtividade de grãos e de matéria seca, resistência a doenças, bom desenvolvimento em baixas temperaturas, tolerância à seca e ao frio, sistema radicular profundo, e grãos de alto valor protéico. São poucos os estudos relacionados com a cultura, normalmente adotando-se os critérios para aplicação de corretivos, adubação, entre outras práticas, utilizados para o cultivo do trigo.

A adubação verde é a prática de cultivo e incorporação de plantas, produzidas no local ou adicionadas, com a finalidade de manter os teores de matéria orgânica e nutrientes dos solos, indo ao encontro da tendência mundial da busca por alimentos mais saudáveis, provenientes da agricultura orgânica ou produzidos com a mínima utilização de insumos químicos e degradação do ambiente (SILVA et al., 1999). Uma das principais limitações ao uso da adubação verde na região dos Cerrados está relacionada à época de semeadura dos adubos pelo prejuízo que poderá causar à produção da cultura comercial e, segundo Pereira (1985), seu uso pode ser viabilizado com a semeadura no final da estação chuvosa, em sucessão à cultura. Seu uso concomitantemente à rotação de culturas é prática fundamental para a sustentabilidade do SPD.

Nesse sentido, a rotação utilizando-se adubos verdes e o arroz pode ser benéfica pela utilização do nitrogênio residual por esta cultura. O fato foi comprovado por Mascarenhas et al. (1998), que demonstraram que o arroz apresentou maior produção quando sucedeu soja e crotalária, no segundo ano de experimentação, do que quando sucedeu somente a soja, indicando efeito positivo adicional do adubo verde, no caso a crotalária, sobre o arroz. Vários autores citam que a adubação verde pode provocar incrementos na produção de culturas subseqüentes em até 65% em relação a cultivos contínuos (MIYASAKA et al., 1965, FERRAZ et al., 1977, TANAKA et al., 1992, RODRIGUES FILHO et al., 1996, SILVA,1998) destaca que o monocultivo de arroz, em decorrência de seu sistema radicular fasciculado e superficial, acaba explorando o solo continuamente a uma mesma profundidade,

diminuindo o estoque de nutrientes na camada arável (0,00 - 0,20m), onde estão concentradas as raízes, além de degradar a estrutura do solo, compactando-o e reduzindo sua porosidade.

Entre as diversas leguminosas que se utilizam para adubação verde na região dos Cerrados, destacam-se: mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), guandu (*Cajanus cajan*), crotalárias (*Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria paulina* e *Crotalaria spectabilis*), feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), estilosantes (*Stylosanthes guianensis*) (PEREIRA; PERES, 1986, PEREIRA, 1985), além do milheto (*Pennisetum glaucum*) que vem se destacando no SPD de soja no Centro-Oeste, onde é semeado em agosto, sendo dessecado no início de novembro.

Dentre as espécies que se destacam tanto pela elevada produção de matéria seca, bem como ciclagem de nutrientes, principalmente o nitrogênio, têm-se o guandu, que é uma leguminosa forrageira comumente semeada nas regiões tropicais e subtropicais (ALCÂNTARA et al., 2000). É uma das opções para cobertura de solo no verão/outono, e pode produzir em consórcio com o milho quantidades de matéria seca superiores a 2 t ha⁻¹. Em alguns casos, produz mais de 10 t ha⁻¹ quando cultivado isoladamente em solos férteis e com boas condições climáticas, conforme dados de Calegari (1995), que encontrou variação de 3 a 22 t ha⁻¹ de matéria seca. Monegat (1981) também constatou produtividade de matéria seca de guandu de 10 t ha⁻¹, em Chapecó, SC. Adaptada a ampla faixa de precipitação, mostra-se resistente à seca, desenvolvendo-se melhor em temperaturas mais elevadas (SEIFFERT; THIAGO, 1983). Tem sido recomendado por ter sistema radicular agressivo, com alta densidade do solo e comprimento, e por crescer em solos com estado de compactação restritivo às culturas produtoras de grãos (CUBILLA et al., 2002). Comparando diferentes adubos verdes, Alvarenga (1993) concluiu ser o guandu a espécie de maior potencial para penetração de raízes no solo, maior produção de matéria seca e maior quantidade de nutrientes imobilizados. Após cessar seu ciclo, as raízes se decompõem e formam-se bioporos que, apesar de representarem pequeno volume em relação ao volume total de poros, são altamente funcionais e reduzem a resistência do solo à penetração, especialmente por formar macroporos que podem ser comprimidos quando há pressões aplicadas ao solo.

Para a região dos Cerrados, como em Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, o milheto é em boa opção de cultivo no inverno, apresentando, nesse período, área cultivada de 600 mil e 200 mil hectares respectivamente, sendo grande parte desta área cultivada, para formação de palha, para o SPD (SALTON, 2001). O sucesso da adaptação dessa cultura nos Cerrados é devido à sua capacidade de produção de matéria seca, além de ser uma cultura de fácil instalação e desenvolvimento rápido e excelente forrageira. O milheto é uma gramínea de

clima tropical, de crescimento ereto, altura variando entre 1,50 a 1,80 m e ciclo de 130 a 160 dias, sendo considerado uma espécie rústica, indiferente à textura do solo, com baixa exigência quanto à fertilidade, média tolerância ao Al e ao frio, resistência moderada à geada e boa tolerância à seca, necessitando de no mínimo 600 mm anuais (SALTON; KICHEL, 1997). Esta gramínea tem as mais diversas utilizações, como para formação de pasto, feno, silagem, cobertura morta para o SPD, bem como pode entrar em esquemas de consorciação ou em rotação, principalmente com lab-lab e guandu. No Mato Grosso do Sul, o milho tem se constituído em uma boa opção de planta de cobertura, assim como no restante de toda a região de Cerrado, fornecendo quantidades razoáveis de matéria seca, que vem possibilitando o sucesso do SPD, destacando-se que a produção de matéria seca pode chegar entre 10 a 15 t ha⁻¹, dependendo do cultivar e do ambiente (PEREIRA, 1990). No mesmo estado, chegou-se a obter 9,2 t ha⁻¹ de matéria seca no florescimento, aos 50 dias após a emergência (PEREIRA, 1990). Enfatizando estas qualidades, Scaléa (1999) apresenta o milho como alternativa valiosa na Integração Lavoura Pecuária (ILP), pois é altamente palatável, de grande capacidade de rebrota, e bom valor nutricional. Trata-se de uma espécie de alta capacidade de extração de nutrientes com amplas vantagens de reciclagem, principalmente nitrogênio e potássio (KICHEL; MACEDO, 1994).

Avaliando atributos químicos de um Latossolo após a utilização de sistemas de preparo do solo, adubações e plantas de cobertura, Moretti et al. (2007) constataram que a crotalária e o milho não alteraram os valores dos atributos e apresentaram comportamento semelhante entre si. Nesse sentido os valores de pH para os tratamentos com crotalária e milho foram semelhantes aos verificados por Guimarães (2000), possivelmente resultado das exudações ácidas das raízes das plantas que atuam diretamente no pH do solo, no caso da crotalária.

Os benefícios proporcionados pela utilização dos adubos verdes nem sempre trazem melhorias visíveis ou lucro imediato ao produtor. No entanto, a sua utilização quando de forma racional e, se possível inserida dentro de um sistema de rotação ou sucessão de culturas, pode trazer inúmeros benefícios às culturas subseqüentes como também ao próprio solo, com melhorias nas suas condições físicas, químicas e biológicas. Outro ponto muito importante é que a produção e manutenção de matéria seca sobre o solo é fundamental para o sucesso do SPD. Diante deste fato, faz-se necessária a incorporação aos sistemas de produção, de plantas que proporcionem altas produções de matéria seca, a fim de elevar os teores de matéria orgânica, manter a umidade no solo em períodos de deficiência hídrica, além dos efeitos proporcionados no controle de invasoras e na reciclagem de nutrientes.

Uma opção em relação aos adubos verdes é a Integração Lavoura Pecuária (ILP), que viabiliza a agropecuária brasileira, aumentando a receita do agricultor e do pecuarista, além de fornecer nutrientes para as plantas, melhorar a fertilidade do solo e diminuir a incidência de pragas e doenças. Além desses benefícios tem-se a facilidade da aplicação de práticas para a conservação do solo, implantação de pastagens com baixos custos, melhoria nas características físicas e biológicas do solo, reciclagem dos nutrientes do solo, aumento na produção de grãos e matéria seca no sistema, maior eficiência no emprego de máquinas, equipamentos e mão-de-obra, diversificação do sistema produtivo e aumento da lucratividade (KICHEL, 1998). Outros autores verificaram que o mesmo possibilita ao mesmo tempo, melhoria da qualidade das pastagens por meio do fornecimento de nutrientes residuais da lavoura de soja e formação de palha com relação C/N alta, proveniente da dessecação da pastagem (BROCH et al., 1997), o que é fundamental para a instalação e condução do SPD. Dentro deste contexto, o gênero *Brachiaria* é muito utilizado nesta integração, pois apresenta sistema radicular abundante e agressivo, o que contribui para a melhoria da infiltração de água, da agregação e da aeração do solo (HECKLER et al., 1998) e, de acordo com Vilela et al. (2001), a participação relativa de espécies do gênero *Brachiaria* na região dos Cerrados é da ordem de 85%, sendo que a *Brachiaria decumbens* ocupa cerca de 55% da área total de pastagem.

A estratégia de renovação de pastagens mediante a consorciação de culturas de grãos com capins é uma alternativa viável. Ao conjunto de técnicas criadas ou adaptadas visando renovar as pastagens degradadas e produzir grãos simultaneamente, enfatizando sua auto-sustentação, denominou-se Sistema Barreirão (KLUTHCOUSKI et al., 1991, OLIVEIRA et al., 1996). Vários trabalhos realizados constataram a viabilidade do sistema do ponto de vista técnico e econômico (KLUTHCOUSKI et al., 1991, PORTES et al., 1995, OLIVEIRA et al., 1996, YOKOYAMA et al., 1998). A redução apresentada quanto à produtividade de grãos no sistema consorciado, em relação ao solteiro, não o inviabilizou, visto que vários outros fatores o beneficiam, em especial a pastagem renovada. No entanto, verificou-se que mesmo com avanços na pesquisa sobre a consorciação de espécies, questiona-se a intensidade com que cada cultura interfere no crescimento da forrageira, na recuperação pós-colheita das culturas e quais as variações no crescimento da mesma no cultivo consorciado, em relação ao monocultivo.

Para a região de Ilha Solteira, estudo avaliando a produção de matéria seca de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo, indicou maiores produções de massa verde e seca com milheto (11,8 t ha⁻¹) e crotalária júncea (9,8 t ha⁻¹) e

menores com guandu anão (6,5 t ha⁻¹). A menor produção de massa verde do guandu pode estar associada ao seu lento desenvolvimento, que possibilitou o surgimento de plantas daninhas, competindo com o guandu por água, luz e nutrientes (SUZUKI; ALVES, 2006). Por outro lado, o guandu obteve a menor produção de massa seca, comportamento concordante com o observado por Carvalho (2000) e Almeida (2001), pelos mesmos motivos abordados quando se discutiram os resultados para a matéria verde.

Na mesma região, estudo avaliando rotação de culturas e manejo do solo em um Latossolo Vermelho de cerrado, permitiu concluir que para a região a produção média de matéria seca de guandu, crotalária, mucuna-preta, milho e pousio foram de 950, 2.476, 1.294, 10.709 e 1.430 kg ha⁻¹, respectivamente (ALMEIDA et al., 2008). Da mesma forma, os autores indicam não houve influência significativa dos adubos verdes na produtividade da soja sob semeadura direta, e inferem que o sistema de semeadura direta, após três anos de instalada a rotação, degradou mais as características físicas do solo na camada superficial. Por outro lado, neste sistema e camada de solo, notou-se acréscimo no teor de matéria orgânica e no pH, bem como produtividade do milho superior à do sistema de preparo convencional.

O solo necessita de espaço poroso para o movimento de água, gases e resistência favorável à penetração das raízes, porém seu cultivo altera suas propriedades físicas em relação ao solo não cultivado. Essas alterações são mais pronunciadas nos sistemas convencionais de preparo do que nos conservacionistas, como o SPD, as quais se manifestam, em geral, na densidade do solo, volume e distribuição de tamanho dos poros e estabilidade dos agregados do solo, influenciando a taxa constante de infiltração, erosão hídrica e desenvolvimento das plantas.

Entretanto, mesmo em SPD há tendência de redução do espaço poroso, em virtude da ausência de movimentação do solo e contínuo tráfego de maquinário. Portanto, o estudo das características físicas em experimentos de longa duração é necessária, uma vez que as mesmas apresentam grande correlação, como é o caso da resistência do solo à penetração, que é uma característica física utilizada para estabelecer o grau de compactação dos solos, sendo intimamente relacionado à umidade e densidade do solo. A porosidade total também é outra característica diretamente proporcional à macroporosidade e microporosidade.

Não raro têm sido observado que em regiões onde há distribuição de chuvas irregular, o SPD fica comprometido, uma vez que a produção de resíduos vegetais não é suficiente. Assim, em muitos caso, nessas regiões, observa-se melhores resultados com o preparo convencional, no que tange a produtividade das culturas. Entretanto, os aspectos positivos dos preparos convencionais são perdidos, quando o solo, descoberto pelo efeito do preparo, é

submetido às chuvas erosivas, as quais o desagregam partículas na superfície pelo impacto das gotas e diminuem a taxa constante de infiltração de água no solo (BERTOL et al., 2001). Apesar de não se comparar à uma área em que não há ação antrópica, na semeadura direta há maior estabilidade dos agregados e continuidade dos poros (COSTA, 2001), o que favorecem plenamente a taxa constante de infiltração e dificultam o escoamento superficial (SCHICK et al., 2000), bem como a lixiviação de alguns nutrientes.

A literatura preconiza como sendo o solo ideal aquele que apresenta valores de 0,10 a 0,16 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ para macroporosidade, de até 0,33 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ para microporosidade e aproximadamente 0,50 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ para porosidade total do solo (BAVER, 1972, KIEHL, 1979).

Não existe consenso na literatura quanto ao nível crítico da densidade do solo (valor acima do qual o solo é considerado compactado). Camargo e Alleoni (1997) consideram crítico o valor de 1,6 kg dm^{-3} em solos franco-argilosos a argilosos. Já De Maria et al. (1999) constataram que acima de 1,2 kg dm^{-3} , em Latossolo Roxo, ocorre restrição ao desenvolvimento de raízes quando o solo estiver na capacidade de campo, o que caracteriza um estado de compactação do solo.

Neste sentido, o processo de compactação reduz a densidade e a macroporosidade do solo, aumenta a resistência deste para o crescimento radicular, em condições de baixa umidade, e reduz a sua oxigenação, quando úmido (MARSCHNER, 1995). Em solo compactado, o sistema radicular concentra-se próximo à superfície (MULLER et al., 2001), tornando a planta mais susceptível a déficits hídricos e com limitada capacidade de absorver nutrientes em camadas subsuperficiais (ROSOLEM et al., 1994).

Outro indicador de compactação no solo é a resistência do solo à penetração, que descreve a resistência física que o solo oferece a algo que tenta se mover através dele, como uma raiz em crescimento ou uma ferramenta de cultivo (PEDROTTI et al., 2001). A resistência do solo à penetração geralmente aumenta com a compactação do solo (incremento da densidade) e com a redução da umidade do solo, sendo indesejável para o crescimento das plantas, ocasionando redução de crescimento do sistema radicular (BENGHOUGH; MULLINS, 1990).

A resistência do solo à penetração também está relacionada com a permanência da continuidade dos poros, pois poros formados pela ação das raízes no solo são mais estáveis, uma vez que a decomposição dessas por microrganismos gera materiais que atuam como cimentantes nas paredes desses poros, proporcionando maior durabilidade, se comparados com aqueles formados por implementos mecânicos (ABREU, 2000).

De acordo com alguns pesquisadores, com o aumento da intensidade de cultivo tem sido observada alteração no tamanho dos agregados do solo, aumento da densidade do solo, redução da porosidade total e aumento da resistência do solo à penetração (D'ANDRÉA, 2001, SILVA; MIELNICZUK, 1997).

Segundo Ehlers et al. (1983), em sistemas conservacionistas, que apresentam menor revolvimento no solo e que acumulam mais matéria orgânica, existe uma tendência em haver maior eficiência de raízes e microrganismos na sua ação estruturadora do solo, permitindo maior amplitude dos limites de resistência à penetração, podendo ser considerado nessas condições o limite restritivo de 5 MPa.

Os níveis críticos de resistência do solo para o crescimento das plantas variam com o tipo de solo e com a espécie cultivada. Ehlers et al. (1983), Nesmith (1987), Merotto Junior e Mundstock (1999), Canarache (1990) indicaram valores de 1, 2, 3,5 e 5 MPa, respectivamente, como sendo o limite crítico de resistência à penetração de raízes.

De acordo com Camargo e Alleoni (1997), é difícil determinar o grau de compactação do solo prejudicial às culturas, pois depende de diversos fatores físicos, químicos e biológicos, e, da interação entre estes.

A infiltração é o processo pelo qual a água penetra no perfil do solo. Inicialmente, seu valor é elevado, diminuindo com o tempo, até se tornar constante no momento em que o solo fica saturado. Assim sendo, sob chuva ou irrigação contínuas, a taxa de infiltração se aproxima, gradualmente, de um valor mínimo e constante, conhecido por taxa de infiltração. A mesma é considerada uma avaliação adequada para estimar sua qualidade física e estrutural dos solos (LEONARDO, 2003).

A taxa de infiltração de água no solo, que pode ser afetada pela vegetação, pela umidade antecedente ou por sua estrutura (LAL, 1979), é a característica que, isoladamente, melhor reflete sua boa qualidade estrutural. Por sua vez, está relacionada a uma qualidade do espaço poroso (tamanho e distribuição dos poros) que, geralmente, é função do estado de agregação do solo e de sua textura, determinando maior infiltração e redução no escoamento superficial, com melhor controle da erosão hídrica (MONEGAT, 1991). Inclusive, tanto a qualidade quanto a quantidade de resíduos componentes da cobertura morta estão diretamente relacionados com a intensidade de infiltração da água em um solo.

Pesquisa avaliando a associação da taxa de infiltração com características físicas das camadas superficial e subsuperficial de um Latossolo Roxo e um Podzólico Vermelho-Amarelo, concluíram que seus valores são bastante contrastantes, podendo-se associar esses resultados às distintas características morfológicas relativas à estrutura dos horizontes desses

solos (SALES et al., 1999). Os mesmos autores encontraram valor de $12,1 \text{ mm h}^{-1}$ para a taxa de infiltração no Podzólico Vermelho-Amarelo, possuindo 422 g kg^{-1} de argila e volume de macroporos de 7,8% enquanto para o Latossolo Roxo, com 653 g kg^{-1} e 16,8% de macroporos, a taxa de infiltração atingiu valor de $56,6 \text{ mm h}^{-1}$. Por outro lado, Silva e Kato (1998), trabalhando em Latossolo Vermelho-Amarelo com cobertura vegetal, encontraram valores de taxa de infiltração variando de 56 a 96 mm h^{-1} e, sem cobertura vegetal, o valor da taxa de infiltração variou de 51 a 78 mm h^{-1} , caracterizando o efeito positivo da cobertura vegetal na infiltração de água no solo, o que via de regra já é consenso, assim como os dados apresentados por Alves e Cabena (1999), que trabalhando sob dois sistemas de cultivo, plantio direto e plantio convencional, sob chuva simulada, concluíram que a infiltração acumulada e a taxa de infiltração foram maiores no sistema de plantio direto.

Dessa forma, está demonstrado o quão importante é a contribuição de cada uma das avaliações das características físicas citadas anteriormente, seja para diagnosticar a qualidade física dos solos, como também para oferecer subsídios suficientes para se adotar o manejo mais adequado dentro de um determinado sistema de produção, em um dado tipo de solo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização e caracterização climática da área experimental

Para a condução dos experimentos foram utilizadas duas áreas, estando as mesmas dentro da mesma curva, sendo uma conduzida em sequeiro e a outra irrigada, com o fornecimento de água por irrigação por aspersão (aspersão).

Os experimentos foram conduzidos em área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, localizada no município de Selvíria (MS), apresentando como coordenadas geográficas 51° 22' de longitude Oeste de Greenwich e 20° 22' de latitude Sul, com altitude de 335 metros.

Segundo Köppen, o clima da região é do tipo Aw, apresentando precipitação média anual de 1370 mm, temperatura média anual de 23,5 °C e umidade relativa do ar entre 70 e 80% (média anual). Os dados diários referentes às temperaturas máxima, mínima e precipitação pluvial durante o período de novembro de 2004 a outubro de 2005, novembro de 2005 a outubro de 2006, e novembro de 2006 a outubro de 2007, estão contidos nas Figuras 1, 2 e 3, respectivamente. Na Figura 4 demonstra-se o balanço hídrico climatológico anual do experimento.

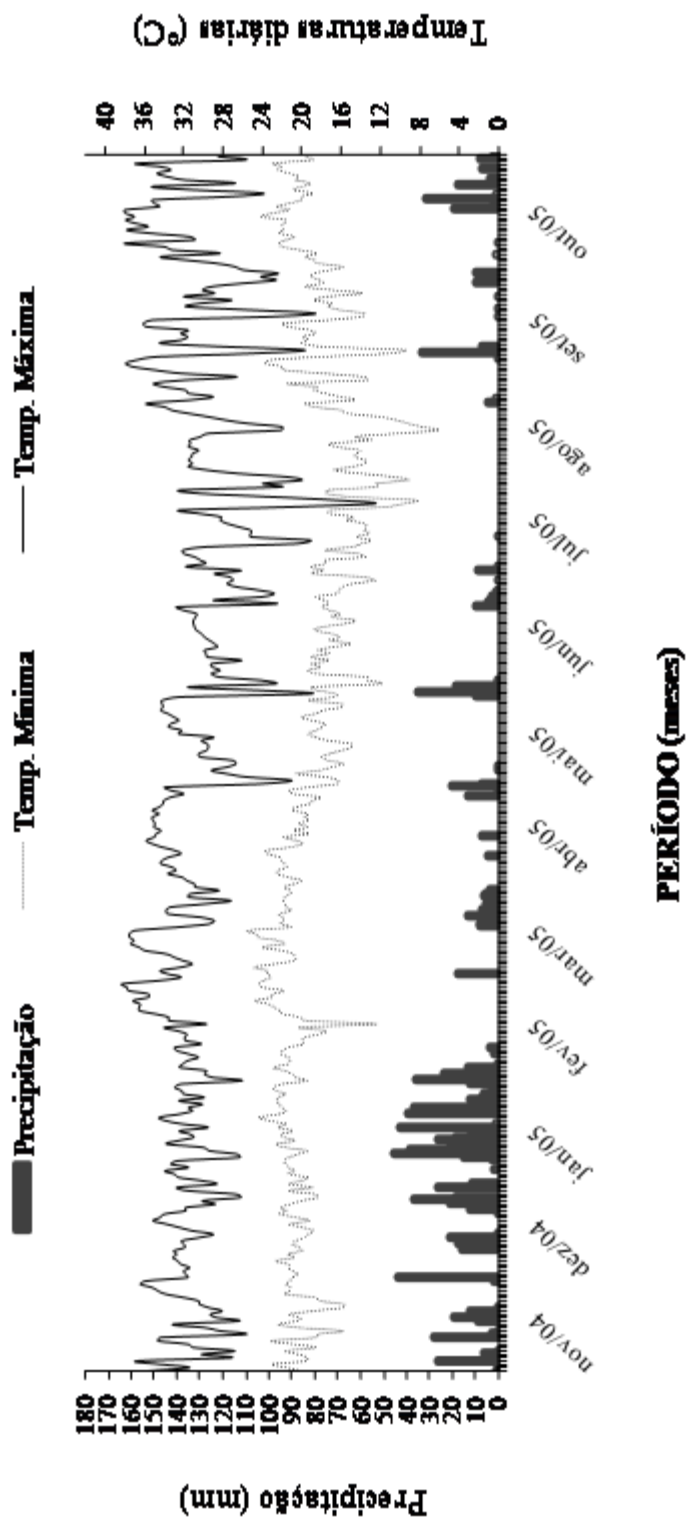


Figura 1 - Temperaturas máximas, mínimas e precipitação média entre novembro de 2004 e novembro de 2005. Selvíria, MS (2009).

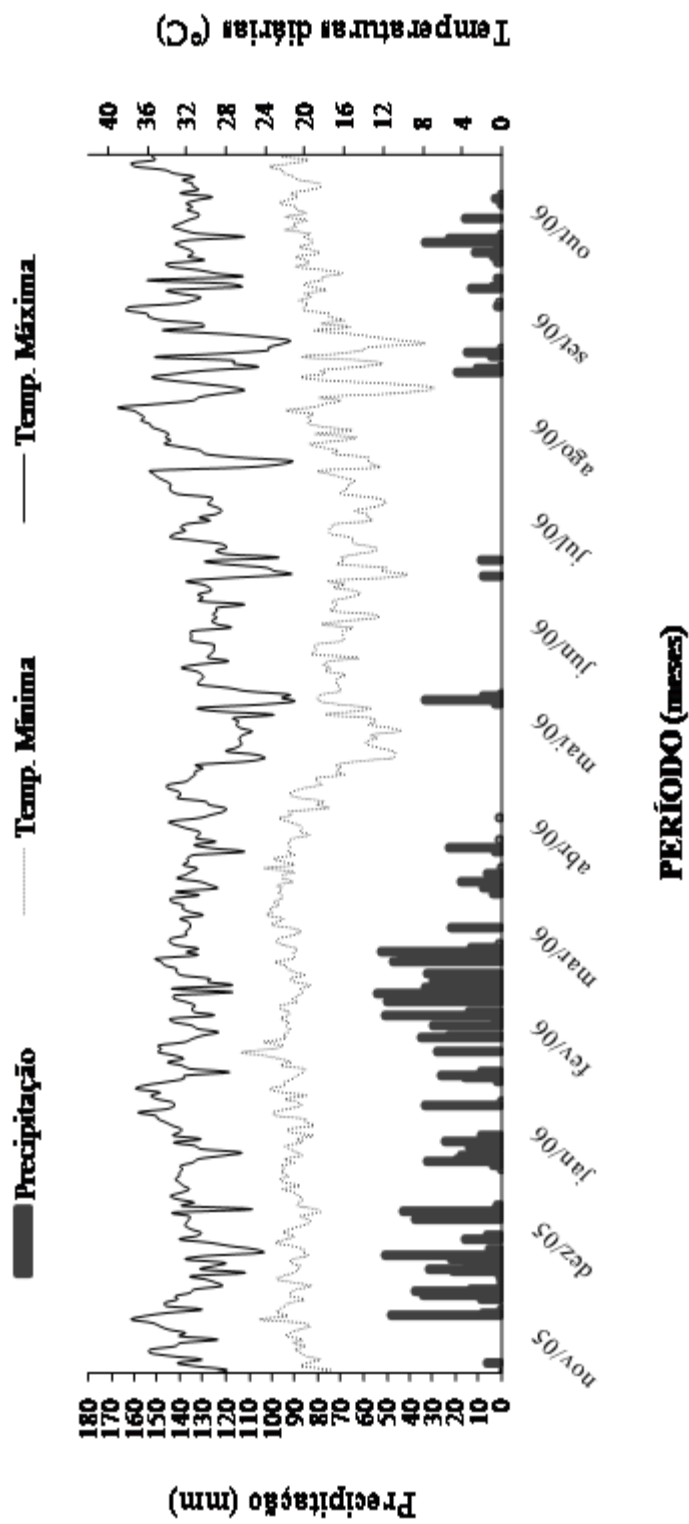


Figura 2 - Temperaturas máximas, mínimas e precipitação média entre novembro de 2005 e novembro de 2006. Selvíria, MS (2009)

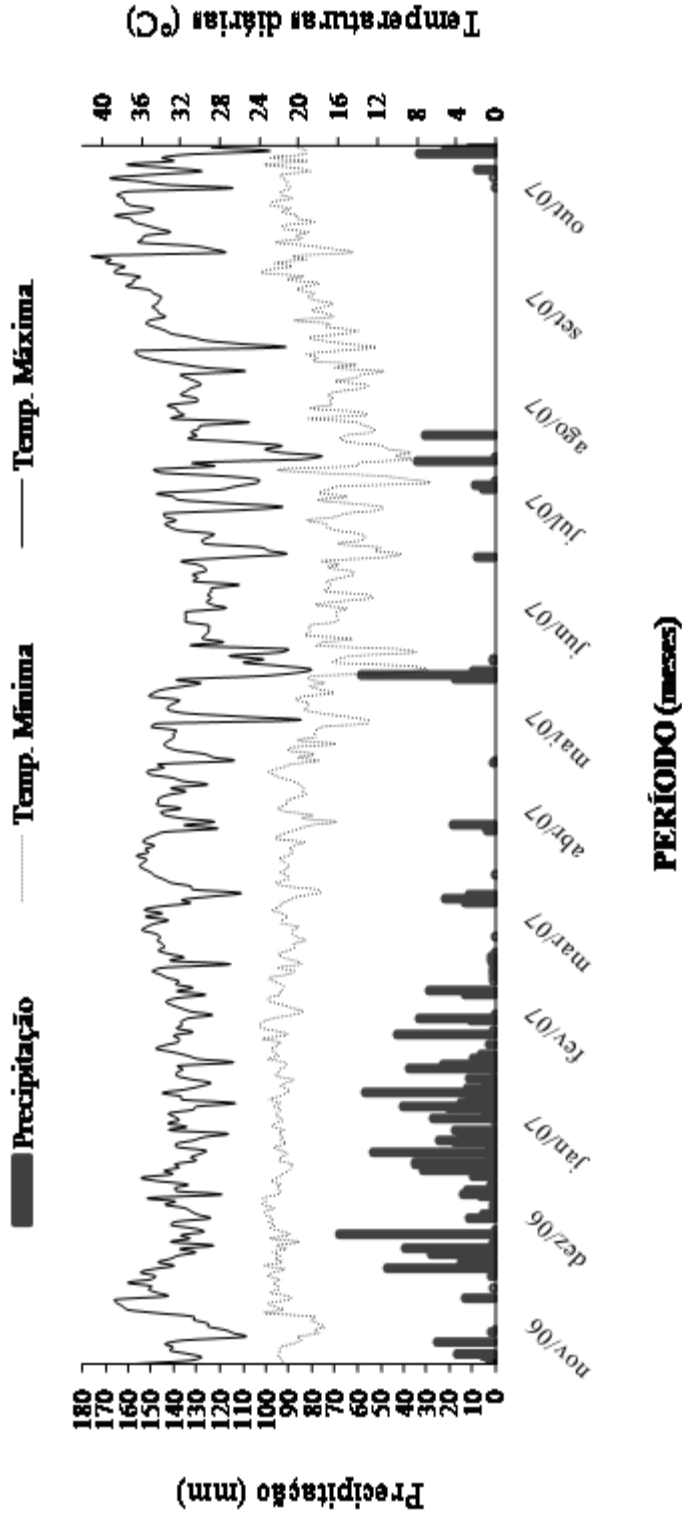


Figura 3 - Temperaturas máximas, mínimas e precipitação média entre novembro de 2006 e novembro de 2007. Selvíria, MS (2009).

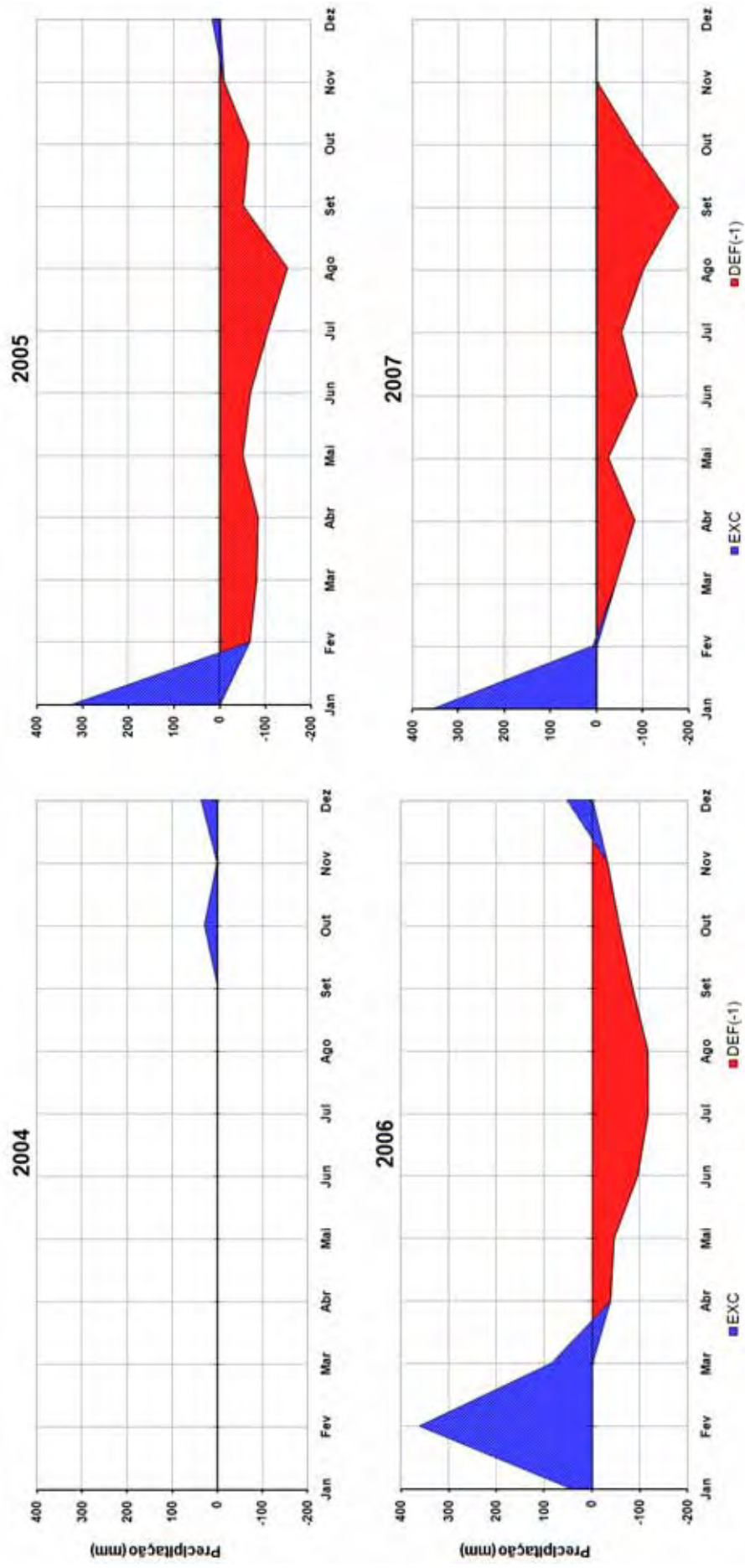


Figura 4 - Balanço hídrico climatológico de Ilha Solteira durante a condução do experimento. Selvíria, MS (2009).

4.2. Caracterização química do solo e histórico da área experimental

O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho - Escuro (DEMATTÊ, 1980) e, de acordo com a nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (EMBRAPA, 1999) é um Latossolo Vermelho - Escuro Distrófico argiloso (662 g kg⁻¹ de argila, 220 g kg⁻¹ de areia e 118 g kg⁻¹ de silte).

As áreas em que os experimentos foram instalados apresentavam-se em SPD há sete anos, nas quais sempre predominou o cultivo do milho durante o verão, ficando a mesma ociosa (pousio) o restante do ano.

Em outubro de 2004 foram retiradas amostras para fins de fertilidade, tanto na área de sequeiro como na área irrigada, na camada de 0 - 0,20 m, para a realização de análise química necessária para o cálculo de necessidade de aplicação de corretivos, seguindo metodologia proposta por Raij et al. (2001), com exceção da determinação de Si (KORNDÖRFER et al., 1999).

A área irrigada apresentou os seguintes resultados para análise química dos solos: $P_{resina} = 13 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{pH} (\text{CaCl}_2) = 4,7$; $\text{M.O.} = 18,6 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K} = 3,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 15 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{H} + \text{Al} = 44 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $\text{Si} (\text{CaCl}_2) = 6 \text{ mg kg}^{-1}$, $\text{S-SO}_4^{2-} = 16 \text{ mg dm}^{-3}$ e $\text{V} = 39 \%$. Já a área de sequeiro (não irrigada) apresentou os seguintes resultados: $P_{resina} = 12 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{pH} (\text{CaCl}_2) = 5,2$; $\text{M.O.} = 21,7 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K} = 2,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 18 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 11 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{H} + \text{Al} = 30 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $\text{Si} (\text{CaCl}_2) = 5 \text{ mg kg}^{-1}$, $\text{S-SO}_4^{2-} = 14 \text{ mg dm}^{-3}$ e $\text{V} = 51 \%$.

Em ambas as áreas, as avaliações de campo e laboratório foram realizadas da mesma forma, assim como o controle de invasoras (plantas daninhas, tigüeras, etc.), doenças e pragas foi realizado mediante prévias avaliações de campo, utilizando-se agroquímicos recomendados a cada uma das culturas.

4.3. Delineamento experimental e tratamentos

Para todas as culturas semeadas durante o verão (milho, soja e arroz), o delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas e 4 repetições. Para essa análise foram considerados ambos as fontes de variação (modalidades de correção do solo e sucessões de culturas).

Para as culturas semeadas no outono, inverno e primavera, o delineamento seguido foi em blocos casualizados, com 8 repetições, considerando-se como tratamento apenas as modalidades de correção.

Assim, as parcelas foram constituídas por 3 modalidades de correção (I - Correção com calcário dolomítico; II - Correção com silicato; III - Sem correção) e as subparcelas por 4 sucessões de culturas (I. milho + braquiária - soja + braquiária - arroz + braquiária; II. milho - feijão - milho - soja - triticale - milho - arroz - feijão; III. milho - pousio - soja - pousio - arroz - pousio; IV. milho - guandu - soja - milho - arroz - guandu).

As parcelas e subparcelas apresentaram dimensões de 216 m² (10,0 m x 21,6 m) e 54 m² (10,0 x 5,4 m), respectivamente. Para todas as avaliações referentes às culturas, foram desconsideradas as linhas mais externas e um metro das extremidades.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando o valor de F foi significativo no nível de 5 % de probabilidade, aplicou-se o teste de Tukey (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002), utilizando o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2003).

4.3.1. Corretivos do solo

Foram utilizados como corretivos o calcário dolomítico (PRNT = 90 %, CaO = 36 % e MgO = 12 %) e o agrosilício (silicato de Ca / PRNT = 90 %, CaO = 42 %, MgO = 12 % e SiO₂ = 23 %). Além destes dois corretivos, houve também uma testemunha que não recebeu correção. Em ambas as áreas, as doses dos corretivos foram calculadas objetivando elevar a saturação por bases a 70 % na camada de 0 - 0,20 m. Para a área de sequeiro a dose de ambos os corretivos foi de 1,30 t ha⁻¹ e para a área irrigada foi de 2,47 t ha⁻¹. A aplicação dos corretivos foi realizada manualmente de maneira uniforme, no dia 21 de novembro de 2004.

4.3.2. Sucessões de culturas

Em ambas as áreas, as sucessões de culturas foram constituídas por quatro seqüências de culturas, conforme descrito abaixo.

4.3.2.1. Sucessão “safra - forrageira”

1º ano de experimentação (2004/05)

Milho semeado em novembro de 2004 e *Brachiaria brizantha* semeada na adubação de cobertura do milho (seis a sete folhas).

2º ano de experimentação (2005/06)

Soja semeada em novembro de 2005 e *Brachiaria brizantha* em sobresemeadura a lanço (estádio fenológico reprodutivo R6 - R7 da cultura da soja).

3º ano de experimentação (2006/07)

Arroz semeado em conjunto com a *Brachiaria brizantha* em novembro de 2006.

4.3.2.2. Sucessão “safra - safrinha”

1º ano de experimentação (2004/05)

Milho semeado em novembro de 2004;

Feijão semeado em abril de 2005;

Milheto semeado em setembro de 2005 (conduzida durante 50 dias a partir de sua semeadura).

2º ano de experimentação (2005/06)

Soja semeada em novembro de 2005;

Triticale semeado em maio de 2006;

Milheto semeado em setembro de 2006 (conduzida durante 50 dias a partir de sua semeadura).

3º ano de experimentação (2006/07)

Arroz semeado em novembro de 2006;

Feijão semeado em abril/maio de 2007.

4.3.2.3. Sucessão “safra - pousio”

1º ano de experimentação (2004/05)

Milho semeado em novembro de 2004;

Pousio (a partir da colheita do milho até novembro de 2005, por ocasião da semeadura da soja).

2º ano de experimentação (2005/06)

Soja semeada em novembro de 2005;

Pousio (a partir da colheita da soja até novembro de 2006, por ocasião da semeadura da soja).

3º ano de experimentação (2006/07)

Arroz semeado em novembro de 2006;

Pousio (a partir da colheita do arroz).

4.3.2.4. Sucessão “safra - adubo verde”

1º ano de experimentação (2004/05)

Milho semeado em novembro de 2004;

Guandu semeado em abril de 2005.

2º ano de experimentação (2005/06)

Soja semeada em novembro de 2005;

Milheto semeado em maio de 2006.

3º ano de experimentação (2006/07)

Arroz semeado em novembro de 2006;

Guandu semeado em abril/maio de 2007.

4.3.3. Culturas de verão

Em ambas as áreas, as culturas de verão foram semeadas e conduzidas da seguinte forma:

4.3.3.1. Milho

Toda a área do experimento foi dessecada no dia 29 de novembro de 2004 utilizando-se herbicida glifosato (1.981 g ha^{-1} do i.a.).

A cultura do milho foi semeada no dia 17 dezembro de 2004, utilizando-se o híbrido AGN 3150, no espaçamento de 0,90m e densidade de 5 a 6 plantas por metro. As sementes de milho receberam tratamento com fungicida (Captan - $120 \text{ g do i.a. } 100 \text{ kg de sementes}^{-1}$).

Para a adubação de base nos sulcos de semeadura foram utilizados 250 kg ha^{-1} da formulação 08-28-16 (RAIJ; CANTARELLA, 1997). No dia 18 de dezembro de 2004, foi aplicado o herbicida pré-emergente atrazine (2.500 g ha^{-1} do i.a.). A emergência do milho se deu no dia 24 de dezembro de 2004. A adubação de cobertura do milho foi realizada no dia 24 de janeiro, aplicando-se manualmente 300 kg ha^{-1} de sulfato de amônio (60 kg ha^{-1} de N) em filetes ao lado das linhas de plantas.

O florescimento pleno do milho ocorreu 61 dias após sua emergência e a colheita foi realizada no dia 04 de abril de 2005. Durante a condução da cultura foram realizadas as seguintes avaliações:

4.3.3.1.1. Produção de matéria seca

Foi determinada por ocasião do florescimento pleno das plantas, coletando-se 20 plantas em local pré-determinado na área útil de cada subparcela, constituindo-se uma amostra. As amostras foram levadas ao laboratório, acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de $60 - 70 \text{ }^\circ\text{C}$, até atingir massa constante e posterior pesagem, transformando os dados para kg ha^{-1} .

4.3.3.1.2. Produtividade de grãos

Por ocasião da colheita do milho, foram coletadas as espigas de duas linhas de oito metros em local pré-determinado na área útil de cada subparcela, constituindo-se uma amostra. As amostras foram acondicionadas em sacos de ráfia e secas a pleno sol. Após a secagem, as mesmas foram submetidas à trilhagem mecânica, pesando-se os grãos e os dados foram transformados em kg ha^{-1} (13% base úmida).

4.3.3.2. Soja

Toda a área do experimento foi dessecada no dia 18 de novembro de 2005 utilizando-se o herbicida glifosato (1.981 g ha^{-1} do i.a.).

A cultura da soja foi semeada no dia 22 de novembro de 2005, utilizando-se a variedade Conquista, no espaçamento de 0,45m e densidade de 16 a 20 plantas por metro. As sementes de soja receberam tratamento com fungicida (vitavax + thiram - 50 + 50 g do i.a. 100 kg de sementes⁻¹).

Para a adubação de base nos sulcos de semeadura foram utilizados 220 kg ha^{-1} da formulação 04-30-10 (MASCARENHAS; TANAKA, 1997). A emergência da soja se deu no dia 29 de novembro de 2005.

O controle de pragas e doenças na soja foi realizado mediante aplicação de inseticida deltametrina ($7,5 \text{ g ha}^{-1}$ do i.a.) e do fungicida epoxiconazole + pyraclostrobin ($25 + 67 \text{ g ha}^{-1}$ do i.a.), no dia 03 de fevereiro de 2006.

O florescimento pleno da soja ocorreu 45 dias após sua emergência e a colheita foi realizada no dia 04 de abril de 2006. Durante a condução da cultura foram realizadas as seguintes avaliações:

4.3.3.2.1. Produção da matéria seca

Foi determinada por ocasião do florescimento pleno das plantas, coletando-se 20 plantas em local pré-determinado na área útil de cada subparcela, constituindo-se uma amostra. O procedimento de secagem foi o mesmo utilizado para a cultura do milho.

4.3.3.2.2. Produtividade de grãos

Por ocasião da colheita da soja, foram coletadas as plantas de duas linhas de oito metros em local pré-determinado na área útil de cada subparcela, constituindo-se uma amostra. Os procedimentos de secagem e trilha dos grãos (debulha) foram os mesmos utilizados para a cultura do milho.

4.3.3.3. Arroz

Toda a área do experimento foi dessecada no dia 25 de novembro de 2006 utilizando-se herbicida glifosato (1.981 g ha^{-1} do i.a.), e no dia 30 de novembro utilizando-se ácido diclorofenóxiacético (806 g ha^{-1} do i.a.).

A cultura do arroz foi semeada no dia 6 de dezembro de 2006, utilizando-se o cultivar IAC 202, no espaçamento de 0,34m e densidade 80 sementes viáveis por metro. As sementes de arroz foram tratadas com tiodicarb (450 g do i.a. 100 kg de sementes⁻¹).

Para a adubação de base nos sulcos de semeadura foram utilizados 200 kg ha^{-1} da formulação 08-28-16 (CANTARELLA; FURLANI, 1997). A emergência do arroz se deu no dia 15 de dezembro de 2006. Aos 40 dias após a emergência das plantas realizou-se a adubação de cobertura com 30 kg ha^{-1} de N na forma de sulfato de amônio (150 kg ha^{-1}) em filetes ao lado das linhas de plantas.

O florescimento pleno do arroz ocorreu 71 dias após sua emergência e a colheita foi realizada no dia 10 de março de 2007.

Durante a condução da cultura foram realizadas as seguintes avaliações:

4.3.3.3.1. Produção de matéria seca

Foi determinada por ocasião do florescimento pleno das plantas, coletando-se dois pontos de um metro quadrado em local pré-determinado na área útil de cada subparcela, constituindo-se uma amostra. O procedimento de secagem foi o mesmo utilizado para a cultura do milho.

4.3.3.3.2. Produtividade de grãos

Por ocasião da colheita do arroz, foram coletadas as panículas em quatro pontos de 0,5 metro quadrado em local pré-determinado na área útil de cada subparcela, constituindo-se uma amostra. Os procedimentos de secagem e trilha dos grãos (debulha) foram os mesmos utilizados para a cultura do milho.

4.3.4. Culturas de outono / inverno

Em ambas as áreas, as culturas de outono/inverno foram semeadas e conduzidas da seguinte forma:

4.3.4.1. Feijão

No primeiro ano de experimentação (2005), a área referente à sucessão “safra - safrinha” (II) foi dessecada no dia 05 de abril de 2005 utilizando-se herbicida glifosato (1.981 g ha^{-1} do i.a.).

A cultura do feijão foi semeada no dia 13 de abril de 2005, utilizando-se o cultivar Pérola, no espaçamento de 0,45m e densidade de 12 a 13 plantas por metro. As sementes de feijão receberam tratamento com fungicida (Captan - 150 g do i.a. 100 kg de sementes⁻¹).

Para a adubação de base nos sulcos de semeadura foram utilizados 220 kg ha^{-1} da formulação 08-28-16 (AMBROSANO et al., 1997). No dia 14 de abril de 2005, a área referente à sucessão “safra - safrinha” (II) foi dessecada com herbicida pós-emergente paraquat (400 g ha^{-1} do i.a.). A emergência do feijão se deu no dia 19 de abril de 2005.

O controle de pragas no feijoeiro foi realizado mediante aplicação de inseticida lambdacialotrina (30 g ha^{-1} do i.a.) nos dias 29 de abril e 16 de maio de 2005. A adubação de cobertura do feijoeiro foi realizada no dia 19 de maio de 2005, aplicando-se 350 kg ha^{-1} de sulfato de amônio (70 kg ha^{-1} de N) em filetes ao lado das linhas de plantas.

O florescimento pleno do feijoeiro ocorreu 41 dias após sua emergência e a colheita foi realizada no dia 13 de julho de 2005.

No terceiro ano de experimentação (2007), a área referente à sucessão “safra - safrinha” (II) foi dessecada no dia 06 de abril de 2007 utilizando-se a mesma dose do herbicida supracitado para o primeiro ano de experimentação (1.981 g ha^{-1} do i.a.).

A cultura do feijão foi semeada no dia 12 de abril de 2007, utilizando-se cultivar Pérola, no espaçamento de 0,45m e densidade de 12 a 13 plantas por metro. As sementes de feijão receberam tratamento com fungicida (captan - 150 g do i.a. 100 kg de sementes⁻¹).

Para a adubação de base nos sulcos de semeadura foram utilizados 220 kg ha^{-1} da formulação 08-28-16 (AMBROSANO et al., 1997). No dia 15 de abril de 2007, a área referente à sucessão “safra - safrinha” (II) foi dessecada com herbicida pós - emergente paraquat (400 g ha^{-1} do i.a.). A emergência do feijão se deu no dia 18 de abril de 2007.

O controle de pragas no feijoeiro foi realizado mediante aplicação de inseticida lambdacialotrina (30 g ha^{-1} do i.a.) no dia 27 de abril de 2007, e methamidophos (600 g ha^{-1} do i.a.) no dia 9 de maio de 2007. A adubação de cobertura do feijoeiro foi realizada no dia 18 de maio de 2007, aplicando-se 350 kg ha^{-1} de sulfato de amônio (70 kg ha^{-1} de N) em filetes ao lado das linhas de plantas.

O florescimento pleno do feijoeiro ocorreu 40 dias após sua emergência e a colheita foi realizada no dia 18 de julho de 2007.

Durante a condução da cultura do feijão, em ambos os anos de experimentação foram realizadas as seguintes avaliações:

4.3.4.1.1. Produção de matéria seca

Foi determinada por ocasião do florescimento pleno das plantas, coletando-se 20 plantas em local pré-determinado na área útil de cada subparcela, constituindo-se uma amostra. O procedimento de secagem foi o mesmo utilizado para a cultura do milho.

4.3.4.1.2. Produtividade de grãos

Por ocasião da colheita do feijão, foram coletadas as plantas de duas linhas de oito metros em local pré-determinado na área útil de cada subparcela, constituindo-se uma amostra. Os procedimentos de secagem e trilha dos grãos (debulha) foram os mesmos utilizados para a cultura do milho.

4.3.4.2. Triticale

A área do experimento referente a sucessão “safra-safrinha” (II) foi dessecada no dia 11 de maio de 2006 utilizando-se herbicida glifosato (1.981 g ha^{-1} do i.a.).

A cultura do triticale foi semeada no dia 18 de maio de 2006, utilizando-se o cultivar BRS 53, no espaçamento de 0,17m e densidade de 115 sementes por metro. As sementes foram tratadas com inseticida thiamethoxam ($75 \text{ g do i.a. } 100 \text{ kg}^{-1}$ de semente). A emergência do triticale ocorreu no dia 25 de maio de 2006.

Para a adubação de base nos sulcos de semeadura foram utilizados 200 kg ha^{-1} da formulação 08-28-16 (CAMARGO et al., 1997).

O florescimento pleno ocorreu 48 dias após sua emergência e a colheita foi realizada no dia 4 de setembro de 2006. Durante a condução da cultura do triticale foram realizadas as seguintes avaliações:

4.3.4.2.1. Produção de matéria seca

Foi determinada por ocasião do florescimento pleno das plantas, coletando-se dois pontos de 1 m^2 em local pré-determinado na área útil de cada subparcela, constituindo-se uma amostra. O procedimento de secagem foi o mesmo utilizado para a cultura do milho.

4.3.4.2.2. Produtividade de grãos

Por ocasião da colheita do triticale, foram coletadas as espigas em quatro pontos de $0,5 \text{ m}^2$ em local pré-determinado na área útil de cada subparcela, constituindo-se uma amostra. Os

procedimentos de secagem e trilha dos grãos (debulha) foram os mesmos utilizados para a cultura do milho.

4.3.5. Culturas de cobertura

4.3.5.1. Guandu

No primeiro ano de experimentação (2005), a área referente à sucessão “safra - adubo verde” (IV) foi dessecada no dia 05 de abril de 2005 utilizando-se o herbicida glifosato (1.981g ha^{-1} do i.a.). Assim, a cultura foi semeada no dia 14 abril de 2005 (cultivar IAC Fava Larga), no espaçamento de 0,45 m e densidade de 14 plantas por metro.

A emergência do guandu se deu no dia 20 de abril de 2005. O florescimento pleno ocorreu no dia 13 de agosto de 2005. Nesta ocasião se procedeu ao manejo do mesmo rente ao solo com desintegrador mecânico. Posteriormente, houve rebrota havendo outro florescimento no dia 22 de novembro de 2005, ou seja, 99 dias após seu primeiro florescimento. Assim como no 1º florescimento, procedeu-se o manejo com desintegrador mecânico.

No terceiro ano de experimentação (2007), a área referente à sucessão “safra - adubo verde” (IV) foi dessecada no dia 10 de abril de 2007 utilizando-se herbicida glifosato (1.981g ha^{-1} do i.a.). Assim, a cultura foi semeada no dia 12 abril de 2007 (cultivar IAC Fava Larga), no espaçamento de 0,45 m e densidade de 14 plantas por metro.

A emergência do guandu se deu no dia 19 de abril de 2007. O florescimento pleno ocorreu no dia 29 de junho de 2007. Nesta ocasião se procedeu ao manejo do mesmo rente ao solo com desintegrador mecânico.

Durante a condução da cultura do guandu, em ambos os anos de experimentação, foi realizada a seguinte avaliação:

4.3.5.1.1. Produção de matéria seca

Foi determinada por ocasião do florescimento pleno das plantas, coletando-se 20 plantas em local pré-determinado na área útil de cada subparcela, constituindo-se uma amostra. O procedimento de secagem foi o mesmo utilizado para a cultura do milho. Procedeu-se da mesma forma na rebrota do guandu, conforme ocorrido no primeiro ano experimental.

4.3.5.2. Milheto

A cultura do milheto esteve presente tanto na sucessão “safra - safrinha” como na sucessão “safra - adubo verde”, conforme descrito abaixo.

4.3.5.2.1. Milheto na sucessão safra - safrinha

Para esta sucessão, a cultura do milheto foi semeada nos dias 30 de setembro de 2005 e 13 de setembro de 2006, utilizando-se a variedade ADR 500, no espaçamento de 0,17 m e densidade de 20 kg ha⁻¹.

Para esta sucessão, em ambos os anos, a emergência do milheto ocorreu no 6º dia após a semeadura, e seu estabelecimento ocorreu dentro do esperado, atingindo porte e densidade do solo adequados. O florescimento pleno da cultura não ocorreu de forma uniforme, porém quando da semeadura da soja, em 2005, e do arroz em 2006, algumas plantas já apresentavam o pendão desenvolvido.

4.3.5.2.2. Milheto na sucessão safra - adubo verde

Para esta sucessão, a cultura do milheto foi semeada no dia 18 de maio de 2006, utilizando-se a mesma cultivar, espaçamento e densidade dos solos citados anteriormente.

A emergência do milheto ocorreu no 8º dia após a semeadura. Nesta sucessão, foi verificado que a cultura não se estabeleceu adequadamente, havendo algumas falhas na semeadura e desuniformidade no desenvolvimento das plantas. O florescimento pleno da cultura não ocorreu de forma uniforme.

Durante a condução da cultura do milheto, tanto na sucessão “safra - safrinha” como na “safra - adubo verde” foi realizada a seguinte avaliação:

4.3.5.2.3. Produção de matéria seca

Foi determinada por ocasião do florescimento pleno das plantas, coletando-se dois pontos de um metro quadrado em local pré-determinado na área útil de cada subparcela, constituindo-se uma amostra. O procedimento de secagem foi o mesmo utilizado para a cultura do milho.

4.3.5.3. Braquiária

A *Brachiaria brizantha* foi a única forrageira presente no experimento e esteve inserida na sucessão “safra - forrageira”. No 1º ano de experimentação (2004/05), foi semeada nas entrelinhas do milho (estádio V7) no dia 24 de janeiro de 2005, utilizando-se a cultivar Marandu. No 2º ano de experimentação (2005/06), quando a cultura da soja estava no estágio R6, foi realizada a sobressemeadura a lanço sobre a cultura da soja. Para o 3º ano de experimentação, a forrageira foi semeada no dia 06 de dezembro de 2006 (semeadura conjunta com o arroz), sendo suas sementes depositadas e misturadas ao fertilizante, no

compartimento destinado ao mesmo na semeadora - adubadora. Em todas as semeaduras utilizaram-se 15 kg ha⁻¹ (40% VC), com o objetivo de semear 6 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis.

Durante a condução da forrageira foi realizada a seguinte avaliação:

4.3.5.3.1. Produção de matéria seca

Imediatamente após a colheita do milho, soja e arroz foram realizadas avaliações de produção de matéria seca pela forrageira, por meio de amostragens de quatro pontos de meio metro quadrado em cada subparcela. O procedimento de secagem foi o mesmo utilizado para a cultura do milho.

Para o consórcio com milho, esta avaliação foi prejudicada pelo porte ainda reduzido da forrageira em consórcio com o milho, não sendo possível de ser realizada. Após a colheita do milho, a forrageira se restabeleceu e atingiu porte adequado, adotando-se o seguinte manejo até o mês de setembro: corte a 0,25m em relação à superfície do solo, sempre que as forrageiras atingiam o porte de 0,50m de altura. Antes de cada manejo, foi determinada a produção de matéria seca. Os manejos a 0,25m de altura foram realizados nos dias 14 de maio, 10 de junho e 12 de julho de 2005. Após este último manejo, a forrageira teve livre crescimento, durante 40 dias, com a finalidade de produção de matéria seca para a próxima safra de verão, no caso a soja. No dia 21 de novembro de 2005, as vésperas da semeadura da soja, foi realizada nova avaliação, totalizando, portanto quatro avaliações de produção de matéria seca.

No caso do consórcio da forrageira com a soja, o estabelecimento da forrageira foi extremamente prejudicado talvez pelo tipo de semeadura (à lanço), o que de fato pode ter ocasionado germinação não uniforme da forrageira. Da mesma forma que ocorreu com o milho, após a colheita da soja adotou-se o seguinte manejo até o mês de setembro: corte a 0,25m em relação à superfície do solo, sempre que a forrageira atingia o porte de 0,50m de altura. Antes de cada manejo, foi determinada a produção de matéria seca. Foi realizada uma única avaliação na área de sequeiro e duas na área irrigada, nos dias 25 de novembro de 2006, na área de sequeiro e, 06 de setembro e 25 de novembro de 2006, na área irrigada.

Para o consórcio com o arroz, as sementes de braquiária foram semeadas em uma mistura com o fertilizante, sendo depositadas a uma profundidade semelhante a que o fertilizante foi depositado, entretanto, o seu desenvolvimento inicial, que era para ser retardado em função da maior profundidade de semeadura em relação ao arroz, ocorreu rapidamente, inclusive influenciando negativamente no desenvolvimento do arroz. Da mesma

forma que ocorreu nos consórcios anteriores, após a colheita do arroz adotou-se o seguinte manejo até o mês de setembro: corte a 0,25m em relação à superfície do solo, sempre que as forrageiras atingiam o porte de 0,50m de altura. Antes de cada manejo, foi determinada a produção de matéria seca, perfazendo um total de três avaliações em ambas as áreas, as quais foram realizadas nos dias 10 de março, 16 de junho e 13 de agosto de 2007.

4.4. Amostragens de solo e avaliações gerais

Durante a condução do experimento como um todo foram realizadas as seguintes avaliações:

4.4.1. Características químicas do solo

Após 18 e 34 meses da aplicação dos corretivos, respectivamente em abril de 2006 e agosto de 2007, foram realizadas amostragens estratificadas nas camadas de 0-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m de profundidade.

Foram retiradas aleatoriamente quatro amostras simples na área útil de cada subparcela, para constituir uma amostra composta, sempre na entrelinha, com auxílio de enxadão (0-0,05 m e 0,05-0,10 m) e trado de rosca (0,10-0,20 m e 0,20-0,40m). As amostras compostas foram secas e peneiradas (malha 2 mm). Posteriormente foram submetidas à análise para determinação do pH em CaCl_2 0,01 mol L⁻¹, matéria orgânica, K, Ca e Mg trocáveis, conforme metodologia proposta por Raij et al. (2001), e de Si, seguindo metodologia proposta por Korndörfer et al. (1999).

4.4.2. Características físicas do solo

4.4.2.1. Densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total

Antes do início do experimento, em outubro de 2004 e, por ocasião do término do mesmo, em agosto de 2007, foram coletadas amostras indeformadas do solo para determinação das suas características físicas, nas camadas de 0-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m, por meio de anéis volumétricos.

As amostras foram retiradas em dois pontos aleatórios dentro de cada subparcela, sempre nas entrelinhas, nas camadas supracitadas. Todas as avaliações levaram em consideração as modalidades de correção do solo e as sucessões de culturas. Como foram consideradas ambas as fontes de variação (modalidade de correção e sucessões de culturas), seguiu-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas.

As características físicas do solo analisadas, levando-se em consideração ambas as fontes de variação foram: densidade do solo e porosidade total, pelo método do anel volumétrico; microporosidade, pelo método da mesa de tensão com coluna de água de 0,60 m; e a macroporosidade foi calculada por diferença entre a porosidade total e a microporosidade. Todas as avaliações supracitadas foram realizadas de acordo com a Embrapa (1997).

4.4.2.2. Resistência do solo à penetração

Em outubro de 2004 e agosto de 2007, a resistência do solo à penetração foi determinada nas camadas de 0-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m, utilizando-se o penetrógrafo Penetrographer^{pat} SC - 60, sendo a unidade a base de massa avaliada no mesmo dia da resistência do solo à penetração, utilizando o método da avaliação a base de massa (EMBRAPA, 1997). Foram retiradas aleatoriamente seis amostras compostas, as quais eram constituídas por três amostras simples, dentro de cada parcela nas entrelinhas das culturas. Para efeito de análise estatística, a resistência do solo à penetração e sua unidade foram determinadas levando-se em consideração apenas as quatro sucessões de culturas (delineamento em blocos casualizados, com quatro tratamentos).

4.4.2.3. Taxa constante de infiltração de água no solo

Em outubro de 2004 e agosto de 2007, determinou-se a taxa constante de infiltração de água no solo utilizando-se infiltrômetros de duplo cilindro (BERTRAND, 1965). Para sua avaliação, levaram-se em consideração apenas as quatro sucessões de culturas (delineamento em blocos casualizados, com quatro tratamentos), sendo determinada em dois pontos por tratamento.

Utilizou-se o modelo matemático de Smith (1972) para descrever a taxa de infiltração, cuja fórmula é: $i = a t^{-b} + C$, onde: i = taxa de infiltração de água no solo a ser estimada (cm h^{-1}); t = tempo (h); C = taxa constante de infiltração de água no solo determinada (cm h^{-1}); a , b = parâmetros de ajuste.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Área de sequeiro

5.1.1. Características físicas do solo

A avaliação das características físicas (macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo) foi realizada nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade, antes e após 34 meses da aplicação dos corretivos e da instalação das sucessões de culturas. Por ocasião da avaliação física inicial, notou-se que as suas características físicas apresentavam uniformidade, tanto que se optou por demonstrar apenas suas médias, sendo necessário destacar que a mesma foi realizada com as parcelas e subparcelas demarcadas, porém sem que os tratamentos tivessem sido instalados. (Tabela 1). Já a avaliação após 34 meses tem seus valores médios bem como outros parâmetros estatísticos para as características físicas supracitadas nas Tabelas 2, 3, 4 e 5.

Nesse sentido, por se tratar de avaliação inicial de uma área considerada uniforme do ponto de vista de cultivos e tratamentos culturais, era de se esperar que a mesma não apresentasse diferenças significativas para as características físicas estudadas em relação aos tratamentos aplicados, conforme de fato ocorreu. Dessa forma, a porosidade total é de fato uma das características físicas indiretamente relacionada à sua estrutura e pode ser avaliadas pela densidade e macroporosidade do solo (CORSINI; FERRAUDO, 1999), sendo assim a compactação causada pelo tráfego de máquinas pode alterar a distribuição de poros por tamanho e, por conseguinte, alterar a retenção e a distribuição de água no solo (DIAS JUNIOR, 2000), afetando diretamente a capacidade produtiva dos solos. De fato, os valores de macroporosidade e microporosidade estão um pouco aquém do preconizado como ideal, que seria aquele que contém 1/3 de macroporos e 2/3 de microporos (algo em torno de 0,17 e 0,33 m³ m⁻³, respectivamente) (KIEHL, 1979). Isso provavelmente ocorreu devido a manutenção na área do SPD desde 1998 (sete anos) e está fundamentado na degradação da estrutura em áreas cultivadas, onde há uma alteração da relação massa/volume dos

componentes do solo em função da diminuição da porosidade total e macroporosidade (BOLLER, 1996). Uma característica que comprova isso é a elevada densidade do solo na camada superficial, comparada às demais profundidades, permitindo concluir que houve compactação superficial com o passar dos anos.

Após 34 meses da instalação do experimento, a aplicação dos corretivos não promoveu alteração nos valores de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo em todas as camadas avaliadas. Esperava-se que os corretivos proporcionassem efeitos benéficos indiretos para essas características, uma vez que o desenvolvimento radicular e de parte aérea, bem como a atividade microbiana são intensificados (GRIÈVE et al., 2005). Porém, são poucos e de difícil diagnóstico os relatos na literatura que relacionam os efeitos da calagem sobre as características físicas do solo, principalmente em experimentos recentes, conforme observado por Bortoluzzi et al. (2008). Contudo, resultados obtidos em experimentos de longa duração evidenciam alterações na retenção de água no solo (TESSIER, 2001) e na estabilidade da estrutura de acordo com a magnitude da CTC e da espécie química predominante nos sítios de troca (PERNES-DEBUYSER; TESSIER, 2004, BORTOLUZZI et al., 2005). Nesse contexto, estima-se que a calagem interfira não só nas forças de coesão e repulsão entre as partículas do solo, mas também na afinidade da fase sólida e as moléculas de água, por alterar a eletroquímica do solo (PROST et al., 1998).

Após 34 meses, verificou-se que apesar das alterações significativas em função da adoção de diferentes sucessões de culturas em praticamente todas as características físicas, do ponto de vista prático essas alterações foram mínimas, iguais ou inferiores a $0,03 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para a macroporosidade, microporosidade e porosidade total. Dentro dessas diferenças, a macroporosidade onde foi utilizada a sucessão safra - safrinha proporcionou os maiores valores comparativamente à safra - forrageira. Isso talvez tenha ocorrido em virtude dos oito cultivos referente à sucessão safra - safrinha, comparativamente à segunda sucessão. Os valores obtidos para porosidade total praticamente refletiram os resultados obtidos na avaliação da macroporosidade. Assim, observou-se que até os 0,20 m de profundidade, a sucessão safra - forrageira sempre apresentou os menores valores de macroporosidade e porosidade total, comparativamente as demais sucessões.

Já a densidade do solo foi influenciada apenas nas duas camadas mais superficiais, com a área da sucessão safra - forrageira apresentando os maiores valores em relação as demais sucessões adotadas. Ressalta-se que a diferença observada nos valores obtidos para essa característica não ultrapassaram $0,10 \text{ Mg m}^{-3}$, o que também do ponto de vista prático

pode ser considerado ínfimo. Não existe consenso na literatura quanto ao nível crítico da densidade do solo. Camargo e Alleoni (1997) consideram crítico o valor de $1,6 \text{ Mg m}^{-3}$ em solos franco-argilosos a argilosos. Já De Maria et al. (1999) constataram que acima de $1,2 \text{ Mg m}^{-3}$, em Latossolo Roxo, ocorre restrição ao desenvolvimento de raízes quando o solo estiver na capacidade de campo, o que caracteriza um estado de compactação do solo.

Os resultados permitem concluir que a macroporosidade está abaixo do ideal, bem como a porosidade total; a microporosidade e densidade do solo apresentam-se com valores mais elevados do que os preconizados como ideais (KIEHL, 1979). Isso pode ser reforçado por Bertol et al. (2004), que estudando as propriedades físicas do solo sob preparo convencional e SPD em rotação e sucessão de culturas comparadas às do campo nativo, concluíram que na camada de 0-0,10 m a densidade do solo é maior na semeadura direta que no preparo convencional, independente da rotação de culturas; de forma semelhante, nesta camada, ainda inferem que o SDP reduziu a macroporosidade em relação aos tratamentos supracitados. A melhoria das características físicas está totalmente relacionada ao aumento do teor de matéria orgânica, que por sua vez é relacionada à produção de matéria seca (STONE; GUIMARÃES, 2005), o que ocorre mais facilmente na Região Sul do país, comparativamente à região de condução deste experimento, que se caracteriza pelas altas temperaturas e distribuição de chuvas irregular, ocasionando rápida decomposição da matéria seca, e conseqüentemente, pouca incremento nos teores de matéria orgânica.

Tabela 1 - Valores médios de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, no perfil de solo, em área de sequeiro, antes da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2004).

Profundidade	Características físicas do solo			Densidade do solo Mg m^{-3}
	Porosidade			
	Macro	Micro $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$	Total	
0 - 0,05	0,07	0,35	0,42	1,48
0,05 - 0,10	0,07	0,39	0,46	1,30
0,10 - 0,20	0,08	0,39	0,47	1,33
0,20 - 0,40	0,11	0,39	0,50	1,21

Tabela 2 - Valores de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, na camada de solo de 0-0,05 m, em área de sequeiro, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos	Características físicas do solo			Densidade do solo Mg m ⁻³	
	Porosidade				
	Macro	Micro	Total		
Corretivos		m ³ m ⁻³			
Testemunha	0,09	0,38	0,47	1,39	
Calcário	0,08	0,38	0,47	1,39	
Silicato	0,08	0,39	0,47	1,40	
D.M.S.	-	-	-	-	
C.V.	13,4	2,1	1,6	3,4	
Rotações					
Safra - forrageira	0,07 b	0,39	0,46 b	1,42 a	
Safra - safrinha	0,10 a	0,38	0,48 a	1,35 b	
Safra - pousio	0,08 ab	0,38	0,46 b	1,41 a	
Safra - adubo verde	0,08 ab	0,39	0,47 ab	1,39 ab	
D.M.S.	0,02	-	0,02	-	
C.V.	22,9	4,1	2,9	3,3	
F	Corretivo (C)	1,7 n.s.	2,1 n.s.	0,2 n.s.	0,1 n.s.
	Sucessão (S)	7,0 *	2,3 n.s.	8,4 *	5,1 *
	C * S	1,1 n.s.	1,2 n.s.	0,8 n.s.	0,8 n.s.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 3 - Valores de macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, na camada de solo de 0,05-0,10 m, em área de sequeiro, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos	Características físicas do solo			Densidade do solo Mg m ⁻³	
	Porosidade				
	Macro	Micro	Total		
Corretivos		m ³ m ⁻³			
Testemunha	0,07	0,40	0,47	1,40	
Calcário	0,07	0,39	0,46	1,38	
Silicato	0,07	0,40	0,47	1,40	
D.M.S.	-	-	-	-	
C.V.	14,3	2,9	3,7	3,6	
Rotações					
Safra - forrageira	0,05 c	0,41 a	0,46 b	1,43 a	
Safra - safrinha	0,07 ab	0,39 ab	0,47 ab	1,40 ab	
Safra - pousio	0,09 a	0,39 b	0,47 a	1,36 b	
Safra - adubo verde	0,07 b	0,40 ab	0,47 ab	1,39 b	
D.M.S.	0,02	0,02	0,01	0,04	
C.V.	20,1	3,4	2,7	2,4	
F	Corretivo (C)	1,7 n.s.	1,4 n.s.	0,4 n.s.	0,7 n.s.
	Sucessão (S)	14,3 *	5,0 *	3,8 *	7,3 *
	C * S	2,1 n.s.	1,2 n.s.	1,1 n.s.	1,9 n.s.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 4 - Valores de macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, na camada de solo de 0,10-0,20 m, em área de sequeiro, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos	Características físicas do solo				
	Porosidade			Densidade do solo	
	Macro	Micro	Total		
Corretivos		$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$		Mg m^{-3}	
Testemunha	0,09	0,38	0,48	1,36	
Calcário	0,09	0,38	0,48	1,37	
Silicato	0,08	0,39	0,48	1,37	
D.M.S.	-	-	-	-	
C.V.	25,1	3,9	3,5	3,5	
Rotações					
Safra - forrageira	0,07 b	0,40 ab	0,47 b	1,38	
Safra - safrinha	0,10 ab	0,37 ab	0,47 ab	1,36	
Safra - pousio	0,10 a	0,37 b	0,48 ab	1,36	
Safra - adubo verde	0,08 ab	0,40 a	0,48 a	1,36	
D.M.S.	0,03	0,03	0,01	-	
C.V.	30,1	6,4	2,6	1,9	
F	Corretivo (C)	0,8 n.s.	1,9 n.s.	0,1 n.s.	0,2 n.s.
	Sucessão (S)	3,6 *	4,3 *	3,2 *	2,3 n.s.
	C * S	1,2 n.s.	1,3 n.s.	0,2 n.s.	0,6 n.s.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 5 - Valores de macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, na camada de solo de 0,20-0,40 m, em área de sequeiro, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos	Características físicas do solo				
	Porosidade			Densidade do solo	
	Macro	Micro	Total		
Corretivos		$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$		Mg m^{-3}	
Testemunha	0,10	0,39	0,50	1,27	
Calcário	0,11	0,40	0,51	1,24	
Silicato	0,11	0,40	0,51	1,24	
D.M.S.	-	-	-	-	
C.V.	19,9	7,7	5,5	4,3	
Rotações					
Safra - forrageira	0,09 b	0,42	0,50	1,25	
Safra - safrinha	0,12 a	0,39	0,51	1,24	
Safra - pousio	0,12 a	0,39	0,51	1,24	
Safra - adubo verde	0,10 ab	0,40	0,50	1,26	
D.M.S.	0,03	-	-	-	
C.V.	26,7	9,8	6,2	3,9	
F	Corretivo (C)	0,3 n.s.	0,7 n.s.	1,6 n.s.	2,1 n.s.
	Sucessão (S)	4,5 *	1,4 n.s.	0,2 n.s.	0,5 n.s.
	C * S	2,0 n.s.	1,2 n.s.	1,3 n.s.	1,7 n.s.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Os valores para resistência do solo à penetração e respectivos teores de umidade, nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade, antes e após 34 meses da aplicação dos corretivos e da instalação das sucessões de culturas, estão apresentados nas Figuras 5 e 6. De acordo com Imhoff et al. (2000), a determinação da curva de resistência do solo à penetração é um parâmetro útil na avaliação da qualidade física do solo, permitindo a identificação de solos potencialmente limitantes ao crescimento das plantas.

Para a avaliação inicial se verificou que até os 0,10m iniciais, os valores se mantiveram aquém do valor considerado limitante para o crescimento das plantas, que pode ser de 2, 3,5 e 5 MPa, respectivamente (NESMITH, 1987, MEROTTO JUNIOR; MUNDSTOCK, 1999, CANARACHE, 1990), em função dos mesmos variarem com o tipo de solo e espécie cultivada, sendo difícil relacioná-lo com a compactação dos solos (CAMARGO; ALLEONI, 1997).

Assim, verificou-se que nas camadas mais profundas (0,10-0,20 e 0,20-0,40 m), houve diferença significativa entre os valores observados nas áreas em que as sucessões foram instaladas posteriormente. As áreas onde as sucessões safra-forageira e safra-adubo verde foram instaladas apresentaram maiores valores nas camadas citadas, concomitantemente à redução da umidade para as mesmas sucessões nas mesmas camadas (Figura 5), corroborando a idéia apresentada por Benghough e Mullins (1990), que indicaram que a resistência do solo à penetração geralmente aumenta com a compactação do solo e com a redução da umidade do solo.

Após 34 meses da aplicação dos corretivos e da instalação das sucessões de culturas (Figura 6) observou-se que na camada superficial (0-0,05 m), a sucessão safra - adubo verde proporcionou menores valores de resistência do solo à penetração, assim como na camada 0,05-0,10 m, porém nesta diferindo apenas da sucessão safra - pousio. Nas demais camadas estudadas (0,10-0,20 e 0,20-0,40 m), não houve diferença.

Assim com na avaliação inicial, a resistência do solo à penetração se manteve estável em praticamente todo o perfil estudado, variando de 1,73 a 3,22 MPa, estando próximos aos valores considerados limitantes preconizados por Merotto Junior e Mundstock (1999) e Canarache (1990). A sucessão safra - adubo verde proporcionou o menor valor considerando a camada superficial (0-0,05m), talvez pelo fato da resistência do solo à penetração das raízes estar relacionada com a permanência da continuidade dos poros, pois poros formados pela ação das raízes no solo são mais estáveis, pois a decomposição dessas por microrganismos gera materiais que atuam como cimentantes nas paredes desses poros, proporcionando maior

durabilidade, se comparados com aqueles formados por implementos mecânicos (ABREU, 2000).

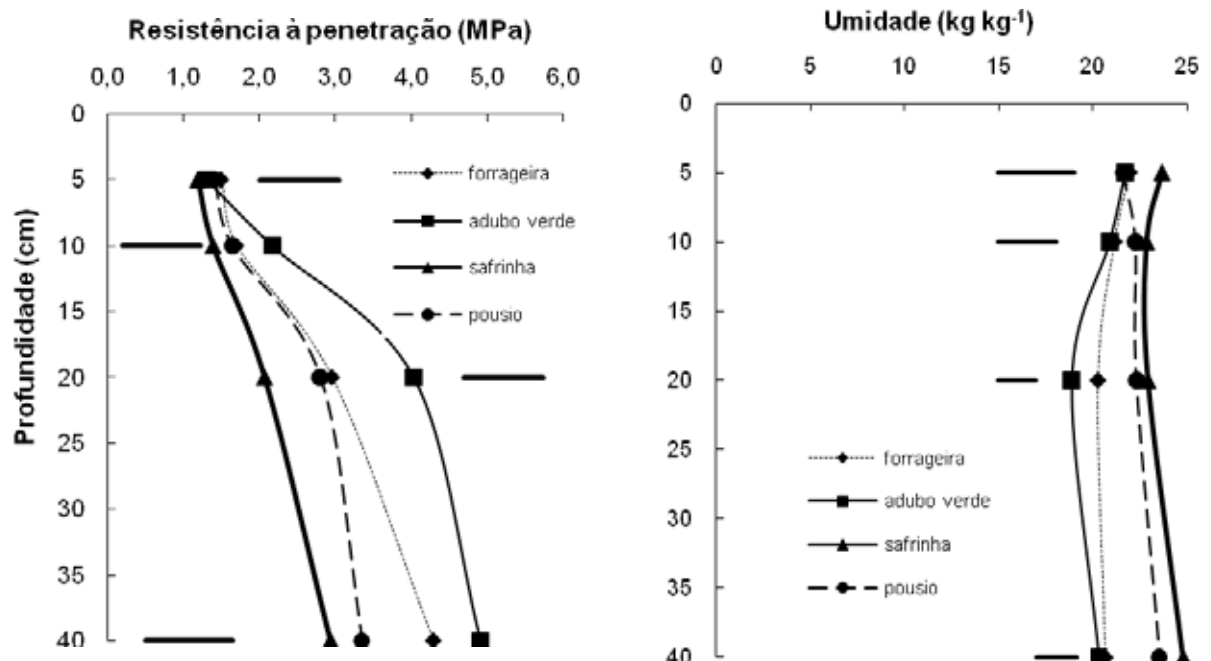


Figura 5 - Resistência do solo à penetração e sua umidade, em área de sequeiro, em função das subparcelas onde foram instaladas posteriormente às sucessões indicadas. Selvíria, MS (2004).

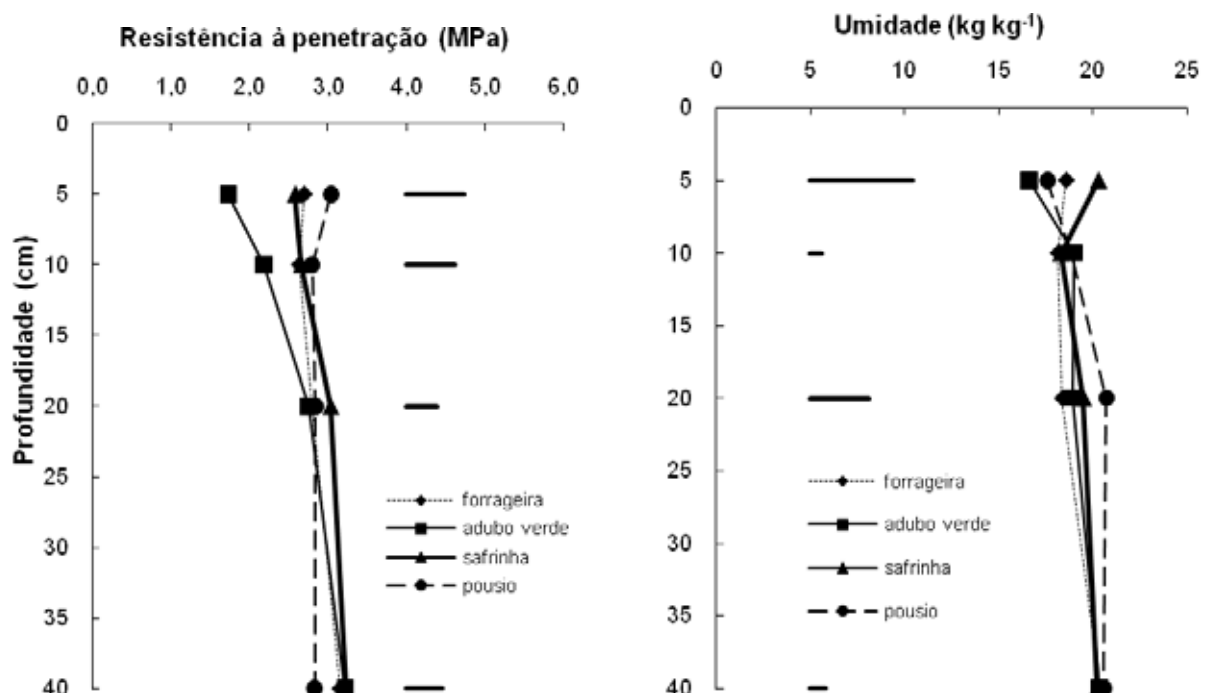


Figura 6 - Resistência do solo à penetração e sua umidade, em área de sequeiro, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).

De modo geral, ao final do experimento, verificou-se aumento da resistência do solo à penetração em relação à avaliação inicial, o que provavelmente ocorreu em função da intensidade de cultivo na área, o que realmente pode alterar o tamanho dos agregados do solo, aumentar a densidade do solo e resistência do solo à penetração, bem como reduzir a porosidade total (D'ANDRÉA, 2001, SILVA; MIELNICZUK, 1997).

A taxa constante de infiltração de água no solo, antes e após a aplicação dos corretivos e instalação das sucessões de culturas estão apresentadas nas Figuras 7 e 8, sendo a avaliação que melhor reflete o grau de degradação do sistema poroso do solo (DALLA ROSA, 1981), o qual foi observado nas avaliações de porosidade e densidade do solo (Tabelas 1, 2, 3, 4 e 5).

Após a avaliação inicial, notou-se o mesmo comportamento para todas as sucessões indicadas, havendo pouca variação, a exceção dos cinco minutos iniciais de avaliação. Nesse período, notou-se que a sucessão safra - forrageira apresentou uma discreta rapidez na estabilização da velocidade em detrimento das demais sucessões, o que provavelmente talvez seja função da grande quantidade de matéria seca produzida.

A taxa constante de infiltração, em área de sequeiro, após 34 meses da aplicação dos corretivos e da instalação das sucessões de culturas, está apresentada na Figura 4. Com exceção da área onde foi instalada a sucessão safra - adubo verde, em toda a área houve o mesmo comportamento, ou seja, estabilização da velocidade de infiltração por volta de 20 cm h⁻¹. Para a sucessão safra - adubo verde, este valor foi de 30 cm h⁻¹, indicando que o solo utilizado nesse sistema apresentou a formação de canais no solo, o que pode em função do cultivo do guandu, cultivado duas vezes num período de 34 meses.

Isso é bem evidente observando desempenho da sucessão safra - adubo verde antes (Figura 7) e após 34 meses do início do experimento (Figura 8). Segundo Castro Filho et al. (1998), a manutenção da arquitetura dos poros pela permanência dos restos de raízes, ação da macro e microfauna na fragmentação desses resíduos e formação de galerias, influi na aeração e na movimentação descendente de água. Além disso, o guandu é uma espécie de grande potencial para penetração de raízes no solo (ALVARENGA, 1993), o que teoricamente favoreceu a infiltração e retenção de água no solo.

Sales et al. (1999) avaliando a taxa constante de infiltração de um Latossolo Roxo encontraram valor de 56,6 mm h⁻¹ para este solo, com 653 g kg⁻¹ e 0,17 m³ m⁻³ de macroporos, estando em consonância com os resultados obtidos neste experimento que obteve 50 mm h⁻¹ de taxa de infiltração, com no máximo 0,12 m³ m⁻³ de macroporos e 663 g kg⁻¹. Por outro lado, Silva e Kato (1998), trabalhando em Latossolo Vermelho-Amarelo com cobertura vegetal, observaram valores variando de 56 a 96 mm h⁻¹. Diante disso contata-se que

isoladamente a avaliação em questão não é uma ferramenta que pode esclarecer o estado de degradação do solo, sendo necessário algumas avaliações correlatas.

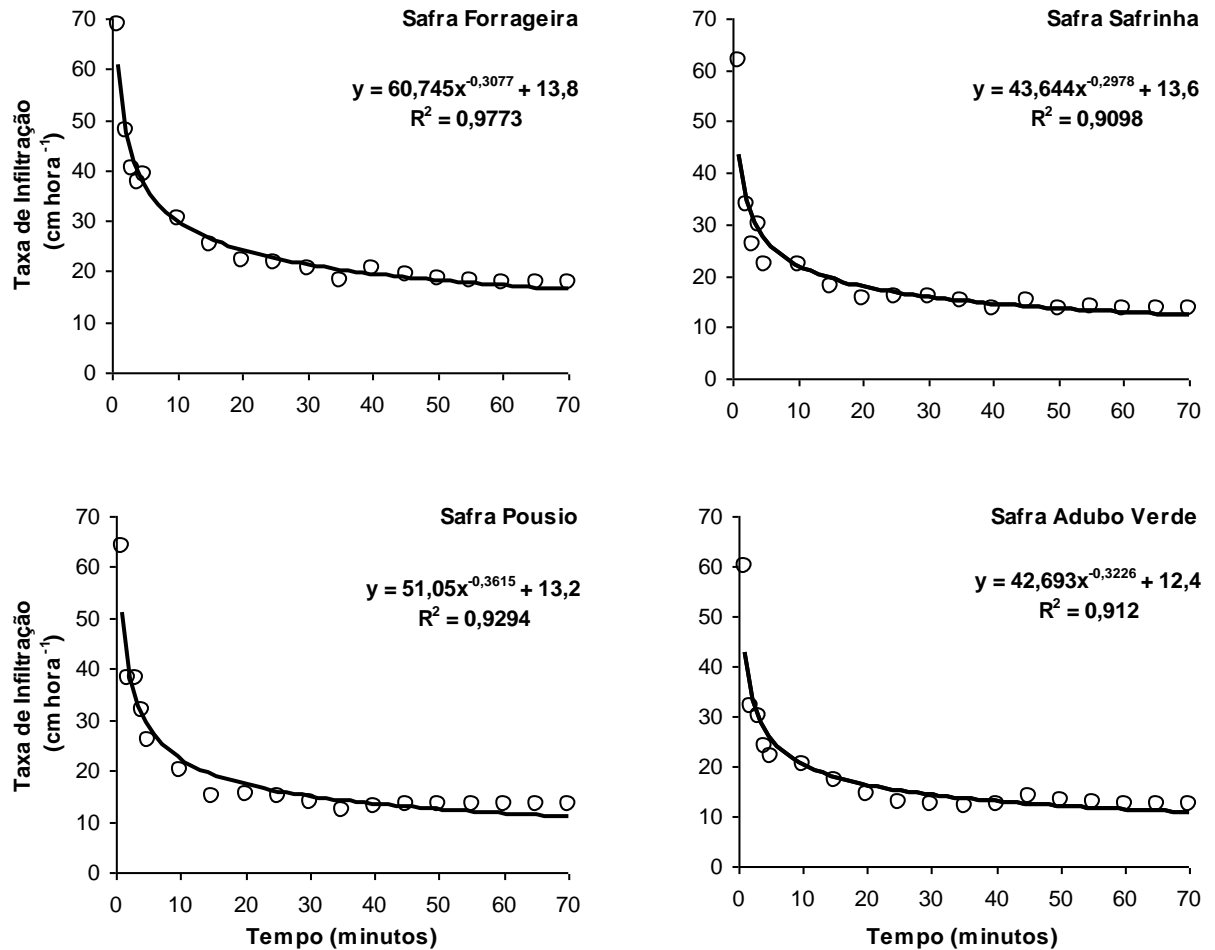


Figura 7 - Taxa média de infiltração de água no solo, em área de sequeiro, em função das subparcelas onde foram instaladas posteriormente às sucessões indicadas. Selvíria, MS (2004).

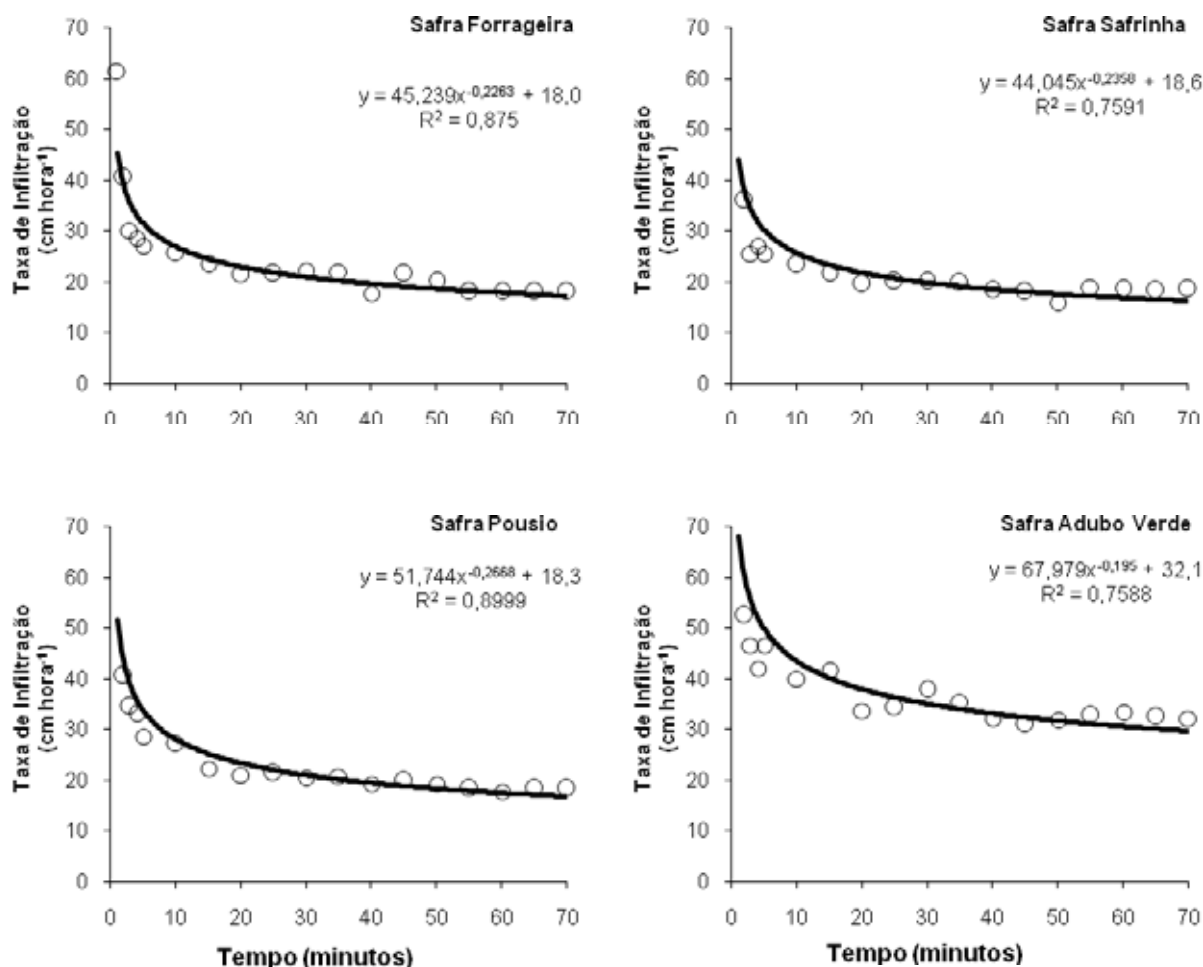


Figura 8 - Taxa média de infiltração de água no solo, em área de sequeiro, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).

5.1.2. Características químicas do solo

As características químicas do perfil do solo em relação ao pH, matéria orgânica, K, Ca, Mg, Si e saturação por bases, em duas épocas de amostragem, aos 18 e 34 meses após a aplicação dos corretivos, estão apresentadas em função da aplicação dos mesmos (calcário e silicato), e das sucessões de culturas (safra - forrageira, safra - safrinha, safra - pousio e safra - adubo verde). Quando houve interação significativa entre as fontes de variação (corretivos e sucessões) para alguma característica estudada, optou-se por discutir apenas seu desdobramento.

5.1.2.1. 18 meses após a aplicação dos corretivos

Nas Tabelas 6 a 15 estão apresentados os valores para as características químicas supracitadas, bem como os respectivos coeficientes de variação, teste F e desdobramentos, nas profundidades de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, após 18 meses da aplicação dos corretivos.

Aos 18 meses já se observou efeito característico de ambos os corretivos, na profundidade de 0-0,05 m, onde o calcário e o silicato proporcionaram elevação dos valores de pH. Isso indica que após 18 meses, o calcário ainda continua reagindo na camada superficial, corroborando com os dados obtidos por Lima (2004) e também com Rheinheimer et al. (2000), os quais observaram efeito do calcário apenas para a profundidade de 0-0,05 m, após 18 meses da aplicação. No presente experimento, o silicato, na profundidade de 0,20-0,40 m, proporcionou o maior valor de pH, diferindo da testemunha e do tratamento com calcário, provavelmente devido à maior solubilidade do silicato, comparativamente ao calcário. Outra possibilidade seria o deslocamento mecânico de partículas finas de calcário, por meio de canais formados por suas raízes mortas (OLIVEIRA; PAVAN, 1996, AMARAL et al., 2004), galerias de organismos do solo e de macrocanais biológicos (RHEINHEIMER et al., 2000), os quais foram mantidos intactos pelo não revolvimento do solo desde a implantação do presente experimento.

As sucessões, já em seu segundo ano, não alteraram o pH, com exceção da profundidade de 0,20-0,40 m, onde a sucessão safra - adubo verde sobressaiu-se em relação às demais (Tabelas 6, 11, 13 e 15). Por ocasião da amostragem após 18 meses, já haviam sido cultivadas nessa sucessão, a seqüência milho-guandu-soja, o que talvez possa explicar, ainda que não categoricamente, o efeito do silicato na elevação do pH, pois o sistema radicular do guandu é agressivo, com alta densidade do solo e comprimento, favorecendo o caminhamento das partículas, uma vez que esses poros são altamente funcionais, apresentando grande estabilidade (ABREU, 2000).

Os efeitos dos corretivos e das sucessões praticamente não alteraram os valores de matéria orgânica, após 18 meses da aplicação dos corretivos (Tabelas 6, 11, 13 e 15), corroborando os dados apresentados por Alleoni et al. (2005), que atribuem a falta de resposta da matéria orgânica à aplicação de corretivos, pela maior atividade microbiana e, assim, à maior mineralização nas parcelas com maior pH, o que dificulta o incremento da matéria orgânica. No presente experimento apenas o teor obtido de matéria orgânica na profundidade de 0,10-0,20 m, na sucessão safra - adubo verde, foi superior ao obtido mediante utilização das sucessões safra - safrinha e safra - pousio, o que provavelmente pode ser um indício dos

benefícios causados pela adoção do guandu em uma sucessão de culturas, uma vez que elevada produção de matéria seca pelo mesmo no 1º ano de experimentação (em média 17 t ha⁻¹), o que já fora observado por diversos autores (ALVARENGA, 1993, CALEGARI, 1995; ALCÂNTARA et al., 2000).

Houve interação corretivo x sucessão, na profundidade de 0-0,05 m, para os teores de K (Tabela 7). Quando não houve a aplicação de corretivos, o maior teor de K foi encontrado na sucessão safra - forrageira, provavelmente em função da elevada produção de matéria seca pela forrageira (Tabelas 26, 27 e 28). Já quando houve a aplicação de corretivos, as sucessões não interferiram nos teores de K. Há de se destacar que nas sucessões safra - adubo verde e safra - forrageira, a aplicação de corretivos proporcionou os menores valores para K, discordando dos resultados apresentados por Quaggio et al. (1991), que estudando a relação entre calagem e molibdênio na extração de nitrogênio pelo milho, verificaram que a aplicação do calcário proporciona maiores teores de K no solo. Para as demais profundidades, praticamente não houve efeito significativo dos tratamentos, à exceção da profundidade de 0,05-0,10 m, onde a testemunha apresentou o maior teor de K, diferenciando-se do calcário (Tabela 11). Do ponto de vista prático, não essas nuances ocorridas dentro das interações não são significativas.

Na profundidade de 0-0,05 m, houve interação entre corretivo x sucessão para o teor de Ca, e o desdobramento está apresentado na Tabela 8. Para as sucessões safra - forrageira e safra safrinha, a aplicação de ambos os corretivos elevou os níveis do cátion; já para safra - pousio e safra - adubo verde destaca-se apenas o silicato. Da mesma forma, nas profundidades de 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, a aplicação de silicato proporcionou os maiores valores de Ca em relação ao calcário e a testemunha, devido à sua elevada solubilidade (ALCARDE, 1992). Para essas duas profundidades, as sucessões não influenciaram os teores de Ca (Tabelas 11 e 13). Na camada mais profunda (0,20-0,40 m), a adoção da sucessão safra - adubo verde proporcionou o maior teor de Ca, podendo ser esse um índice da formação de bioporos, mediante decomposição de raízes, facilitando o caminhamento do calcário (ABREU, 2000). Outro ponto importante é que o aumento do pH na superfície do solo, conforme foi observado no presente experimento, pode ter acelerado a velocidade com que o íon HCO₃⁻, acompanhado por Ca e Mg, movimentou-se para o subsolo, contribuindo possivelmente para a correção da acidez (CAIRES et al., 1999; 2003).

Após 18 meses, os teores de Mg no perfil do solo apresentam níveis elevados e praticamente não apresentam diferenças significativas, e mesmo as que existem, têm pouca consistência. Assim, para a profundidade de 0-0,05 m os valores permaneceram inalterados

com a utilização dos corretivos e das sucessões (Tabela 6), o que permite concluir que seus teores já estavam em níveis elevados, sendo que a adição do mesmo via calagem não traria algum benefício, pois o Mg já se encontrava em níveis de excelência. Já o desdobramento da interação entre os fatores estudados para a profundidade de 0,05-0,10 m, permitiu concluir que o teor de Mg praticamente não foi alterado pela utilização de corretivos, apresentando na ausência dos mesmos, maiores valores para a sucessão safra - pousio, comparativamente à sucessão safra - safrinha, podendo esse fato ser explicado devido ao alto coeficiente de variação e talvez à maior extração pelas culturas na segunda sucessão (Tabela 12). Nas demais profundidades (0,10-0,20 e 0,20-0,40 m), praticamente não houve alteração nos valores obtidos para Mg, à exceção da profundidade de 0,20-0,40 m, em que a sucessão safra - adubo verde apresentou o maior teor de Mg, comparativamente às demais. Esses resultados são discordantes dos apresentados por Soratto (2005), que verificaram após 12 meses da aplicação dos corretivos que os teores de Mg trocável se elevaram em todo perfil estudado, inclusive com redução nos teores de Al^{3+} . Uma possível explicação para essa movimentação ocorrida no presente experimento é que pode ter havido a formação de complexos orgânicos hidrossolúveis à partir de ácidos orgânicos (MIYAZAWA et al., 1993, MIYAZAWA et al., 1996), uma vez que houve grande produção de matéria seca pelas culturas utilizadas nas sucessões.

Para o teor de Si no solo houve interação significativa nas profundidades de 0-0,05 m (Tabela 9) e 0,10-0,20 m (Tabela 14). Para as demais profundidades não foi promovida alteração mediante aplicação dos corretivos e das sucessões utilizadas (Tabela 11 e 15). Os desdobramentos para o teor de Si no solo, na profundidade de 0-0,05 m, permitiram concluir que a aplicação de silicato aumenta sensivelmente os teores de Si no solo, excetuando-se quando utilizada a sucessão safra - forrageira, o que é prontamente justificável, uma vez que as gramíneas como um todo, conseguem acumular grandes quantidades deste elemento na epiderme foliar (BARBOSA FILHO et al., 2000, KORNDÖRFER et al., 2002), ou seja, extraíndo-o do solo em elevadas quantidades. Na profundidade de 0,10-0,20 m (Tabela 14), o desdobramento indica que quando foram utilizados corretivos, os valores de Si são mais elevados comparativamente à testemunha, quando utilizadas as sucessões safra - forrageira e safra - adubo verde.

Mediante desdobramento da interação corretivo x sucessão na profundidade de 0-0,05 m, detectou-se que a saturação por bases foi alterada com a aplicação dos corretivos, comparativamente à testemunha, demonstrando o efeito corretivo e mantenedor da capacidade produtiva de ambos os corretivos em praticamente todas as sucessões utilizadas. Na ausência

de correção ou com a aplicação de calcário não houve diferença entre as sucessões, porém com a aplicação de silicato, a sucessão safra - adubo verde foi superior à sucessão safra - forrageira (Tabela 10). Para as demais profundidades avaliadas, à exceção da camada mais profunda (0,20-0,40 m), os tratamentos não provocaram efeito sobre os valores de saturação por bases. Nesta profundidade, a sucessão safra - adubo verde foi a sucessão que se sobressaiu (Tabela 15), o que até certo ponto pode ser considerado normal, pois o guandu promove intensa ciclagem de nutrientes (ALCÂNTARA et al., 2000).

Ressalta-se que, após 18 meses da aplicação dos corretivos, o solo manteve a saturação por bases em torno de 70%, na profundidade de 0-0,05 m, o que confirma a tendência de restrição da reação dos corretivos aplicados superficialmente em SPD às camadas superficiais, estando em consonância com os resultados obtidos por Miranda et al. (2005) e Pádua et al. (2006) em Latossolo Vermelho, os quais verificaram que o efeito do calcário aplicado superficialmente em SPD se restringe a profundidade de 0-0,05m. Outros trabalhos também demonstram efeito semelhante ao explanado anteriormente (CAIRES et al., 1998, PAVAN; OLIVEIRA, 2000, RITCHEY et al., 1982, CAIRES et al., 1998, 2004, 2006). Assim, de modo geral, após 18 meses da aplicação dos corretivos, concluiu-se que a saturação por bases apresenta alterações mediante a aplicação dos corretivos, restringindo-se à camada superficial de 0-0,05 m.

Tabela 6 - Valores de pH em CaCl_2 0,01 mol L^{-1} , matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg (mmolc dm^{-3}), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0-0,05 m, em área de sequeiro, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2006).

Tratamentos		Características químicas						
Corretivos	pH	M.O.	K	Ca	Mg	Si	V%	
Testemunha	5,4 b	23,9	5,4	23,2	17,8	11,3	63,1	
Calcário	6,0 a	24,4	4,6	52,3	23,1	3,8	79,2	
Silicato	6,0 a	24,7	4,4	62,4	20,2	7,1	78,3	
D.M.S.	0,4	-	-	-	-	-	-	
C.V.	5,6	9,0	23,7	68,4	26,0	45,6	11,7	
Rotações								
Safra - forrageira	5,7	25,1	5,4	39,2	21,8	9,9	72,0	
Safra - safrinha	5,9	23,6	4,8	49,0	18,8	5,9	74,4	
Safra - pousio	5,8	23,6	4,6	47,7	20,3	7,7	72,7	
Safra - adubo verde	6,0	25,0	4,4	48,0	20,7	6,2	75,1	
D.M.S.	-	-	-	-	-	-	-	
C.V.	4,8	10,7	18,6	29,9	15,7	35,6	7,2	
F	Corretivo (C)	15,3 *	0,6 n.s.	3,4 n.s.	6,7 *	4,0 n.s.	19,1 *	17,6 *
	Sucessão (S)	2,4 n.s.	1,3 n.s.	3,2 *	1,3 n.s.	1,8 n.s.	5,8 *	0,9 n.s.
	C * S	1,5 n.s.	0,4 n.s.	3,5 *	3,3 *	1,5 n.s.	2,6 *	3,0 *

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 7 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente a K ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de solo de 0-0,05 m, em área de sequeiro, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

Rotações					
Corretivos	Safra - forrageira	Safra - safrinha	Safra - pousio	Safra - adubo verde	D.M.S
Testemunha	6,9 a A	4,6 a B	4,4 a B	5,7 a AB	1,7
Calcário	4,8 b A	4,5 a A	5,0 a A	3,9 b A	
Silicato	4,6 b A	5,2 a A	4,3 a A	3,6 b A	
D.M.S.	1,7				

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 8 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente a Ca ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de solo de 0-0,05 m, em área de sequeiro, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

Rotações					
Corretivos	Safra - forrageira	Safra - safrinha	Safra - pousio	Safra - adubo verde	D.M.S
Testemunha	23,0 a A	21,8 b A	23,0 b A	25,0 b A	36,5
Calcário	55,8 a A	62,3 a A	50,0 ab A	41,0 b A	
Silicato	38,8 a B	63,0 a AB	70,0 a A	78,0 a A	
D.M.S.	26,6				

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 9 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente a Si (g kg^{-1}), na camada de solo de 0-0,05 m, em área de sequeiro, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

Rotações					
Corretivos	Safra - forrageira	Safra - safrinha	Safra - pousio	Safra - adubo verde	D.M.S
Testemunha	7,3 a A	1,8 b B	8,8 a AB	4,3 b AB	5,0
Calcário	11,3 a A	10,8 a A	12,0 a A	11,0 a A	
Silicato	11,3 a A	5,3 b BC	2,3 b AB	3,3 b C	
D.M.S.	5,1				

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 10 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente à saturação por bases ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de solo de 0-0,05 m, em área de sequeiro, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

Rotações					
Corretivos	Safra - forrageira	Safra - safrinha	Safra - pousio	Safra - adubo verde	D.M.S
Testemunha	66,3 b A	61,0 b A	61,3 b A	64,0 b A	11,3
Calcário	79,0 a A	82,0 a A	79,8 a A	76,0 a A	
Silicato	70,8 ab B	80,3 a AB	77,0 a AB	85,3 a A	
D.M.S.	10,3				

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 11 - Valores de pH em CaCl_2 0,01 mol L^{-1} , matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0,05-0,10 m, em área de sequeiro, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2006).

Tratamentos		Características químicas						
Corretivos	pH	M.O.	K	Ca	Mg	Si	V%	
Testemunha	5,2	20,6	3,3 a	20,6 b	14,2	9,9 a	53,4	
Calcário	5,2	21,0	2,4 b	21,9 b	12,2	7,8 b	53,4	
Silicato	5,4	20,8	2,6 ab	26,1 a	13,6	8,1 ab	59,3	
D.M.S.	-	-	0,8	3,6	-	2,1	-	
C.V.	5,3	8,3	27,1	14,7	27,2	22,8	12,9	
Rotações								
Safra - forrageira	5,2	21,1	3,1	21,1	12,1	8,4	53,0	
Safra - safrinha	5,2	21,1	2,7	21,8	11,7	8,1	53,8	
Safra - pousio	5,3	19,9	2,5	23,5	15,9	8,6	57,2	
Safra - adubo verde	5,4	21,1	2,7	25,0	13,6	9,2	57,7	
D.M.S.	-	-	-	-	-	-	-	
C.V.	4,4	10,6	33,2	21,3	26,1	16,5	13,9	
F	Corretivo (C)	3,6 n.s.	0,3 n.s.	5,8 *	11,7 *	1,3 n.s.	5,5 *	3,6 ns
	Sucessão (S)	1,6 n.s.	0,8 n.s.	1,0 n.s.	1,6 n.s.	3,7 *	1,2 n.s.	1,1 ns
	C * S	1,9 n.s.	0,1 n.s.	1,1 n.s.	1,3 n.s.	2,9 *	1,3 n.s.	1,4 ns

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 12 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente a Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), na camada de solo de 0,05-0,10 m, em área de sequeiro, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

Corretivos	Rotações				D.M.S
	Safra - forrageira	Safra - safrinha	Safra - pousio	Safra - adubo verde	
Testemunha	12,0 a B	10,8 a B	21,8 a A	12,3 a B	
Calcário	12,0 a A	11,3 a A	12,8 b A	12,7 a A	6,1
Silicato	12,3 a A	13,0 a A	13,3 b A	15,8 a A	
D.M.S.	6,7				

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 13 - Valores de pH em CaCl_2 0,01 mol L^{-1} , matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0,10-0,20 m, em área de sequeiro, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2006).

Tratamentos		Características químicas						
Corretivos	pH	M.O.	K	Ca	Mg	Si	V%	
Testemunha	5,1	19,8	1,8	18,4 b	10,9	8,8	49,9	
Calcário	5,1	18,8	1,3	19,3 b	10,8	8,0	49,4	
Silicato	5,2	19,7	1,4	23,8 a	11,9	7,7	54,9	
D.M.S.	-	-	-	4,4	-	-	-	
C.V.	2,9	7,9	44,6	19,9	14,7	11,9	10,7	
Rotações								
Safra - forrageira	5,1	19,0 ab	1,7	21,9	11,3	7,2	51,9	
Safra - safrinha	5,1	18,6 b	1,4	18,5	10,8	7,8	50,3	
Safra - pousio	5,1	18,7 b	1,3	18,4	10,8	8,8	48,8	
Safra - adubo verde	5,2	21,4 a	1,8	23,1	12,0	8,9	54,6	
D.M.S.	-	2,5	-	-	-	-	-	
C.V.	3,4	11,7	42,7	21,2	12,9	11,7	12,0	
F	Corretivo (C)	4,2 n.s.	1,9 n.s.	2,4 n.s.	8,2 *	2,4 n.s.	5,1 n.s.	5,0 n.s.
	Sucessão (S)	1,3 n.s.	4,3 *	1,5 n.s.	3,6 n.s.	1,9 n.s.	9,1 *	1,9 n.s.
	C * S	1,1 n.s.	0,9 n.s.	0,7 n.s.	1,7 n.s.	1,0 n.s.	8,7 *	1,1 n.s.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 14 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente a Si (g kg^{-1}), na camada de solo de 0,10-0,20 m, em área de sequeiro, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

Corretivos	Rotações				D.M.S
	Safra - forrageira	Safra - safrinha	Safra - pousio	Safra - adubo verde	
Testemunha	7,8 a B	8,3 a B	8,3 a B	10,8 a A	1,7
Calcário	7,8 a AB	6,3 b B	8,8 a A	9,3 a A	
Silicato	6,0 b B	8,8 a A	9,3 a A	6,8 b B	
D.M.S.	1,9				

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 15 - Valores de pH em CaCl_2 0,01 mol L^{-1} , matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg (mmol_c dm^{-3}), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0,20-0,40 m, em área de sequeiro, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2006).

Tratamentos		Características químicas						
Corretivos	pH	M.O.	K	Ca	Mg	Si	V%	
Testemunha	5,4 b	13,0	0,7	11,4	8,0	3,8	44,5	
Calcário	5,4 b	12,9	0,5	11,1	7,9	3,3	44,5	
Silicato	5,5 a	12,9	0,6	12,6	8,8	3,4	47,3	
D.M.S.	0,1	-	-	-	-	-	-	
C.V.	0,9	6,1	30,3	16,6	14,6	22,5	7,4	
Rotações								
Safra - forrageira	5,4 b	13,5	0,6	11,5 ab	8,0 b	3,6 ab	44,8 b	
Safra - safrinha	5,4 b	13,1	0,5	10,9 b	7,8 b	2,4 b	44,9 b	
Safra - pousio	5,4 b	11,5	0,6	10,7 b	6,8 b	3,9 a	42,8 b	
Safra - adubo verde	5,5 a	13,7	0,6	13,8 a	10,3 a	4,1 a	49,2 a	
D.M.S.	0,1	-	-	2,7	2,2	1,5	3,9	
C.V.	1,7	17,9	46,7	20,7	23,7	38,3	7,7	
F	Corretivo (C)	26,8 *	0,1 n.s.	3,8 n.s.	2,4 n.s.	2,9 n.s.	2,1 n.s.	3,6 n.s.
	Sucessão (S)	8,6 *	2,2 n.s.	1,0 n.s.	4,0 *	7,2 *	3,8 *	7,1 *
	C * S	0,6 n.s.	0,8 n.s.	0,8 n.s.	0,4 n.s.	2,3 n.s.	1,0 n.s.	0,6 n.s.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

5.1.2.2. 34 meses após a aplicação dos corretivos

Nas Tabelas 16 a 19 estão apresentados os valores para as características químicas discutidas anteriormente, bem como os respectivos coeficientes de variação, teste F e desdobramentos, nas profundidades de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, após 34 meses da aplicação dos corretivos. Não foi detectada nenhuma interação entre os fatores estudados ao longo de três anos.

Após 34 meses da aplicação dos corretivos foi observado que houve elevação do pH até os 0,20 m iniciais (Tabelas 16, 17 e 18), onde se observa na profundidade inicial (0-0,05 m) que ambos os corretivos foram superiores à testemunha. Nas profundidades de 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m, houve essa superioridade apenas com a utilização do silicato, sendo um indício de que a substituição do calcário pelo silicato pode ser perfeitamente realizada. Isso ocorreu provavelmente devido à maior solubilidade do silicato em relação ao calcário, conforme observação feita por (ALCARDE, 1992). De forma semelhante, em experimento conduzido em um Latossolo, na região dos Cerrados, estudando doses e formas de aplicação de calcário, Alleoni et al. (2005) verificaram que, apenas após 30 meses da aplicação dos corretivos, houve alteração do pH, se restringindo à profundidade de 0-10 m. Pöttker & Ben (1998) em uma Latossolo concluíram que houve correção da acidez até 0,05m após 34 meses. Resultados semelhantes foram observados em um Latossolo Vermelho, com a aplicação de até 4,3 t ha^{-1} ,

no qual houve correção da acidez apenas até os 0,10 m iniciais após 12 meses da aplicação do calcário (SORATTO; CRUSCIOL, 2008). Dessa forma, constatou-se que o efeito e extensão do mesmo possuem variabilidade elevada, principalmente no que diz respeito às condições edafoclimáticas da região, e também quanto à quantidade e dose de corretivo utilizada.

Para as sucessões de culturas, observa-se que os maiores valores foram observados na seqüência safra-forrageira. Isso ocorre devido ao número de cultivos realizados durante o experimento. Nessa sucessão, foram seis semeaduras, enquanto na sucessão que apresentou menor valor de pH foram nove semeaduras. Isso explica o aumento da acidez, uma vez que quanto maior a remoção de bases da solução do solo, maiores são a quantidade de sítios liberados no solo, sendo preenchidos prontamente pelos íons hidrogênio (VITTI; LUZ, 2004). Esse efeito foi restrito à camada superficial (0-0,05 m). Nas demais profundidades, as sucessões se equivaleram com valores de pH em torno de 5,0.

Na Tabela 16, verifica-se que para a profundidade de 0-0,05m, que a aplicação dos corretivos não alterou positivamente a matéria orgânica, com seus valores se equivalendo. As sucessões apresentaram alterações, com as sucessões safra - forrageira e safra - adubo verde apresentando os maiores teores de matéria orgânica comparativamente às sucessões safra - safrinha e safra - pousio. Isso de certa forma reflete a quantidade de matéria seca produzida pela braquiária na sucessão safra - forrageira, e pelo guandu (duas vezes) e milho na sucessão safra - adubo verde, fato este que ao longo de três anos, pode ter incrementado, ainda que pouco, os teores de matéria orgânica. Os dados obtidos no presente experimento corroboram os obtidos por Alleoni et al. (2005), que trabalhando com doses e modos de aplicação de calcário em um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado, observaram que não houve efeito da aplicação de calcário após 6, 18 e 30 meses sobre os teores de matéria orgânica. Provavelmente, o que ocorreu no presente experimento foi que devido à maior produção de matéria seca, houve incremento da atividade microbiana e, por conseguinte, maior mineralização, disponibilizando nutrientes para as culturas.

Após 34 meses da aplicação dos corretivos, verificou-se que os teores de K permaneceram inalterados mediante o uso dos corretivos e sucessões de culturas para todas as profundidades estudadas, diferentemente do observado por Quaggio et al. (1991), que verificaram que a aplicação do calcário proporciona maiores teores de K no solo. Novamente, de modo geral, não essas nuances ocorridas dentro das interações não são significativas. Esperava-se que as sucessões, de modo geral, proporcionassem incrementos nos teores de K no solo após 34 meses, uma vez que a braquiária, milho e guandu reciclam quantidades

apreciáveis de potássio (KLUTHCOUSKI et al., 1991, KICHEL; MACEDO, 1994; ALCÂNTARA et al., 2000).

Em relação à testemunha, os teores de Ca trocável foram superiores na camada superficial com a utilização de ambos os corretivos. Isso permitiu inferir que o efeito dos corretivos ficou restrito à camada de 0-0,05 m de profundidade, após 34 meses. Provavelmente isso ocorreu porque o efeito residual dos corretivos é dependente das condições edafoclimáticas, bem como número de cultivos na área e fundamentalmente da dose e granulometria do material utilizado. Nas demais profundidades nenhum efeito dos corretivos foi observado, embora os valores para o nutriente estejam elevados. Com relação às sucessões, verificou-se que a sucessão safra - safrinha apresentou valores de Ca, nas profundidades de 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m, superiores a sucessão safra - forrageira. Provavelmente isso tenha ocorrido devido ao número de cultivos na sucessão safra - safrinha (oito), o que proporcionou a exploração de diferentes profundidades do perfil do solo pelas raízes das culturas envolvidas na sucessão. Assim, pode ter ocorrido a formação de inúmeros bioporos, mediante decomposição das raízes dessas plantas, facilitando o caminhamento do calcário (ABREU, 2000). Além disso, o fato do pH ter respondido à aplicação dos corretivos até os 0,20 m iniciais, pode ter promovido a movimentação do íon HCO_3^- em conjunto com o nutriente (CAIRES et al., 2003).

Os teores de Mg no perfil do solo se equivaleram após 34 meses da aplicação dos corretivos e adoção das sucessões de culturas, indicando que os efeitos da calagem não são tão duradouros, apesar dos níveis elevados do nutriente no solo, que podem ser considerados níveis de excelência.

O Si apresentou maiores valores quando da aplicação do silicato comparativamente ao tratamento onde se aplicou calcário, apenas na camada superficial (0-0,05 m), entretanto a diferença entre os tratamentos é mínima, podendo ser desconsiderada, por apresentar pouca consistência. As sucessões de culturas não modificaram os teores de silício no solo após 34 meses, mesmo na sucessão safra - forrageira, a qual inclui a braquiária, uma das gramíneas com maior capacidade de acumulação de Si (BARBOSA FILHO et al., 2000, KORNDÖRFER et al., 2002).

A saturação por bases é uma medida indireta da fertilidade de um solo e se apresentou maior na camada superficial (0-0,05m) com o uso de ambos os corretivos. Nas demais profundidades não houve efeito dos mesmos, seguindo a tendência do que ocorreu para o cálcio. As sucessões não influenciaram a saturação por bases.

Tabela 16 - Valores de pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}), e saturação por bases, na camada de solo de 0-0,05 m, em área de sequeiro, 34 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos		Características químicas						
Corretivos	pH	M.O.	K	Ca	Mg	Si	V%	
Testemunha	5,0 b	17,7 a	6,0	33,9 b	16,9	11,3 ab	64,6 b	
Calcário	5,6 a	15,7 b	5,9	54,5 a	19,6	10,3 b	76,9 a	
Silicato	5,5 a	16,4 ab	5,8	54,0 a	18,8	11,8 a	75,4 a	
D.M.S.	0,3	1,7	-	17,5	-	1,2	10,3	
C.V.	4,6	9,5	24,5	33,9	18,4	10,0	13,1	
Rotações								
Safra - forrageira	5,5 a	19,4 a	6,2	46,8	19,3	10,8	74,5	
Safra - safrinha	5,1 b	15,2 b	5,5	48,1	17,0	11,8	71,1	
Safra - pousio	5,4 ab	15,8 b	6,0	50,3	19,3	11,1	70,5	
Safra - adubo verde	5,4 ab	16,1 ab	6,0	44,8	18,1	10,8	73,1	
D.M.S.	0,3	3,4	-	-	-	-	-	
C.V.	4,9	18,2	24,2	25,2	21,1	17,4	11,7	
F	Corretivo (C)	24,5 *	6,5 *	0,1 n.s.	8,5 *	2,8 n.s.	7,4 *	8,1 *
	Sucessão (S)	3,9 *	4,8 *	0,4 n.s.	0,4 n.s.	1,0 n.s.	0,6 n.s.	0,6 ns
	C * S	0,5 n.s.	0,6 n.s.	0,9 n.s.	0,5 n.s.	0,1 n.s.	0,4 n.s.	0,4 ns

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 17 - Valores de pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}), e saturação por bases, na camada de solo de 0,05-0,10 m, em área de sequeiro, 34 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos		Características químicas						
Corretivos	pH	M.O.	K	Ca	Mg	Si	V%	
Testemunha	5,0 b	12,5	3,1	31,3	13,7	8,3	62,9	
Calcário	5,2 ab	12,3	2,9	37,6	13,8	8,1	67,1	
Silicato	5,3 a	12,3	2,8	37,1	13,7	7,9	68,4	
D.M.S.	0,3	-	-	-	-	-	-	
C.V.	4,8	9,4	43,2	19,4	8,3	6,9	10,2	
Rotações								
Safra - forrageira	5,2	13,3	2,6	31,3	12,8	7,8	64,1	
Safra - safrinha	5,1	11,6	2,6	36,9	14,1	8,3	66,6	
Safra - pousio	5,2	12,3	3,4	38,6	14,7	8,1	66,3	
Safra - adubo verde	5,2	12,3	3,2	34,4	13,3	8,2	67,4	
D.M.S.	-	-	-	-	-	-	-	
C.V.	4,6	15,0	36,5	20,4	18,4	16,9	9,3	
F	Corretivo (C)	5,5 *	0,2 n.s.	0,2 n.s.	4,3 n.s.	0,1 n.s.	1,3 n.s.	2,9 n.s.
	Sucessão (S)	1,2 n.s.	1,8 n.s.	1,8 n.s.	2,3 n.s.	1,2 n.s.	0,2 n.s.	0,6 n.s.
	C * S	0,5 n.s.	0,8 n.s.	0,7 n.s.	1,0 n.s.	0,3 n.s.	0,2 n.s.	0,7 n.s.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 18 - Valores de pH em CaCl_2 0,01 mol L^{-1} , matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}), e saturação por bases, na camada de solo de 0,10-0,20 m, em área de sequeiro, 34 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos		Características químicas						
Corretivos	pH	M.O.	K	Ca	Mg	Si	V%	
Testemunha	5,0 b	11,1	1,9	29,3	12,3 ab	7,6	61,1	
Calcário	5,1 ab	10,6	2,1	30,3	12,1 b	7,7	62,5	
Silicato	5,1 a	11,2	1,8	31,7	12,6 a	7,4	63,4	
D.M.S.	0,2	-	-	-	0,4	-	-	
C.V.	2,7	11,4	31,7	8,9	2,8	6,9	4,1	
Rotações								
Safra - forrageira	5,1	11,8	1,7	26,8 b	11,7	7,3	61,3	
Safra - safrinha	5,1	10,9	2,1	33,6 a	13,2	7,6	64,3	
Safra - pousio	5,0	11,1	2,0	31,2 ab	12,3	7,3	61,3	
Safra - adubo verde	5,1	10,1	2,0	30,1 ab	12,1	8,2	62,4	
D.M.S.	-	-	-	5,2	-	-	-	
C.V.	4,1	15,3	50,1	15,4	14,6	15,7	9,8	
F	Corretivo (C)	5,7 *	0,9 n.s.	0,8 n.s.	3,3 n.s.	6,9 *	1,0 n.s.	3,3 n.s.
	Sucessão (S)	0,3 n.s.	2,0 n.s.	0,4 n.s.	4,3 *	1,5 n.s.	1,4 n.s.	0,6 n.s.
	C * S	0,2 n.s.	0,5 n.s.	0,2 n.s.	0,2 n.s.	0,4 n.s.	0,4 n.s.	1,0 n.s.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 19 - Valores de pH em CaCl_2 0,01 mol L^{-1} , matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}), e saturação por bases, na camada de solo de 0,20-0,40 m, em área de sequeiro, 34 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos		Características químicas						
Corretivos	pH	M.O.	K	Ca	Mg	Si	V%	
Testemunha	5,2	8,4	1,0	24,3	10,5	7,1	61,8	
Calcário	5,2	7,9	0,9	21,8	9,6	6,6	58,4	
Silicato	5,3	8,3	0,9	24,2	10,4	6,3	61,9	
D.M.S.	-	-	-	-	-	-	-	
C.V.	1,72	20,6	31,9	14,6	17,5	15,9	6,0	
Rotações								
Safra - forrageira	5,3	8,2	1,0	20,2 b	9,4	6,3	59,3	
Safra - safrinha	5,2	8,0	0,9	25,3 a	10,9	6,7	62,3	
Safra - pousio	5,2	8,3	0,9	23,4 ab	9,4	6,8	58,8	
Safra - adubo verde	5,3	8,3	0,9	24,8 ab	10,8	7,0	62,4	
D.M.S.	-	-	-	4,8	-	-	-	
C.V.	3,5	20,9	46,7	18,5	17,8	19,4	10,0	
F	Corretivo (C)	1,9 n.s.	0,4 n.s.	0,5 n.s.	2,9 n.s.	1,3 n.s.	2,4 n.s.	4,6 n.s.
	Sucessão (S)	1,2 n.s.	0,1 n.s.	0,1 n.s.	3,4 *	2,6 n.s.	0,5 n.s.	1,2 n.s.
	C * S	0,2 n.s.	0,4 n.s.	0,7 n.s.	1,0 n.s.	1,5 n.s.	0,7 n.s.	0,9 n.s.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

5.1.3. Desempenho da cultura do milho

Os valores médios referentes a produção de matéria seca e produtividade de grãos da cultura do milho estão apresentados na Tabela 20. A cultura do milho foi instalada em toda a área e entrou nos esquemas de sucessão como a primeira cultura de verão, ou seja, todas as sucessões se iniciaram com a mesma.

A produção de matéria seca pela cultura do milho não foi alterada pelos tratamentos utilizados, embora possa se destacar que todas as médias foram superiores à 10 t ha^{-1} , estando acima dos obtidos por Tissi et al. (2004), que observaram produções de matéria seca pelo milho em torno de $8,1 \text{ t ha}^{-1}$.

Com relação à aplicação dos corretivos, provavelmente o tempo de reação do calcário e do silicato foi insuficiente para os mesmos demonstrarem seus efeitos, e assim, o tratamento testemunha se equívaleu no que diz respeito à produtividade de grãos do milho. Um dos fatores que talvez colaboraram na falta de resposta mediante a aplicação de corretivos é que houve deficiência hídrica entre a emissão dos pendões e a polinização, conforme pode ser observado nas Figuras 1 e 4, onde observou-se que houve falta de água do final de janeiro até meados de março. Outro ponto seria o fato da área estar sendo conduzida em SPD, o que para Miranda et al. (2005) pode ter colaborado para uma produtividade não tão expressiva, comparativamente aos preparos do solo convencionais. Agregado a estes fatores, o milho é considerado uma cultura responsiva à aplicação de corretivos, embora exista grande variabilidade genética com respeito à tolerância à acidez e produtividade de grãos da cultura (FAGERIA, 2001, CAIRES et al., 2004).

Em função da cultura do milho ter sido a primeira cultura de todas as sucessões, não se pode dizer que as sucessões alterariam sua produtividade, pois ao contrário dos corretivos, as sucessões entrariam em andamento apenas por ocasião da colheita do milho, com exceção da sucessão safra - forrageira, a qual teve a forrageira semeada nas entrelinhas de milho por ocasião da adubação de cobertura da cultura. Esta por sua vez não interferiu no crescimento e desenvolvimento do milho, e mesmo que tivesse interferido, a pastagem formada após a colheita do milho compensaria técnica e economicamente ao produtor, conforme observado Kluthcouski et al. (1991).

Assim, a utilização do milho em sistemas de rotação de culturas é muito importante, e tem assegurado a reposição e manutenção do resíduo vegetal para a cobertura do solo na semeadura direta, por apresentar elevada relação C/N e produzir grande quantidade destes resíduos, geralmente superior a seis toneladas por hectare (WISNIEWSKI; HOLTZ, 1997), o que invariavelmente auxiliará no processo de manutenção do SPD.

Tabela 20 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos da cultura da cultura do milho, em área de sequeiro, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2004/2005).

	Tratamentos	Matéria seca	Produtividade
	Corretivos	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
	Testemunha	11.122	2.449
	Calcário	12.453	2.327
	Silicato	11.808	2.418
	D.M.S.	-	-
	C.V.	14,3	15,1
	Rotações		
	Safra - forrageira	12.090	2.216 ab
	Safra - safrinha	10.885	2.021 b
	Safra - pousio	12.446	2.568 ab
	Safra - adubo verde	11.756	2.786 a
	D.M.S.	-	730
	C.V.	25,0	27,2
F	Corretivo (C)	2,5 n.s.	0,5 n.s.
	Sucessão (S)	0,6 n.s.	3,3 *
	C * S	1,1 n.s.	0,7 n.s.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

5.1.4. Desempenho da cultura da soja

Os valores médios referentes à cultura da soja, para produção de matéria seca e produtividade de grãos estão apresentados na Tabela 21. A cultura da soja foi instalada em toda a área e entrou nos esquemas de sucessão como a segunda cultura de verão.

A aplicação de corretivos não surtiu efeito na produção de matéria seca pela soja no florescimento (R5), atingindo valores próximos de 4,5 t ha⁻¹. Apesar de serem baixos para a característica, é nesse estágio que ocorre o maior acúmulo de matéria seca, embora se saiba que o tipo de solo e clima podem fundamentalmente alterar seus valores (CORDEIRO et al., 1979). Efeito semelhante foi observado por Caires e Fonseca (2000), entretanto com uma ressalva aos valores de produção de matéria seca obtidos, que foram praticamente o dobro do obtido no presente experimento, ou seja, próximos a 8 t ha⁻¹, valor este semelhante ao obtidos Bataglia e Mascarenhas (1977).

A produtividade de grãos da cultura da soja não foi incrementada mediante aplicação dos corretivos do solo, muito provavelmente em razão dos teores de Ca, Mg e K estarem em disponibilidade suficiente no perfil do solo para manter uma relação adequada com o Al³⁺ (CAIRES et al., 1998), conforme observado neste experimento, onde mesmo sem a aplicação dos corretivos, havia teores médios a altos de Ca, Mg e K. Outra possibilidade seria devido ao menor efeito tóxico do alumínio, decorrente da formação de complexos orgânicos solúveis

presentes nos restos das plantas (MIYAZAWA et al., 1996), principalmente nas sucessões safra - forrageira e safra - adubo verde conduzidas no presente experimento. Experimentos conduzidos na região de Ponta Grossa (PR), no mesmo tipo de solo, indicaram que em condições de baixas concentrações de Al, como foi o caso no presente experimento, não houve alteração na produtividade da soja, mesmo com a maior dose aplicada (6 t ha^{-1}) (OLIVEIRA; PAVAN, 1996). Um ponto importante é que pelo fato de não ter sido realizada inoculação, esperava-se que possivelmente houvesse efeito significativo dos resíduos vegetais do milho, a qual promove aumento da disponibilidade de N, oriundo de sua mineralização.

Nenhuma das sucessões de culturas alterou a produção de matéria seca e a produtividade da soja. Na época dessa avaliação, constavam como sucessões (safra - forrageira: milho-braquiária-soja / safra - safrinha: milho-feijão-milho-soja / safra - pousio: milho-pousio-soja / safra - adubo verde: milho-guandu-soja). De forma semelhante, Silveira & Stone (2003) não observaram alteração na produtividade da soja quando inserida nas seguintes sucessões (1) milho-feijão; 2) soja-trigo; 3) soja-trigo-soja-feijão-arroz-feijão; 4) milho-feijão-milho-feijão-arroz-feijão. Apesar disso, estudos como os de Oliveira & Pavan (1996) e Sá (1999), demonstram a viabilidade dessa prática sobre a produção acumulada de grãos de soja em um sistema de rotação. Ademais, maiores produtividades de soja, quando em rotação com milho no verão, após nabo forrageiro, crotalária e milho foram observadas por Marcelo et al. (2009), o que poderia ter ocorrido no presente experimento quando utilizada a supracitada sucessão safra - safrinha.

Tabela 21 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos da cultura da soja, em área de sequeiro, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2005/2006).

Tratamentos		Matéria seca	Produtividade
Corretivos		kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
	Testemunha	4.515	3.273
	Calcário	4.413	3.153
	Silicato	4.412	3.159
	D.M.S.	-	-
	C.V.	12,4	20,2
Rotações			
	Safra - forrageira	4.726	3.017
	Safra - safrinha	4.609	2.985
	Safra - pousio	4.208	3.511
	Safra - adubo verde	4.242	3.266
	D.M.S.	-	-
	C.V.	19,5	18,0
F	Corretivo (C)	0,2 n.s.	0,2 n.s.
	Sucessão (S)	1,1 n.s.	2,2 n.s.
	C * S	1,2 n.s.	0,8 n.s.

5.1.5. Desempenho da cultura do arroz de terras altas

Na Tabela 22 estão apresentadas as médias de produção de matéria seca e produtividade do arroz.

A utilização de corretivos do solo bem como a adoção de diferentes sucessões de culturas não proporcionou alterações na produção de matéria seca. De forma semelhante, Carvalho-Pupatto et al. (2004), Wielewicki et al. (1998) observaram que a aplicação de silicato e de calcário, respectivamente, não influenciou na quantidade de matéria seca produzida pelo arroz em relação à não aplicação desse corretivo, porém as médias observadas pelos primeiros autores são superiores em aproximadamente 1.500 kg ha⁻¹, em relação à média obtida no presente experimento.

A produtividade de grãos da cultura do arroz não apresentou alteração mediante aplicação dos corretivos. O não incremento na produtividade do arroz pela aplicação dos corretivos pode ser explicado em partes, pois o arroz é bastante tolerante a acidez do solo, não respondendo a aplicação de corretivos de acidez (FAGERIA, 2000), o que de fato ocorreu no presente experimento. Outro ponto seria o do arroz não apresentar boa adaptabilidade ao SPD, tendo sensibilidade extrema à compactação no perfil do solo e diminuição da macroporosidade (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

De modo geral a produtividade do arroz no presente experimento foi menor que a observada por Carvalho-Pupatto et al. (2004), Buzetti et al. (2006), que em experimentos

desenvolvidos na região de São Manuel (SP) e Selvíria (MS), respectivamente, utilizando o mesmo cultivar observaram produtividade de grãos por volta de 5000 kg ha⁻¹. Resultado que pode ser explicado devido ao fato da semeadura ter sido realizada em dezembro, pois, ocorreram alguns problemas para a emergência das plantas na semeadura realizada em novembro, época recomendada para semeadura na região (ARF et al., 2000).

Quanto às sucessões, houve problemas quanto à competição entre as culturas do arroz e braquiária, no que tange à sucessão safra - forrageira, uma vez que a primeira teria que ter seu desenvolvimento retardado devido ao fato de ser semeada em conjunto com o fertilizante, portanto sendo depositada mais profundamente que as sementes de arroz. Assim, a braquiária, por se tratar de uma cultura mais agressiva que o arroz, acabou afetando negativamente o desenvolvimento do arroz, acarretando em redução na sua produtividade em aproximadamente 400%, demonstrando possíveis indícios de que o mais adequado seria sua semeadura em sobresemeadura ao invés da utilizada no presente experimento.

Para as demais sucessões não houve uma que se destacasse, tendo o arroz atingido produtividade média de 2123 kg ha⁻¹. De acordo com Bordin et al (2003) o espaço poroso no perfil do solo com rotação soja-arroz, praticada em semeadura direta só nas restevas, é insuficiente, pelo menos no início, para assegurar um desenvolvimento radicular mais vigoroso, necessário à obtenção de altas produtividades estáveis (SÉGUY et al., 1999).

Tabela 22 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos da cultura do arroz, em área de sequeiro, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2006/2007).

Tratamentos		Matéria seca	Produtividade de grãos
Corretivos		kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
	Testemunha	5.163	1.841
	Calcário	4.027	1.766
	Silicato	4.303	1.559
	D.M.S.	-	-
	C.V.	30,6	16,9
Rotações			
	Safra - forrageira	3.761	520 b
	Safra - safrinha	4.509	2.266 a
	Safra - pousio	5.480	2.000 a
	Safra - adubo verde	4.240	2.103 a
	D.M.S.	-	486
	C.V.	35,5	25,3
F	Corretivo (C)	3,0 n.s.	4,0 n.s.
	Sucessão (S)	2,5 n.s.	41,4 *
	C * S	0,3 n.s.	0,8 n.s.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

5.1.6. Desempenho da cultura do feijão comum

A produção de matéria seca e a produtividade de grãos do feijoeiro cultivado no 1º e 3º ano de experimentação estão apresentadas nas Tabelas 23 e 24, respectivamente.

No 1º ano de experimentação a produção de matéria seca pela cultura do feijão foi incrementada pela aplicação de calcário, divergindo dos resultados apresentados por Soratto (2005). Já para o 3º ano a mesma não apresentou alteração. Entretanto, existem vários relatos de que realmente há incrementos na produção matéria seca do feijoeiro, em função da aplicação de corretivos, porém quando a mesma é realizada mediante incorporação (FAGERIA, 1989, VALE, 1998, SILVA, 2002).

No 1º ano de experimentação a produtividade de grãos da cultura do feijão foi alterada positivamente mediante a aplicação do silicato, que possivelmente pode ter ocorrido em função do feijoeiro ter absorvido maior quantidade de Si e este por sua vez atuou diretamente na planta, minimizando em partes o efeito do estresse hídrico, ocasionado pela escassez de chuvas no período de florescimento/enchimento de vagens. Já para o 3º ano de experimentação a produtividade de grãos da cultura do feijão também não apresentou alteração mediante a aplicação dos corretivos. Apesar dessas informações, Barbosa Filho et al. (2005), obtiveram produtividade média de aproximadamente 3400 kg ha⁻¹ com a aplicação de 4 t ha⁻¹, entretanto relatam que comparativamente a incorporação do calcário de forma tradicional, sua aplicação em superfície proporciona menores produtividades, que são da ordem de 100 kg ha⁻¹. Seguindo a mesma linha de pesquisa com corretivos do solo, Soratto (2005) verificou efeito significativo para a aplicação de corretivos superficial, alcançando produtividades elevadas, maiores que 2 t ha⁻¹, em experimento conduzido na região de Botucatu-SP. De forma geral, independentemente do efeito positivo da aplicação do silicato houve redução considerável da produtividade de grãos, que ocorreu irrefutavelmente devido ao déficit hídrico ocorrido em ambos os anos (Figura 4), nos meses em que foi conduzida a cultura, uma vez que os teores de cálcio e magnésio estão em níveis elevados no solo.

Tabela 23 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos da cultura do feijão, em área de sequeiro (1º ano de experimentação), após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2005).

Tratamentos	Matéria seca	Produtividade
Corretivos	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Testemunha	2.247 ab	500 b
Calcário	2.471 a	601 b
Silicato	2.163 b	821 a
D.M.S.	282	145
C.V.	10,7	17,3
F	3,8 *	17,6 *

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 24 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos da cultura do feijão, em área de sequeiro (3º ano de experimentação), após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos	Matéria seca	Produtividade
Corretivos	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Testemunha	970	588
Calcário	1.049	622
Silicato	979	717
D.M.S.	-	-
C.V.	6,6	22,0
F	3,0 n.s.	1,8 n.s.

5.1.7. Desempenho da cultura do triticale

A aplicação dos corretivos não alterou sua produção de matéria seca (Tabela 25). Há de se ressaltar que na região do experimento houve grande deficiência hídrica em 2006 (Figura 4), o que promoveu redução da produção de matéria seca, além é claro, de minimizar os efeitos dos corretivos, que têm eficácia variável, conforme a umidade do solo.

De modo geral, as produtividades foram extremamente reduzidas devido ao estresse hídrico ocorrido por ocasião da emissão das estruturas reprodutivas da cultura estando muito aquém do potencial da cultura. Porém destaca-se que em condições de intensa deficiência hídrica, quando foi aplicado silicato obteve-se maior produtividade, em relação ao calcário e a testemunha (Tabela 25), demonstrando possível efeito benéfico do Si em condições estressantes, como o que ocorreu neste experimento. De fato, as gramíneas como um todo, conseguem acumular grandes quantidades deste elemento na epiderme foliar, aumentando a resistência da parede celular e assim diminuindo a perda de água por transpiração, aumentando a tolerância a pragas e doenças e a eficiência fotossintética (BARBOSA FILHO et al., 2000, KORNDÖRFER et al., 2002).

Tabela 25 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos para a cultura do triticale, em área de sequeiro, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

Tratamentos	Matéria seca kg ha ⁻¹	Produtividade kg ha ⁻¹
Corretivos		
Testemunha	796	97 b
Calcário	894	92 b
Silicato	863	188 a
D.M.S.	-	63
C.V.	15,3	38,5
F	1,2 n.s.	10,1 *

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

5.1.8. Desempenho da braquiária

A *Brachiaria brizantha* foi semeada nos três anos agrícolas pertinentes ao experimento conforme demonstrado no item material e métodos. A primeira semeadura (1º ano de experimentação) é referente à semeadura nas entrelinhas da cultura do milho por ocasião de sua adubação de cobertura. Já a segunda semeadura (2º ano de experimentação) é referente à sobressemeadura que foi realizada por ocasião da fase R6-R7 da cultura da soja. Para a terceira semeadura (3º ano de experimentação), foi semeada conjuntamente com a cultura do arroz. Os dados estão apresentados em ordem cronológica nas Tabelas 26, 27 e 28.

Não houve efeito significativo dos corretivos sobre a produção de matéria seca da *Brachiaria brizantha* nos três anos de experimentação, embora os valores observados no 1º e 3º ano tenham sido excepcionais, considerando-se a região dos Cerrados. Sabe-se que pastagens cultivadas numa condição de solo de baixa fertilidade, com teores muito baixos de cálcio, magnésio e enxofre invariavelmente causam redução na produção de matéria seca pelas forrageiras. Assim explica-se a falta de resultados perante a aplicação de ambos os corretivos comparativamente a testemunha, uma vez que os teores desses elementos no perfil do solo estavam em níveis elevados, conforme observado nas caracterizações químicas do solo.

Para o 2º ano de experimentação houve problemas com o estabelecimento da forrageira, devido a forte competição exercida pela soja. Nesse ano a produção de matéria seca foi bem inferior ao 1º e 3º ano, sendo passível de manejo apenas uma vez durante todo o ano, ao contrário das demais, manejadas três vezes. Nesse sentido, sabe-se que o estabelecimento é de fundamental importância para o sucesso do consórcio de gramíneas com cereais e que existem poucos dados concisos para o mesmo, utilizando soja e *Brachiaria brizantha*. O que houve de fato é que após a colheita da soja não houve recuperação da

gramínea, diferentemente do que ocorreu após a colheita de milho e arroz. Isso é reforçado pelos resultados apresentados por Portes et al. (2000), determinaram que a influência dos cereais no desenvolvimento da *Brachiaria brizantha* é muito severa, mas em contrapartida, inferem que após a colheita dos cereais, a mesma se reestabelece plenamente, o que de fato ocorreu no presente experimento no 1º e 3º ano.

Tabela 26 - Produção de matéria seca (três cortes) para a cultura da *Brachiaria brizantha* semeada nas entrelinhas do milho (sucessão safra - forrageira), em área de sequeiro, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2005).

Tratamentos	Matéria seca
	kg ha ⁻¹
Corretivos	
Testemunha	23.194
Calcário	23.535
Silicato	26.597
D.M.S.	-
C.V.	18,3
F	1,4 n.s.

Tabela 27 - Produção de matéria seca (um corte) para a cultura da *Brachiaria brizantha* semeada em sobressemeadura da soja (sucessão safra - forrageira), em área de sequeiro, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

Tratamentos	Matéria seca
	kg ha ⁻¹
Corretivos	
Testemunha	7.301
Calcário	8.450
Silicato	7.470
D.M.S.	1.178
C.V.	11,6
F	3,8 *

Tabela 28 - Produção de matéria seca (três cortes) para a cultura da *Brachiaria brizantha* semeada em conjunto com a cultura do arroz (Sistema Santa Fé - sucessão safra - forrageira), em área de sequeiro, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos	Matéria seca
	kg ha ⁻¹
Corretivos	
Testemunha	18.871
Calcário	18.316
Silicato	18.603
D.M.S.	-
C.V.	16,9
F	0,1 n.s.

5.1.9. Desempenho do guandu

As produções de matéria seca no 1º e 3º ano de experimentação estão apresentadas nas Tabelas 29 e 30, respectivamente.

Conforme descrito para a cultura do guandu no item material e métodos, houve dois cortes durante a condução da sucessão safra - adubo verde, ou seja, a cultura atingiu o florescimento pleno duas vezes, sendo assim necessários dois manejos. A produção de matéria seca pela cultura do guandu foi elevada, entretanto, o guandu não respondeu à aplicação dos corretivos (Tabela 29), observando-se valores próximos aos obtidos por Calegari (1995), que encontraram valores entre 3 e 22 t ha⁻¹ de matéria seca. Já para o 3º ano de experimentação (2007) houve apenas um corte durante a condução da sucessão safra - adubo verde. A produção de matéria seca pela cultura do guandu foi bem aquém do seu potencial, com base na produção obtida no primeiro ano de experimentação, e também não foi alterada de forma significativa com a aplicação dos corretivos (Tabela 30), estando seus valores próximos aos mínimos observados por Calegari (1995).

Para a região de Ilha Solteira, estudo avaliando a produção de matéria seca de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo, indicou maiores produções de massa verde e seca com milho (11,8 t ha⁻¹) e crotalária júncea (9,8 t ha⁻¹) e menores com guandu anão (6,5 t ha⁻¹), o que de acordo com os autores pode estar associada ao seu lento desenvolvimento, que possibilitou o surgimento de plantas daninhas, competindo com o guandu por água, luz e nutrientes (SUZUKI; ALVES, 2006). Produções semelhantes foram obtidas por Carvalho (2000) e Almeida (2001). Na mesma região, estudo avaliando rotação de culturas e manejo do solo em um Latossolo Vermelho de cerrado, permitiu concluir que a produção média de matéria seca de guandu foi de 950 kg ha⁻¹ (ALMEIDA et al., 2008). Assim observa-se que há grande variabilidade na produção de massa seca pelo guandu, e que quando não há impedimento químico para seu desenvolvimento a cultura tem grande potencial de produção de massa seca, sendo esse potencial governado pelo tempo de cultivo do mesmo, bem como de condições climáticas.

Tabela 29 - Produção de matéria seca (dois cortes) para a cultura do guandu, em área de sequeiro (1º ano de experimentação), após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2005).

Tratamentos	Matéria seca
	kg ha ⁻¹
Corretivos	
Testemunha	17.583
Calcário	16.920
Silicato	17.656
D.M.S.	-
C.V.	15,7
F	0,2 n.s.

Tabela 30 - Produção de matéria seca (1 corte) para a cultura do guandu, em área de sequeiro (3º ano de experimentação), após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos	Matéria seca
	kg ha ⁻¹
Corretivos	
Testemunha	3.848
Calcário	3.976
Silicato	3.799
D.M.S.	-
C.V.	20,3
F	0,1 n.s.

5.1.10. Desempenho do milho

A cultura do milho foi conduzida nas sucessões safra - safrinha e safra - adubo verde. Na sucessão safra - safrinha foi semeada em setembro de 2005 e de 2006, sendo cultivado por apenas 50 dias. Já na sucessão safra - adubo verde, conforme previsto foi semeada apenas uma vez, em maio de 2006, porém nessa semeadura, o crescimento do mesmo foi livre. Nesse sentido, a produção de matéria seca para as sucessões está apresentada nas Tabelas 31, 32 e 33, respectivamente.

Para a primeira semeadura do milho na sucessão safra - safrinha, a produção de matéria seca respondeu positivamente à aplicação dos corretivos, entretanto os valores foram inferiores aos obtidos por Lima (2004), que observaram produção de matéria seca em torno de 10 t ha⁻¹ (Tabela 31). Para a segunda semeadura na mesma sucessão (Tabela 32), a produção de matéria seca apresentou valores inferiores aos obtidos na primeira semeadura, não havendo distinção entre os tratamentos. Portanto se concluiu que o efeito dos corretivos não permaneceu após 18 meses. Já para a semeadura do milho inserido na sucessão safra - adubo verde, observou-se que a produção de matéria seca foi elevada (Tabela 33).

Assim, de modo geral as produções de matéria seca foram relativamente baixas, uma vez que no Mato Grosso do Sul, o milho fornecido quantidades razoáveis de matéria seca, que vem possibilitando o sucesso do SPD, destacando-se que a produção de matéria seca pode chegar a 10 t ha⁻¹ no florescimento, aos 50 dias após a emergência, ou até 15 t ha⁻¹, dependendo do cultivar (PEREIRA, 1990) e das condições climáticas durante seu cultivo, o que pode fundamentalmente reduzir bastante sua produção de matéria seca, chegando a níveis de 75% de redução (CONEGLIAN; MORAES, 2006).

Tabela 31 - Produção de matéria seca para a cultura do milho (1º ano - sucessão safra - safrinha), em área de sequeiro, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2005).

Tratamentos	Matéria seca kg ha ⁻¹
Corretivos	
Testemunha	3.888 b
Calcário	6.060 a
Silicato	5.698 a
D.M.S.	687
C.V.	10,1
F	39,4 *

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 32 - Produção de matéria seca para a cultura do milho (2º ano - sucessão safra - safrinha), em área de sequeiro, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

Tratamentos	Matéria seca kg ha ⁻¹
Corretivos	
Testemunha	4.457
Calcário	4.924
Silicato	4.782
D.M.S.	-
C.V.	15,2
F	0,9 n.s.

Tabela 33 - Produção de matéria seca para a cultura do milho (sucessão safra - adubo verde), em área de sequeiro, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

Tratamentos	Matéria seca
	kg ha ⁻¹
Corretivos	
Testemunha	6.269
Calcário	5.711
Silicato	6.644
D.M.S.	-
C.V.	14,7
F	2,1 n.s.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

5.2. Área irrigada

5.2.1. Características físicas do solo

As avaliações das características físicas da área irrigada foram realizadas exatamente da mesma forma que na área de sequeiro, sendo que seus resultados estão nas Tabelas 34, 35, 36, 37 e 38, e nas Figuras 9, 10, 11 e 12. A área irrigada também apresentou elevada uniformidade, optando-se por demonstrar apenas suas médias (Tabela 34).

Após 34 meses da instalação do experimento, a aplicação dos corretivos não promoveu alteração nos valores de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo em todas as camadas avaliadas, o que é perfeitamente normal para Bortoluzzi et al. (2008), que considera que experimentos recentes apresentam pouca significância ou são de difícil diagnóstico para as características físicas do solo. Esperava-se, que os corretivos proporcionassem efeitos benéficos indiretos para essas características, conforme observado por Griève et al. (2005). No caso deste experimento isso não foi detectado.

Com exceção da microporosidade, após 34 meses, verificou-se que a adoção de diferentes sucessões de culturas promoveu alterações significativas em todas as características físicas, apesar de que do ponto de vista prático essas alterações foram mínimas, iguais ou inferiores a $0,04 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para a macroporosidade, microporosidade e porosidade total. Para a macroporosidade, observou-se que a sucessão safra - safrinha proporcionou maiores valores para a característica. As demais sucessões praticamente se equivaleram. Os valores obtidos para porosidade total praticamente refletiram os resultados obtidos na avaliação da macroporosidade. Da mesma forma, observa-se que até 0,20 m de profundidade, a sucessão safra - safrinha apresentou os maiores valores, comparativamente as demais sucessões.

Já a densidade do solo foi influenciada apenas nas duas camadas mais superficiais, com a área da sucessão safra - forrageira e safra - pousio apresentando os maiores valores em relação às demais sucessões adotadas. Observa-se que a diferença observada nos valores obtidos para essa característica não ultrapassaram $0,11 \text{ Mg m}^{-3}$, sendo praticamente desprezíveis do ponto de vista prático.

De modo geral se constatou que a microporosidade ao longo do experimento foi reduzida, provando que independente da seqüência de culturas que se utilize em uma dada área, a compactação provocada principalmente pelo trânsito de máquinas refletiu diretamente na característica do solo supracitada. Outro ponto se refere à porosidade total e a densidade do solo, em que se observou valores fora dos preconizados como ideais.

Tabela 34 - Valores medos de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, no perfil de solo, em área irrigada por aspersão, antes da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2004).

Profundidade	Características físicas do solo			Densidade do solo Mg m ⁻³
	Porosidade			
	Macro	Micro m ³ m ⁻³	Total	
0 - 0,05	0,08	0,33	0,41	1,46
0,05 - 0,10	0,06	0,35	0,41	1,48
0,10 - 0,20	0,08	0,32	0,40	1,47
0,20 - 0,40	0,12	0,32	0,44	1,40

Tabela 35 - Valores de macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, na camada de solo de 0-0,05 m, em área irrigada por aspersão, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos	Características físicas do solo			Densidade do solo Mg m ⁻³	
	Porosidade				
	Macro	Micro m ³ m ⁻³	Total		
Corretivos					
Testemunha	0,09	0,31	0,40	1,45	
Calcário	0,09	0,31	0,40	1,46	
Silicato	0,08	0,31	0,39	1,46	
D.M.S.	-	-	-	-	
C.V.	20,8	4,3	3,0	3,0	
Rotações					
Safra - forrageira	0,06 c	0,31	0,38 c	1,50 a	
Safra - safrinha	0,13 a	0,30	0,43 a	1,39 c	
Safra - pousio	0,07 bc	0,31	0,38 c	1,50 ab	
Safra - adubo verde	0,09 b	0,31	0,40 b	1,43 bc	
D.M.S.	0,03	-	0,02	0,07	
C.V.	26,0	4,5	5,4	4,0	
F	Corretivo (C)	0,8 n.s.	1,6 n.s.	4,7 n.s.	0,5 n.s.
	Sucessão (S)	20,3 *	1,6 n.s.	16,9 *	9,8 *
	C * S	2,6 n.s.	1,8 n.s.	1,9 n.s.	2,2 n.s.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 36 - Valores de macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, na camada de solo de 0,05-0,10 m, em área irrigada por aspersão, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos	Características físicas do solo				
	Porosidade			Densidade do solo	
	Macro	Micro	Total		
Corretivos		$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$		Mg m^{-3}	
Testemunha	0,08	0,30	0,37	1,51	
Calcário	0,06	0,31	0,40	1,55	
Silicato	0,06	0,31	0,38	1,56	
D.M.S.	-	-	-	-	
C.V.	26,4	4,1	5,7	3,3	
Rotações					
Safra - forrageira	0,06 b	0,30	0,36 b	1,55 ab	
Safra - safrinha	0,09 a	0,30	0,39 a	1,52 b	
Safra - pousio	0,06 b	0,30	0,36 b	1,57 a	
Safra - adubo verde	0,07 b	0,31	0,38 ab	1,53 b	
D.M.S.	0,01	-	0,02	0,04	
C.V.	18,6	4,1	3,9	2,5	
F	Corretivo (C)	5,4 *	2,5 n.s.	1,1 n.s.	3,7 n.s.
	Sucessão (S)	12,5 *	2,3 n.s.	6,8 *	4,4 *
	C * S	2,2 n.s.	0,5 n.s.	0,9 n.s.	1,0 n.s.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 37 - Valores de macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, na camada de solo de 0,10-0,20 m, em área irrigada por aspersão, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos	Características físicas do solo				
	Porosidade			Densidade do solo	
	Macro	Micro	Total		
Corretivos		$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$		Mg m^{-3}	
Testemunha	0,07	0,31	0,38	1,53	
Calcário	0,06	0,31	0,37	1,54	
Silicato	0,06	0,32	0,38	1,53	
D.M.S.	-	-	-	-	
C.V.	18,9	3,7	4,4	2,3	
Rotações					
Safra - forrageira	0,06 b	0,31	0,37 b	1,55	
Safra - safrinha	0,07 ab	0,31	0,38 ab	1,54	
Safra - pousio	0,07 a	0,31	0,39 a	1,53	
Safra - adubo verde	0,06 b	0,32	0,38 ab	1,52	
D.M.S.	0,01	-	1,43	-	
C.V.	11,8	3,8	3,4	2,7	
F	Corretivo (C)	1,2 n.s.	2,3 n.s.	1,1 n.s.	0,3 n.s.
	Sucessão (S)	4,7 *	2,4 n.s.	4,1 *	1,5 n.s.
	C * S	2,1 n.s.	1,4 n.s.	0,7 n.s.	1,6 n.s.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 38 - Valores de macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, na camada de solo de 0,20-0,40 m, em área irrigada por aspersão, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos	Características físicas do solo			Densidade do solo Mg m ⁻³	
	Porosidade				
	Macro	Micro	Total		
Corretivos		m ³ m ⁻³			
Testemunha	0,10	0,33	0,43	1,41	
Calcário	0,09	0,31	0,40	1,40	
Silicato	0,08	0,32	0,40	1,45	
D.M.S.	-	-	-	-	
C.V.	23,3	11,2	11,2	5,6	
Rotações					
Safra - forrageira	0,09 ab	0,33	0,41	1,44	
Safra - safrinha	0,09 a	0,31	0,40	1,36	
Safra - pousio	0,10 a	0,31	0,41	1,45	
Safra - adubo verde	0,08 b	0,34	0,42	1,43	
D.M.S.	0,02	-	-	-	
C.V.	15,4	10,7	9,5	9,1	
F	Corretivo (C)	2,3 n.s.	1,0 n.s.	1,4 n.s.	1,6 n.s.
	Sucessão (S)	5,0 *	2,0 n.s.	0,3 n.s.	1,3 n.s.
	C * S	2,2 n.s.	1,9 n.s.	2,0 n.s.	0,7 n.s.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Os valores para resistência do solo à penetração e respectivos teores de umidade, nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade, antes e após 34 meses da aplicação dos corretivos e da instalação das sucessões de culturas, estão apresentados nas Figuras 9 e 10.

A resistência do solo à penetração se caracteriza por ser inversamente proporcional à umidade do solo. Dessa forma observa-se que na camada de 0,20-0,40 m, houve diferença significativa entre os valores observados nas áreas em que as sucessões foram instaladas posteriormente. As sucessões safra-adubo verde e safra - pousio apresentam maiores valores nas camadas citadas, concomitantemente à redução da umidade para as mesmas sucessões na camada de 0,20-0,40 m.

Após 34 meses da aplicação dos corretivos e da instalação das sucessões de cultura, se pode inferir é que na camada superficial (0-0,05 m), a sucessão safra - adubo verde proporcionou menores valores de resistência do solo à penetração, assim como na camada de 0,05-0,10 m, porém nesta diferindo apenas de safra - pousio. Nas demais camadas estudadas (0,10-0,20 e 0,20-0,40 m), não houve diferença. A resistência do solo à penetração se manteve estável em praticamente todo o perfil estudado, porém sempre abaixo dos patamares críticos,

que podem ser de 2, 3,5 e 5 MPa, respectivamente (NESMITH, 1987, MEROTTO JUNIOR; MUNDSTOCK, 1999, CANARACHE, 1990), pois o tipo de solo e espécie cultivada nestes patamares.

De modo geral, ao final do experimento, verificou-se redução da resistência do solo à penetração em relação à avaliação inicial, sendo mais intensa nas duas camadas superficiais, o que provavelmente ocorreu em função da grande produção de matéria seca e do intenso crescimento das plantas, em função da irrigação suplementar durante todas as épocas de cultivo.

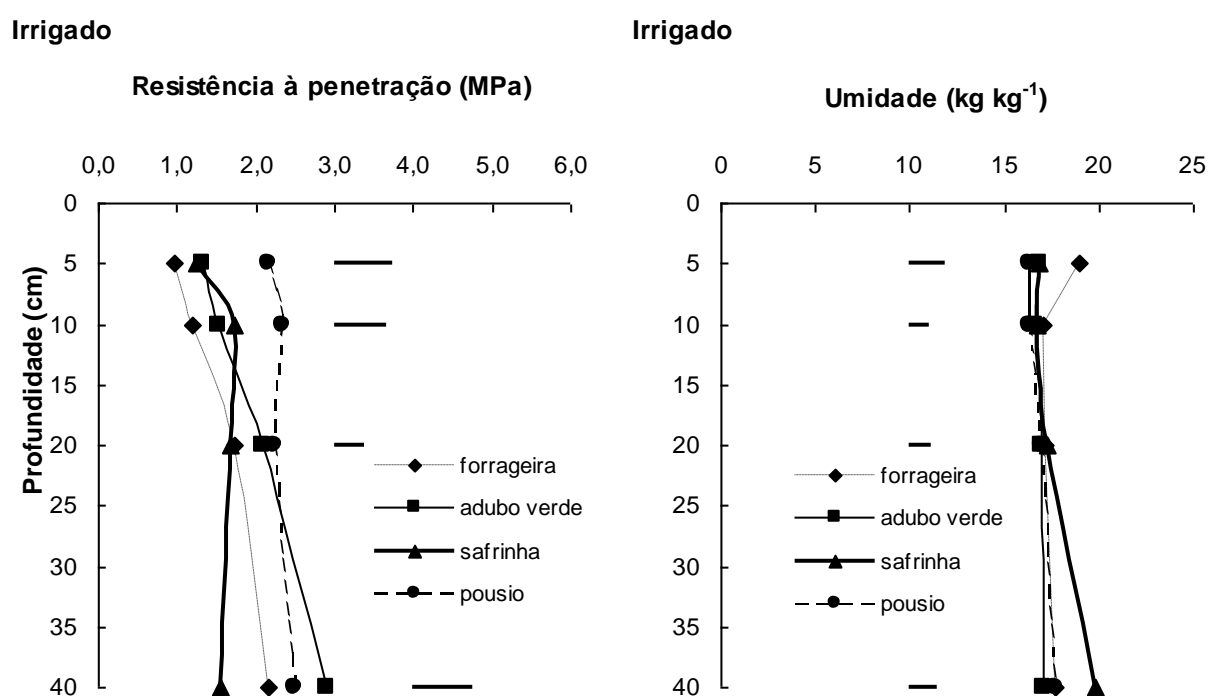


Figura 9 - Resistência do solo à penetração e sua umidade, em área irrigada por aspersão, em função das subparcelas onde foram instaladas posteriormente às sucessões indicadas. Selvíria, MS (2004).

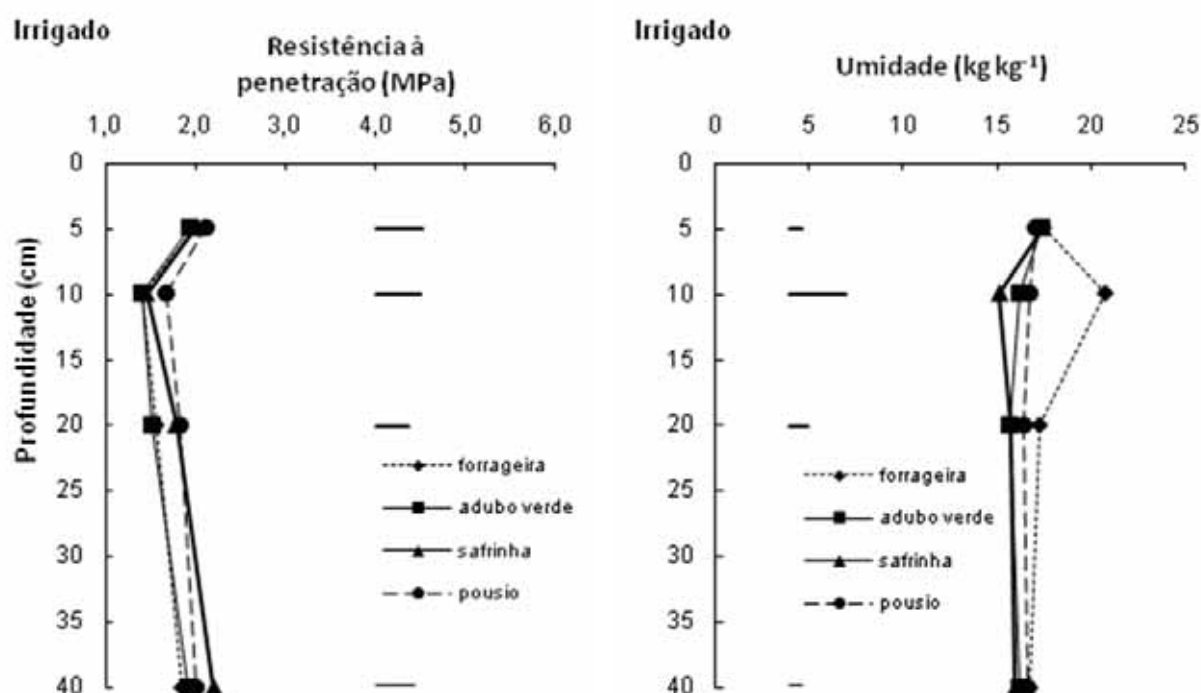


Figura 10 - Resistência do solo à penetração e sua umidade, em área irrigada por aspersão, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD. Selvíria, MS (2007).

A taxa constante de infiltração de água no solo, antes e após a aplicação dos corretivos e instalação das sucessões de culturas estão apresentadas nas Figuras 11 e 12. Inicialmente, ressalta-se que houve comportamento semelhante para todas as sucessões indicadas (Figura 11).

Após 34 meses da aplicação dos corretivos e da instalação das sucessões de culturas, com exceção da área onde foi instalada a sucessão safra - forrageira, em toda a área houve o mesmo comportamento, ou seja, estabilização da velocidade de infiltração por volta de 25 cm h⁻¹. Para a sucessão safra - forrageira este valor foi de 12 cm h⁻¹, indicando que o solo utilizado nesse sistema apresentou menor capacidade de retenção de água. Outro fato importante seria o fato de que ela foi praticamente cultivada durante nove meses em cada um dos três anos de experimentação, o que pode ter promovido grande aeração do solo, o que segundo Castro Filho et al. (1998), pode ter influenciado na aeração e na movimentação descendente de água.

Neste experimento obteve-se 61 mm h⁻¹ de taxa de infiltração, com no máximo 0,13 m³ m⁻³ de macroporos e 663 g kg⁻¹, estando bem próximo dos valores obtidos por Sales et al. (1999), que avaliando a taxa constante de infiltração de um Latossolo Roxo (653 g kg⁻¹ e 0,17

$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ de macroporos), encontraram valor de $56,6 \text{ mm h}^{-1}$. Seguindo essa linha, Silva & Kato (1998), trabalhando em Latossolo Vermelho-Amarelo com cobertura vegetal, observaram valores variando de 56 a 96 mm h^{-1} . Portanto, os valores observados no presente experimento corroboram os observados na literatura.

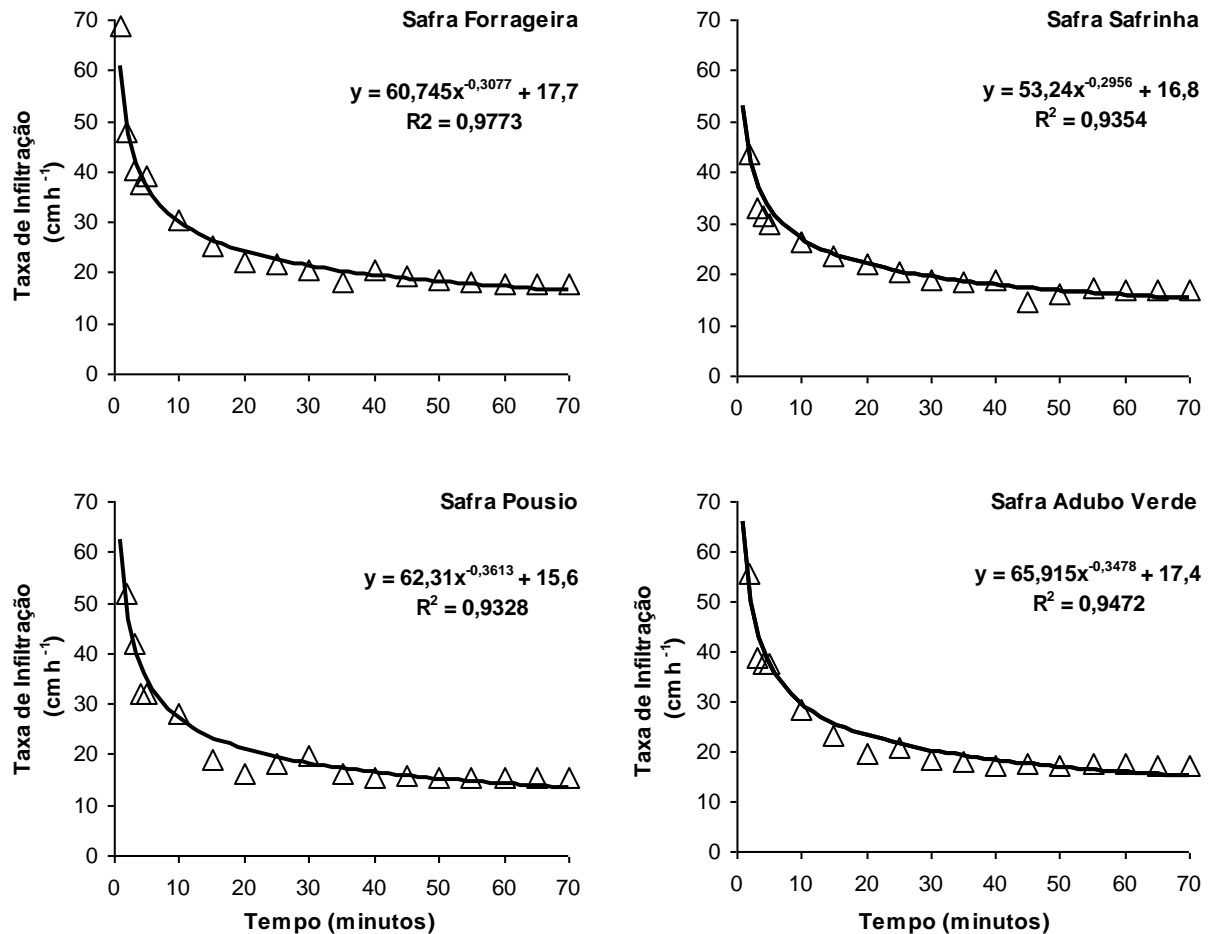


Figura 11 - Taxa média de infiltração de água no solo, em área irrigada por aspersão, em função das subparcelas onde foram instaladas posteriormente às sucessões indicadas. Selvíria, MS (2004).

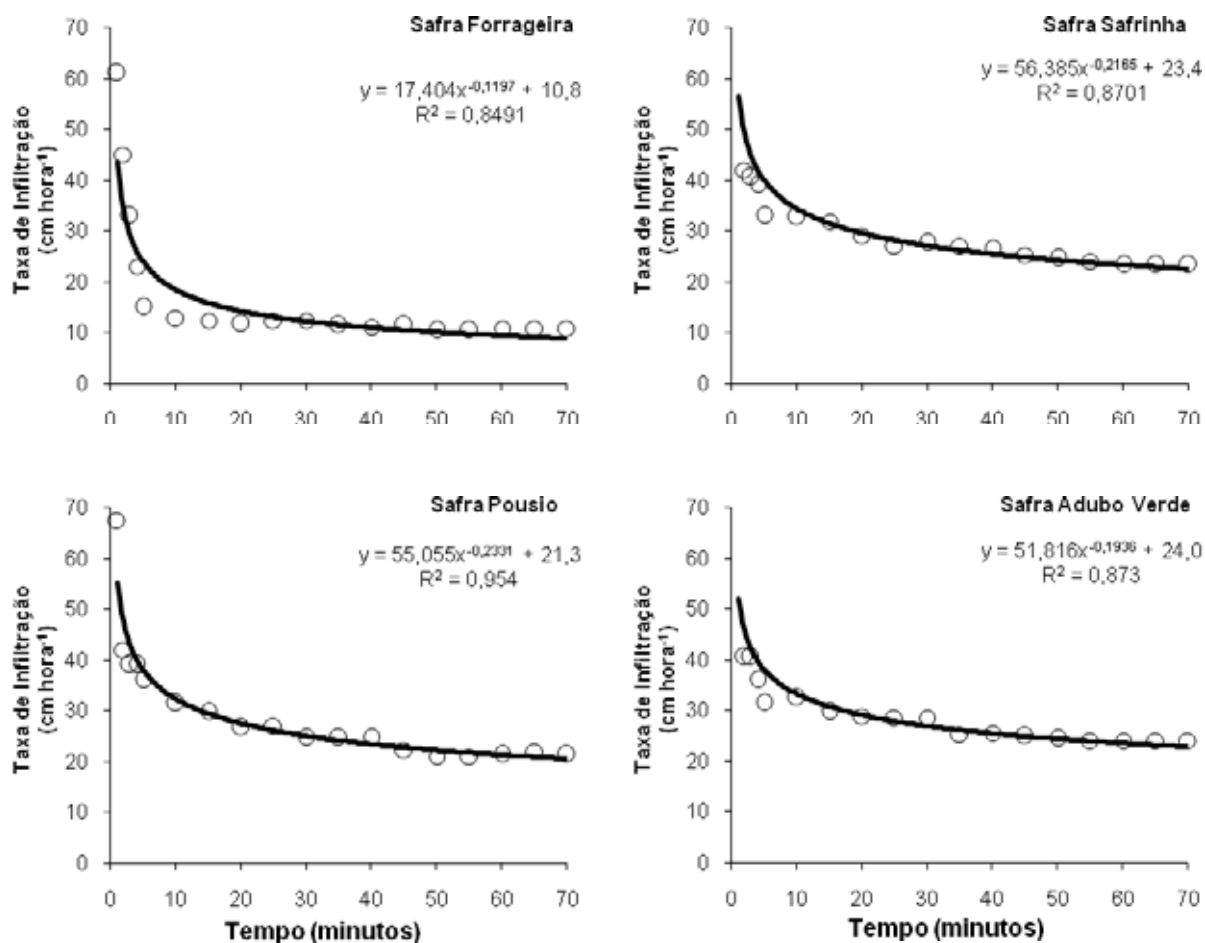


Figura 12 - Taxa média de infiltração de água no solo, em área irrigada por aspersão, após 34 meses da aplicação de corretivos do solo e da instalação das sucessões de culturas, em SPD, Selvíria, MS (2007).

5.2.2. Características químicas do solo

5.2.2.1. 18 meses após a aplicação dos corretivos

Nas Tabelas 39 a 50 estão apresentados os valores para as características químicas citadas anteriormente (pH, matéria orgânica, K, Ca, Mg, Si e saturação por bases), bem como os respectivos coeficientes de variação, teste F e desdobramentos, nas profundidades de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, após 18 meses da aplicação dos corretivos.

Após 18 meses da aplicação dos corretivos, verificou-se que os valores de pH na camada superficial foram alterados significativamente com a aplicação dos corretivos, comparativamente à testemunha. O mesmo ocorreu com as sucessões safra - forrageira e safra - pousio, em relação às demais (Tabela 39), demonstrando que a atividade de ambos os corretivos continua após 18 meses, fato este observado de forma semelhante por Lima (2004) e também por Rheinheimer et al. (2000), que observaram efeito do calcário apenas para a

camada de 0-0,05 m, após 18 meses da aplicação. Mediante desdobramento da interação corretivo x sucessão na camada de 0,05-0,10 m, observou-se efeito positivo dos corretivos no aumento do pH, em relação à testemunha, especialmente para o calcário na sucessão safra - forrageira e, para o silicato, nas sucessão safra - safrinha. Quando houve pousio na sucessão ambos os corretivos foram superiores à testemunha e quando foi adotada a sucessão safra - adubo verde não foi verificado efeitos dos corretivos (Tabela 44). Para a sucessão safra - forrageira, especialmente no primeiro ano de experimentação, a produção de matéria seca pela forrageira foi excelente e, aliada à irrigação, pode ter contribuído para a dissolução e movimentação do calcário, ocasionada pelo aumento da fauna responsável pela abertura de canais contínuos, pelos quais pode ocorrer movimentação física do calcário aplicado superficialmente (OLIVEIRA; PAVAN, 1996), uma vez que as raízes que se decompõem e formam-se bioporos que, apesar de representarem pequeno volume em relação ao volume total de poros, são altamente funcionais e podem ter facilitado o caminhar das partículas de silicato até a referida camada, uma vez que canais provenientes da decomposição de raízes têm grande estabilidade (ABREU, 2000).

De modo geral, a sucessão safra - safrinha apresentou os menores valores de pH, talvez em função do maior número de cultivos realizados nessa sucessão, fato que pode ter reduzido o pH, em função da maior extração de K, Ca e Mg trocáveis e conseqüente substituição por íons H^+ . De forma semelhante, Ciotta et al. (2004) também verificaram acidificação do solo sob SPD, especialmente na camada superficial e, atribuíram tal fato, principalmente à nitrificação do amônio, proveniente dos fertilizantes de reação ácida que se concentram na superfície do solo, devido ao não revolvimento. O efeito do calcário ainda é notado na camada de 0,10-0,20 m, enquanto o do silicato foi amenizado, não diferindo do tratamento testemunha (Tabela 47). Os valores de pH na camada de 0,20-0,40 m não foram alterados mediante a aplicação dos tratamentos com corretivos (Tabela 49).

Após 18 meses do início do experimento, para todas as camadas avaliadas, os valores de matéria orgânica permaneceram praticamente inalterados, mediante a aplicação dos corretivos do solo e da utilização de diferentes sucessões de culturas, incluindo forrageiras, adubos verdes, pousio, leguminosas, gramíneas e oleaginosas (Tabelas 39, 43, 47 e 49). De acordo com Alleoni et al. (2005), os teores de matéria orgânica permanecem inalterados após 6, 18 e 30 meses da aplicação de calcário, que inferem que a permanência de matéria seca sobre o solo, pode incrementar a atividade microbiana, dificultando o incremento da matéria orgânica, principalmente em área com pH elevado. A exceção ocorreu na camada de 0,10-

0,20 m, em que a sucessão safra - pousio proporcionou melhores resultados em relação à sucessão safra - safrinha.

Após 18 meses da aplicação dos corretivos, na camada superficial, o teor de K foi mais elevado na sucessão safra - forrageira, quando comparado aos obtidos nas sucessões safra - safrinha e safra - pousio (Tabela 39). Comportamento semelhante foi observado para essas sucessões na camada de 0,05-0,10 m (Tabela 43) e na camada de 0,10-0,20 m, para a sucessão safra - adubo verde em relação à sucessão safra - safrinha (Tabela 47). Na camada de 0,20-0,40 m, os maiores teores de K foram observados na sucessão safra - adubo verde novamente e safra - pousio, comparativamente às sucessões safra - forrageira e safra - safrinha (Tabela 49). Talvez este comportamento seja devido à presença do guandu na sucessão safra - adubo verde, responsável por reciclagem considerável de K (ALCÂNTARA et al., 2000). Há de se destacar que os teores de K em todas as camadas não demonstraram alterações significativas mediante a aplicação dos corretivos. Além disso, os teores se apresentaram variáveis de médio a alto, de acordo com Raij et al. (1997), o que indica que o mesmo não foi limitante para as culturas conduzidas no experimento

O desdobramento dos dados de teor de Ca na camada superficial, após 18 meses da aplicação dos corretivos, permitiu visualizar o aumento pela aplicação de calcário e silicato nas sucessões safra - forrageira, safrinha e, pela aplicação de calcário na sucessão adubo verde. Para a sucessão safra - pousio, o silicato apresentou o maior teor de Ca para esta camada. Isso pode ser justificado pela maior solubilidade do silicato, ou seja, na sucessão safra - pousio (1 cultivo por ano), comparativamente às demais sucessões, safra - forrageira (2 cultivos por ano), safra - safrinha (3 cultivos por ano e safra - adubo verde (2 cultivos por ano), houve menor quantidade de resíduos vegetais, o que de certa forma minimizou a solubilização do calcário, favorecendo assim o produto mais solúvel, no caso o silicato. O ideal é que o calcário tenha efeito rápido, porém com efeito residual prolongado. Quanto às sucessões, estas proporcionaram aumento nos teores de Ca apenas quando foi utilizado silicato nas sucessões safra - pousio e safra - forrageira, respectivamente (Tabela 40). Na camada de 0,05-0,10 m, com exceção da sucessão safra - forrageira, as demais sucessões aumentaram os teores de Ca quando houve aplicação dos corretivos, destacando-se o silicato para a sucessão safra - safrinha (Tabela 45). Na camada de 0,10-0,20 m, o aumento dos teores de Ca ficou restrito apenas à aplicação dos corretivos, em que a aplicação de calcário apresentou o maior teor de Ca, seguido do tratamento silicato, e testemunha (Tabela 47). Este aumento para esta camada pode ser em função de mecanismo de lixiviação de Ca proposto por Miyazawa et al. (1996), no qual por meio da formação de complexos orgânicos

hidrossolúveis presentes nos restos das plantas há complexação do Ca trocável do solo pelo ligantes orgânicos, formando complexos CaL_0 ou CaL^- . Os teores de Ca, na camada mais profunda, não foram alterados mediante a aplicação dos tratamentos (Tabela 49).

O comportamento do Mg na camada superficial (0-0,05 m) foi semelhante ao observado para o Ca, havendo interação entre os fatores. A aplicação dos corretivos aumentou os teores de Mg, à exceção da sucessão safra - adubo verde, na qual esse aumento ficou limitado apenas à aplicação do calcário (Tabela 39), estando em consonância com os dados apresentados por Rheinheimer et al. (2000), que observaram efeito semelhante para essa camada. Na camada seguinte (0,05-0,10 m), o teor de Mg encontrado no tratamento silicato foi superior ao encontrado no tratamento calcário, que por sua vez, apresentou teor mais elevado que a testemunha, indicando que houve movimentação do Mg trocável no perfil, e que pode ser explicado pela formação de complexos orgânicos hidrossolúveis à partir de ácidos orgânicos liberados dos restos vegetais presentes na superfície do solo (MIYAZAWA et al., 1993, MIYAZAWA et al., 1996). Nessa camada, a sucessão safra - pousio proporcionou o maior teor de Mg, comparativamente às sucessões safra - safrinha e safra - adubo verde, talvez em função do maior número de cultivos nessas sucessões em comparação com a sucessão safra - pousio (Tabela 43). Na camada de 0,10-0,20 m, os teores mais elevados foram observados com a aplicação de calcário e silicato, respectivamente, de forma semelhante ao ocorrido nas camadas de 0-0,05 m e 0,05-0,10 m. Não houve alteração para as sucessões utilizadas na camada de 0,10-0,20 m (Tabela 47). Na camada de 0,20-0,40 m, foi observado comportamento semelhante ao das sucessões para todos os tratamentos utilizados (Tabela 49).

Nas camadas de 0-0,05 e 0,05-0,10 m, os teores de Si no solo apresentaram alterações apenas quanto às sucessões utilizadas, não sendo observado qualquer efeito da aplicação dos corretivos. Para a primeira, a sucessão safra - safrinha alcançou o maior teor quando comparada à sucessão safra - forrageira e safra - adubo verde (Tabela 39). Já na camada de 0,05-0,10 m, a sucessão safra - forrageira apresentou novamente o menor teor de Si, agora quando comparada às sucessões safra - adubo verde e safra - pousio (Tabela 43). Mediante desdobramento, verifica-se que na camada de 0,10-0,20 m, não houve diferenças entre a aplicação ou não dos corretivos. Entretanto, observa-se redução do teor de Si no solo, quando utilizada a sucessão safra - forrageira (Tabela 48). À exceção da sucessão safra - safrinha, em que a aplicação de silicato alcançou o maior teor de Si no solo, não houve diferença entre a aplicação ou não dos corretivos na camada de 0,20-0,40 m. Já para as sucessões houve comportamento difuso, podendo se destacar que a sucessão safra - pousio apresentou teores

superiores em relação à sucessão safra - safrinha, quando aplicado calcário ou sem aplicação de corretivos (Tabela 50).

De modo geral, a aplicação dos corretivos alterou positivamente a saturação por bases do solo na camada de 0-0,05 m. Independente da aplicação dos corretivos, a sucessão safra - forrageira apresentou os maiores valores diferenciando-se da sucessão safra - safrinha quando aplicado calcário e, da sucessão safra - adubo verde, para o tratamento silicato (Tabela 39). Mediante desdobramento na camada de 0,05-0,10 m, verificou-se que a aplicação de silicato (sucessão safra - safrinha) e de ambos os corretivos (sucessão safra - pousio) proporciona elevação da saturação por bases (Tabela 46). A utilização do calcário, comparativamente à testemunha, promoveu aumento na saturação por bases, na camada de 0,10-0,20 m (Tabela 68). Já na camada mais profunda, não houve alteração da saturação por bases (Tabela 49).

Dessa forma, mesmo após 18 meses da aplicação dos corretivos, houve efeitos positivos sobre a saturação por bases, principalmente na camada de 0-0,05 m, conforme observado por Miranda et al. (2005), Pádua et al. (2006) em um Latossolo Vermelho, os quais verificaram que o efeito do calcário aplicado superficialmente em SPD se restringe a camada de 0-0,05m. A sucessão safra - adubo verde demonstrou ser promissora no incremento dos valores para estas característica, talvez devido à alta reciclagem de nutrientes, em especial K, Ca e Mg pela mesma (ALCÂNTARA et al., 2000).

Tabela 39 - Valores de pH em CaCl_2 0,01 mol L^{-1} , matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg (mmolc dm^{-3}), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0-0,05 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2006).

Tratamentos		Características químicas						
Corretivos	pH	M.O.	K	Ca	Mg	Si	V%	
Testemunha	4,8 b	27,0	3,6	15,8	10,6	9,1	43,7	
Calcário	5,4 a	28,0	3,3	29,7	16,3	11,2	63,3	
Silicato	5,4 a	28,3	3,5	31,0	15,7	12,8	63,3	
D.M.S.	0,2	-	-	-	-	-	-	
C.V.	3,5	9,5	18,8	29,8	21,5	28,8	13,8	
Rotações								
Safra - forrageira	5,3 a	28,3	4,1 a	27,6	15,7	11,1 b	62,2	
Safra - safrinha	5,0 b	27,3	2,9 c	23,6	12,6	12,3 a	52,2	
Safra - pousio	5,3 a	27,3	3,3 bc	28,5	15,5	12,1 ab	60,3	
Safra - adubo verde	5,1 b	28,0	3,6 ab	22,3	13,0	9,7 b	52,2	
D.M.S.	0,2	-	0,6	-	-	2,5	-	
C.V.	3,4	7,4	15,3	15,8	15,4	19,4	10,8	
F	Corretivo (C)	56,3 *	1,0 n.s.	0,5 n.s.	19,9 *	16,7 *	3,2 n.s.	33,6 *
	Sucessão (S)	9,5 *	0,7 n.s.	11,8 *	6,6 *	6,6 *	3,7 *	8,9 *
	C * S	2,3 n.s.	1,7 n.s.	0,6 n.s.	5,7 *	3,8 *	0,3 n.s.	2,5 *

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 40 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente a Ca, na camada de solo de 0 - 0,05 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

Corretivos	Rotações				D.M.S
	Safra - forrageira	Safra - safrinha	Safra - pousio	Safra - adubo verde	
Testemunha	16,7 b A	14,7 b A	17,3 c A	14,3 b A	9,3
Calcário	31,3 a A	26,0 a A	29,3 b A	32,3 a A	
Silicato	34,7 a AB	30,0 a B	38,8 a A	20,3 b C	
D.M.S.	7,8				

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 41 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente a Mg, na camada de solo de 0 - 0,05 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

Corretivos	Rotações				D.M.S
	Safra - forrageira	Safra - safrinha	Safra - pousio	Safra - adubo verde	
Testemunha	11,3 b A	9,7 b A	11,7 b A	9,7 b A	4,3
Calcário	17,7 a A	12,0 ab B	17,7 a A	17,7 a A	
Silicato	18,0 a A	16,0 a A	17,7 a A	11,7 b B	
D.M.S.	4,2				

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 42 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente à saturação por bases, na camada de solo de 0 - 0,05 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

Corretivos	Rotações				D.M.S
	Safra - forrageira	Safra - safrinha	Safra - pousio	Safra - adubo verde	
Testemunha	48,7 b A	39,0 b A	45,3 b A	41,7 b A	11,5
Calcário	69,0 a A	57,0 a B	63,3 a AB	63,7 a AB	
Silicato	69,0 a A	60,7 a AB	72,3 a A	51,3 b B	
D.M.S.	11,9				

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 43 - Valores de pH em CaCl_2 0,01 mol L^{-1} , matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0,05-0,10 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2006).

Tratamentos		Características químicas						
Corretivos	pH	M.O.	K	Ca	Mg	Si	V%	
Testemunha	4,4	21,6	2,0	9,8	6,8 c	9,2	30,2	
Calcário	4,6	20,5	1,7	13,1	7,8 b	9,8	37,0	
Silicato	4,7	21,4	1,9	13,9	8,4 a	9,7	38,3	
D.M.S.	-	-	-	-	0,7	-	-	
C.V.	1,8	5,2	18,4	5,9	7,8	13,2	7,3	
Rotações								
Safra - forrageira	4,6	20,8	2,4 a	11,8	7,8 ab	8,8 b	35,9	
Safra - safrinha	4,5	20,6	1,2 c	11,2	7,1 b	9,3 ab	32,8	
Safra - pousio	4,7	21,7	1,7 bc	14,4	8,6 a	9,9 a	39,2	
Safra - adubo verde	4,6	21,7	2,0 ab	11,7	7,2 b	10,1 a	32,8	
D.M.S.	-	-	0,6	-	1,2	1,1	-	
C.V.	2,3	6,4	27,9	13,9	14,3	10,4	14,5	
F	Corretivo (C)	32,0 *	4,5 n.s.	3,8 n.s.	143,5 *	28,1 *	1,0 n.s.	46,2 *
	Sucessão (S)	6,6 *	2,2 n.s.	11,8 *	8,9 *	4,4 *	4,4 *	4,4 *
	C * S	4,2 *	2,0 n.s.	0,2 n.s.	3,0 *	2,3 n.s.	1,9 n.s.	3,1 *

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 44 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente a pH em CaCl_2 0,01 mol L^{-1} , na camada de solo de 0,05-0,10 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

Rotações					
Corretivos	Safra - forrageira	Safra - safrinha	Safra - pousio	Safra - adubo verde	D.M.S
Testemunha	4,5 b A	4,3 b B	4,5 b AB	4,5 a A	0,2
Calcário	4,7 a A	4,4 b B	4,7 a A	4,6 a AB	
Silicato	4,6 ab AB	4,7 a AB	4,8 a A	4,5 a B	
D.M.S.					0,2

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 45 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente à Ca, na camada de solo de 0,05-0,10 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

Rotações					
Corretivos	Safra - forrageira	Safra - safrinha	Safra - pousio	Safra - adubo verde	D.M.S
Testemunha	10,3 a A	8,3 c A	10,7 b A	10,0 b A	2,7
Calcário	12,7 a AB	11,0 b B	15,3 a A	11,7 ab AB	
Silicato	12,3 a B	14,3 a AB	17,3 a A	13,3 a B	
D.M.S.					3,3

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 46 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente à saturação por bases, na camada de solo de 0,05-0,10 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

Corretivos	Rotações				D.M.S
	Safra - forrageira	Safra - safrinha	Safra - pousio	Safra - adubo verde	
Testemunha	33,3 a A	25,7 b A	32,0 b A	29,7 a A	
Calcário	39,3 a AB	30,3 b B	41,7 a A	36,7 a AB	7,9
Silicato	35,0 a AB	42,3 a A	44,0 a A	32,0 a B	
D.M.S.	9,9				

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 47 - Valores de pH em CaCl_2 0,01 mol L^{-1} , matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0,10-0,20 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2006).

Tratamentos	Características químicas							
	Corretivos	pH	M.O.	K	Ca	Mg	Si	V%
Testemunha		4,5 b	16,3 a	1,5	9,0 c	6,1 c	9,0	28,8 b
Calcário		4,6 a	15,7 b	1,3	10,9 a	7,0 a	9,1	34,3 a
Silicato		4,5 ab	15,8 ab	1,5	9,9 b	6,5 b	9,3	32,1 ab
D.M.S.		0,1	0,6	-	0,8	0,4	-	4,3
C.V.		2,1	3,7	23,6	21,1	5,1	10,1	12,4
Rotações								
Safra - forrageira		4,5	15,4 ab	1,5 ab	9,4	6,2	8,1	30,1
Safra - safrinha		4,5	15,2 b	1,0 b	9,8	6,5	9,1	32,4
Safra - pousio		4,6	17,0 a	1,5 ab	11,3	6,9	9,7	34,7
Safra - adubo verde		4,5	16,1 ab	1,8 a	9,2	6,6	9,6	29,8
D.M.S.		-	1,7	0,6	-	-	-	-
C.V.		3,4	9,5	34,2	7,6	16,1	8,9	17,8
F	Corretivo (C)	7,3 *	5,4 *	1,8 n.s.	25,5 *	33,3 *	0,3 n.s.	7,9 *
	Sucessão (S)	0,3 n.s.	3,4 *	4,7 *	2,5 n.s.	0,8 n.s.	9,1 *	1,9 ns
	C * S	0,6 n.s.	1,5 n.s.	0,4 n.s.	0,8 n.s.	1,1 n.s.	2,6 *	0,9 ns

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 48 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente a Si, na camada de solo de 0,10-0,20 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

Corretivos	Rotações				D.M.S
	Safra - forrageira	Safra - safrinha	Safra - pousio	Safra - adubo verde	
Testemunha	7,3 a B	9,0 a A	9,3 a A	10,3 a A	
Calcário	8,7 a A	8,7 a A	9,7 a A	9,3 a A	1,5
Silicato	8,3 a B	9,7 a AB	10,0 a A	9,0 a AB	
D.M.S.	1,6				

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 49 - Valores de pH em CaCl_2 0,01 mol L^{-1} , matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0,20-0,40 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2006).

Tratamentos		Características químicas						
Corretivos	pH	M.O.	K	Ca	Mg	Si	V%	
Testemunha	4,7 b	10,4	1,0	6,5	5,8	8,7	30,8	
Calcário	4,8 a	10,2	1,0	6,8	6,1	8,3	32,8	
Silicato	4,8 ab	10,3	1,1	7,9	6,4	9,2	32,7	
D.M.S.	0,1	-	-	-	-	-	-	
C.V.	1,6	9,4	17,3	31,7	18,6	15,9	11,4	
Rotações								
Safra - forrageira	4,7	9,8	0,9 b	6,5	5,7	8,0	30,0	
Safra - safrinha	4,9	10,1	0,7 b	6,7	6,0	8,1	32,0	
Safra - pousio	4,7	10,3	1,3 a	6,9	6,2	9,2	32,0	
Safra - adubo verde	4,8	11,0	1,3 a	8,2	6,4	9,5	34,3	
D.M.S.	-	-	0,3	-	-	-	-	
C.V.	4,0	13,2	29,1	27,9	16,4	13,6	14,4	
F	Corretivo (C)	5,1 n.s.	0,3 n.s.	3,3 n.s.	1,8 n.s.	1,4 n.s.	1,8 n.s.	1,6 n.s.
	Sucessão (S)	2,0 n.s.	1,7 n.s.	9,6 *	2,0 n.s.	1,3 n.s.	4,8 *	1,8 n.s.
	C * S	0,6 n.s.	1,2 n.s.	0,3 n.s.	1,1 n.s.	0,8 n.s.	3,3 *	2,0 n.s.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 50 - Desdobramento da interação corretivo x sucessão na análise de variância referente a Si, na camada de solo de 0,20-0,40 m, em área irrigada por aspersão, 18 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

		Rotações				
Corretivos	Safra - forrageira	Safra - safrinha	Safra - pousio	Safra - adubo verde	D.M.S	
Testemunha	7,3 a B	7,3 b B	10,0 a A	10,0 a A		
Calcário	8,0 a AB	7,0 b B	9,3 a A	8,7 a AB	2,2	
Silicato	8,7 a A	10,0 a A	8,3 a A	9,7 a A		
D.M.S.			2,3			

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

5.2.2.2. 34 meses após a aplicação dos corretivos

Nas Tabelas 51 a 54 estão apresentados os valores para as características químicas discutidas anteriormente, bem como os respectivos coeficientes de variação, teste F e desdobramentos, nas profundidades de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, após 34 meses da aplicação dos corretivos. Não foi detectada interação entre a aplicação de corretivos em SPD estabelecido e as sucessões de culturas adotadas ao longo de três anos.

Após 34 meses da aplicação dos corretivos foi observado que houve elevação do pH até os 0,20 m iniciais (Tabelas 51, 52 e 53), onde se observa excelentes resultados na correção do pH com a utilização de ambos os corretivos, indicando que a aplicação do silicato é tão

eficiente quanto à aplicação de calcário, na correção da acidez do solo, em área irrigada, sob SPD já estabelecido. Quanto às sucessões, pode-se inferir que a sucessão safra - forrageira apresentou maiores valores de pH, principalmente quando comparada à sucessão safra - safrinha e safra - adubo verde até os 0,10 m, e à sucessão safra - safrinha até os 0,20 m. Isso pode ser explicado pelo maior número de sementeiras realizadas na sucessão safra - safrinha. Esse maior número de sementeiras se traduz em maior aplicação de fertilizantes (derivados de nitratos e sulfatos, como os que foram utilizados neste experimento) e remoção de bases da solução do solo, os quais concorrem para o aumento da acidez do solo, visto que maiores são as quantidades de sítios liberados no solo, sendo preenchidos pelos íons hidrogênio (VITTI; LUZ, 2004). Corroborando essa idéia, Ciotta et al. (2004) também verificaram acidificação do solo sob SPD, especialmente na camada superficial e, atribuíram tal fato, principalmente à nitrificação do amônio, proveniente dos fertilizantes de reação ácida que se concentram na superfície do solo, devido ao não revolvimento. Para a camada de 0,20-0,40 m não foi constatado efeito dos corretivos.

Após 34 meses do início do experimento, com a aplicação dos corretivos e adoção de diferentes sucessões de culturas, não foi obtido nenhum efeito sobre a matéria orgânica do solo, o que era de certa forma, esperado, visto as sucessões englobaram culturas com diferentes hábitos de crescimento, tanto de parte aérea, quanto de sistema radicular, sendo conduzidas durante três anos. Isso pode ser decorrente do solo inicialmente possuir teores de matéria orgânica considerados elevados para a região dos Cerrados.

A aplicação dos corretivos não incrementou os teores de K no solo nas camadas estudadas. Para as sucessões, notou-se que a sucessão safra - adubo verde incrementou o teor do dado nutriente na camada de 0-0,05m em relação às demais sucessões; para a camada de 0,05-0,10m isso foi verificado em relação apenas à sucessão safra - safrinha. Assim como teorizado para a avaliação realizada aos 18 meses após a aplicação dos corretivos, talvez este comportamento seja devido à presença do guandu na sucessão safra - adubo verde, responsável por reciclagem considerável de K (ALCÂNTARA et al., 2000). Os resultados obtidos no presente experimento corroboram os dados apresentados por Quaggio et al. (1991), que estudando a relação entre calagem e molibdênio na extração de nitrogênio pelo milho, verificaram que a aplicação do calcário proporciona maiores teores de K no solo.

Em relação à testemunha, os teores de Ca trocável foram superiores até os 0,20 m, com a utilização de silicato, com os valores se equiparando ao calcário. Uma possível explicação foi que o aumento do pH na superfície do solo, conforme foi observado no presente experimento, pode ter acelerado a velocidade com que o íon HCO_3^- , acompanhado

por Ca e Mg, movimentou-se para o subsolo para reagir com a acidez (CAIRES et al., 2003). Na camada de 0,20-0,40 cm não houve alteração nos teores de Ca. As sucessões só tiveram efeito sobre os teores de Ca na camada de 0-0,05 m, com as sucessões safra - forrageira e safra - pousio proporcionando os maiores valores.

Os teores de Mg foram mais elevados com a aplicação de ambos os corretivos, nas camadas superficiais (0-0,05 e 0,05-0,10m), talvez motivado pela hipótese levantada por Caires et al. (2003) para o teor de Ca. Nessas camadas foi observado que a sucessão safra - safrinha apresentou os menores teores de Mg, provavelmente em função do número de cultivos na área irrigada - milho, feijão, milho, soja, triticale, milho, arroz e feijão, que normalmente apresentam produtividade superior à áreas cultivadas sob regime hídrico natural, traduzindo-se em maior exportação de nutrientes.

A aplicação dos corretivos não surtiu o efeito desejado sobre os teores de Si, principalmente no que tange à aplicação de Si. As diferentes sucessões também não proporcionaram diferenças quanto ao teor de Si no solo, com exceção da camada de 0,05-0,10m, onde a sucessão safra - adubo verde proporcionou os maiores valores comparativamente às sucessões safra - forrageira e safra - safrinha.

A saturação por bases é uma medida direta da fertilidade de um solo e se apresentou maior em todo perfil do solo estudado com o uso de ambos os corretivos, possivelmente em função do acréscimo ocasionado pela utilização dos mesmos nos teores de Ca e Mg principalmente, contrastando com os resultados obtidos em alguns trabalhos realizados em um Latossolo Vermelho, os quais verificaram que o efeito do calcário aplicado superficialmente em SPD se restringe a camada de 0-0,05m (MIRANDA et al., 2005, PÁDUA et al., 2006). Há de se destacar que nestes casos não havia irrigação por aspersão, o que contribui fundamentalmente para a movimentação dos produtos da dissolução do calcário. Para as sucessões se observou até os 0,10 m valores mais elevados para as sucessões safra - forrageira e safra - pousio, comparativamente à safra - safrinha.

Tabela 51 - Valores de pH em CaCl_2 0,01 mol L^{-1} , matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0 - 0,05 m, em área irrigada por aspersão, 34 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos		Características químicas						
Corretivos	pH	M.O.	K	Ca	Mg	Si	V%	
Testemunha	4,7 b	20,6	5,1	18,3 b	11,4 b	12,5	50,1 b	
Calcário	5,1 a	22,3	5,7	31,3 a	15,9 a	15,0	67,4 a	
Silicato	5,2 a	22,9	6,2	32,6 a	16,0 a	15,9	68,4 a	
D.M.S.	0,1	-	-	6,3	3,9	-	9,1	
C.V.	2,6	16,5	30,0	21,2	24,6	24,4	13,5	
Rotações								
Safra - forrageira	5,2 a	23,3	5,3 b	30,5 a	17,0 a	14,4	68,7 a	
Safra - safrinha	4,6 c	21,5	5,0 b	22,4 b	11,2 b	14,3	53,7 b	
Safra - pousio	5,1 ab	21,0	5,1 b	30,0 a	15,1 a	14,4	61,8 ab	
Safra - adubo verde	5,0 b	21,9	7,4 a	26,6 ab	14,6 a	14,4	63,6 ab	
D.M.S.	0,1	-	1,4	6,0	3,0	-	11,1	
C.V.	2,5	12,6	21,7	19,5	18,8	12,9	16,0	
F	Corretivo (C)	58,6 *	1,7 n.s.	1,5 n.s.	29,6 *	8,7 *	4,0 n.s.	24,2 *
	Sucessão (S)	54,2 *	1,5 n.s.	9,9 *	5,9 *	9,6 *	0,1 n.s.	4,7 *
	C * S	1,0 n.s.	0,7 n.s.	1,2 n.s.	0,9 n.s.	1,0 n.s.	0,1 n.s.	0,6 ns

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 52 - Valores de pH em CaCl_2 0,01 mol L^{-1} , matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0,05 - 0,10 m, em área irrigada por aspersão, 34 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos		Características químicas					
Corretivos	pH	M.O.	K	Ca	Mg	Si	V%
Testemunha	4,3 b	14,1	2,6	10,5 b	7,9 b	8,6	38,2 b
Calcário	4,6 a	13,8	2,5	15,6 a	9,3 a	9,3	47,4 a
Silicato	4,6 a	15,0	2,9	15,8 a	9,6 a	8,8	46,7 a
D.M.S.	0,2	-	-	1,7	1,2	-	6,1
C.V.	3,4	16,7	35,2	11,5	11,9	19,8	12,8
Rotações							
Safra - forrageira	4,7 a	14,0	2,6 ab	14,3	9,5 a	8,0 b	47,7 a
Safra - safrinha	4,3 c	15,2	2,0 b	12,3	7,8 b	8,3 b	37,3 b
Safra - pousio	4,6 ab	12,8	2,8 ab	15,2	9,3 ab	9,2 ab	46,9 a
Safra - adubo verde	4,5 b	15,2	3,4 a	14,2	9,0 ab	10,0 a	44,8 ab
D.M.S.	0,1	-	0,9	-	1,6	-	8,6
C.V.	3,4	20,1	29,4	22,0	15,7	13,1	17,4
Corretivo (C)	18,2 *	1,2 n.s.	0,8 n.s.	55,6 *	10,6 *	0,6 n.s.	12,8 *
F Sucessão (S)	13,6 *	1,8 n.s.	6,7 *	1,9 n.s.	3,5 *	7,2 *	4,6 *
C * S	1,0 n.s.	0,5 n.s.	0,3 n.s.	0,3 n.s.	0,4 n.s.	0,5 n.s.	0,5 ns

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 53 - Valores de pH em CaCl_2 0,01 mol L^{-1} , matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0,10 - 0,20 m, em área irrigada por aspersão, 34 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos		Características químicas					
Corretivos	pH	M.O.	K	Ca	Mg	Si	V%
Testemunha	4,3 b	12,4	1,8	8,4 b	7,1	9,1	35,6 b
Calcário	4,4 a	13,1	1,8	10,8 a	8,1	8,5	39,3 ab
Silicato	4,5 a	12,9	1,9	10,0 ab	7,5	8,9	41,7 a
D.M.S.	0,1	-	-	1,8	-	-	5,0
C.V.	2,2	16,7	33,3	16,9	12,9	23,1	12,0
Rotações							
Safra - forrageira	4,5 a	13,2 ab	1,7	9,8	7,8	7,8	41,2
Safra - safrinha	4,2 b	13,0 ab	1,5	9,0	7,0	8,3	34,3
Safra - pousio	4,4 ab	10,9 b	1,9	10,5	8,0	9,0	40,4
Safra - adubo verde	4,4 ab	14,3 a	2,2	9,7	7,4	10,1	39,3
D.M.S.	0,2	2,7	-	-	-	-	-
C.V.	4,4	18,8	40,1	28,7	20,0	26,3	21,4
Corretivo (C)	10,7 *	0,4 n.s.	0,3	8,6 *	3,8 n.s.	0,3 n.s.	7,1 *
F Sucessão (S)	4,2 *	4,0 *	1,9	0,6 n.s.	1,1 n.s.	2,1 n.s.	1,7 ns
C * S	0,4 n.s.	0,4 n.s.	0,2	0,4 n.s.	0,3 n.s.	1,3 n.s.	0,7 ns

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 54 - Valores de pH em CaCl_2 0,01 mol L^{-1} , matéria orgânica (g dm^{-3}), K, Ca e Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), Si (g kg^{-1}) e saturação por bases, na camada de solo de 0,20 - 0,40 m, em área irrigada por aspersão, 34 meses após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos		Características químicas					
Corretivos	pH	M.O.	K	Ca	Mg	Si	V%
Testemunha	4,5	9,7	1,5	7,6	7,3	9,5	39,7 b
Calcário	4,6	9,4	1,5	7,8	8,1	8,9	44,1 a
Silicato	4,6	10,3	1,4	8,6	7,6	9,9	40,8 b
D.M.S.	-	-	-	-	-	-	1,7
C.V.	4,5	13,1	30,1	20,7	10,5	18,5	3,9
Rotações							
Safra - forrageira	4,6	10,6	1,5	8,7	7,9	9,4	43,3
Safra - safrinha	4,5	9,8	1,2	7,5	7,3	9,2	40,4
Safra - pousio	4,6	8,3	1,5	8,6	8,0	9,7	42,2
Safra - adubo verde	4,6	10,4	1,6	7,3	7,3	9,5	40,2
D.M.S.	-	-	-	-	-	-	-
C.V.	4,8	25,6	51,0	27,8	15,3	23,1	17,8
Corretivo (C)	1,9 n.s.	1,9 n.s.	0,6 n.s.	1,8 n.s.	3,7 n.s.	1,5 n.s.	32,0 *
F Sucessão (S)	0,7 n.s.	2,2 n.s.	0,7 n.s.	1,3 n.s.	1,2 n.s.	0,1 n.s.	0,5 ns
C * S	0,3 n.s.	0,6 n.s.	0,2 n.s.	0,3 n.s.	1,2 n.s.	1,3 n.s.	0,7 ns

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

5.2.3. Desempenho da cultura do milho

Da mesma forma que na área de sequeiro, na área irrigada por aspersão a cultura do milho foi instalada em toda a área e entrou nos esquemas de sucessão como a primeira cultura de verão, ou seja, todas as sucessões se iniciaram com a mesma.

A produção de matéria seca pela cultura do milho não foi alterada pelos tratamentos utilizados, com médias superiores à 13 t ha^{-1} , valores cerca de 60% superiores aos apresentados por Tissi et al. (2004), em condições semelhantes (Tabela 55).

Para as condições deste experimento, o milho não respondeu à aplicação dos corretivos de acidez do solo, o que pode ter ocorrido provavelmente em função do tempo de reação do calcário e do silicato ter sido insuficiente para os mesmos demonstrarem seus efeitos, apesar de que em condições favoráveis o milho responde à aplicação de corretivos (FAGERIA, 1989). O fato da área estar sendo conduzida em SPD pode ter colaborado para não ter havido incremento na produtividade mediante a aplicação dos corretivos (MIRANDA et al., 2005).

As sucessões de culturas não interferiram na produtividade do milho, muito provavelmente em função da cultura do milho ter sido a primeira cultura dentro das sucessões estudadas. A utilização deste cereal em SPD e com isso em sistemas de rotação de culturas é muito importante pois se trata da segunda cultura mais cultivada no Brasil, e além disso, é

uma gramínea com elevada relação C/N, que produz grande quantidade de matéria seca, conseguindo repor e manter resíduos vegetais para a cobertura do solo na semeadura direta, geralmente superior a 6 t ha⁻¹, na safra de verão, sem irrigação suplementar (WISNIEWSKI; HOLTZ, 1997).

Tabela 55 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos da cultura do milho, em área irrigada por aspersão, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2004/2005).

Tratamentos		Matéria seca	Produtividade
Corretivos		kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
	Testemunha	14.681	6.536
	Calcário	14.302	6.909
	Silicato	15.207	7.054
	D.M.S.	-	-
	C.V.	15,8	7,2
Rotações			
	Safra - forrageira	15.938	6.702
	Safra - safrinha	14.682	6.801
	Safra - pousio	13.557	6.970
	Safra - adubo verde	14.743	6.857
	D.M.S.	-	-
	C.V.	13,3	13,2
F	Corretivo (C)	0,6 n.s.	4,8 n.s.
	Sucessão (S)	3,0 n.s.	0,2 n.s.
	C * S	0,4 n.s.	0,5 n.s.

5.2.4. Desempenho da cultura da soja

A cultura da soja foi instalada em toda a área e entrou nos esquemas de sucessão como a segunda cultura de verão. O florescimento (R5) é o estágio que ocorre o maior acúmulo de matéria seca, embora se saiba que o tipo de solo e clima podem fundamentalmente alterar seus valores (CORDEIRO et al., 1979). Assim, na avaliação da produção de matéria seca pela cultura não houve incremento com o uso dos corretivos, a qual atingiu valores de aproximadamente 4,3 t ha⁻¹, considerados relativamente baixos, uma vez que a cultura foi conduzida com irrigação suplementar. Caires e Fonseca (2000) não observaram efeito da calagem, porém obtiveram valores da ordem de 8 t ha⁻¹, valor semelhante ao obtido por outros autores (BATAGLIA; MASCARENHAS, 1977, CORDEIRO et al., 1979).

A produtividade de grãos da cultura da soja praticamente não apresentou alterações mediante aplicação dos corretivos do solo na área irrigada. A razão pela qual os tratamentos sem aplicação de corretivos muitas vezes apresentam elevada produção e as culturas dificilmente

respondem à aplicação de corretivos no SPD, pode estar relacionada com o fato dos teores de Ca, Mg e K estarem em disponibilidade suficiente no perfil do solo para manter uma relação adequada com o Al^{3+} (CAIRES et al., 1998), conforme observado neste experimento, onde mesmo sem a aplicação dos corretivos, haviam teores médios a altos de Ca, Mg e K, além do fato da cultura ter sido conduzida com irrigação suplementar por aspersão (Tabela 56).

Para as sucessões, verificou-se que a sucessão safra - pousio proporcionou maiores valores de matéria seca, comparativamente à sucessão safra - adubo verde (Tabela 56). Esperava-se que possivelmente houvesse efeito significativo dos resíduos vegetais do milho e braquiária (sucessão safra - forrageira), feijão e milheto (sucessão safra - safrinha) e guandu (safra - adubo verde), promove uma maior ciclagem de nutriente, aumentando a disponibilidade de N, oriundo da mineralização destes resíduos, principalmente nas sucessões envolvendo leguminosas.

Como ocorrido na área de sequeiro, por ocasião do cultivo da soja, constavam como sucessões (safra - forrageira: milho-braquiária-soja / safra - safrinha: milho-feijão-milheto-soja / safra - pousio: milho-pousio-soja / safra - adubo verde: milho-guandu-soja). Mesmo com a diferenciação apresentada pelas sucessões, não houve qualquer alteração na produtividade da soja, assim como fora observado em alguns trabalhos realizados pela Embrapa Arroz & Feijão (SILVEIRA; STONE, 2003). Porém, existem claras informações de que a produção acumulada de grãos de soja em um sistema de rotação é incrementada positivamente a longo prazo, demonstrando a viabilidade da rotação de culturas (OLIVEIRA; PAVAN, 1996, SÁ, 1999).

Tabela 56 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos da cultura da soja, em área irrigada por aspersão, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2005/2006).

Tratamentos		Matéria seca	Produtividade
Corretivos		kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
	Testemunha	4.076	2.718
	Calcário	4.277	2.985
	Silicato	4.429	3.098
	D.M.S.	-	-
	C.V.	11,3	12,6
Rotações			
	Safra - forrageira	4.151 ab	2.853
	Safra - safrinha	4.315 ab	3.107
	Safra - pousio	4.750 a	3.003
	Safra - adubo verde	3.826 b	2.771
	D.M.S.	-	-
	C.V.	18,9	10,7
F	Corretivo (C)	2,2 n.s.	4,4 n.s.
	Sucessão (S)	2,7 n.s.	2,8 n.s.
	C * S	1,2 n.s.	0,4 n.s.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

5.2.5. Desempenho da cultura do arroz de terras altas

Na Tabela 57 estão apresentadas as médias de produção de matéria seca e produtividade de grãos do arroz.

A utilização de corretivos do solo não aumentou a produção de matéria seca, estando em consonância com os dados apresentados por Carvalho-Pupatto et al. (2004), Wielewicky et al. (1998), que observaram que a aplicação de silicato e de calcário, respectivamente, não influenciou na quantidade de matéria seca produzida pelo arroz em relação a não aplicação desse corretivo, porém as médias observadas pelos primeiros autores são superiores em aproximadamente 1.500 kg ha⁻¹, em relação à média obtida no presente experimento. Provavelmente o que ocorreu no presente experimento foi que aliado aos elevados níveis de Ca e Mg, o Al no início do experimento praticamente estava totalmente neutralizado no perfil do solo, não interferindo na produção de matéria seca.

Os corretivos não influenciaram a produtividade de grãos do arroz, apresentando valores menores do que os obtidos por Carvalho-Pupatto et al. (2004), Buzetti et al. (2006) em São Manuel (SP) e Selvíria (MS), respectivamente. Estes autores demonstraram que o mesmo cultivar pode chegar a produtividade de grãos da ordem de 5.000 kg ha⁻¹. O não incremento na produtividade do arroz pela aplicação de calcário e silicato de Ca e Mg também foi

observado por Fageria (2001), pois o arroz é bastante tolerante a acidez do solo, não respondendo a aplicação de corretivos de acidez (FAGERIA, 2000).

Quanto às sucessões, não houve uma que se destacasse, tanto na produção de matéria seca como na produtividade do arroz, com o mesmo atingindo valores aproximados de 4500 e 2000 kg ha⁻¹, respectivamente. Talvez o fato da área apresentar baixos valores de macroporosidade, bem como a elevada densidade do solo tenha influenciado nestes resultados. Para que haja desenvolvimento radicular adequado e por conseguinte altas produtividades (SÉGUY et al., 1999), sempre será necessário porosidade adequada no perfil do solo, e portanto, a adoção de culturas com diferentes hábitos de crescimento se faz necessário, ao contrário da utilização da rotação soja-arroz, praticada em semeadura direta só nas restingas (BORDIN et al., 2003).

Tabela 57 - Produção de matéria seca e produtividade do arroz, em área irrigada por aspersão, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD, após diferentes sucessões de culturas. Selvíria, MS (2006/2007).

Tratamentos	Matéria seca	Produtividade de grãos
Corretivos	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Testemunha	4.012	2.079
Calcário	4.640	1.794
Silicato	4.941	2.089
D.M.S.	-	-
C.V.	47,0	15,3
Rotações		
Safra - forrageira	5.017	1.887
Safra - safrinha	4.028	2.164
Safra - pousio	4.018	1.660
Safra - adubo verde	5.061	2.239
D.M.S.	-	-
C.V.	31,0	30,8
F		
Corretivo (C)	0,8 n.s.	4,9 n.s.
Sucessão (S)	2,1 n.s.	2,3 n.s.
C * S	0,7 n.s.	0,3 n.s.

5.2.6. Desempenho da cultura do feijão comum

A produção de matéria seca e a produtividade de grãos do feijoeiro cultivado no 1º e 3º ano de experimentação estão apresentadas nas Tabelas 58 e 59, respectivamente.

A produção de matéria seca pela cultura do feijão não foi influenciada pela aplicação dos corretivos no 1º ano de experimentação (Tabela 58), concordando com os dados apresentados por Soratto (2005), apesar de vários autores relatarem que realmente há

incrementos na matéria seca do feijoeiro, em função da aplicação de corretivos, porém quando a mesma é realizada mediante incorporação (FAGERIA, 1989, VALE, 1998, SILVA, 2002).

Já no 3º ano observou-se que com a aplicação de calcário, a produção de matéria seca foi superior a testemunha, porém não diferiu do tratamento com aplicação de silicato (Tabela 59). Resultados semelhantes foram observados por Silva et al. (2004), com a aplicação de doses de calcário, onde os mesmos observaram valores de até 5 g planta⁻¹, com a aplicação de 3 a 4,4 t ha⁻¹. Esses dados corroboram os apresentados por Fageria (1989). O incremento na matéria seca na cultura do feijão pode estar relacionado ao benefício ocasionado pelo calcário, uma vez que o mesmo possibilita melhor crescimento e desenvolvimento radicular (SILVA et al., 2004), devido a presença fundamentalmente do Ca.

A produtividade de grãos da cultura do feijão em ambos os anos de experimentação foi influenciada pelos tratamentos, havendo aumento de 19% e 33% no 1º ano (Tabela 58) e de 13% e 8% no 2º ano (Tabela 59) com a aplicação de calcário e de silicato, respectivamente, em relação à testemunha. Os valores obtidos para produção de grãos mediante a aplicação do calcário se assemelham aos obtidos em experimentos com aplicação de corretivos por Barbosa Filho & Silva (2000), Soratto (2005). Resultado semelhante foi observado por Fageria & Stone (2004), Soratto (2005) que observaram que a aplicação de calcário eleva a produtividade de grãos da cultura do feijão, assim como Barbosa Filho et al. (2005), que obtiveram produtividade média de aproximadamente 3400 kg ha⁻¹ com a aplicação de 4 t ha⁻¹, entretanto relatam que comparativamente a incorporação do calcário de forma tradicional, sua aplicação em superfície proporciona menores produtividades, que são de aproximadamente 100 kg ha⁻¹.

Tabela 58 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos da cultura do feijão, em área irrigada por aspersão (1º ano de experimentação), após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2005).

Tratamentos	Matéria seca	Produtividade de grãos
Corretivos	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Testemunha	3.295	1.719 b
Calcário	3.260	2.053 a
Silicato	3.337	2.293 a
D.M.S.	-	275
C.V.	10,3	10,4
F	0,1 n.s.	15,1 *

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 59 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos da cultura do feijão, em área irrigada por aspersão (3º ano de experimentação), após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos	Matéria seca kg ha ⁻¹	Produtividade de grãos kg ha ⁻¹
Corretivos		
Testemunha	1.618 b	2.375 b
Calcário	2.224 a	2.691 a
Silicato	1.891 ab	2.582 ab
D.M.S.	361	212
C.V.	13,5	6,4
F	5,5 *	7,9 *

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

5.2.7. Desempenho da cultura do triticales

Na Tabela 60 estão apresentados os valores médios de produção de matéria seca e produtividade de grãos do triticales. A aplicação de silicato aumentou a produção de matéria seca, comparativamente ao tratamento testemunha. É possível que isso tenha ocorrido em função do triticales ter acumulado grandes quantidades deste elemento na epiderme foliar, aumentando a resistência da parede celular e assim diminuindo a perda de água por transpiração, aumentando a tolerância a pragas e doenças e a eficiência fotossintética (BARBOSA FILHO et al., 2000, KORNDÖRFER et al., 2002), apesar desse efeito ser notado mais freqüentemente na cultura do arroz e cana-de-açúcar. Porém esse efeito não repercutiu na produtividade de grãos, sendo essa incrementada mediante a aplicação de calcário dolomítico, em relação à aplicação de silicato.

Tabela 60 - Produção de matéria seca e produtividade de grãos para a cultura do triticales, em área irrigada por aspersão, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

Tratamentos	Matéria seca kg ha ⁻¹	Produtividade de grãos kg ha ⁻¹
Corretivos		
Testemunha	1.624 b	1.834 ab
Calcário	1.883 ab	2.162 a
Silicato	2.002 a	1.742 b
D.M.S.	351	358
C.V.	14,6	14,3
F	4,2 *	5,2 *

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

5.2.8. Desempenho da braquiária

A *Brachiaria brizantha* foi semeada nos três anos agrícolas pertinentes ao experimento conforme demonstrado no item material e métodos. A primeira semeadura (1º ano de experimentação) é referente à semeadura nas entrelinhas da cultura do milho por ocasião de sua adubação de cobertura. Já a segunda semeadura (2º ano de experimentação) é referente à sobressemeadura que foi realizada por ocasião da fase R6-R7 da cultura da soja. Para a terceira semeadura (3º ano de experimentação), foi semeada conjuntamente com a cultura do arroz. Os dados estão apresentados em ordem cronológica nas Tabelas 61, 62 e 63.

No 1º ano de experimentação houve resposta da cultura da *Brachiaria brizantha* para produção de matéria seca, quanto à aplicação dos corretivos do solo, destacando-se o tratamento silicato, com produção cerca de 40% superior à testemunha. (Tabela 61). Há de se destacar que no 1º ano, a forrageira foi submetida a quatro cortes, conforme descrito no item material e métodos, alcançando valores elevados e que possibilitaram recobrimento total da área durante todo o ano.

Já para o 2º ano de experimentação (Tabelas 62), houve problemas com o estabelecimento da forrageira, a qual teve produção de matéria seca inferior ao 1º ano, sendo passível de manejo apenas duas vezes durante todo o ano, ao contrário da primeira, manejada em quatro oportunidades. Apesar deste contratempo, observou-se praticamente o mesmo comportamento da forrageira em relação à aplicação dos corretivos, com o silicato se destacando na produção de matéria seca, uma vez que o silício presente neste corretivo possa ter diminuído a perda de água por transpiração, aumentando sua eficiência fotossintética (BARBOSA FILHO et al., 2000, KORNDÖRFER et al., 2002)

Na Tabela 63 estão apresentados os valores de produção de matéria seca de plantas da braquiária na semeadura conjunta com o arroz. Pode-se observar que a aplicação dos corretivos do solo não influenciou na produção de matéria seca na cultura. No entanto, Portes et al. (2000) observaram que a braquiária utilizada em consórcio com arroz não ultrapassa 3000 kg ha⁻¹ de matéria seca, e a mesma sendo utilizada em cultivo solteiro por 117 dias produz 19500 kg ha⁻¹ de matéria seca, portanto a quantidade de matéria seca produzida no presente experimento está satisfatória, visto que a mesma foi semeada juntamente com o arroz, porém seu crescimento não sofreu interferência pelo arroz, produzindo praticamente como se estivesse em monocultivo.

Nas condições de condução do experimento, a aplicação de ambos os corretivos proporcionou aumento na produção de matéria seca. Além desse benefício, a forrageira apresenta sistema radicular abundante e agressivo, o que contribui para a melhoria da

infiltração de água, da agregação e da aeração do solo (HECKLER et al., 1998), o que é fundamental para a sustentabilidade do SPD.

Tabela 61 - Produção de matéria seca (4 cortes) da cultura da *Brachiaria brizantha* semeada nas entrelinhas do milho (sucessão safra - forrageira), em área irrigada por aspersão, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2005).

Tratamentos	Matéria seca kg ha ⁻¹
Corretivos	
Testemunha	16.253 b
Calcário	20.206 ab
Silicato	23.528 a
D.M.S.	4913
C.V.	18,8
F	7,5 *

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 62 - Produção de matéria seca (2 cortes) da cultura da *Brachiaria brizantha* semeada em sobresemeadura da soja (sucessão safra - forrageira), em área irrigada por aspersão, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

Tratamentos	Matéria seca kg ha ⁻¹
Corretivos	
Testemunha	7.121 b
Calcário	8.801 a
Silicato	9.389 a
D.M.S.	1246
C.V.	11,3
F	12,2 *

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 63 - Produção de matéria seca (2 cortes) da cultura da *Brachiaria brizantha*, semeada em conjunto com a cultura do arroz (Sistema Santa Fé - sucessão safra - forrageira), em área irrigada por aspersão, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos	Matéria seca kg ha ⁻¹
Corretivos	
Testemunha	14.666
Calcário	14.186
Silicato	16.897
D.M.S.	-
C.V.	15,0
F	3,2 n.s.

5.2.9. Desempenho do guandu

As produções de matéria seca no 1º e 3º ano de experimentação estão apresentadas nas Tabelas 64 e 65, respectivamente.

Conforme descrito para a cultura do guandu no item material e métodos, houve dois cortes durante a condução da sucessão safra - adubo verde, ou seja, a cultura atingiu o florescimento pleno duas vezes, sendo assim necessários dois manejos. A produção de matéria seca pela cultura do guandu no 1º ano de experimentação foi elevada, entretanto o mesmo não respondeu de forma significativa à aplicação dos corretivos (Tabela 64). Apesar da não resposta da cultura, as produções de matéria seca foram excelentes, atingindo patamares descritos por Calegari (1995), Alcântara et al. (2000).

No 3º ano de experimentação se observou que a aplicação dos corretivos não influenciou na produção de matéria seca pelo guandu (Tabela 65). Vale ressaltar que a produção de matéria seca pela cultura estava abaixo da observada em alguns trabalhos (AMBROSANO; WUTKE, 1997, BORKERT et al., 2003). Isso talvez seja reflexo da influência do fotoperíodo na cultura, uma vez que variedades que sejam menos susceptíveis ao fotoperíodo podem ser semeadas até março (BONAMIGO, 1999) e, no caso do presente experimento, a semeadura foi realizada em meados de abril.

De modo geral, os valores obtidos foram superiores aos observados em experimentos desenvolvidos na região de Ilha Solteira-SP (SUZUKI; ALVES, 2006, CARVALHO, 2000, ALMEIDA, 2001). (ALMEIDA et al., 2008), embora estes tenham sido cultivados sem irrigação suplementar por aspersão.

Tabela 64 - Produção de matéria seca (2 cortes) da cultura do guandu, em área irrigada por aspersão (1º ano de experimentação), após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2005).

Tratamentos	Matéria seca
	kg ha ⁻¹
Corretivos	
Testemunha	19.106
Calcário	17.640
Silicato	17.944
D.M.S.	-
C.V.	13,1
F	0,8 n.s.

Tabela 65 - Produção de matéria seca (1 corte) da cultura do guandu, em área irrigada por aspersão (3º ano de experimentação), após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2007).

Tratamentos	Matéria seca
	kg ha ⁻¹
Corretivos	
Testemunha	5.245
Calcário	3.575
Silicato	4.583
D.M.S.	-
C.V.	32,1
F	2,8 n.s.

5.2.10. Desempenho do milheto

A cultura do milheto foi conduzida nas sucessões safra - safrinha e safra - adubo verde. Na sucessão safra - safrinha foi semeada em setembro de 2005 e de 2006, sendo cultivado por apenas 50 dias. Já na sucessão safra - adubo verde, conforme previsto foi semeada apenas uma vez, em maio de 2006, porém nessa semeadura, o crescimento do mesmo foi livre. Nesse sentido, a produção de matéria seca para as sucessões está apresentada nas Tabelas 66, 67 e 68, respectivamente.

Para a primeira semeadura do milheto na sucessão safra - safrinha, a produção de matéria seca não respondeu à aplicação dos corretivos (Tabela 66). Além disso, os valores foram inferiores aos obtidos por Lima (2004), que observaram produção de matéria seca em torno de 10 t ha⁻¹.

Para a segunda e terceira semeadura do milheto na sucessão safra - adubo verde e safra - safrinha, respectivamente, a produção de matéria seca apresentou valores inferiores aos obtidos na primeira semeadura, entretanto com efeito positivo quando houve aplicação de ambos os corretivos, embora muito aquém do potencial da cultura, sem considerarmos que a cultura ainda foi irrigada.

Assim, de modo geral as produções de matéria seca foram relativamente baixas, comparativamente aos dados apresentados por Pereira (1990), onde o milheto forneceu quantidades razoáveis de matéria seca, que pode chegar a 10 t ha⁻¹ no florescimento, aos 50 dias após a emergência, ou até 15 t ha⁻¹.

Tabela 66 - Produção de matéria seca da cultura do milho (1º ano - sucessão safra - safrinha), em área irrigada por aspersão, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2005).

Tratamentos	Matéria seca kg ha ⁻¹
Corretivos	
Testemunha	6.153
Calcário	7.091
Silicato	8.006
D.M.S.	-
C.V.	28,1
F	1,7 n.s.

Tabela 67 - Produção de matéria seca da cultura do milho (2º ano - sucessão safra - safrinha), em área irrigada por aspersão, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

Tratamentos	Matéria seca kg ha ⁻¹
Corretivos	
Testemunha	3.184 b
Calcário	4.988 a
Silicato	4.924 a
D.M.S.	708
C.V.	12,4
F	28,7 *

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Tabela 68 - Produção de matéria seca da cultura do milho (sucessão safra - adubo verde), em área irrigada por aspersão, após a aplicação de corretivos do solo, em SPD. Selvíria, MS (2006).

Tratamentos	Matéria seca kg ha ⁻¹
Corretivos	
Testemunha	3.465 b
Calcário	5.122 a
Silicato	4.295 ab
D.M.S.	907
C.V.	16,1
F	11,5 *

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região de Selvíria (MS) é caracterizada pela falta de atendimento hídrico, principalmente no cultivo de safrinha e de inverno, se fazendo necessária a utilização de irrigação suplementar.

- Área de sequeiro

Após 34 meses da aplicação superficial dos corretivos e da adoção de diferentes sucessões de culturas, verificou-se que os tratamentos não influenciam de forma significativa as características físicas avaliadas (macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, resistência do solo à penetração e taxa constante de infiltração);

Há correção da acidez do solo após 18 meses, limitando-se à camada de 0-0,05m, principalmente devido à aplicação do calcário dolomítico e em menor grau, pela utilização do silicato de Ca e Mg. Após 34 meses da aplicação dos corretivos, o efeito do calcário na camada superficial permanece, enquanto que a utilização de silicato promove correção até os 0,20m;

Após 18 meses da aplicação dos corretivos, observa-se elevação dos teores de Ca trocável até a camada de 0,05-0,10 m. Esse efeito ainda se estende à camada de 0,10-0,20 m quando utilizado silicato. Aos 34 meses após a aplicação dos corretivos, a elevação se restringe à camada superficial (0-0,05 m)

De modo geral, a aplicação dos corretivos não incrementou a produtividade das culturas de verão (milho, soja e arroz).

As culturas do feijão (1º ano de experimentação - 2005) e triticales submetidas a intensa deficiência hídrica, responderam à aplicação do silicato. No 3º ano de experimentação (2008) não foi observado efeito significativo do silicato na cultura do feijão, embora haja tendência de elevação da produtividade com a aplicação do mesmo.

O milheto é altamente responsivo à aplicação dos corretivos, o mesmo não ocorrendo para a braquiária e o guandu.

- Área irrigada

Após 34 meses do início do experimento, verificou-se que os tratamentos não influenciam de forma significativa as características físicas avaliadas (macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, resistência do solo à penetração e taxa constante de infiltração);

Após 18 meses da aplicação dos corretivos, houve correção da acidez do solo apenas para a camada de 0-0,05 m. Aos 34 meses, verifica-se extensão desse efeito até os 0,20m.

Os teores de K trocável, de modo geral, não apresentaram alterações após 18 e 34 meses da aplicação dos corretivos ou pela adoção de diferentes sucessões de culturas.

Há aumentos significativos nos teores de Ca e Mg trocáveis após 18 meses até a camada de 0,10-0,20 m, permanecendo dessa forma inclusive por ocasião da avaliação aos 34 meses após a aplicação superficial dos corretivos.

De modo geral a aplicação dos corretivos não altera a produtividade das culturas de verão (milho, soja e arroz).

A cultura do feijão responde (1º e 3º ano de experimentação - 2005 e 2007) à aplicação de ambos os corretivos, enquanto o triticale apenas à aplicação de calcário.

De modo geral a braquiária e o milheto respondem à aplicação dos corretivos, no que diz respeito à produção de matéria seca, o mesmo não ocorrendo para o guandu.

7. CONCLUSÕES

- Após 34 meses, a aplicação de corretivos superficialmente ou a adoção de diferentes sucessões de culturas não modifica a porosidade do solo (macroporosidade e microporosidade), bem como densidade do solo, resistência do solo à penetração e taxa constante de infiltração de água no solo.
- Após 18 meses da aplicação dos corretivo em SPD conclui-se que ambos são eficientes na correção da acidez na camada superficial (0-0,05m), com seus efeitos se estendendo até a camada de 0,10-0,20m, após 34 meses da aplicação dos corretivos.
- Em área de sequeiro, os teores de Ca na camada de 0,05-0,10m são elevados após 18 meses da aplicação dos corretivos. Já em área irrigada esse incremento é observado até a camada de 0,10-0,20m, permanecendo assim até 34 meses após aplicação;
- Em solos com bons níveis de fertilidade, a aplicação dos corretivos não altera a produtividade das culturas de verão (milho, soja e arroz), tanto em área de sequeiro, como em área irrigada;
- Em área de sequeiro, feijão e triticales respondem à aplicação do silicato. Já em área irrigada, a produtividade das mesmas é incrementada mediante utilização de ambos os corretivos;
- De modo geral, o milho responde à aplicação de corretivos de acidez, diferentemente ao feijão guandu;

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, S.L. **Propriedades hídricas e mecânicas afetadas por sistemas de manejo e variabilidade espacial de um Argissolo**. 2000. 65f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

ADEGAS, F.S. Manejo integrado de plantas daninhas. In: CONFERENCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Pato Branco. **Resumo de palestras...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1997. p.26-47.

AIDAR, H.; THUNG, M.D.T.; OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J.; CARNEIRO, G.E.S.; SILVA, J.; PELOSO, M.J. Bean production and white mould incidence under no-till system. **BIC**, Leasing, v.43, p.150-151, 2000.

ALCÂNTARA, F.A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.2, p.277-288, 2000.

ALCARDE, J.C. Corretivos da acidez dos solos: características de qualidade. In: MALAVOLTA, E. (Coord.). **Seminário sobre corretivos agrícolas**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1985. p. 97-117.

ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos**: características e interpretações técnicas. São Paulo: ANDA, 1992. 26p. (Boletim Técnico, 6).

ALLEONI, L.R.F; CAMBRI, M.A.; CAIRES, E.F. Atributos químicos de um Latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.29, n.6, p.923-934, 2005.

ALMEIDA, V.P. **Sucessão de culturas em preparo convencional e plantio direto em Latossolo Vermelho sob vegetação de cerrado**. 2001. 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

ALMEIDA, H.C.; ALMEIDA, D.; ALVES, M.V.; SCHNEIDER, J.; MAFRA, A.L.; BERTOL, I. . Propriedades químicas e fauna do solo influenciadas pela calagem em sistema semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.5, p.1462-1465, 2007.

ALMEIDA, V.P.; ALVES, M.C.; SILVA, E.C.; OLIVEIRA, S.A. Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em Latossolo Vermelho de cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.3, p.1227-1237, 2008.

ALVARENGA, R.C. **Potencialidades de adubos verdes para conservação e recuperação de solos**. 1993. 112f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

ALVES, M.C.; CABENA, M.S.V. Infiltração de água em um Podzólico Vermelho-Escuro sob dois métodos de preparo, usando-se chuva simulada com duas intensidades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.4, p.753-761, 1999.

AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F.C. Resíduos de plantas de cobertura e do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.115-123, 2004.

AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p.189-191. (Boletim Técnico, 100).

AMBROSANO, E.J.; WUTKE, E.B. Leguminosas adubos verdes: crotalária, chícaro ou ervilhaca, feijão-de-porco, feijão-guandu, lablabe, mucuna, tremoço. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. p.200. (Boletim técnico, 100).

ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E.; CRUSCIOL, C.A.C. Influência da época de semeadura no comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão em Selvíria, MS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.10, p.1967-1976, 2000.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; FLECK, N.G.; BORTOLINI, C.G.; NEVES, R.; AGOSTINETTO, D. Efeitos do manejo mecânico e químico da aveia-preta no milho em sucessão e no controle do capim-papuã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.6, p.851-860, 2001.

AZEVEDO, A. C.; KÄMPF, N.; BOHNEN, H. Alterações na dinâmica evolutiva de Latossolo Bruno pela calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n.2, p.191-198, 1996.

BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P. . Atributos de fertilidade do solo e produtividade do feijoeiro e da soja influenciados pela calagem em superfície e incorporada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.3, p.507-514, 2005.

BARBOSA FILHO, M.P.; SILVA, Q.F. Adubação e aplicação de corretivos para a cultura do feijoeiro irrigado em solos de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p.1317-1324, 2000.

BARBOSA FILHO, M.P.; SNYDER, G.H.; PRABHU, A.S.; DATNOFF, L.E.; KORNDÖRFER, G.H. Importância do silício para a cultura do arroz. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.89, p.1-8, 2000.

BARIZON, R.R.M. **Aplicação de corretivos na superfície para a cultura da soja, em semeadura direta sobre Brachiaria brizantha**. 2001. 88f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

BATAGLIA, O.C.; MASCARENHAS, H.A.A. **Absorção de nutrientes pela soja**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1977. 36p. (Boletim Técnico, 41).

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. **Soil physics**. 4.ed. New York: J. Wiley, 1972. 529p.

BENGHOUGH, A.G.; MULLINS, C.E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **Journal of Soil Science**, London, v.41, p.341-358, 1990.

BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.555-560, 2001.

BERTOL, I; ALBUQUERQUE, J.A.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.; ZOLDAN JUNIOR, W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.8, n.1, p.155-163, 2004.

BERTRAND, A.R. Rate of water intake in the field. In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.197-208.

BOLLER, W. **Avaliação de diferentes sistemas de manejo do solo visando à implantação da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1996. 272f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

BONAMIGO, L.A. Recuperação de pastagens com guandu em sistema de plantio direto. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, v.109, n.88, 1999. 8p.

BORDIN, L.; FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.3, p.417-428, 2003.

BORKERT, C.M.; GAUDÊNCIO, C.A.; PEREIRA, J.E.; PEREIRA, L.R.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.1, p.143-153, 2003.

BORTOLUZZI, E.C.; GARBOZZA, L.; GUARESCHI, C.; RHEINHEIMER, D.S. Efeito da calagem na relação entre solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2621-2628, 2008.

BORTOLUZZI, E.C.; RHEINHEIMER, D.S.; TESSIER, D. An estimation of water retention properties in sandy soil of Southern Brazil. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL ON THE MANAGEMENT OF TROPICAL SANDY SOILS: A HOLISTIC APPROACH FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF PROBLEM SOILS IN THE TROPICS, 1., 2005, Khon Kaen. **Proceedings...** Khon Kaen: FAO, 2005. p.189-193.

BRASIL Decreto n.2954. Aprova o regulamento da lei 6894 de 16 de janeiro de 1980. Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. **Normas Jurídicas**: DEC 004954, Cidade, 27p., 14 jan., 2004.

BROCH; D.L.; PITOL; C., SPERA S.T. Influência de doses de fósforo e uso de calcário e gesso sobre o rendimento da soja em plantio direto sobre pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.38, p.17-18, 1997.

BUZETTI, S.; BAZANINI, G.C.; FREITAS, J.G.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M.E.; MEIRA, F.A. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de cloromequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.12, p.1731-1737, 2006.

CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.1, p.27-34, 1998.

CAIRES, E.F.; BANZATTO, D.A.; FONSECA, A.F. Calagem na superfície em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.1, p.161-169, 2000.

CAIRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G. GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.2, p.275-286, 2003.

CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F. Redução da acidez e movimentação de bases do solo pelo uso de calcário e gesso na superfície e resposta da soja e do milho cultivados em plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, p.30-31, 1996. Edição especial.

CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.1, p.27-34, 1998.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função de calagem na superfície. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p.213-220, 2000.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.; MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.2, p.315-327, 1999.

CAIRES, E.F.; GARBUIO, F.J.; ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.1, p.87-98, 2006.

CAIRES, E.F.; KUSMAN, M.T.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; PADILHA, J.M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.125-136, 2004.

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde no Paraná**. Londrina : IAPAR, 1995. 118p. (IAPAR. Circular, 80).

CALEGARI, A. Rotação de culturas. In:____. **Guia para plantio direto**. Ponta Grossa: FBPD, 2000. p.68-78.

CAMARGO, C.E.O.; FREITAS, J.G.; CANTARELLA, H. Trigo e triticales de sequeiro. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. p.68-69. (Boletim técnico, 100).

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 32 p.

CANARACHE, A. Penetr-a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.16, n.1, p.51-70, 1990.

CANTARELLA, H. FURLANI, P.R. Arroz irrigado In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997, p.50-51. (Boletim Técnico 100).

CARVALHO, M.A.C. **Adubação verde e sucessão de culturas em semeadura direta e convencional em Selvíria, MS**. 2000. 189f. (Tese de Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

CARVALHO-PUPATTO, J.G.; BÜLL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a aplicação de escórias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.12, p.1213-1218, 2004.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.3, p.527-538, 1998.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; FLECHA, A.M.T.; PAVINATO, P.S.; VIEIRA, F.C.B.; MAI, M.E.M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.1, p.163-171, 2002.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J.A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.2, p.317-326, 2004.

CONEGLIAN, C.; MORAES, M.H. Efeito de resíduos vegetais de milheto (*Pennisetum americanum*) e da calagem em algumas propriedades físicas e químicas de um Nitossolo Vermelho em sistema de semeadura direta. **Irriga**, Botucatu, v.11, n.3, p.293-304, 2006.

CORDEIRO, D.S.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; SARRUGE, J.R.; PALHANO, J.B.; CAMPO, R.J. Calagem, adubação e nutrição mineral. **In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA. Ecologia, manejo e adubação da soja. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1979. p.19-49. (Circular Técnica, 2).**

CORSINI, P.C.; FERRAUDO, A.S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.32, p.289-98, 1999.

COSTA, F.S. **Propriedades físicas e produtividade de culturas de um Latossolo Bruno sob sistemas de manejo do solo em experimentos de longa duração.** 2001. 98f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2001.

CUBILLA, M.; REINERT, D.J.; AITA, C.; REICHERT, J.M. Plantas de cobertura do solo: uma alternativa para aliviar a compactação em sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.71, n.5, p.29-32, 2002.

D'ANDRÉA, A.F. **Atributos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo no Sul de Goiás.** 2001. 104f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

DALLA ROSA, A. **Práticas mecânicas e culturais na recuperação de características físicas de solos degradados pelo cultivo no solo Santo Ângelo (Latossolo Roxo Distrófico).** 1981. 138f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1981.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; DIAS, H.S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.23, n.3, p.703-709, 1999.

DEMATTE, J.L.I. **Levantamento detalhado dos solos do Campus Experimental de Ilha Solteira.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1980. 44p.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, Ü. **Controle da erosão no Paraná, Brasil**: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), GmbH, 1991. 268p.

DIAS JUNIOR, M.S. Compactação do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E., (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1. p.55-94.

EHLERS, W.; KOPKE, V.; HESSE, F.; BOHM, W. Penetration resistance an root growth of oats in tilled and untilled loess soil. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.3, n.2, p. 261-275, 1983.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA-CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Brasília: Embrapa-CNPS, 1997. 212p. (Documentos, 1)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA-CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPS, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-Embrapa. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2.ed. Brasília: Embrapa-SPI, 1996. 204p.

FAGERIA, N.K. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.11, p.1419-1424, 2001.

FAGERIA, N.K. Resposta de arroz de terras altas à correção de acidez em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.11, p.2303-2307, 2000.

FAGERIA, N.K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA-CNPAF, 1989. 425p. (Documentos, 18).

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. Produtividade de feijão no sistema plantio direto com aplicação de calcário e zinco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, p.73-78, 2004.

FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P. Influence of pH on growth and nutrient uptake by crop species in an Oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.29, n.17, p.2675-2682, 1998.

FERRAZ, C.A.M.; CIA, E.; SABINO, N.P. Efeito da mucuna e amendoim em rotação com algodoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.36, p.1-9, 1977.

FERREIRA, D.F. **Sisvar**. Lavras: DEX/UFLA, 2003.

FRANCHINI, J.C.; BORKERT, C.M. FERREIRA, M.M.; GAUDÊNCIO, C.A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.2, p.459-467, 2000.

FRANCHINI, J.C.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; TORRES, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Organic composition of green manures during growth and its effect on cation mobilization in an acid Oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.34, n.13/14, p.2045-2058, 2003.

FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.4, p.533-542, 1999a.

FRANCHINI, J.C.; MEDA, A.R.; CASSIOLATO, M.E.; MIYAZAWA, M.E.; PAVAN, M.A. Potencial de extratos de resíduos vegetais na mobilização do calcário no solo por método biológico. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.2, p.357-360, 2001.

FRANCHINI, J.C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos vegetais de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.12, p.2267-2276, 1999b.

FRANCHINI, J.C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.12, p.2267-2276, 1999b.

GASSEN, D.N.; GASSEN, F.R. **Plantio direto**. Passo Fundo Aldeia Sul: Passo Fundo, 1996. 207p.

GRIÈVE, I.C.; DAVIDSON, D.A.; BRUNEAU, P.M.C. Effects of liming on void-space and aggregation in an upland grassland soil. **Geoderma**, v.125, n.1, p.39-48, 2005.

GUIMARÃES, G.L. **Efeito de culturas de inverno e do pousio na rotação das culturas da soja e do milho em sistema de plantio direto**. 2000. 104f. Tese (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2000.

HECKLER, J.C.; HERNANI, L.C.; PITOL, C. Palha. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z (Org.). **Sistema plantio direto**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa-SPI, 1998. p.37-49.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p.1493-1500, 2000

KICHEL, A .N. Pastagens. **DBO Rural**, São Paulo, v.16, n.207, p.64-66, 1998. Disponível em: < endereço eletrônico >. Acesso em: dia mês abreviado ano

KICHEL, A.; MACEDO, M.C. **Milheto**. Campo Grande: Embrapa/CNPGC, 1994. v.7, 2p. (EMBRAPA/ CNPGC, n.2).

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**: relações solo-planta. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D.; RIBEIRO, C.M.; FERRARO, L.A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.1, p.97-104, 2000.

KLUTHCOUSKI, J.; PACHECO, A.P.; TEIXEIRA, S.M.; OLIVEIRA, E.T. **Renovação de pastagem de cerrado com arroz**: I. sistema barreirão. Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1991. 20p. (Embrapa-CNPAP- Documentos, 33).

KORNDÖRFER, G.H. PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU, 2002. 23p. (Boletim Técnico).

KORNDÖRFER, G.H.; COELHO, N.M.; SNYDER, G.H.; MIZUTANI, C.T. Avaliação de métodos de extração de silício em solos cultivados com arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.23, n.1, p. 101-106, 1999.

LAL, R. Influence of tillage methods and residue mulches on soil structure and infiltration rates. In: LAL, R. (Ed.). **Soil physical properties and crop production in the tropics**. Chichester: John Wiley and Sons, 1979. 551p.

LEONARDO, H.C.L. **Indicadores da qualidade do solo e água para a avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do rio Passo Cue, região oeste do Estado do**

Paraná. 2003, 121f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

LIMA, E.V. **Plantas de cobertura e aplicação de corretivos superficial na fase de implantação do sistema de plantio direto em região de inverno seco.** 2004. 125f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

LOPES, A.S. **Solos sob cerrado:** características, propriedades e manejo. Piracicaba: Potafos, 1983, 162p.

MARCELO, A.V.; CORÁ, J.E.; FERNANDES, C.; MARTINS, M.R.; JORGE, R.F. Crop sequences in no-tillage system: effects on soil fertility and soybean, maize and rice yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.2, p.417-428, 2009.

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

MASCARENHAS, H.A.A.; NOGUEIRA, S.S.S.; TANAKA, R.T.; MARTINS, A.L.M.; CARMELLO, Q.A.C. Efeito na produtividade da rotação de culturas de verão e crotalária no inverno. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.55, n.3, p.534-537, 1998.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T. Soja. In: RAIJ, B. van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2.ed. Campinas: IAC, 1997. p.202-203. (Boletim técnico, 100).

MELLO, J.C.A.; VILLAS BOAS, R.L.; LIMA, E.V.; CRUSCIOL, C.A.C.; BULL, L.T. Alterações nos atributos químicos de um Latossolo distroférico decorrentes da granulometria e doses de calcário em sistemas plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.553-561, 2003.

MEROTTO JUNIOR, A.; MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.2, p.197-202, 1999.

MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C. de. Efeito residual do calcário na produção de milho e soja em solo Glei Pouco Húmico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 209 – 215, 2000.

MIRANDA, L.N.; MIRANDA, J.C.C.; REIN, T.A.; GOMES A.C. Utilização de calcário em plantio direto e convencional de soja e milho em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.6, p.563-572, 2005.

MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H.A.A.; IGUE, T. Adubação verde, calagem e adubação mineral do feijoeiro em solo sob vegetação de cerrado. **Bragantia**, Campinas, v.24, n.26, p.321-338, 1965.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. Organic mobility of surface applied lime under no-tillage. In: INTERNATIONAL MEETING OF THE INTERNATIONAL HUMIC SUBSTANCE SOCIETY, 9. ., IHSS, 1998, Adelaide. **Proceedings...** Adelaide: [s.n.], 1998. , p.166., 1998.????????????????

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. **Organic mobility of surface applied lime under no-tillage.** In: International Meeting of the International Humic Substance Society, 9. IHSS, Adelaide, p.166, 1998.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.3, p.411-416, 1993.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo:** características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó, Ed. do Autor, 1981. 337 p.

MORAES, M.F.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; COSCIONE, A.R. Mobilidade de íons em solo ácido com aplicação de calcário, ácido orgânico e material vegetal em superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.4, p.673-684, 2007.

MORETTI, D.; ALVES, M.C.; VALÉRIO FILHO, W.V.; CARVALHO, M.P. Atributos químicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.1, p.167-175, 2007

MÜLLER, M.M.L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C.A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.531-538, 2001.

NESMITH, D.S. Soil compaction in double cropped wheat and soybean on Ultissol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.51, p.183-186, 1987.

OLIVEIRA, E.L.; PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.38, n.1, p.47-57, 1996.

OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P.; DUTRA, L.G.; PORTES, T. A.; SILVA, A.E.; PINHEIRO, B. S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. M. **Sistema barreira: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais.** Goiânia : Embrapa-CNPAF, 1996. 90p. (Embrapa-CNPAF- Documentos, 64).

OLIVEIRA, T.K.; CARVALHO, G.J.; MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.8, p.1079-1087, 2002.

PÁDUA, T.R.P.; SILVA, C.A.; MELO, L.C.A. Calagem em Latossolo sob influência de coberturas vegetais: neutralização da acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.4, p.869-878, 2006.

PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M. **Mobilização do calcário no solo através de resíduos da aveia.** In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DA AVEIA, 17., 1998, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 1998. p.72-79.

PAVAN, M.A.; OLIVEIRA, E.L. Calagem em plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2000. p.125-129.

PEDROTTI, A.; PAULETTO, E.A.; CRESTANA, S.; FERREIRA, M.M.; DIAS JUNIOR, M.S.; GOMES, A.S.; TURATTI, A.L. Resistência mecânica à penetração de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.3, p.521-529, 2001.

PEREIRA, J. **O feijão guandu: uma opção para a agropecuária brasileira.** Planaltina: Embrapa-CPAC, 1985. 27p. (Embrapa-CPAC- Circular técnica, 20).

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

PEREIRA, J.A.R. **Cultivo de espécies visando a obtenção de cobertura vegetal do solo na entressafra da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no cerrado.** 1990. 83f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1990.

PERNES-DEBUYSER, A.; TESSIER, D. Soil physic properties affected by long term fertilizer. **European Journal Soil Science**, v.55, p.505-512, 2004.

PETRERE, C.; ANGHINONI, I. Alteração de atributos químicos no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.4, p.885-895, 2001.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 9p.

PORTES, T.A.; CARVALHO, S.I.C.; OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSK, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p.1349-1358, 2000.

PORTES, T.A.; OLIVEIRA, I.P.; DUTRA, L.G.; KLUTHCOUSKI, J. **Competição entre capim braquiária e cereais consorciados no sistema barreira**. Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1995. 10p. (Embrapa-CNPAP- Comunicado técnico, 25).

PÖTTKER, D.; BEN, J.R. Calagem para uma sucessão de culturas no plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.4, p.675-684, 1998.

PROST, R.; KOUTIT, T.; BENCHARA, A.; HUARD, E. State and location of water adsorbed on clay minerals: Consequences of the hydration and swelling-shrinkage phenomena. **Clays Clay Mineralogy**, v.46, n.2, p.117-131, 1998.

QUAGGIO, J.A.; RAMOS, V.J.; FURLANI, P.R.; CARELLI, M.L.C. Liming and molybdenum effects on nitrogen uptake and grain yield of corn. In: WRIGHT, R.J.; BALIGAR, V.C.; MURRAN, R.P. (Ed.). **Plant-soil interaction at low pH**. Dordrecht : Kluwer Academic, 1991. p.327-332.

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

RAIJ, B. van; 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, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagem. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. p.45-47. (Boletim Técnico, 100).

RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, E. J. S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n.4, p.713-721, 1998.

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E.C.; GATIBONI, L.C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.4, p.797-805, 2000.

RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E.; COSTA, U. F. Calcium deficiency in clayey B horizons of Savannah Oxisols. **Soil Science**, Baltimore, v.133, n.3, p.378-382, 1982.

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

ROSOLEM, C.A.; FOLONI, J.S.S.; OLIVEIRA, R.H. Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.2, p.301 – 309, 2003.

ROSOLEM, C.A.; VALE, L.S.R.; GRASSI FILHO, H.; MORAES, M.H. Sistema radicular e nutrição do milho em função da calagem e da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, n.3, p.491-497, 1994.

SÁ, J.C.M. Calagem em solos sob plantio direto da região dos campos gerais, centro-sul do Paraná. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Castro. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1995. p.73-107.

SÁ, J.C.M. Manejo do solo no sistema de plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.C. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: SBCS/UFLA/DCS, 1999. p.267-319.

SALES, L.E.O.; FERREIRA, M.M.; SILVA, M.O; CURI, N. Estimativa da taxa de infiltração básica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.11, p.2091-2095, 1999.

SALTON, J.C. Opções de safrinha para agregação de renda nos cerrados. In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, PLANTIO DIRETO NA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA. 4., Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: APDC, 2001. p.189-200.

SALTON, J.C.; KICHEL, A.N. **Milheto**: alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. Dourados: EMBRAPA, 1997. (Folheto).

SANTOS, H.P.; LHAMBY, J.C.B.; WOBETO, C. Efeito de culturas de inverno em plantio direto sobre a soja cultivada em rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.3, p. 289-295, 1998.

SCALÉA, M.A. Cultura do milho e seu uso no plantio direto no cerrado. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1., 1999, Planaltina. **Anais...** Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. p.75-82.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT JUNIOR, A.A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I- Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.3, p.427-436, 2000.

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; MARONEZZI, A.C.; TAFFAREL, V.; TAFFAREL, J. **Plantio direto do arroz de sequeiro de alta tecnologia na zona tropical úmida do centro-norte do Mato Grosso**. Piracicaba: POTAFOS, 1999. 29p. (Encarte Técnico, 86).

SEIFFERT, N.F.; THIAGO, L.R.L.S. **Guandu**: planta forrageira para a produção de proteína. Campo Grande: Embrapa-CNPGC, 1983. 4p. (Embrapa-CNPGC- Comunicado técnico, 21).

SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, n.1, p. 249-254, 1985.

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

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, n.1, p.113-117, 1997.

SILVA, J.A.A.; DONADIO, L.C.; CARLOS, J.A.D. **Adubação verde em citros**. Jaboticabal: FUNEP, 1999. 37p. (Boletim Citrícola, 9).

SILVA, J.R.C. Efeito do manejo de restolhos de arroz e da calagem na produção de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.9, p. 1543-1548, 1998.

SILVA, L.C.; KATO, E. Avaliação de modelos para a previsão da infiltração de água em solos sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.7, p.1149-1158, 1998.

SILVA, L.M. **Crescimento radicular e nutrição mineral de cultivares de feijão em resposta à calagem**. 2002. 70f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

SILVA, L.M.; LEMOS, L.B.; CRUSCIOL, C.A.C.; FELTRAN, J.C. Root system of common bean cultivars as response of liming. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.7, p.701-707, 2004

SILVEIRA, P.M. **Influência do preparo do solo e de rotação de culturas no feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2002. 18p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento /EMBRAPA Arroz e Feijão).

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.240-244, 2003.

SMITH, R.E. The infiltration envelope: results from a theoretical infiltrometer. **Journal of Hydrology**, Elsevier, v.17, n.2, p.1-22, 1972.

SORATTO, R.P. **Aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema de plantio direto**. 2005. 173f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.4, p.675-688, 2008.

STONE, L.F.; GUIMARÃES, C.M. **Influência de sistemas de rotação de culturas nos atributos físicos do solo**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2005. 15p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

SUZUKI, L.E.A.S.; ALVES, M.C. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.1, p.121-127, 2006.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; DIAS, O.S.; CAMPIDELI, C.; BULISANI, E.A. Cultura da soja após a incorporação de adubo verde e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.11, p.1477-1483, 1992.

TESSIER, D. Influence des charges superficielles sur les propriétés physiques des sols. In: COLLOQUE L'ACIDIFICATION DES SOLS: ORIGINE, APPROCHE, ENJEUX ET MAITRISE, numero do evento, 2001, .Versailles,. **Proceedings...** Versailles: AFES/INRA, 2001. p.13-14. EVENTO??????

TISSI, J.A.; CAIRES, E.F.; PAULETTI, V. Efeitos da calagem em semeadura direta de milho. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.3, p.405-413, 2004.

VALE, L.S.R. **Doses e efeito residual de dois calcários em dois solos cultivados com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1998. 116f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

VILELA, L.; BARCELLO, A.O.; SOARES, W.V. Restabelecimento da capacidade produtiva das pastagens do cerrado: experiências da Embrapa Cerrados. In: WORKSHOP INTERNACIONAL-PROGRAMA DE INTEGRAÇÃO AGRICULTURA E PECUÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DAS SAVANAS SULAMERICANAS, nuemro do evento, 2001, Santo Antônio de Goiás. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2001. p.94-124.

VITTI, G.C.; LUZ, P.H.C. **Utilização agronômica de corretivos agrícolas**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 120p.

WIELEWICKI, A.P.; MARCHEZAN, E.; STORCK, L. Absorção de nutrientes pelo arroz em resposta à calagem e à época de início de irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, n.1, p.17-21, 1998.

WISNIEWSKI, C. & HOLTZ, G.P. Decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia soja sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.11, p.1191-1197, 1997.

YOKOYAMA, L.P.; KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, I.P. **Impactos socioeconômicos da tecnologia "sistema barreira"**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa-CNPAP, 1998. 37p. (Embrapa-CNPAP- Boletim de pesquisa, 9).

ZIGLIO, C.M.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Formas orgânicas e inorgânicas de mobilização do cálcio no solo. **Brazilian Archive Biological Technology**, Curitiba, v.42, n.2, 257-262, 1999.