

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 18/03/2018.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**QUALIDADE FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO EM FUNÇÃO DO
SISTEMA DE PRODUÇÃO E DA APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE
SILICATO E CALCÁRIO EM EXPERIMENTO DE LONGA
DURAÇÃO**

JAYME FERRARI NETO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU – SP
Março de 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**QUALIDADE FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO EM FUNÇÃO DO
SISTEMA DE PRODUÇÃO E DA APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE
SILICATO E CALCÁRIO EM EXPERIMENTO DE LONGA
DURAÇÃO**

JAYME FERRARI NETO

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol

Co-orientador: Prof. Dr. Ciro Antonio Rosolem

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU – SP
Março de 2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Ferrari Neto, Jayme, 1985-
F375q Qualidade física e química do solo em função do sistema de produção e da aplicação superficial de silicato e calcário em experimento de longa duração / Jayme Ferrari Neto. - Botucatu : [s.n.], 2016
 xiv, 184 f. : fots. color., grafs., tabs.

 Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016
 Orientador: Carlos Alexandre Costa Crusciol
 Coorientador: Ciro Antonio Rosolem
 Inclui bibliografia

 1. Cultivos agrícolas. 2. Plantio direto. 3. Solo - Acidez. 4. Solo - Correção. 5. Carbone. I. Crusciol, Carlos Alexandre Costa. II. Rosolem, Ciro Antonio. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: QUALIDADE FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO EM FUNÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO E DA APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE SILICATO E CALCÁRIO EM EXPERIMENTO DE LONGA DURAÇÃO

AUTOR: JAYME FERRARI NETO

ORIENTADOR: CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL
Dep de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

Prof. Dr. JULIANO CARLOS CALONEGO
Dep de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES
Dep Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

Prof. Dr. MUNIR MAUAD
UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

Prof. Dr. GUSTAVO SPADOTTI AMARAL CASTRO
EMBRAPA - Amapá

Botucatu, 18 de março de 2016.

*Aos meus queridos pais, Jayme Ferrari
Junior e Aparecida Odiléia de S. Ferrari
Às minhas irmãs Ana Carolina Ferrari e
Adriana Cristina Ferrari*

DEDICO

*À minha noiva Lívia,
E aos meus amigos do coração*

OFEREÇO

*“Sejam alegres na esperança, pacientes na
tribulação e perseverantes na oração.”*

(Rm 12, 12)

AGRADECIMENTOS

A Deus.

A Nossa Senhora Aparecida pela intercessão junto a Deus.

Ao Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol pela orientação e amizade.

Ao Prof. Dr. Ciro Antonio Rosolem, pela co-orientação, no momento em que o orientador realizava seu pós-doutoramento no exterior, e pelos ensinamentos e conselhos repassados.

Ao Prof. Dr. Alan Franzluebbbers, da Universidade Estadual da Carolina do Norte – Raleigh (EUA), pela oportunidade, colaboração e ensinamentos durante o estágio no exterior, e acima de tudo, à amizade, e também às suas técnicas, Ellen Leonard e Erin Silva, que me ajudaram muito nas análises realizadas, à elas meu respeito, consideração, admiração e amizade.

Aos grandes amigos que fiz durante o período que passei em Raleigh-Carolina do Norte: Carolina Mata Machado, Wedisson Santos, Carolina Benjamin, Luciano Gattiboni, sua esposa Marisa e seu filho Eduardo, Michael Hukulak, Caroline Rodrigues, Rodolfo Vieira, Thays Quadros, Dircélio Nascimento, Oswaldo Medina, Wilmer Javier Pacheco, Kristie Yamamoto, Petra Chang, Liliane Borsatti, Bruna Line, Leonardo Deiss, Thays Schneider, Naiana Manzke, Ana Sevarolli Loftus, Ashty Mizelle, Mary “Molly” Pershing, Janet “Janny” Chappell, Alceu Assmann, Tangriani Assmann, Sarah Lyons, Anthea Saez, Juan Calviño, Juliana Silva, Christiane Martins, Sheila Santos, Mariana Mesquita, Andrew Whitaker, Elizabeth “Liz” Gillispie, Shelby, Adam Shelton, Fatemeh, Ling OU, Angel Cruz e Sean.

À Universidade Estadual da Carolina do Norte, pela oportunidade e suporte para realização do estágio no exterior.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas, pela oportunidade e suporte para a realização do doutorado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa de estudos (no país Processo FAPESP nº 2011/10566-6 e no exterior Processo FAPESP nº 2013/18594-4).

Aos membros da banca examinadora, Dr. Gustavo Spadotti Amaral Castro, Prof. Dr. Munir Mauad, Prof. Dr. Juliano Carlos Calonego e Prof. Dr. Dirceu Maximino

Fernandes pela disponibilidade, atenção, correções, sugestões e críticas construtivas que contribuíram muito para o resultado final desta tese.

À coordenação do curso de Pós-Graduação em Agronomia (Agricultura), pela dedicação e qualidade de ensino.

À Matsuda, unidade de Presidente Prudente-SP, representada pelo Engenheiro Agrônomo Pedro Henrique Lopes Lourençoni, pela concessão das sementes da forrageira semeada em 2013.

Aos professores do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal – DPMV.

Aos funcionários do DPMV: Vera, Eliane, Dorival, Valéria, Célio, Waldemir (FIO), Mateus, Casemiro, Cidão, Camargo e Cirinho, pelos serviços prestados e pela amizade.

Aos funcionários da biblioteca e da seção de Pós Graduação, pela atenção e serviços prestados.

Aos amigos da pós graduação: Fábio Rafael Echer, Rodrigo Foltran, Rodrigo Garcia, Edemar Moro, Francisco Rafael da Silva Pereira, Juliana Campana, Breno Kennedy, Ewerton Gasparetto, Antonio Carlos Carmeis Filho, Jader Nantes, Jorge Martinelli, Bruno C Aires, Letusa Momesso, Katiúça Sueko, Ariani Garcia, Renata Marques, Maurício Mancuso, Samuel Fioreze, Gustavo Castoldi, Laércio e Laerte Pivetta, Danielle Scudelleti, Otavio Bagiotto Rossato, Cleiton Alves, Murilo de Souza, João Paulo Rigon, Silvia Capuani, Danilo Almeida, Rubiana, Renake, Denise Basso, Bruna Luiza de Souza, Camila T Aquino, Fabiany Lilianny, Leticia Moreno, Lucas Perim, Tiara Guimarães, Natalia Corniani e Gabriela Ferraz pelo companheirismo de sempre.

A todos os amigos da agronomia turma XL, em especial a André Alencar Giorgetti, André Godoy da Silva, Hermelindo Giacon Neto, Bianca Franco Schrepel, Pamela Stuari, Vanessa Van Mellis, Hélio Makoto Umemura, Johnny Oliveira, Rodrigo Félix, Monique Medeiros e Alexandre Barreiro.

Aos queridos amigos da turma XLI da agronomia: Rodrigo Werle, Marcella Menegale, Samuel Zoca e da turma XLVI: Jéssica Danila Silva, Aline Retz e Débora Pantojo de Souza.

Aos queridos Matheus Gabriel Palhano e Aline Coelho Frasca que iniciaram essa empreitada como estagiários e hoje são pós graduandos, eu agradeço a colaboração, profissionalismo e entusiasmo que demonstraram e também a amizade e aos momentos de descontração que tivemos.

A João Arthur Antonangelo pela parceria realizada e por sua amizade.

Aos ex-estagiários Felipe de Andrade Faleco, Gabriela R. Roque, Daniele D. Becero, Dênis E. Bôa, Lucas A. Rozas, Luiz E. Ricardo, Manoela C. Oliveira, Mariana Damha, Rafael Soares, Tamires E. Ferreira, e Yuri Kacuta, pela essencial ajuda na condução deste trabalho e pela amizade.

Aos meus amigos Gustavo S. A. Castro e Claudio Hideo Martins da Costa pelos anos de boa convivência e pela parceria em diversas experimentações desde a graduação.

Aos amigos de Botucatu-SP, Italo Farias Noesse, Felipe Alves, Gabriel Canavarro, Tiago Donini, Hermes Moreira Junior, Giórgia Bonini, Diego Acerra Calani, Júlio e Nando Bull pela descontração nas horas de descanso e apoio nos momentos difíceis, fundamentais para a conclusão desta tarefa.

À minha noiva Lívia, por seu amor, incentivo, companheirismo, estando sempre ao meu lado nos bons e maus momentos. À família da minha noiva a qual considero como minha família também.

Aos meus pais e irmãs, pelo amor incondicional e apoio em todos os momentos, vocês foram meu maior incentivo para vencer os desafios que apareceram em minha vida. Também ao meu cunhado Rodrigo Acerra Calani por sua amizade e companheirismo de longa data.

Gostaria de deixar os meus votos de sincera gratidão a todos os que me ajudaram a superar um pequeno problema de saúde com orações, indicações de profissionais, conversas e conselhos. Seria impossível colocar o nome de todos e seria injusto se eu me esquecesse de alguém. Muito obrigado, terei vocês sempre em meu coração.

A todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Lista de Tabelas	IX
Lista de Figuras	XII
1. RESUMO	1
2. SUMMARY	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. Revisão de literatura	9
4.1. Sistema plantio direto	9
4.2. Correção da acidez do solo em SPD.....	10
4.3. Uso do silicato como corretivo da acidez do solo	17
4.3.1. O Silício.....	19
4.3.2. O Silício no solo	19
4.3.3. O Silício nas plantas	22
4.4. Rotação de culturas para regiões de inverno seco	24
4.5. Importância e dinâmica da matéria orgânica dos solos (MOS)	33
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	41
5.1. Localização e caracterização climática da área experimental.....	41
5.2. Histórico da área experimental	43
5.3. Delineamento experimental e tratamentos.....	44
5.4. Critérios para aplicação e características dos corretivos de acidez do solo.....	46
5.5. Condução do experimento	47
5.5.1. Culturas de verão – Safra.....	47
5.5.2. Cultura de safrinha.....	49
5.5.3. Adubos verdes	50
5.5.4. Forrageira perene - <i>Urochloa brizantha</i>	51
5.5.5. Pousio	52
5.6. Amostragens e avaliações realizadas	52
5.6.1. Atributos químicos do solo.....	52
5.6.2. Atributos físicos do solo	52
5.6.3. Quantidade acumulada de massa de matéria seca	54
5.6.4. Carbono e nitrogênio total e mineralizável, carbono da biomassa microbiana e fracionamento físico da matéria orgânica do solo – Universidade Estadual Da Carolina Do Norte – EUA.	55
5.6.5. Análises do C e N total, mineralizável, C da biomassa microbiana, fracionamento físico da matéria orgânica e estoque de C.	55
5.6.6. Produção de massa de matéria seca de parte aérea e diagnose de macronutrientes e Si das culturas	59
5.6.7. Componentes da produção e produtividade de grãos	60
5.7. Análise estatística	61
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
6.1. Matéria orgânica do solo.....	62
6.2. C e N total, mineralizável, carbono da biomassa microbiana (CBMS) e fracionamento físico da matéria orgânica do solo.	67
6.3. Características químicas do solo.....	79
6.3.1. Doze meses após a última aplicação dos corretivos.....	80
6.3.2. Vinte e quatro meses após a última aplicação dos corretivos.....	100
6.4. Atributos físicos do solo	118
6.5. Produção de massa de matéria seca de parte aérea, nutrição, componentes da produção e produtividade de grãos.....	125

6.5.1.	Ano agrícola 2011/2012	125
6.5.2.	Ano Agrícola 2012/2013	141
7.	Respostas às hipóteses	155
8.	CONCLUSÕES	157
9.	Referências Bibliográficas.....	159

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas iniciais do solo avaliadas de 0 a 0,60m de profundidade em 2006.	42
Tabela 2. Caracterização granulométricas do solo da área experimental realizada em 2006.	42
Tabela 3. Diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade de agregados (IEA) do solo por ocasião da caracterização da área experimental realizada em 2006.	42
Tabela 4. Densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), microporosidade (Mic) e macroporosidade (Mac) do solo, por ocasião da caracterização da área experimental realizada em 2006.	42
Tabela 5. Esquema das rotações de culturas de 2006 a 2013 que compuseram os sistemas I (safrá-forrageira), II (safrá-safrinha), III (safrá-adubo verde) e IV (safrá-pousio).	44
Tabela 6. Valores da saturação por bases (V%) e capacidade de troca catiônica (CTC) na camada de 0 a 0,20 m do solo verificados em dezembro de 2010 nos 4 sistemas de produção estudados onde a correção da acidez do solo foi realizada em 2006 por meio da aplicação do calcário	46
Tabela 7. Quantidade de massa de matéria seca acumulada, em Mg ha ⁻¹ , de 2006 a 2013, em função do sistema de produção e da aplicação dos corretivos da acidez do solo.	63
Tabela 8. Probabilidade dos valores de F referentes ao N e C mineralizáveis e carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade do solo em função do sistema de produção e da aplicação dos corretivos....	70
Tabela 9. N e C Mineralizáveis e C da biomassa microbiana (CBMS) nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade do solo.	71
Tabela 10. Probabilidade dos valores de F para nitrogênio total (NT), C orgânico total (COT), N particulado (NP), C orgânico particulado (COP), C associado aos minerais (COAM), relação C/N e labilidade da matéria orgânica (COP/COAM), nas profundidades 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m em função do sistema de produção e da aplicação dos corretivos.	75
Tabela 11. Nitrogênio total (NT), C orgânico total (COT), C orgânico particulado (COP), N particulado e C orgânico associado aos minerais (COAM), nas profundidades 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m em função do sistema de produção e da aplicação dos corretivos.	76
Tabela 12. Relação C/N e labilidade da matéria orgânica do solo (COP/COAM) nas profundidades 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m em função do sistema de produção e da aplicação dos corretivos.....	77
Tabela 13. Desdobramento da interação dos sistemas de produção e corretivos da acidez do solo quanto à labilidade da matéria orgânica do solo COP/COAM na profundidade de 0 a 0,05 m.	78

Tabela 14. Estoques de carbono orgânico total (COT) nas camadas 0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m do solo em função em função do sistema de produção e da aplicação dos corretivos.	79
Tabela 15. Probabilidade dos valores de F para densidade do solo (DS), micro (MIC), macro (MAC) e porosidade total do solo (PT), diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), índice de estabilidade dos agregados (IEA) e resistência mecânica do solo à penetração (RP) nas profundidades de 0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m em função do sistema de produção e da aplicação dos corretivos.	119
Tabela 16. Densidade (DS), micro (MIC), macro (MAC) e porosidade total do solo (PT) nas profundidades 0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m em função do sistema de produção e da aplicação dos corretivos.....	120
Tabela 17. Diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), índice de estabilidade dos agregados (IEA) e resistência mecânica do solo à penetração nas profundidades 0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m em função do sistema de produção e da aplicação dos corretivos.....	121
Tabela 18. Teores foliares de macronutrientes e Si do feijão em função da aplicação dos corretivos da acidez do solo e dos sistemas de produção em sistema plantio direto.....	126
Tabela 19. Produção de massa de matéria seca de parte aérea, componentes da produção e produtividade da cultura do feijão em função da aplicação dos corretivos da acidez do solo e dos sistemas de produção em sistema plantio direto.	129
Tabela 20. Teores foliares de macronutrientes e silício das plantas de trigo em função da aplicação dos corretivos da acidez do solo em sistema de plantio direto.....	133
Tabela 21. Massa de matéria seca de parte aérea, componentes da produção e produtividade do trigo em função da aplicação dos corretivos da acidez do solo em sistema plantio direto.....	134
Tabela 22. Teores de macronutrientes e silício da massa de matéria seca de parte aérea do milho por ocasião do 1o e 2o cortes, 52 e 130 DAE, respectivamente, em função da aplicação dos corretivos da acidez do solo em sistema plantio direto.....	136
Tabela 23. Massa de matéria seca de parte aérea por ocasião do 1º e 2º cortes, 52 e 130 DAE, respectivamente, antes da dessecação aos 190 DAE, e massa de matéria seca de parte aérea total do milho em função da aplicação dos corretivos em sistema plantio direto.....	138
Tabela 24. Teores de macronutrientes e silício da matéria seca da parte aérea da Urochloa brizantha antes do manejo com triturador de palha horizontal (130 DAE) em função da aplicação dos corretivos da acidez do solo em sistema plantio direto.....	139
Tabela 25. Massa de matéria seca de parte aérea antes do manejo com triturador de palha horizontal (130 DAE) e antes da dessecação (190 DAE) e massa de matéria seca total da Urochloa brizantha em função da aplicação superficial de calcário e silicato.	140
Tabela 26. Teores de macronutrientes e Si foliares do arroz em função da aplicação dos corretivos e dos sistemas de produção em sistema plantio direto.	142
Tabela 27. Produção de massa de matéria seca de parte aérea, componentes da produção e produtividade da cultura do arroz em função da aplicação superficial de calcário e silicato e dos sistemas de produção em sistema plantio direto.	145

Tabela 28. Produção de massa de matéria seca de parte aérea e teores de macronutrientes e silício por ocasião do florescimento da crotalária em função da aplicação de calcário e silicato em sistema de plantio direto.....	149
Tabela 29. Teores de macronutrientes e silício da massa de matéria seca da parte aérea da Urochloa brizantha aos 110 DAE em função da aplicação de calcário e silicato em sistema de plantio direto. Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil, 2013.	150
Tabela 30. Teores foliares de macronutrientes e silício do trigo em função da aplicação calcário e silicato em sistema de plantio direto.	152
Tabela 31. Massa de matéria seca de parte aérea, componentes da produção e produtividade do trigo em função da aplicação de calcário e silicato.	153

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Precipitação pluvial (■), temperaturas máxima (—) e mínima (—), registradas durante a condução do experimento, nos anos agrícolas de 2011/12 e 2012/13. 43
- Figura 2. Incubador (A), Amostras “branco” referente a cada caixa e termômetros dentro do incubador (B), Caixas com capacidade para armazenar 25 frascos de 1L cada dentro do incubador (C), Amostras de solo acondicionadas nos dessecadores (D) e amostras prontas para serem tituladas (E). 58
- Figura 3. Valores de matéria orgânica (M.O.) do solo em diferentes sistemas de produção (Forrageira (A), Safrinha (B), Pousio (C), e Adubo Verde (D)) em função de aplicação ou não de corretivos (calcário (□), silicato (Δ) e controle (♦)), 12 meses após a última aplicação dos corretivos da acidez do solo. Barras horizontais indicam o DMS pelo teste de LSD. 65
- Figura 4. Valores de matéria orgânica (M.O.) do solo em diferentes sistemas de produção (Forrageira (A), Safrinha (B), Pousio (C), e Adubo Verde (D)) em função de aplicação ou não de corretivos (calcário (□), silicato (Δ) e controle (♦)), 24 meses após a última aplicação dos corretivos da acidez do solo. Barras horizontais indicam o DMS pelo teste de LSD. 66
- Figura 5. Valores do potencial hidrogeniônico (pH) do solo em diferentes sistemas de produção (Forrageira (A), Safrinha (B), Pousio (C), e Adubo Verde (D)) em função de aplicação ou não de corretivos (calcário (□), silicato (Δ) e controle (♦)), 12 meses após a última aplicação dos mesmos. Barras horizontais indicam o DMS pelo teste de LSD. 81
- Figura 6. Valores de hidrogênio e alumínio (H + AL) do solo em diferentes sistemas de produção (Forrageira (A), Safrinha (B), Pousio (C), e Adubo Verde (D)) em função de aplicação ou não de corretivos (calcário (□), silicato (Δ) e controle (♦)), 12 meses após a última aplicação dos mesmos. Barras horizontais indicam o DMS pelo teste de LSD. 82
- Figura 7. Valores de alumínio trocável (Al+3) do solo em diferentes sistemas de produção (Forrageira (A), Safrinha (B), Pousio (C), e Adubo Verde (D)) em função de aplicação ou não de corretivos (calcário (□), silicato (Δ) e controle (♦)), 12 meses após a última aplicação dos mesmos. Barras horizontais indicam o DMS pelo teste de LSD. 85
- Figura 8. Valores de fósforo (P) do solo em diferentes sistemas de produção (Forrageira (A), Safrinha (B), Pousio (C), e Adubo Verde (D)) em função de aplicação ou não de corretivos (calcário (□), silicato (Δ) e controle (♦)), 12 meses após a última aplicação dos mesmos. Barras horizontais indicam o DMS pelo teste de LSD. 87
- Figura 9. Valores de potássio (K) do solo em diferentes sistemas de produção (Forrageira (A), Safrinha (B), Pousio (C), e Adubo Verde (D)) em função de aplicação ou não de corretivos (calcário (□), silicato (Δ) e controle (♦)), 12 meses após a última aplicação dos mesmos. 90

Figura 10. Valores de cálcio (Ca) do solo em diferentes sistemas de produção (Forrageira (A), Safrinha (B), Pousio (C), e Adubo Verde (D)) em função de aplicação ou não de corretivos (calcário (□), silicato (Δ) e controle (♦)), 12 meses após a última aplicação dos mesmos. Barras horizontais indicam o DMS pelo teste de LSD..... 93

Figura 11. Valores de magnésio (Mg) do solo em diferentes sistemas de produção (Forrageira (A), Safrinha (B), Pousio (C), e Adubo Verde (D)) em função de aplicação ou não de corretivos (calcário (□), silicato (Δ) e controle (♦)), 12 meses após a última aplicação dos mesmos. Barras horizontais indicam o DMS pelo teste de LSD. 94

Figura 12. Valores de silício (Si) do solo em diferentes sistemas de produção (Forrageira (A), Safrinha (B), Pousio (C), e Adubo Verde (D)) em função de aplicação ou não de corretivos (calcário (□), silicato (Δ) e controle (♦)), 12 meses após a última aplicação dos mesmos. Barras horizontais indicam o DMS pelo teste de LSD..... 95

Figura 13. Valores de saturação por bases (V%) do solo em diferentes sistemas de produção (Forrageira (A), Safrinha (B), Pousio (C), e Adubo Verde (D)) em função de aplicação ou não de corretivos (calcário (□), silicato (Δ) e controle (♦)), 12 meses após a última aplicação dos mesmos. Barras horizontais indicam o DMS pelo teste de LSD. 97

Figura 14. Valores do potencial hidrogeniônico (pH) do solo em diferentes sistemas de produção (Forrageira (A), Safrinha (B), Pousio (C), e Adubo Verde (D)) em função de aplicação ou não de corretivos (calcário (□), silicato (Δ) e controle (♦)), 24 meses após a última aplicação dos mesmos. Barras horizontais indicam o DMS pelo teste de LSD. 100

Figura 15. Valores de hidrogênio e alumínio (H + AL) do solo em diferentes sistemas de produção (Forrageira (A), Safrinha (B), Pousio (C), e Adubo Verde (D)) em função de aplicação ou não de corretivos (calcário (□), silicato (Δ) e controle (♦)), 24 meses após a última aplicação dos mesmos. Barras horizontais indicam o DMS pelo teste de LSD. 102

Figura 16. Valores de alumínio trocável (Al+3) do solo em diferentes sistemas de produção (Forrageira (A), Safrinha (B), Pousio (C), e Adubo Verde (D)) em função de aplicação ou não de corretivos (calcário (□), silicato (Δ) e controle (♦)), 24 meses após a última aplicação dos mesmos. Barras horizontais indicam o DMS pelo teste de LSD. 104

Figura 17. Valores de fósforo (P) do solo em diferentes sistemas de produção (Forrageira (A), Safrinha (B), Pousio (C), e Adubo Verde (D)) em função de aplicação ou não de corretivos (calcário (□), silicato (Δ) e controle (♦)), 24 meses após a última aplicação dos mesmos. Barras horizontais indicam o DMS pelo teste de LSD..... 106

Figura 18. Valores de potássio (K) do solo em diferentes sistemas de produção (Forrageira (A), Safrinha (B), Pousio (C), e Adubo Verde (D)) em função de aplicação ou não de corretivos (calcário (□), silicato (Δ) e controle (♦)), 24 meses após a última aplicação dos mesmos. Barras horizontais indicam o DMS pelo teste de LSD..... 109

Figura 19. Valores de cálcio (Ca) do solo em diferentes sistemas de produção (Forrageira (A), Safrinha (B), Pousio (C), e Adubo Verde (D)) em função de aplicação ou não de corretivos (calcário (□), silicato (Δ) e controle (♦)), 24 meses após a última aplicação dos mesmos. Barras horizontais indicam o DMS pelo teste de LSD..... 112

Figura 20. Valores de magnésio (Mg) do solo em diferentes sistemas de produção (Forrageira (A), Safrinha (B), Pousio (C), e Adubo Verde (D)) em função de aplicação ou não de corretivos (calcário (□), silicato (Δ) e controle (◆)), 24 meses após a última aplicação dos mesmos. Barras horizontais indicam o DMS pelo teste de LSD. 113

Figura 21. Valores de silício (Si) do solo em diferentes sistemas de produção (Forrageira (A), Safrinha (B), Pousio (C), e Adubo Verde (D)) em função de aplicação ou não de corretivos (calcário (□), silicato (Δ) e controle (◆)), 24 meses após a última aplicação dos mesmos. Barras horizontais indicam o DMS pelo teste de LSD. 114

Figura 22. Valores de saturação por bases (V%) do solo em diferentes sistemas de produção (Forrageira (A), Safrinha (B), Pousio (C), e Adubo Verde (D)) em função de aplicação ou não de corretivos (calcário (□), silicato (Δ) e controle (◆)), 24 meses após a última aplicação dos mesmos. Barras horizontais indicam o DMS pelo teste de LSD. 115

1. RESUMO

A adoção do sistema plantio direto (SPD) foi um dos grandes avanços da agricultura brasileira, e, diversos sistemas de produção agrícola são empregados nesse sistema. Da mesma forma que no sistema convencional de manejo do solo, no SPD também existe a necessidade de aplicação de insumos, especialmente, materiais corretivos da acidez. Os objetivos foram avaliar a influência da aplicação superficial dos corretivos da acidez do solo e dos sistemas de produção nas características físicas e químicas, bem como nas frações da matéria orgânica do solo, nutrição e produtividade das culturas graníferas em região de inverno seco. Este projeto foi continuação de um experimento instalado no ano agrícola 2006/2007, na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, localizada no município de Botucatu (SP), e foi conduzido durante os anos agrícolas 2011/2012 e 2012/2013. As parcelas foram constituídas por quatro sistemas de produção (I. Sistema “Safrã consorciada com Forrageira”; II. Sistema “Safrã – safrinha”; III. Sistema “Safrã – Pousio”; IV. Sistema “Safrã – Adubo Verde/Planta de Cobertura”) e as subparcelas por duas fontes de corretivos de acidez aplicados em outubro de 2006 e 2011, e o tratamento controle (I – Correção com calcário dolomítico; II – Correção com silicato de cálcio e magnésio; III – Sem correção). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Foram realizadas as seguintes avaliações: as frações da matéria orgânica do solo (MOS) aos 24

meses após a última aplicação dos corretivos, os atributos químicos do solo aos 12 e 24 meses após a última aplicação dos corretivos, os atributos físicos do solo aos 24 meses após a última aplicação dos corretivos, teores de macronutrientes e silício e produção de massa de matéria seca de parte aérea em todas as culturas, componentes da produção e produtividade das culturas graníferas. O uso de espécies do gênero *Urochloa* em rotação com culturas graníferas aumenta os valores do C mineralizável, C da biomassa microbiana do solo (CBMS), C orgânico particulado (COP), C orgânico associado aos minerais (COAM) e do C orgânico total (COT) na camada de 0 a 0,05 m do solo. Quanto aos corretivos da acidez, aos 24 meses após a última aplicação dos corretivos, nota-se que há mais C mineralizável e CBMS na camada de 0 a 0,05 m do solo, por consequência da calagem. Quanto aos atributos químicos do solo, no período entre 12 e 24 meses após a última aplicação dos corretivos ocorre máxima reação dos corretivos da acidez no solo, aumentando a saturação por bases até a profundidade de 0,40 m. A reação do silicato é mais rápida que a reação do calcário, sendo o silicato mais eficiente que o calcário, principalmente, com relação à disponibilização de P, além de aumentar a concentração de Si no solo. O uso de forrageiras na rotação de culturas (sistema safra-forrageira) melhora a microporosidade na camada de 0 a 0,05 m de profundidade e a estabilidade dos agregados na camada de 0,10 a 0,20 m do solo. Com relação aos corretivos da acidez do solo, do mesmo modo que constatado para à MOS, não há efeito negativo da aplicação dos corretivos da acidez do solo nos atributos físicos do mesmo. As produtividades do feijão, arroz e do trigo cultivado na entressafra do primeiro ano agrícola são superiores por consequência da aplicação do silicato. As culturas do feijão e arroz são mais produtivas quando cultivadas sobre a fitomassa de forrageiras (sistema safra-forrageira). A produtividade do arroz quando cultivado após o trigo é baixa, não sendo indicada a sucessão de cultivos entre essas culturas.

Palavras-chave: sistema plantio direto, culturas anuais, correção da acidez do solo, carbono-orgânico.

PHYSICAL AND CHEMICAL QUALITY OF THE SOIL AS A FUNCTION OF THE CROP SYSTEM AND SURFACE APPLICATION OF SILICATE AND LIME IN A LONG TERM EXPERIMENT Botucatu, 2016, p. 184.

Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Author: Jayme Ferrari Neto

Adviser: Carlos Alexandre Costa Crusciol

Co-adviser: Ciro Antonio Rosolem

2. SUMMARY

The adoption of the no-tillage system (NTS) was one of the great advances in Brazilian agriculture, and several crop systems are used in this system. As well as observed in conventional soil management in a NTS there is also the need for application of soil acidity amendments. The aims were to evaluate the influence of surface application of soil acidity amendments and crop systems in the physical and chemical attributes, as well as in the fractions of soil organic matter, nutrition and grain yield of the crops in dry winter region. The present study was conducted in 2011/2012 and 2012/2013 and it was a sequence of a long term study that had been conducted since 2006/2007 in the College of Agricultural Sciences – FCA/UNESP, in Botucatu-SP, Brazil. The experimental design was the complete randomized block with split plots and four replications. Main plots consisted of four cropping rotations (“Season-Forage”; “Season-off-season”; “Season-Fallow” and “Season-Green manure”) and subplots by two sources of soil acidity amendments (dolomitic lime, calcium/magnesium silicate) plus a control, with no soil acidity correction. The following evaluations were performed: soil organic matter (SOM) fractions at 24 months after the last application of soil acidity amendments, chemical soil properties at 12 and 24 months after the last application of soil acidity amendments, soil physical properties at 24 months after the last application of soil acidity amendments, macronutrients and silicon concentrations and shoot dry matter of all crops, yield components and grain yield of the cash crops. The use of *Urochloa spp* in rotation with cash crops increases the values of mineralizable C, soil microbial biomass C (CBMS),

particulate organic carbon (POC), organic carbon associated with minerals (COAM) and total organic carbon (TOC) in the 0 to 0.05 m from the ground. At 24 months after the last application of the soil acidity amendments there are more mineralizable C and CBMS in the 0 to 0,05 m from the ground, as a consequence of the superficial liming. Between 12 and 24 months after the last application of the soil acidity amendments occurs maximum reaction of lime and silicate, increasing the base saturation to a depth of 0.40 m. The silicate reaction is faster than lime reaction, being silicate more efficient than lime, particularly in increase P availability, besides increase the Si concentration in the soil. The use of the forage crop rotation (Season- forage system) improves microporosity in the 0 to 0.05 m depth and stability of aggregates in the 0.10 to 0.20 m depth. Regarding the soil acidity amendments, as well as observed for the MOS, there are not negative effect as a consequence of the application of soil acidity amendments in the soil physical attributes. The grain yield of common bean, rice and wheat grown in the off season of the first year are higher as a consequence of the application of silicate. The grain yields of common bean and rice are higher when grown on the straw of forage (Season - forage). The grain yield of rice when grown after wheat is low and is not recommended the succession between these crops.

Keywords: no tillage system, annual crops, correction of soil acidity, organic carbon.

3. INTRODUÇÃO

Os solos tropicais são caracterizados por serem ácidos, altamente intemperizados e de baixa fertilidade natural. Assim, um dos grandes avanços da agricultura brasileira foi a descoberta da correção da acidez do solo por meio da aplicação e posterior incorporação do calcário no solo por operações mecânicas como as arações e gradagens.

Outro grande avanço da agricultura nacional foi a adoção do sistema plantio direto (SPD) que trouxe consigo benefícios relacionados à manutenção de fitomassa vegetal sobre a superfície do solo, como a proteção do solo contra agentes erosivos, notadamente o impacto das águas das chuvas, a maior conservação de água no solo ao serem reduzidas as perdas de água pelo processo de evaporação bem como menores amplitudes térmicas nas camadas superficiais do solo que são favoráveis aos processos fisiológicos como a germinação das sementes e posterior crescimento das plantas, bem como a fixação biológica de nitrogênio por bactérias.

Ainda sobre os benefícios do SPD, na literatura existem relatos positivos quanto às propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e também com relação ao estoque de carbono e às frações da matéria orgânica do mesmo, porém esses benefícios são mais difíceis de serem alcançados em regiões que possuem distribuição de chuvas irregular em determinado período do ano, como as regiões de inverno seco, pois muitas vezes não se consegue realizar um segundo cultivo durante o ano agrícola.

Nesse sentido, a maior limitação para a sustentabilidade do SPD em regiões de inverno seco, como na grande maioria do território do Estado de São Paulo e do Brasil Central, caracterizada pelo Bioma Cerrado, é a baixa produção de fitomassa no período de outono/inverno e inverno/primavera, devido às condições climáticas desfavoráveis, notadamente baixa disponibilidade hídrica e elevadas temperaturas. Assim, ocorre a rápida decomposição da fitomassa de plantas graníferas leguminosas e gramíneas cultivadas no verão, como soja, milho, arroz e feijão, havendo alta probabilidade de insucesso das culturas de safrinha. Logo, muitas áreas destas regiões ficam ociosas durante sete meses do ano e com baixa cobertura vegetal sobre o solo, comprometendo a viabilidade e sustentabilidade do sistema plantio direto.

Para minimizar este problema, os produtores estão optando pela integração de culturas como milho, soja, arroz, feijão e sorgo, com plantas forrageiras, notadamente as espécies do Gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*), semeadas concomitantemente ou em rotação, como forma de produção de forragem no período de menor disponibilidade nessa região, e, de fitomassa para o sistema plantio direto na safra seguinte. Trabalhos têm relatado vários efeitos benéficos do consórcio entre culturas graníferas e forrageiras perenes, como, reciclagem de nutrientes, maior estabilidade de agregados, maior aeração e retenção de água no solo, supressão de plantas daninhas, além do aumento do estoque de carbono total, do carbono contido nas frações lábeis ou até mesmo nas frações estáveis da matéria orgânica do solo, garantindo assim estabilidade ao sistema de produção.

Assim, como descrito para as forrageiras, os adubos verdes e ou plantas de cobertura, também são opções de culturas a serem semeadas no período de entressafra, visando melhorar as propriedades do solo. O cultivo da crotalária adiciona nitrogênio ao sistema por meio da fixação simbiótica, além disso, essa leguminosa é eficiente na supressão de nematóides, sendo essa última característica responsável pelo aumento do cultivo dessa espécie de adubo verde nas regiões produtoras de grãos do Cerrado.

O milheto é uma planta de cobertura eficaz na produção de massa de matéria seca, reciclagem de nutrientes, dentre outros, sendo apontado como uma das culturas responsáveis pela expansão do SPD na Região Central do Brasil. Essa planta de cobertura produz quantidade de fitomassa que pode ser superior a 14 Mg ha⁻¹, cobre rapidamente a superfície do solo, sendo eficiente em competir com as plantas daninhas por

água, luz e nutrientes. Além disso, o milheto possui crescimento radicular vigoroso, que também pode promover melhorias nos atributos físicos do solo como aumentar a aeração e a retenção de água e também pode contribuir para reduzir a compactação. Dentro desse contexto, a utilização dos adubos verdes ou plantas de cobertura pode ser viabilizada semeando-os em sucessão à cultura granífera no final da estação chuvosa.

O cultivo de uma cultura granífera no período de entressafra é uma das formas de se evitar os períodos de pousio e também aumentar a renda do produtor rural. Nesse contexto, o cultivo do trigo na entressafra no bioma Cerrado deve ser incentivado pelos órgãos governamentais devido à importância da cultura para o Brasil e para o mundo, pois esse cereal de inverno está entre os principais produtos utilizados para a alimentação da população brasileira e mundial. Na região do Cerrado, o cultivo do cereal pode ser realizado sob regime de sequeiro ou irrigado, permitindo também a semeadura no período de entressafra no SPD.

No entanto, além da escolha das espécies vegetais que irão compor as rotações de culturas, a correção da acidez do solo deve ser feita, pois o não revolvimento do solo no SPD e o conseqüente acúmulo de resíduos vegetais e fertilizantes na superfície aceleram o processo de acidificação do solo.

A calagem é prática essencial para que sejam alcançados os tetos produtivos das culturas, tendo como benefício a neutralização da acidez do solo, o fornecimento de cálcio e magnésio, a redução da toxidez de alumínio, o aumento da disponibilidade de nutrientes e o aumento da saturação por bases do solo. Contudo, no SPD, a calagem é realizada mediante a aplicação do calcário na superfície do solo, sem incorporação. Porém, esse método de calagem ainda é bastante questionado, pois o calcário é um produto que apresenta baixa solubilidade em água.

Outro problema relacionado à aplicação de calcário em superfície, no sistema plantio direto, é a correção da acidez em subsuperfície, que limita, em muitos casos, o crescimento radicular e a absorção de água e nutrientes pelas plantas. Isso porque a reação lenta do calcário pode não corrigir a acidez e a deficiência de cálcio e magnésio e aumentar a disponibilidade de nutrientes e a saturação por bases em subsuperfície, em tempo hábil para evitar que o agricultor corra risco de não alcançar produtividades satisfatórias em razão da ocorrência de veranicos, além da possibilidade de ocorrer uma superdosagem do calcário nos primeiros centímetros do solo.

Os silicatos de cálcio e magnésio provenientes das escórias de siderurgia são materiais que se comportam de forma semelhante ao calcário, e geralmente são materiais mais solúveis que o calcário, podendo a aplicação superficial destes ser uma alternativa viável para correção da acidez e aumentar a disponibilidade de nutrientes e a saturação por bases do solo em profundidade e em menor tempo que o calcário, além de fornecer silício às plantas, elemento benéfico capaz de proteger as plantas, principalmente as gramíneas, contra estresses bióticos e abióticos e também aumentar sua eficiência fotossintética.

Outro ponto a ser considerado é o interesse em se identificar sistemas de produção que favoreçam não só o aporte de C, mas que promovam a estabilidade da matéria orgânica dos solos (MOS), para que sejam promovidas as melhorias nos atributos químicos do solo, como o aumento da CTC, nos atributos físicos, como o aumento da macro, micro e porosidade total do solo, além de aumentar o estoque de C dos solos tropicais.

No entanto, pesquisas sobre a dinâmica da correção da acidez do solo nos diferentes sistemas de produção agrícola por meio da aplicação superficial do calcário e silicato em SPD, em experimentações de longa duração, são escassas, mas são extremamente importantes para que se possa conhecer a influência dos corretivos nas frações da MOS, nas características físicas e químicas do solo dos diferentes sistemas de produção, bem como na nutrição e produtividade das culturas graníferas em região de inverno seco.

Assim, o presente trabalho possui as seguintes hipóteses: 1- O silicato de cálcio e magnésio corrige mais rapidamente a acidez do perfil do solo que o calcário no sistema plantio direto. 2 – O sistema safra consorciada com forrageira promove as melhores condições edáficas, por consequência da inserção de forrageiras no sistema de produção. 3 – As produtividades das culturas de verão são maiores no sistema safra consorciada com forrageira. 4 – As produtividades das culturas graníferas são superiores quando a correção da acidez do solo é feita por meio da aplicação superficial do silicato, comparativamente, à calagem superficial.

Dessa forma, os objetivos do trabalho foram avaliar a influência da aplicação superficial dos corretivos da acidez do solo e dos sistemas de produção nas características físicas e químicas, bem como nas frações da matéria orgânica do solo, nutrição e produtividade das culturas graníferas em região de inverno seco.

8. CONCLUSÕES

O uso de espécies do gênero *Urochloa* em rotação com culturas graníferas, sistema safra-forrageira, aumenta os valores da MOS em todas as suas frações na camada de 0 a 0,05 m do solo. Quanto aos corretivos, não há efeito deletério da aplicação superficial do calcário e silicato na MOS, havendo mais C mineralizável e CBMS na camada superficial do solo (0 a 0,05 m) por consequência da calagem.

Quanto aos atributos químicos do solo, no período entre 12 e 24 meses após a última aplicação dos corretivos ocorre máxima reação dos corretivos da acidez no solo, aumentando a saturação por bases até a profundidade de 0,40 m. A reação do silicato é mais rápida que a reação do calcário, sendo o silicato mais eficiente, principalmente, com relação à disponibilização de P, além de aumentar a concentração de Si no solo.

As rotações de culturas melhoram a macroporosidade e reduzem a resistência mecânica à penetração das camadas superficiais do solo, 0 a 0,05 e 0,05 a 0,10 m, respectivamente, quando comparadas ao sistema safra-pousio. O uso de forrageiras na rotação de culturas, sistema safra-forrageira, melhora a microporosidade na camada de 0 a 0,05 m de profundidade e a estabilidade dos agregados na camada de 0,10 a 0,20 m do solo.

O uso de espécies de adubos verdes e plantas de coberturas, como a crotalária e o milheto, também melhoram a estabilidade dos agregados do solo na camada de 0,10 a 0,20 m.

Do mesmo modo que constatado para à MOS, não há efeito negativo da aplicação dos corretivos da acidez do solo nos atributos físicos do mesmo.

As produtividades das culturas de verão, feijão e arroz são superiores por consequência da aplicação do silicato, comparativamente, à aplicação do calcário. Com relação aos sistemas de produção agrícola, as culturas do feijão e arroz são mais produtivas quando cultivadas sobre a fitomassa da *Urochloa brizantha*, ou seja, no sistema safra-forrageira.

A produtividade do arroz decresce consideravelmente quando cultivado após o trigo.

Por consequência da correção da acidez do solo por meio da aplicação do calcário ou silicato a produtividade do trigo aumenta, podendo esse aumento ser maior em função da aplicação do silicato.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, M.M. Beneficial effects of diatomite on growth, the biochemical contents and polymorphic DNA in *Lupinus albus* plants grown under water stress. **Agriculture and Biology Journal of North America**, Milford, v.2, p.207-220, 2011.

ACCIOLY, A.M.A. et al. Silicato de cálcio como amenizante da toxidez de metais pesados em mudas de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p. 180-188. 2009.

ADATIA, M.H.; BESFORD, R.T. The effects of silicon on cucumber plant grown in recirculating nutrient solution. **Annals of Botany**, London, v.58, p.343-351, 1986.

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.

AGARIE, S. et al. Effects of silicon on transpiration and leaf conductance in rice plants (*Oryza sativa* L.). **Plant Production Science**, Tokyo, v.1, p.89-95, 1998.

AIDAR, H. et al. Bean production and white mould incidence under no-till system. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, East Lansing, v. 43, p. 150-151, 2000.

ALBRECHT, J.C. et al. Trigo BRS 207: cultivar com alto potencial de produtividade indicada para os Estados de Minas Gerais, Goiás e o Distrito Federal. Planaltina: **Embrapa Cerrados**, 2005. 22 p. (Documentos, 137).

ALCARDE, J. C.; RODELLA, A. A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: **Tópicos em ciência do solo**. Vol. 3. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.291-334, 2003.

ALCARDE, J.C. Corretivos da acidez dos solos: características de qualidade. In: MALAVOLTA, E. (Coord.). **Seminário sobre corretivos agrícolas**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1985. cap.3, p.97 – 117.

ALLEONI, L. R. F. et al. Acidity and aluminum speciation as affected by surface liming in tropical no-till soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.74, p. 1010-1017, 2010.

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**, Viçosa, v.29, p.923-934, 2005.

ALVARADO, J.; CAJUSTE, L. J. Encalado y retención de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas. **Turrialba**, San José, v. 43, p. 235-241, 1993.

AMARAL, A. S. et al. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 359-367, 2004b.

AMARAL, A. S., ANGHINONI, I., DESCHAMPS, F. C., Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 115-123, 2004a.

AMBROSANO, E.J. et al. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, p.189-203, 1997.

ANDERS, M.M. et al. Rice rotation and tillage effects on soil aggregation and aggregate carbon and nitrogen dynamics. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 76, p. 994–1004. 2012.

ANDERSON, J. P.E. Soil respiration. In: A.L. PAGE et al (Ed.), **Methods of soil analysis, Part 2, 2nd**. Agronomy monograph. **American Society of Agronomy and Soil Science Society of America**, Madison, p. 837-871.

ANDREOLA, F, et al. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 867-874, 2000.

ARF, O. Importância da adubação na qualidade do feijão e caupi. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo, 1994. p.233-248.

ARGENTA, G. et al. 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, p. 851-860, 2001.

ARGENTON, J. et al. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.425-435, 2005.

BALABANE, M., PLANTE, A.F. Aggregation and carbon storage in silty soil using physical fractionation techniques. **European Journal of Soil Science**, Amsterdam, v.55, p. 415–427. 2004.

BALDOCK, J. A.; SKJEMSTAD, J. O. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. **Organic Geochemistry**, Oxford, v.31, p.697-710, 2000.

BALESDENT, J., WAGNER, G.H., MARIOTTI, A. Soil organic matter turnover in long-term field experiments as revealed by carbon-13 natural abundance. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 52, p. 118– 124. 1988.

BARBER, R. G.; NAVARRO, F. Evaluation of the characteristics of 14 cover crops in a soil rehabilitation trial. **Land Degradation and Development**, v. 5, n. 3, p. 201-214, 1994.

BARBOSA FILHO, M.P. et al. Importância do silício para a cultura do arroz (uma revisão de literatura). **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v.89, p.1-8, 2000.

BARBOSA FILHO, M.P. et al. Silicato de Ca como fonte de silício para o arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 325-330, 2001.

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

BAYER, C. et al. C and N stocks and the role of molecular recalcitrance and organomineral interaction in stabilizing soil organic matter in a subtropical Acrisol managed under no-tillage. **Geoderma**, Amsterdam, v. 133, p. 258-268, 2006.

BAYER, C. et al. Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 65, p. 1473–1478. 2001.

BAYER, C. et al. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 54, n. 1/2, p. 101-109, Mar. 2000.

BAYER, C. et al. Tillage and cropping system effects on soil humic acid characteristics as determined by electron spin resonance and fluorescence spectroscopies. **Geoderma**, Amsterdam, v. 105, p. 81-92, 2002.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A. et al. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 7-18.

BENJAMIN, J.G., NIELSEN, D.C., VIGIL, M.F. Quantifying effects of soil conditions on plant growth and crop production. **Geoderma**, Amsterdam, v. 116, p. 137– 148. 2003.

BERG, B. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 133, p. 13-22, 2000.

BERNI, R.F. & PRABHU, A.S. Eficiência relativa de fontes de silício no controle de bruzone nas folhas em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 195-201, 2003.

BERTOL, I. et al. 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, p.155 – 163, 2004.

BOER, C.A. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1269-1276, 2007.

BOHN, H. L.; MCNEAL, B. L.; O'CONNOR, G. A. **Soil chemistry**. New York: John Wiley e Sons, 1979. 329 p.

BORDIN, I. et al. Matéria seca, carbono e nitrogênio de raízes de soja e milho em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, p. 1785-1792, 2008.

BORGHI, E. et al. Influência da distribuição espacial do milho e da *Brachiaria brizantha* consorciados sobre a população de plantas daninhas em sistema plantio direto na palha. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 26, p. 559-568, 2008.

BORGHI, E. **Produção de milho e capins Marandu e Mombaça em função de modos de implantação do consórcio**. 2007. 142 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

BORTOLUZZI, E.C.; RHEINHEIMER, D. dos S.; PETRY, C.; KAMINSKI, J. Contribuição de constituintes de solo à capacidade de troca de cátions obtida por diferentes métodos de extração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.507-515, 2009.

BORTOLUZZI, E. C. et al. Aggregation of subtropical soil under liming: a study using laser diffraction. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa, v. 34, p. 725-734, 2010.

BOTTNER, P.; SALLIH, Z. AND BILLES, G. Root activity and carbon metabolism in soils. **Boiology and Fertility of Soils**, Palmerston North, v. 7, p. 71-78, 1988.

BRIEDIS, C. et al. Carbono do solo e atributos de fertilidade em resposta à calagem superficial em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, p. 1007-1014. 2012b.

BRIEDIS, C. et al. Chances in organic matter pools and increases in carbon sequestration in response to surface liming in an oxisol under long-term no-till. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 76, p. 151-160. 2012c.

BRIEDIS, C. et al. Soil organic matter pools and carbon-protection mechanisms in aggregate classes influenced by surface liming in a no-till system. **Geoderma**, Amsterdam, v. 170, p. 80–88. 2012a.

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.

BRONICK, C.J.; LAL, R. Soil structure and management: A review. **Geoderma**, Amsterdam, v. 124, p. 3-22, 2005.

BUCK G. B. et al. Potassium silicate as foliar spray and rice blast control. **Journal of Plant Nutrition**, Londres, v. 31, p.231-237, 2008.

BURNS, R. G. Interaction of enzymes with soil mineral and organic colloids. In: HUANG, P. M., SCHNITZER, M. (Ed.) **Interactions of soil minerals with natural organic and microbes**. Madison: Soil Science Society of America, Inc. 1986. p. 429-451.

BURNS, R. G. Microbial and enzymatic activities in soil biofilms. In: CHARACKLIS, W. G., WILDERER, P. A. (Ed.) **Structure and function of biofilms**. London: John Wiley & Sons, 1989. p. 333-350.

BUYANOVSKY, G.A.; ASLAM, M.; WAGNER, G.H. Carbon turnover in soil physical fractions. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.58, p.1167-1173, 1994.

CAIRES, E. F. Correção da acidez do solo em sistema plantio direto. **International Plant Nutrition Institute – Brazil**. In: Informações Agronômicas n.141, Piracicaba. 2013.

CAIRES, E. F. et al. 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, p.27 – 34, 1998.

CAIRES, E. F. et al. 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, p. 275-286, 2003.

CAIRES, E. F. et al. Alterações químicas do solo e resposta do milho à aplicação de corretivos e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, p. 125-136, 2004.

CAIRES, E. F. et al. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 1029-1040, 2001.

CAIRES, E. F. et al. Effect of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 28, p. 57-64, 2008b.

CAIRES, E. F. et al. Soil acidity and aluminum toxicity as affected by surface liming and cover oat residues under a no-till system. **Soil Use and Management**, Londres, v. 24, p. 302-309, 2008a.

CAIRES, E. F. et al. Surface application of lime for crop grain production under no-till system. **Agronomy Journal**, Madison, p. 791-798, v. 97, p. 791-798, 2005.

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

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, p. 213-220, 2000.

CAIRES, E.F. et al. Aplicação de corretivos 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, p. 87 – 98, 2006.

CAIRES, E.F. et al. 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 plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.315–327, 1999.

CAIRES, E.F.; JORIS, H.A.W.; CHURKA, S. Long-term effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical properties in southern Brazil. **Soil Use and Management**, v.27, p.45-53, 2011.

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

CALOMME, M. et al. Silicon absorption from stabilized orthosilicic acid and other supplements in healthy subjects. In: RUSSEL, A. M.; ANDERSON, R. A.; FAVRIER, A. E. (Ed) **Trace Elements in Man and Animals**, New York, v. 10, p. 1111-1114, 2002.

CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1399-1407, 2008.

CALONEGO, J.C. **Uso de plantas de cobertura na recuperação de solo compactado**. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 125f, 2007.

CALONEGO, J.C.; ROSOLEM, C.A. Soybean root growth and yield in rotation with cover crops under chiseling and no-till. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 33, n. 3, p. 242-249. 2010.

CAMARGO, O. A. de et al. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2009. 77 p. (Boletim técnico, 106).

CAMARGO, O.A. & ALLEONI, L.R.F. Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas. **Potafós**, Piracicaba, 132p, 1997.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOT, E. T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, p. 777-783, 1992.

CANTARELLA, H.; FURLANI, P. R. Arroz-de-sequeiro. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas**, Campinas, n. 100, p. 48-49, 1997.

CARBONELL, S.A.M. et al. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, p.2067-2073, 2010.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 02, p. 455-462, 2008.

CARTER, M. R. Organic matter and sustainability. In: REES, R. M. et al. (Ed.). **Sustainable management of soil organic matter**. New York: CABI Publishing, 2001. p. 9-22.

CARVALHO, R. et al. Dessorção de fósforo por silício em solos ácidos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 69-74, 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, p.1213-1218, 2004.

CASAGRANDE, J. C.; CAMARGO, O. A. Adsorção de fosfato em solos com caráter ácido avaliada por um modelo de complexação de superfície. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Campinas, v. 21, p. 353-360, 1997.

CASTRO FILHO, C. et al. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Parana, Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 65, p. 45-51, 2002.

CASTRO FILHO, C., MUZILLI, O., PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio e rotações de culturas e métodos de preparos das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, p. 527-538, 1998.

CASTRO, G. S. A. **Alterações físicas e químicas do solo em função do sistema de produção e da aplicação superficial de silicato e calcário**. 2009. 160 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009. `

CASTRO, G. S. A. **Atributos do solo decorrentes dos sistemas de produção e da aplicação superficial de corretivos**. 2012. Universidade Estadual Paulista, 2012.

CASTRO, G. S. A. et al. Management ompacts on soil organic matter of tropical soils. **Vadose Zone Journal**, Madison, v. 14, p. 1-8, 2015.

CASTRO, G. S. A.; CALONEGO, C. C.; CRUSCIOL, C. A. C. Propriedades físicas do solo em sistemas de rotação de culturas conforme o uso de corretivos da acidez. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 12, p. 1690-1698, 2011.

CASTRO, G.S.A.; CRUSCIOL, C.A.C. Effects of superficial liming and silicate application on soil fertility and crop yield under rotation. **Geoderma**, Amsterdam, v.195-196, p.234-242, 2013a.

CASTRO, G.S.A.; CRUSCIOL, C.A.C. Yield and mineral nutrition of soybean, maize, and Congo signal grass as affected by limestone and slag. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 673-681, 2013b.

CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em funções de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, n. 2, p. 133-142, 1990.

CAZETTA, D. A. et al. Desempenho do arroz de terras altas com a aplicação de doses de nitrogênio e em sucessão às culturas de cobertura do solo em sistema de plantio direto. **Bragantia**. Campinas, SP, v.67, p. 471-479, 2008.

CERETTA, C.A. et al. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 163 – 171, 2002.

CHRISTENSEN, B. T. **Organic matter in soil**: structure, function and turnover. Tijele: DIAS, 2000. 95 p. (Plant Production Report, 30).

CIOTTA, M. N. et al. Acidificação de um latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 1055-1064, 2002.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Séries históricas relativas às safras 1976/77 a 2014/15 de área plantada, produtividade e produção. 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 25 setembro 2015.

CONAB -COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2012/13 – Oitavo Levantamento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_06_03_15_28_45_boletim_mai_2013.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2013.

CONDON, L. M. et al. Effects of liming on organic matter decomposition and phosphorus extractability in an acid humic Ranker soil from northwest Spain. **Biology and Fertility of Soils**, Amsterdam, v. 15, n. 4, p. 279-284, 1993.

CORREIA, J. C. et al. Correção da acidez e mobilidade de íons em Latossolo com aplicação superficial de escória, lama cal, lodos de esgoto e calcário. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 1307-1317, 2007.

CORREIA, J.C. et al. Atributos físicos em Latossolo com aplicação superficial de escória de aciaria, lama cal, lodos de esgoto e calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1583-1590, 2008.

COSTA, A. **Doses e modos de aplicação de calcário na implantação de sucessão soja trigo em sistema de plantio direto**. Botucatu, 2000. 146p. Tese (Doutorado em

Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

COSTA, C. H. M., CRUSCIOL, C. A. C. Long-term effects of lime and phosphogypsum application on topical no-till soybean-oat-sorghum rotation and soil chemical properties. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 74, p. 119-132. 2016.

COSTA, C.H.M. et al. Persistência e liberação de macronutrientes e silício da fitomassa de crotalaria em função da fragmentação. **Bioscience Journal**, Uberlandia, v. 28, p. 384-394, 2012.

COSTA, F. de S. et al. Estoques de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 323-332, 2008.

COSTA, F. S. et al. Calagem e as propriedades eletro-químicas e físicas de um Latossolo em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, p. 281-284, 2004.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Nitrate role in basic cation leaching under no-till, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, p. 1975-1984, 2011.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Soil fertility, plant nutrition, and grain yield of upland rice affected by surface application of lime, silicate, and phosphogypsum in a tropical no-till system. **Catena**, Amsterdam, v. 137, p. 87-99. 2016.

CRUSCIOL, C. A. C., SORATTO, R. P., CASTRO, G. S. A., COSTA, C. H. M., FERRARI NETO, J. Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. **Revista Ciência Agronômica**, Fertaleza, v. 44, p. 404-410, 2013.

CRUSCIOL, C.A.C. et al. Nitrate role in basic cation leaching under no-till. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 1975–1984. 2011.

CRUSCIOL, C.A.C. et al. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.67, p.481- 489, 2008.

CRUSCIOL, C.A.C. Qualidade química do solo. In: DECHEN, S.C.F. **Workshop sobre o Sistema Plantio Direto no Estado de São Paulo**. Piracicaba: Fundação Agrisus; FEALQ; Campinas: Instituto Agrônômico, p.103-117, 2007.

CRUSCIOL, C.A.C. Qualidade química do solo. In: DECHEN, S.C.F. **Workshop sobre o Sistema Plantio Direto no Estado de São Paulo**. Piracicaba: Fundação Agrisus; FEALQ; Campinas: Instituto Agrônômico, p.103-117, 2007.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P. Nitrogen supply for cover crops and effects on peanut grown in succession under a no-till system. **Agronomy Journal**, Madison, v.101, p.40-46, 2009.

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

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.: Sistemas de produção e eficiência agrônômica de fertilizantes. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: contexto mundial e técnicas de suporte**: v.1 Piracicaba: IPNI – Brasil, p.229 – 275, 2010.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; BORGHI, E.; MATEUS, G.P. Integração Lavoura-Pecuária: benefícios das gramíneas perenes nos sistemas de produção. **Informações Agrônômicas**, Piracicaba, n.25, p.2-15. 2009.

CUNHA, K.P.V.; NASCIMENTO, C.W.A.; SILVA, A.J. Silicon alleviates the toxicity of cadmium and zinc for maize (*Zea mays* L.) grown on a contaminated soil. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Tharandt, v.171, p.849-853, 2008.

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, p. 703-709, 1999.

DERPSCH, R. et al. **Controle da erosão no Paraná, Brasil**: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 1991. 268 p.

DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T. Global overview of conservation agriculture adoption. In: **Proceedings of the 4th World Congress on Conservation Agriculture**, p. 429–438. Lead Papers, New Delhi, India, 2009.

DIEKOW, J. et al. Carbon and nitrogen stocks in physical fractions of a subtropical Acrisol as influenced by long-term no-till cropping systems and N fertilization. **Plant and Soil**, Amsterdam, v. 268, p. 319-328, 2005.

DORNELES, A. O. S. et al. Silicon reduces aluminum content in tissues and ameliorates its toxic effects on potato plant growth. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, p. 506-512. 1997.

DOU, F.; WRIGHT, A. L.; HONS, F. M. Sensitivity of labile soil organic carbon to tillage in wheat-based cropping systems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 72, p. 1445-1453, 2008.

ELAWAD, S. H.; GREEN JUNIOR, V. E. Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. **Riso**, Milão, v. 28, n. 3, p. 235-253, 1979.

ELLIOTT, C. L.; SNYDER, G. H. Autoclave: induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Davis, v. 39, p. 1118-1119, 1991.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306p, 2006.

EMBRAPA. **Informações técnicas para o cultivo de feijão**. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1996. 32 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Pesquisa do Solo. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil 2009 e 2010. Londrina, 2008.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 50, p. 641-664, 1999.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 403p, 2006.

ERNANI, P. R.; RIBEIRO, M. S.; BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos de acidez e de gesso agrícola. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, p. 825–831. 2001.

EXLEY, C. Silicon in life: a bioinorganic solution to bioorganic essentiality. **Journal of Inorganic Biochemistry**, Amsterdam, v. 69, p. 139-144, 1998.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Ameliorating soil acidity of tropical oxisols by liming for sustainable crop production. **Advances in Agronomy**, Amsterdam, v. 99, p. 345-399, 2008.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. **Manejo da acidez dos solos de cerrado e várzea do Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 42 p. (Documentos, 92).

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P.; STONE, L.F. Resposta do feijoeiro a adubação fosfatada. In: POTAFÓS. Simpósio destaca a essencialidade do fósforo na agricultura brasileira. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.102, p.1-9, 2003.

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, p.2675 – 2682, 1998.

FASSBENDER, H.W. **Química de Suelos, con Énfasis en Suelos de América Latina**. Ed. IICA. San José, Costa Rica, 398 p., 1978.

FERRARI NETO, J. et al. Plantas de cobertura, manejo da palhada e produtividade da mamoneira no sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, p. 978-985. 2011.

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

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A. Dinâmica da calagem superficial em um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 235-247, 2005.

FLORA, L. P. D.; ERNANI, P. R.; CASSOL, P. C. Mobilidade de cátions e correção da acidez de um Cambissolo em função da aplicação superficial de calcário combinado com sais de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1591-1598, 2007.

FONTANA, A.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; CUNHA, T.J.F.; SALTON, J.C. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.847-853, 2006.

FORESTIERI, E.F.; DE-POLLI, H. Calagem, enxofre e micronutrientes no crescimento do milho e da mucuna preta num podzólico Vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.14, p.167-172, 1990.

FRANCHINI, J. C. et al. 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, p. 2045-2058, 2003.

FRANCHINI, J. C. et al. Potencial de extratos de resíduos vegetais na mobilização do calcário no solo por métodos biológico. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, p. 357-360, 2001.

FRANCHINI, J. C., MIYAZAWA, M., PAVAN, M. A. Influência de resíduos vegetais na toxidez de Al e na mobilidade de íons no solo. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS**, 26., FertBio 2004. 6p. CD-ROM.

FRANCHINI, J.C. et al. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.459 – 467, 2000.

FRANCHINI, J.C. et al. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.533 – 542, 1999a.

FRANCHINI, J.C. et al. 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.

FRANZLUEBBERS, A. J. et al. Determination of microbial biomass and nitrogen mineralization following rewetting of dried soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 60, p. 1133-1139. 1996.

FRANZLUEBBERS, A. J. Should soil testing services measure soil biological activity?. **Agricultural e Environmental Letters**, 5 p. 2016.

FRANZLUEBBERS, A., J., HONS, F., M., ZUBERER D., A., Seasonal changes in soil microbial biomass and mineralizable C and N in wheat management systems. **Soil biology & Biochemistry**, Madison, v. 26, p. 1469-1475. 1994.

FRANZLUEBBERS, A.J. et al. Soil organic C and N pools under long-term pasture management in the Southern Piedmont USA. **Soil biology & Biochemistry**, Madison, v.32, p.469-478, 2000.

FRANZLUEBBERS, A.J. Potential C and N mineralization and microbial biomass from intact and increasingly disturbed soils of varying texture. **Soil Biology & Biochemistry**, Madison v.31, p. 1083-1090. 1999.

FRANZLUEBBERS, A.J. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. **Soil Tillage Research**, Madison, v. 66, p. 95-106. 2002.

FRANZLUEBBERS, A.J., HANEY, R.L., HONS, F.M., ZUBERER, D.A. Determination of microbial biomass and nitrogen mineralization following rewetting of dried soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 60, p.1133-1139. 1996.

FUENTES, M.; GONZÁLEZ-GAITANO, G.; GARCÍA-MINA, J. M. The usefulness of UV-visible and fluorescence spectroscopies to study the chemical nature of humic substances from soils and composts. **Organic Geochemistry**, Amsterdam, v. 37, p. 1949-1959, 2006.

FUJISAKA, S. et al. The effects of forest conversion on annual crops and pastures: estimates of carbon emissions and plant species loss in a Brazilian Amazon colony. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 69, p. 17-26, 1998.

GARCIA, R. A., LI, Y., ROSOLEM, C. A. Soil organic matter an physical attributes affected by crop rotation under no-till. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 77, p. 1724-1731. 2013.

GARCIA, R.A. et al. Potassium cycling in a corn-brachiaria cropping system. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 28, p. 579–585. 2008.

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

GONÇALVES, J. R. P. et al. Granulometria e doses de calcário em diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 33, p. 369-375, 2011.

GONÇALVES, W. G. et al. Sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, p. 67-75, 2006.

GONG, H. et al. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. **Plant Science**, Limerick, v. 69, p. 313-321. 2005.

GOUSSAIN, M.M. et al. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (*Lepdoptera: Noctuidae*). **Neotropica Entomology**, Londrina, v. 31, p. 305-310. 2002.

GUIMARÃES, D.V. et al. Soil organic matter pools and carbono fractions in soil under different land uses. **Soil Tillage Research**, Madison, v. 126, p. 177–182. 2013.

GUNES, A. et al. Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: Growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 39, n. 13, p. 1885-1903, 2008.

GUNES, A. et al. Silicon-mediated changes on some physiological and enzymatic parameters symptomatic of oxidative stress in barley grown in sodic-B toxic soil. **Journal**

of **Plant Physiology**, Amsterdam, v. 164, p. 807-811, 2007.

GUNES, A. et al. Silicon-mediated changes on some physiological and enzymatic parameters symptomatic of oxidative stress in barley grown in sodic-B toxic soil. **Journal of Plant Physiology**, Amsterdam, v. 164, p. 807-811. 2007.

HATTORI, T. et al. Application of silicon enhanced drought tolerance in sorghum bicolor. **Physiologia Plantarum**, v.123, p. 459-466, 2005.

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.

HERNANI, L .C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistema de manejo do solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 145-154, 1999.

HINGSTON, F. J.; POSNER, A. M.; QUIRK, J. P. Anion adsorption by goethite and gibbsite. I. The role of the proton in determining adsorption envelopes. **Journal of Soil Science**, Londres, v. 23, p. 177-192, 1972.

HOBBS, P.R.; SAYRE, K.; GUPTA, R. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, London, v.363, p.543–555, 2008.

HOLTZ, G. P.; SÁ, J. C. M. Resíduos culturais: reciclagem de nutrientes e impacto na fertilidade do solo. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 1995, Castro. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1995. p. 21-36.

INOMOTO, M. M. et al. Avaliação em casa de vegetação do uso de sorgo, milho e crotalária no manejo de *Meloidogyne javanica*. **Tropical Plant Pathology**, Viçosa, v. 33, p. 125-129, 2008.

JENKINSON, D. S., POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, Madison, v. 25, p.1649-1655. 1976.

JONES, L. H. P.; HANDRECK, K. A. Silica in soils, plants, and animals. **Advances in Agronomy**, Amsterdam, v. 19, p. 107-149, 1967.

JUO, A. S. R.; DABIRI, A.; FRANZLUEBBERS, K. Acidification of a kaolinitic Alfisol under continuous cropping with nitrogen fertilization in West Africa. **Plant and Soil**, Amsterdam v. 171, p. 245–253, abr. 1995. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/BF00010278>>.

KARIUKI, S. K. et al. Hard red winter wheat cultivar responses to a pH and aluminum concentration gradient. **Agronomy Journal**, Madison, v. 99, p. 88-98, 2007.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C. A. et al. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 499-510.

- KICHEL, A.N. Pastagens. **DBO Rural**, São Paulo, v.16, n.207, p.64 -66, 1998.
- KIEHL, J.C. Manual de edafologia: Relação solo-planta. **Ceres**, São Paulo, 264p, 1979.
- KORNDÖRFER, C. M.; ABDALA, A. L.; BUENO, I. C. S. O silício e as gramíneas no cerrado. **Revista Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 7, p. 153-163, 2001.
- KORNDÖRFER, G. H. et al. Avaliação de métodos de extração de Si em solos cultivados com arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 101-106, 1999.
- KORNDÖRFER, G. H. PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia: GPSi; ICIAG; UFU, 2002. 23 p.
- KORNDÖRFER, G. H.; NOLLA, A. Efeito do silício no crescimento e desenvolvimento de plantas. In: SIMPÓSIO SOBRE SÍLÍCIO NA AGRICULTURA, 2., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003. 1 CD-ROM.
- KORNDÖRFER, G. H.; NOLLA, A.; RAMOS, L. A. Available silicon in tropical soils and crop yield. In: SILICON, 3., 2005, Uberlândia. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2005.
- KORNDÖRFER, G.H.; LEPSCH, I. Effect of silicon on plant growth and yield. In: DATNOFF, L.E. et al. (Eds.). **Silicon in agriculture**, Amsterdam: Elsevier, 2001. p.133-147. Available from: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928342001800112>>. Accessed: Nov. 25, 2014. doi: 10.1016/ S0928-3420(01)80011-2.
- Lal, R. 2008. Soil carbon stocks under present and future climate with specific reference to European ecoregions. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Columbus v. 81, p.113–127. 2008.
- LAL, R. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. **Environmental Pollution**, Amsterdam, v. 116, p. 353-362, 2002.
- LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. **Geoderma**, Amsterdam v. 123, p. 1–22. 2004.
- LEITE, L.F.C. et al. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, p.29-35, 2010.
- LEMOES, L. B.; FARINELLI, R.; MINGOTTE, F. L. C. Adubação verde e rotação de culturas. In: Arf, O.; Lemos, L.B.; Soratto, R. P.; Ferrari. S. (Ed). **Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L.** Botucatu: FEPAP, p. 117-147, 2015.
- LIANG, Y. et al. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: a review. **Environmental Pollution**, Barking, v.47, p.422-428, 2007.
- LIANG, Y.; WONG, J.W.C.; WEI, L. Silicon-mediated enhancement of cadmium tolerance in maize (*Zea mays* L.) grown in cadmium contaminated soil. **Chemosphere**, Oxford, v.58, p.475-483, 2005.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, v.2, 1994. 168p.

LOPES, A. S. et al. **Sistema plantio direto**: bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo: ANDA, 2004. 110 p.

LORENZ, K.; LAL, R. The depth distribution of soil organic carbon in relation to land use and management and the potential of carbon sequestration in subsoil horizons. **Advances in Agronomy**, Amsterdam, v. 88, p. 35-66, 2005.

LUCHESI, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E. **Fundamentos de química do solo**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2001. 182 p.

LUZ, P.H.C. et al. Effect of silicate fertilization on soil and on palisade grass plants under grazing intensities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, n.7, p.1458-1465, 2011.

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Eds.). **Silicon in agriculture**. The Netherlands: Elsevier Science, 2001. 403 p.

MA, J.F. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokio, v. 50, p. 11-18, 2004.

MA, J.F.; TAKAHASHI, E. Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan. Amsterdam: **Elsevier Science**, 2002. Cap.6, p.73-106.

MA, J.F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, Oxford, v.11, p.392-397, 2006.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. Piracicaba: **Editora Ceres**, 2006. 631p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MALI, M.; AERY, N. C.; Effect of silicon on growth, biochemical constituents, and mineral nutrition of cowpea. **Journal of Plant Nutrition**, Londres, v. 40, n. 6, p. 1041-1052, 2009.

MANCUSO, M.A.C.; SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; CASTRO, G.S.A. Effect of potassium sources and rates on arabica coffee yield, nutrition, and macronutrient export. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, p.1448-1456, 2014.

MARCOLAN, A.L.; ANGHINONI, L. Atributos químicos de um argissolo e rendimento de culturas pelo manejo da calagem em plantio direto. In: **CONGRESSO BRASILEIRO**

DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1 CD – ROM.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. San Diego: **Academic Press**, 1995. 889 p.

MARTINS, D.; MARTINS, C. C.; COSTA, N. V. Potencial alelopático de soluções de solo cultivado com *Urochloa brizantha*: efeitos sobre a germinação de gramíneas forrageiras e plantas daninhas de pastagens. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, p. 61-70, 2006.

MARY B. et al. C and N cycling during decomposition of root mucilage, roots and glucose in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, Madison, v. 25, p. 1005-1014. 1993.

MASCARENHAS, H.A.A. et al. Efeito na produtividade da rotação de culturas de verão e crotalaria no inverno. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.55, p.534 – 537, 1998.

MAUAD, M. et al. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, p. 761–765. 2003.

MCKEAQUE, J. A.; CLINE, M. G. Silica in soils. II. The adsorption of monosilicic acid by soil and by other substances. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 43, n. 1, p. 83-95, 1963.

MEDA, A. R. et al. Alleviating soil acidity through plant organic compounds. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 44, p. 185-189, 2001.

MEDA, A. R. et al. Plantas invasoras para melhorar a eficiência da calagem na correção da acidez subsuperficial do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 647-654, 2002.

MEDEIROS, L. B. et al. Micronutriente na cana-de-açúcar irrigada: correção do solo com escória siderúrgica. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, p. 447-461, 2009.

MELLO, J.C.A. et al. Alterações nos atributos químicos de um Latossolo distroférrico decorrentes da granulometria e doses de calcário em sistemas plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p.553 – 561, 2003.

MENEGALE, M. L. C., CASTRO, G. S. A., MANCUSO, M. A.; Silício: Interação Com o Sistema Solo-Planta. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 4, p. 435-454, 2015.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição mineral de Plantas**. 432p. 2006.

MEYER, J. H.; KEEPING, M. G. Past, present and future research of the role of silicon for sugarcane in southern Africa. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Ed.). **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. p. 257-276.

MILORI, D. M. P. B. et al. Organic matter study of whole soil samples using laser-induced fluorescence spectroscopy. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 70, p. 57-63, 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. MAPA. Projeções do Agronegócio: Brasil 2011/2012 a 2021/2022. Assessoria de Gestão Estratégica. Brasília : Mapa/ACS, 2012. 76 p.

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, p.209 – 215, 2000.

MITANI, N.; YAMAJI, N.; MA, J. F. Identification of maize silicon influx transporters. **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v. 50, p. 5-12, 2009.

MIYASAKA, S. et al. Adubação verde, calagem e adubação mineral do feijoeiro em solo sob vegetação de cerrado. **Bragantia**, Campinas, v.24, p.321 – 338, 1965.

MIYAZAWA, M.;PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J.C. Evaluation of plant residuals on the mobility of surface applied lime. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 45, p. 251-256, 2002.

MIYAZAWA, M. et al. Gravimetric determination of soil organic matter. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 43, n. 5, p. 475-478, 2000.

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

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; SANTOS, J. C. F. Effects of addition of crop residues on the leaching of Ca and Mg in Oxisols. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH, 4., Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; EMBRAPA; CPAC, 1996.

MORAES, S. R. G. et al. Efeito de fontes de silício na incidência e na severidade da antracnose do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 69-75, 2006.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006.

MORO, E. et al. Teor de nitrogênio inorgânico no solo em função de plantas de cobertura, fontes de nitrogênio e inibidor de nitrificação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, p. 424-435, 2013.

MOUSSA, H. R. Influence of exogenous application of silicon on physiological response of salt-stressed maize (*Zea mays* L.). **International Journal of Biology**, Amsterdam, v. 8, p. 293-297, 2006.

NARRO, L. et al. Implication of soil acidity tolerant maize cultivars to increase production in developing countries. In: **Plant Nutrient Acquisition: New Perspectives**, Springer, Tokyo, p. 447–463, 2001.

NASCENTE, A.S. et al. Brachiaria ruziziensis and herbicide on the yield of upland rice. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, p. 729-736, 2012.

NEALE, S. P., SHAH, Z., ADAMS, A. Changes in microbial biomass and nitrogen turnover in acidit organic soils following liming. **Soil Biology and Biochemistry**, Madison, v. 29, p. 1463-1474. 1997.

NWACHUKU, D. A.; LOGANATHAN, P. The effect of liming on maize yield and soil proprieties in Southern Nigeria. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 22, p. 623-639, 1991.

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

OLIVEIRA, L.A.; KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, A.C. Acumulação de silício em arroz de diferentes condições de pH da rizosfera. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.685-690, 2007.

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, p.1079 – 1087, 2002.

PACHECO, L. P. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, p.1228-1236, 2013.

PACHECO, L.P. et al. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, p.17-25, 2011.

PAIM, L.A. et al. Estudo dos efeitos do silício e do fósforo na redução da disponibilidade de metais pesados em área de mineração. **Química Nova**, São Paulo, v.29, p.28-33, 2006.

PEREIRA JÚNIOR, P. et al. Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agrônômicas da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.4, p.908-913, 2010.

PEREIRA, J. E. **Solubilidade de alguns calcários e escórias de alto forno**. 1978. 84 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1978.

PEREIRA, J.; BURLE, M.L.; RESCK, D.V.S. Adubos verdes e sua utilização no cerrado. In: Simpósio Sobre Manejo E Conservação Do Solo No Cerrado, 1990, Goiânia, GO. **Anais**. Campinas, SP : Fundação Cargill. p.140-154. 1992.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 791-796, 2003.

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, p. 885-895, 2001.

PIRES, F. R. et al. Manejo de plantas de cobertura antecessora à cultura da soja em plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, p. 94-101. 2008.

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

POZZA, A.A.A. et al. Retenção e dessorção competitivas de ânions inorgânicos e gibbsita natural de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.1627-1633, 2007.

PRABAGAR, S.; HODSON, M.J.; EVANS, D.E. Silicon amelioration of aluminium toxicity and cell death in suspension cultures of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.), **Environmental and Experimental Botany**. Elmsford, v. 70, p.266 – 276, 2011.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um latossolo vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.1199-1204, 2001.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo da acidez do solo na soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.287-286, 2003.

PULZ, A.L. et al. Influencia de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade de batata sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.1651-1659, 2008.

QUAGGIO, J. A. et al. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 375-383, 1993.

QUAGGIO, J. A.; MASCARENHAS, H. A. A.; BATAGLIA, O. C. Resposta da soja à aplicação de doses crescentes de calcário em Latossolo Roxo distrófico de cerrado. II - Efeito residual. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 6, p. 113-118, 1982.

RAIJ, B. van et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285p.

RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. 285 p.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Uso eficiente de calcário e gesso na agricultura**. In. : RAIJ, B. van; CAMARGO, O. A. Sílica solúvel em solos. **Bragantia**, Campinas, v. 32, p. 223-231, 1973.

RAMOS, L.A. et al. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.849-857, 2006.

REDDY, S.S. et al. Long-term effects of poultry litter and conservation tillage on crop yields and soil phosphorus in cotton-cotton-corn rotation. **Field Crops Research**, Madison, v. 114, p. 311–319. 2009.

REIS, T. H. P. et al. Efeito da associação silício líquido solúvel com fungicida no controle fitossanitário do cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, p. 78-80, 2008.

REZENDE, C. P. et al. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 54, p. 99-112, 1999.

RHEINHEIMER, D. S. et al. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 797-805, 2000.

RHEINHEIMER, D.S. et al. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 713 – 721, 1998.

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

RODRIGUES FILHO, F.S.O. et al. Adubação verde e orgânica para o cultivo de amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, p.88 – 93, 1996.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 355-362, 2003.

ROSOLEM, C.A.; FOLONI, J.S.S.; TIRITAN, C.S. Root growth and nutrient accumulation in cover crops as affected by soil compaction. **Soil Tillage Research**, Madison, v. 65, p. 109–115. 2002.

ROSS D. J. Soil microbial biomass estimated by the fumigation-incubation procedure: seasonal fluctuations and influence of soil moisture content. **Soil Biology Biochemistry**, Madison, v. 19, p. 397-404. 1987.

RUSSEL, E. W. **Soil condition and plant growth**. 10. ed. New York: Longman, 1976. 849 p.

SÁ, J. C. M. et al. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 65, p. 1486–1499, 2001.

SÁ, J. C. M. et al. Soil organic carbon and fertility interactions affected by a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Tillage Research**, Madison, v. 104, p. 56–64. 2009.

SÁ, J. C. M.; LAL, R. Stratification ratio of soil organic matter pools as an indicator of carbon sequestration in a tillage chronosequence on a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, Madison, v. 103, p. 46-56, 2009.

SALET, J. C., ANGHINONI, I., KOCHHANN, R. A. Atividade do alumínio na solução do solo do sistema plantio direto. **Revista Científica Unicruz**, Cruz Alta, v. 1, p. 9-13, 1999.

SALTON, J. C. et al. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 11-21, 2008.

SALTON, J. C. et al. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v. 46, p. 1341-1356, 2011.

SALTON, J. C.; KICHEL, A. N. Milheto: alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1997. 1 **Folder**.

SANCHEZ, P. A., AND SALINAS, J. G. (1981). Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, Amsterdam, v. 34, p. 280–406. 1981.

SANTOS, D. et al. Cultivares de trigo submetidas a déficit hídrico no início do florescimento em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, p.836-842, 2012.

SANTOS, H. P. dos; 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, p. 289-295, 1998.

SAVANT, N. K.; SNYDER, G. H.; DATNOFF, L. E. Silicon management and sustainable rice production. **Advances in Agronomy**, Amsterdam, v. 58, p. 151-199, 1997.

SÁVIO, F.L. et al. Produção de biomassa e conteúdo de silício em gramíneas forrageiras sob diferentes fontes de silicato. **Ciências Agrárias**, Semina, v.32, p.103-110, 2011.

SEEBOLD, K.W. et al. 2000. Effect of silicon rate and host resistance on blast, scald, and yield of upland rice. **Plant Disease**, Florida, v. 84, p. 871–876. 2000.

SEGNINI, A. **Estrutura e estabilidade da matéria orgânica em áreas com potencial de sequestro de carbono no solo**. São Carlos, 2007, 131 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos.

SILVA, A.G. et al. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura e cultivo da mamona em sucessão no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, p. 2092-2098, 2010.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de planta na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, 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, L. M. V.; PASQUAL, A. Dinâmica e modelagem da matéria orgânica do solo com ênfase ao ecossistema tropical. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 13-24, 1999.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 253-260, 2001.

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

SIMMONS, B. L.; COLEMAN, D. C. Microbial community response to transition from conventional to conservation tillage in cotton fields. **Applied Soil Ecology**, Madison, v. 40, p. 518–528. 2008.

SOLLINS, P.; HOMANN, P.; CALDWELL, B.A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. **Geoderma**, Amsterdam, v.74, p.65-105, 1996.

SORATTO, R. P. et al. Leaf application of silicic acid to white oat and wheat. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 1538-1544, 2012.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Dolomite and phosphogypsum surface application effects on annual crops nutrition and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, p. 261-270, 2008.

SOUZA FILHO, A. P. S.; RODRIGUES, L. R. A.; RODRIGUES, T. J. D. Potencial alelopático de forrageiras tropicais: efeitos sobre invasoras de pastagens. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 15, p. 53-60, 1997.

SOUZA, L. S. et al. Efeito alelopático de capim-braquiária (*Urochloa decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, p.657-668, 2006.

SPARLING, G.; VOJVODIC-VUKOVIC, M.; SCHIPPER, L.A. Hot-water-soluble C as a simple measure of labile soil organic matter: The relationship with microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Madison, v. 30, p. 1469–1472. 1998.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: Genesis, composition, reactions**. 2. ed. New York : J. Wiley & Sons, 1994. 496p.

STEVENSON, F.J.; COLE, M.A. **Cycles of soils: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients**. 2. ed. New York: J. Wiley, 1999. 427 p.

SWINNEN, J., VAN VEEN, J. A., MERCKX, R. Rhizosphere carbon fluxes in field-grown spring wheat: model calculation bases on ¹⁴C partitioning after pulse labelling. **Soil Biology & Biochemistry**, Madison, v. 26, p. 171-182. 1994.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: Matsuo, T., Kumazawa, K., Ishii, R., Ishihara, K., Hirata, H. (Eds.), **Science of Rice Plant Physiology**. Tokyo, pp. 420 433. 1995.

TANAKA, A.; PARK, Y. D. Significance of the absorption and distribution of silica in the growth of rice plant. **Soil Science and Plant Nutrition**, Londres, v. 12, p. 23-28, 1966.

TANAKA, R.T. et al. Cultura da soja após a incorporação de adubo verde e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, p.1477 – 1483, 1992.

TAYLOR, H. M.; ROBERSON, G. M.; PARKER, J. J. Soil strength-root penetration relations for medium- to coarse-textured soil materials. **Soil Science**, Baltimore, v. 102, p. 18–22, 1966.

TEDESCO, J.; GIANELLO, C. Escolha do corretivo da acidez do solo In: KAMINSKI, J. (Coord.). **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 96-113, 2000. (Boletim, 4).

TEIXEIRA, I. R. et al. Fontes de silício em cultivares de feijão nas safras das águas e da seca. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v. 39, p. 562-568, 2008.

TEIXEIRA, L.G.; LOPES, A.; LA SCALA JR, N. Temporal variability of soil CO₂ emission after conventional and reduced tillage described by an exponential decay in time model. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, p.224-231, 2010.

TIAN, S., Y. et al. Continued no-till and subsoiling improved soil organic carbon and soil aggregation levels. **Agronomy Journal**, Madison, v. 106, p. 212–218. 2014.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Formação de palha por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, p. 617-622, 2007.

TIROL-PADRE, A., LADHA, J.K. Assessing the reliability of permanganate-oxidizable carbon as an index of soil labile carbon. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 68, p. 969–978. 2004.

TISDALE, S.L.; BEATON, J.D.; NELSON, W.L. **Soil fertility and fertilizers**. 4.ed. New York: Mac Millan, 1985. 754p.

TISDALL, J.M., OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **European Journal of Soil Science**. Amsterdam, v. 33, p. 141–163. 1982.

TORRES, J. L. R. et al. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 609-618, 2005.

TRINDADE, M. G. et al. Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, p. 24 – 29, 2006.

VIEIRA, F.C.B. et al. Carbon management index based on physical fractionation of soil organic matter in an Acrisol under long-term no-till cropping systems. **Soil Tillage Research**, Madison, v. 96, p. 195 -204. 2007.

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, 2001**, Santo Antônio de Goiás. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2001. p. 94-124.

VITTI, G. C. Enxofre. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição mineral de Plantas**. 432p. 2006.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, Magnésio e Enxofre. In: Fernandes, M.S. (Ed). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2006. p. 300-322.

VON UEXKULL, H.; MUTERT, E. Global extent, development and economic impact of acid soils. **Plant Soil**, Netherlands, v.171, p.1–15, 1995.

VORONEY R. P. AND PAUL E. A. Determination of k_C , and k_N , in situ for calibration of the chloroform fumigation-incubation method. **Soil Biology & Biochemistry**, Madison, v. 16, p. 9-14. 1984

WANG, Q.R., LI, Y.C., KLASSEN, W. Changes of soil microbial biomass carbon and nitrogen with cover crops and irrigation in tomato field. **Journal of Plant Nutrition**, Londres, v. 30, p. 623–639. 2007.

WARDLE, D. A. A comparative assessment of factors witch influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. **Biological Reviews**, Cambridge, v. 67, n. 3, p. 321-358, 1992.

XAVIER, F. A. S. et al. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba, CE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 247-258, 2006.

XU J. G.; JUMA N. G. Above- and below- ground transformation of photosynthetically fixed carbon by two barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in a typic cryoboroll. **Soil Biology & Biochemistry**, Madison, v. 25, p. 1263-1272. 1993.

YANG, Y. et al. Effects of forest conversion on soil labile organic carbon fractions and aggregate stability in subtropical China. **Plant Soil**, Netherlands, v. 323, p. 153–162. 2009.

YAO, H.Y. et al. Interactions between N fertilization, grass clipping addition and pH in turf ecosystems: Implications for soil enzyme activities and organic matter decomposition. **Soil Biology and Biochemistry**, Madison, v. 41, p. 1425–1432. 2009.

ZECH, W. et al. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, Amsterdam, v. 79, p. 117-161, 1997.

ZIGLIO, C. M.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. a. Formas orgânicas e inorgânicas de mobilização do cálcio no solo. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 42, p. 257–262, 1999.

ZONTA, E. et al. O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 7-52.

ZOTARELLI, L. **Balanço de nitrogênio na rotação de culturas em sistema de plantio direto e convencional na região de Londrina - PR**. 2000. 134p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

ZUCARELI, C. et al. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira Sementes**, Brasília, v. 28, p. 09-15, 2006.

ZUCCARINI, P. Effects of silicon on photosynthesis, water relations and nutrient uptake of *Phaseolus vulgaris* under NaCl stress. **Biologia Plantarum**, Praha, v.52, p.157-160, 2008.