

Universidade de São Paulo
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos

EFEITOS DO SILICATO DE CÁLCIO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E PLANTA, PRODUÇÃO E QUALIDADE EM CAPIM - BRAQUIARÃO [*Brachiaria brizantha* (Hoechst ex A. Rich.) Stapf. cv. MARANDU] SOB INTENSIDADES DE PASTEJO.

Antonio Batista Sanches

Dissertação apresentada na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP, em 14 de novembro de 2003, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Zootecnia, na área de Concentração:
Qualidade e Produtividade Animal.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique de Cerqueira Luz

Pirassununga – Estado de São Paulo – Brasil
2003

FICHA CATALOGRÁFICA

preparada pela

Biblioteca da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo

S211e

Sanches, Antonio Batista

Efeitos do silicato de cálcio nos atributos químicos do solo e planta, produção e qualidade em capim-Braquiarião [*Brachiaria brizantha* ... / Antonio Batista Sanches – Pirassununga, 2003.

122 p.

Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique de Cerqueira Luz.

Unitermos: 1. Gramínea forrageira 2. Silicato de cálcio 3. Matéria seca, produção 4. Forragem, oferta 5. Solo, química I. Título.

Aos meus familiares

À minha esposa, Marisa pela paciência e apoio nas horas difíceis e por conseguirmos vencer todas as dificuldades que passamos juntos neste período e a minha filha, Beatriz, pelo carinho e alegria que traz em nossas vidas.

Meus pais, Elias Sanches Sachetti e Araci Freri Sanches, por tudo que eles representam para mim, como pessoas batalhadoras que são e que nunca desistiram de alcançar os seus objetivos em suas jornadas.

Minha irmã, Cristina, por sua amizade e incentivo e meu cunhado, Fernando por sua torcida nessa minha caminhada.

Aos parentes: Fernandinho, Eduardo, Taila, Jaqueline, Raquel, Cristiane e Rafael, pelo muito que representam para mim.

DEDICO

Ao pessoal do Grupo Braquiarão – Nelore,

Pela grande ajuda na condução desse trabalho, e que muito contribuíram para mais uma etapa concluída nesta minha realização pessoal.

OFEREÇO

“O HOMEM DEPENDE DO SEU PENSAMENTO”

(MOKITI OKADA)

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Pedro Henrique de Cerqueira Luz, pela orientação intensiva e paciente.
- Ao Prof. Dr. Valdo Rodrigues Herling, pela colaboração para a implantação deste trabalho.
- Agradecimento aos amigos, Gustavo Braga e Maurício Peternelli que colaboraram desde o início do projeto na área experimental.
- Aos funcionários da seção de pós-graduação, Gláucia, Conceição, Vagner e Roberta pelos serviços prestados.
- Aos funcionários do laboratório de Solos, Marcos, Anderson e Guilherme, pelo constante auxílio e prestatividade.
- Aos funcionários Fernando, Ismael, José Godoy, Pedro da Prefeitura do Campus Administrativo de Pirassununga.
- Aos amigos de pós-graduação, Cecílio, Otaviano, Valério, Francisco, Wilson, Käthery, e os demais, pelo companheirismo e amizade durante o Mestrado.
- À Professora Doutora Catarina Abdalla Gomide, e suas funcionárias do Laboratório de Bromatologia por suas simpatias e prestezas sempre que solicitadas.
- Ao Professor Doutor César Gonçalves de Lima pelo auxílio no trabalho estatístico do experimento.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xvi
1.INTRODUÇÃO.....	1
2.REVISÃO DA LITERATURA.....	4
2.1. A Planta.....	4
2.2. O emprego de corretivos de solo em pastagens.....	6
2.3. O Silício.....	11
2.3.1. Ocorrência no solo.....	11
2.3.2. Mecanismos de absorção pelas plantas.....	12
2.3.3. Produtos comerciais.....	14
2.3.4. O Silício no controle de doenças e pragas.....	15
2.3.5. O Silício como corretivo de solo.....	17
2.3.6. O Silício e as condições do solo.....	22
2.3.7. O Silício e o Stress nas plantas.....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1. Local do Experimento.....	24
3.2. Área experimental.....	24
3.3. Amostragem do solo.....	25
3.4. Solo da área experimental.....	25
3.5. Produtos utilizados e dosagens.....	26
3.6. Aplicação dos produtos.....	27
3.7. Uniformização das U.E.....	28
3.8. Estimativa de massa de forragem no pré e no pós pastejo.....	28
3.9. Adubação de Manutenção.....	31
3.10. Método de Pastejo.....	31
3.11. Delineamentos experimentais.....	31
3.11.1.Delineamento experimental para a avaliação do silício no solo.....	31
3.11.1.1. Delineamento experimental para atributos químicos de solo 1.....	31
3.11.1.2. Delineamento experimental para atributos químicos de solo 2.....	33
3.11.2. Delineamento experimental para a avaliação dos atributos químicos, bromatológicos e de produção de massa seca na planta.....	34
3.12. Cronograma de coleta de dados.....	37
3.13. Análise estatística.....	38
3.14. Métodos de análise de bromatologia, química das folhas e fertilidade do solo.....	38
3.15. Dados climatológicos do período de avaliações para produção de massa seca e bromatologia.....	39

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1. Parâmetros químicos de avaliação de nutrientes na folha.....	40
4.1.1. Nitrogênio.....	40
4.1.2. Fósforo.....	41
4.1.3. Potássio.....	43
4.1.4. Cálcio.....	43
4.1.5. Magnésio.....	44
4.2. Parâmetros químicos de solo em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias).....	45
4.2.1. Análise dos parâmetros químicos de solo para a profundidade de 0 a 10 cm aos 45, 90 e 365 dias.....	45
4.2.1.1. pH.....	45
4.2.1.2. Potássio.....	47
4.2.1.3. Cálcio.....	47
4.2.1.4. Magnésio.....	48
4.2.1.5. Porcentagem de saturação por bases (V%).....	49
4.2.1.6. Hidrogênio + Alumínio (H + Al).....	50
4.2.2. Análise dos parâmetros químicos de solo para a profundidade de 10 a 20 cm aos 45, 90 e 365 dias.....	51
4.2.2.1. pH.....	51
4.2.2.2. Potássio.....	52
4.2.2.3. Cálcio.....	53
4.2.2.4. Magnésio.....	53
4.2.2.5. Porcentagem de saturação por bases (V%).....	54
4.2.2.6. Hidrogênio + Alumínio (H + Al).....	55
4.2.3. Análise dos parâmetros químicos de solo para a profundidade de 20 a 40 cm aos 45, 90 e 365 dias.....	56
4.2.3.1. pH.....	56
4.2.3.2. Potássio.....	56
4.2.3.3. Cálcio.....	57
4.2.3.4. Magnésio.....	58
4.2.3.5. Porcentagem de saturação por bases (V%).....	59
4.2.3.6. Hidrogênio + Alumínio (H + Al).....	60
4.3. Parâmetros químicos de solo aos 365 dias.....	61
4.3.1. Parâmetros químicos de solo aos 365 dias, para a profundidade de 0 - 10 cm.....	61
4.3.1.1. pH.....	61
4.3.1.2. Potássio.....	63
4.3.1.3. Cálcio.....	63
4.3.1.4. Magnésio.....	65
4.3.1.5. Porcentagem de saturação por bases (V%).....	66
4.3.1.6. Hidrogênio + Alumínio (H + Al).....	68
4.3.1.7. Correlação entre os parâmetros avaliados, para a profundidade de 0 - 10 cm.....	70
4.3.2. Parâmetros químicos de solo aos 365 dias, para a profundidade de 10 - 20 cm.....	71
4.3.2.1. pH.....	71
4.3.2.2. Potássio.....	72

4.3.2.3. Cálcio.....	73
4.3.2.4. Magnésio.....	75
4.3.2.5. Porcentagem de Saturação por Bases (V %).....	76
4.3.2.6. Hidrogênio + Alumínio (H + Al).....	76
4.3.2.7. Correlação entre os parâmetros avaliados, para a profundidade de 10 - 20 cm.....	78
4.3.3. Parâmetros químicos de solo aos 365 dias, para a profundidade de 20 - 40 cm.....	79
4.3.3.1. pH.....	79
4.3.3.2. Potássio.....	81
4.3.3.3. Cálcio.....	82
4.3.3.4. Magnésio.....	83
4.3.3.5. Porcentagem de Saturação por Bases (V %).....	85
4.3.2.6. Hidrogênio + Alumínio (H + Al).....	87
4.3.3.7. Correlação entre os parâmetros avaliados, para a profundidade de 20 - 40 cm.....	88
4.4. Parâmetros de avaliação de produção de matéria seca.....	90
4.4.1. Produção de matéria seca no pré-pastejo.....	90
4.4.2. Produção de matéria seca no pós pastejo.....	92
4.4.3. Desaparecimento da parte aérea (DPA).....	93
4.5. Análise bromatológica (PB, FDN, FDA, LIGNINA).....	96
4.5.1. Proteína Bruta (PB).....	96
4.5.2. Fibra Detergente Neutro (FDN).....	98
4.5.3. Fibra Detergente Ácido (FDA).....	100
4.5.4. Lignina (Lig).....	101
4.6. Análise do Silício no solo e na planta.....	102
4.6.1. Silício na profundidade de 0 - 10 cm.....	102
4.6.2. Silício na profundidade de 10 - 20 cm.....	104
4.6.3. Silício na profundidade de 20 - 40 cm.....	105
4.6.4. Silício na folha.....	106
5. CONCLUSÕES.....	108
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Produção de colmos de cana utilizando escória e calcário.....	21
Figura 2 - Visão parcial da área experimental, no método de lotação rotacionada.....	24
Figura 3 - Representação esquemática da área experimental.....	25
Figura 4 - Esquema de distribuição dos tratamentos por Unidade Experimental (U.E.).....	26
Figura 5 - Esquema das sub - parcelas das U.E.....	27
Figura 6 - Aplicação do produto.....	27
Figura 7 - Aplicador do produto.....	28
Figura 8 - Prato ascendente.....	29
Figura 9 - Colheita de material para estimativa de M.S.....	29
Figura 10 - Estimativa pós - pastejo.....	30
Figura 11 - Teor de Fósforo foliar (em g.kg ⁻¹) em capim - braquiário sob quatro níveis de Silicato de Cálcio.....	41
Figura 12 - Teor de Fósforo foliar (em g.kg ⁻¹) em capim - braquiário em quatro ofertas de forragem.....	42
Figura 13 - Valores de pH em solo com capim - braquiário em três épocas de amostragem (EAv), na profundidade de 0 – 10 cm.....	46
Figura 14 - Valores de pH em solo com capim - braquiário em três épocas de amostragem (EAv), na profundidade de 10 – 20 cm.....	51
Figura 15 - Valor de pH em solo com capim - braquiário, sob quatro ofertas de forragem e cinco tratamentos aos 365 dias, na profundidade de 0 – 10 cm.....	62
Figura 16 - Teores médios de Cálcio em solo com capim - braquiário, sob cinco tratamentos e quatro ofertas aos 365 dias, na profundidade de 0 – 10 cm.....	64
Figura 17 - Valores médios de Magnésio por tratamento em solo com capim - braquiário, na profundidade de 0 -10 cm.....	66
Figura 18 - Valores de V % em solo com capim - braquiário, submetido a cinco tratamentos e quatro ofertas aos 365 dias, na profundidade de 0 - 10 cm.....	67
Figura 19 - Teores de H + Al em solo com capim - braquiário, submetido a cinco tratamentos e quatro ofertas aos 365 dias, na profundidade de 0 -10 cm.....	68
Figura 20 - Valores médios de pH por tratamento em solo com capim - braquiário na profundidade de 10 - 20 cm.....	71
Figura 21 - Valores médios de Cálcio por tratamento em solo com capim - braquiário na profundidade de 10 - 20 cm.....	74

Figura 22 - Valores médios de H + Al por tratamento em solo com capim - braquiário na profundidade de 10 - 20 cm.....	77
Figura 23 - Valores médios de pH por tratamento em solo com capim - braquiário na profundidade de 20 - 40 cm.....	80
Figura 24 - Valores médios de Cálcio por tratamento em solo com capim - braquiário na profundidade de 20 - 40 cm.....	82
Figura 25 - Valores médios de Magnésio por tratamento em solo com capim - braquiário na profundidade de 20 - 40 cm.....	84
Figura 26 - Valores médios de Porcentagem de Saturação por Bases (V %) por tratamento em solo com capim - braquiário na profundidade de 20 - 40 cm.....	86
Figura 27 - Valores médios de H + Al por tratamento em solo com capim - braquiário na profundidade de 20 - 40 cm.....	87
Figura 28 - Interação oferta x época pré-pastejo em capim - braquiário, submetidos a quatro ofertas de forragem e quatro níveis de silicato de cálcio em quatro períodos de avaliação de 05/02/2003 a 15/06/2003	90
Figura 29 - Interação tratamento x oferta pré pastejo em capim - braquiário, submetidos a quatro ofertas de forragem e quatro níveis de silicato de cálcio em quatro períodos de avaliação de 05/02/2003 a 15/06/2003.....	91
Figura 30 - Interação tratamento x época pré pastejo em capim - braquiário, submetidos a quatro ofertas de forragem e quatro níveis de silicato de cálcio em quatro períodos de avaliação de 05/02/2003 a 15/06/2003.....	91
Figura 31 - Produção de massa seca pós pastejo em capim - braquiário sob quatro níveis de oferta no período de 05/02/2003 a 14/06/2003.....	92
Figura 32 - Teores de Silício no solo em capim - braquiário, na profundidade de 0 - 10 cm.....	102
Figura 33 - Teores de Silício no solo em capim - braquiário, na profundidade de 10 - 20 cm.....	104
Figura 34 - Teores de Silício no solo em capim - braquiário, na profundidade de 20 - 40 cm.....	105
Figura 35 - Teor de Silício nas folhas em capim Braquiário, aos 45 dias.....	107

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Composição química das fontes utilizadas.....	26
Tabela 2 - Tratamentos experimentais para análise do silício no solo.....	33
Tabela 3 - Análise da variância para os parâmetros de atributos químicos de solo 1.....	33
Tabela 4 - Tratamentos experimentais para análise do silício no solo.....	34
Tabela 5 - Análise da variância para os parâmetros de atributos químicos de solo 2.....	34
Tabela 6 - Tratamentos experimentais para análise química na planta.....	35
Tabela 7 - Análise da variância para os parâmetros de produção de matéria seca.....	35
Tabela 8 - Análise da variância para os parâmetros de composição química da planta.....	36
Tabela 9 - Análise da variância para os parâmetros bromatológicos da planta.....	36
Tabela 10 - Ciclos de pastejo avaliados para produção de matéria seca.....	37
Tabela 11 - Variáveis climáticas observadas durante o período experimental.....	39
Tabela 12 - Teor de Nitrogênio foliar (em g.kg ⁻¹) em capim - braquiário em duas épocas de avaliação (45 e 365 dias).....	40
Tabela 13 - Teor de Fósforo foliar (em g.kg ⁻¹) em capim - braquiário em duas épocas de avaliação (45 e 365 dias).....	42
Tabela 14 - Teor de Potássio foliar (em g.kg ⁻¹) em capim - braquiário em duas épocas de avaliação (45 e 365 dias).....	43
Tabela 15 - Teor de Cálcio foliar (em g.kg ⁻¹) em capim - braquiário em duas épocas de avaliação (45 e 365 dias).....	44
Tabela 16 - Teor de Magnésio foliar (em g.kg ⁻¹) em capim - braquiário em duas épocas de avaliação (45 e 365 dias).....	44
Tabela 17 - Valor de pH em solo com capim - braquiário em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 0 – 10 cm.....	45
Tabela 18 - Teor de Potássio em solo com capim - braquiário em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 0 – 10 cm.....	47
Tabela 19 - Teor de Cálcio por tratamento em solo com capim - braquiário(45, 90 e 365 dias), na profundidade de 0 – 10 cm...47	47
Tabela 20 - Teor de Cálcio em solo com capim - braquiário em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 0 – 10 cm.....	48

Tabela 21 - Teor de Magnésio em solo capim - braquiário em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 0 – 10 cm.....	49
Tabela 22 - Porcentagem de saturação por bases (V%) em solo com capim - braquiário em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 0 – 10 cm.....	49
Tabela 23 - Teor de Hidrogênio + Alumínio em solo com capim - braquiário em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 0 – 10 cm.....	50
Tabela 24 - Valor de pH em solo com capim - braquiário em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 10 – 20 cm.....	51
Tabela 25 - Teor de Potássio em solo com capim - braquiário em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 10 – 20 cm.....	52
Tabela 26 - Teor de Cálcio em solo com capim - braquiário em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 10 – 20 cm.....	53
Tabela 27 - Teor de Magnésio por tratamento em solo com capim - braquiário na profundidade de 10 – 20 cm.....	54
Tabela 28 - Porcentagem de saturação por bases (V%) em solo com capim - braquiário, na profundidade de 10 – 20 cm.....	54
Tabela 29 - Teor de Hidrogênio + Alumínio em solo com capim - braquiário em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 10 – 20 cm.....	55
Tabela 30 - Valor de pH em solo com capim - braquiário em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 20 – 40 cm.....	56
Tabela 31 - Teor de Potássio por tratamento em solo com capim -braquiário, na profundidade de 20 – 40 cm.....	57
Tabela 32 - Teor de Potássio por época de avaliação em solo com capim - braquiário, na profundidade de 20 – 40 cm.....	57
Tabela 33 - Teor de Cálcio em solo com capim - braquiário em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 20 – 40 cm.....	58
Tabela 34 - Teor de Magnésio em solo com capim - braquiário em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 20 – 40 cm.....	58
Tabela 35 - Porcentagem de saturação por bases (V%) em solo com capim - braquiário em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 20 – 40 cm.....	59
Tabela 36 - Teor de Hidrogênio + Alumínio em solo com capim - braquiário em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 20 – 40 cm.....	60
Tabela 37 - Valores de P ajustados pelo Teste de Tukey em solo com capim - braquiário aos 365 dias, na profundidade de 0 – 10 cm, para pH.....	62

Tabela 38 - Teores médios de Potássio por tratamento em solo com capim - braquiário aos 365 dias, na profundidade de 0 – 10 cm.....	63
Tabela 39 - Valores de P ajustado pelo Teste de Tukey em solo com capim - braquiário, na profundidade de 0 -10 cm, para o Cálcio.....	64
Tabela 40 - Valores de P ajustado pelo Teste de Tukey em solo com capim - braquiário, na profundidade de 0 -10 cm, para o Magnésio.....	65
Tabela 41 - Valores de P ajustados pelo Teste de Tukey em solo com capim - braquiário, na profundidade de 0 - 10 cm, para V %....	67
Tabela 42 - Valores de P ajustado pelo Teste de Tukey em solo com capim - braquiário, na profundidade de 0 -10 cm, para H + Al.....	69
Tabela 43 - Correlação entre os elementos do solo em solo com capim - braquiário submetido a cinco tratamentos e quatro ofertas aos 365 dias, na profundidade de 0 - 10 cm.....	70
Tabela 44 - Valores de P ajustados pelo Teste de Tukey para diferença entre tratamentos em solo com capim - braquiário na profundidade de 10 -20 cm, para o pH.....	72
Tabela 45 - Valores médios de Potássio em solo com capim - braquiário, submetido a cinco tratamentos e quatro repetições aos 365 dias, na profundidade de 10 - 20 cm.....	73
Tabela 46 - Valores de P ajustados pelo Teste de Tukey para diferença entre tratamentos em solo com capim - braquiário na profundidade de 10 -20 cm, para o Cálcio.....	74
Tabela 47 - Valores médios de Magnésio por tratamento em solo com capim - braquiário, na profundidade de 10-20 cm.....	75
Tabela 48 - Valores médios de V % por tratamento em solo com capim - braquiário na profundidade de 10 - 20 cm.....	76
Tabela 49 - Valores de P ajustados pelo Teste de Tukey para diferença entre tratamentos em solo com capim - braquiário na profundidade de 10 -20 cm, para o H + Al.....	77
Tabela 50 - Correlação entre os elementos do solo em capim - braquiário submetido a cinco tratamentos e quatro ofertas aos 365 dias, na profundidade de 10 - 20 cm.....	78
Tabela 51 - Valores de P ajustados pelo Teste de Tukey para diferença entre tratamentos em solo com capim - braquiário para o pH (20-40 cm).....	80
Tabela 52 - Valores médios de Potássio em solo com capim - braquiário na profundidade de 20 - 40 cm.....	81
Tabela 53 - Valores de P ajustados pelo Teste de Tukey para diferença entre tratamentos em solo com capim - braquiário na profundidade de 20 - 40 cm, para o Cálcio.....	83
Tabela 54 - Valores de P ajustados pelo Teste de Tukey para diferença entre tratamentos em solo com capim - braquiário na profundidade de 20 - 40 cm, para o Magnésio.....	84

Tabela 55 - Valores de P ajustados pelo Teste de Tukey para diferença entre tratamentos em solo com capim - braquiário na profundidade de 20 - 40 cm, para V %.....	86
Tabela 56 - Valores de P ajustados pelo Teste de Tukey para diferença entre tratamentos em solo com capim - braquiário na profundidade de 20 - 40 cm, para o H + Al.....	88
Tabela 57 - Correlação entre os elementos do solo em capim - braquiário submetido a cinco tratamentos e quatro ofertas aos 365 dias, na profundidade de 20 - 40 cm	89
Tabela 58 - Quantidade de massa seca 1 dia após a saída dos animais dos piquetes em capim - braquiário em kg/ha.....	93
Tabela 59 - Quantidade de massa seca desaparecida em capim - braquiário por tratamento.....	94
Tabela 60 - Quantidade de massa seca desaparecida em capim - braquiário aos 56 dias (EAv 2) por oferta.....	94
Tabela 61 - Quantidade de massa seca desaparecida em capim - braquiário aos 84 dias (EAv 3).....	95
Tabela 62 - Quantidade de massa seca desaparecida em capim - braquiário aos 140 dias (EAv 4).....	95
Tabela 63 - Teor de Proteína bruta em capim - braquiário por tratamento.....	96
Tabela 64 - Teor de Proteína Bruta em capim - braquiário por oferta.....	97
Tabela 65 - Teor de Proteína Bruta em capim - braquiário por época.....	97
Tabela 66 - Teor de Fibra Detergente Neutro (FDN) em capim - braquiário sob quatro ofertas.....	98
Tabela 67 - Teor de Fibra Detergente Neutro (FDN) em capim - braquiário por época de avaliação (EAv).....	98
Tabela 68 - Teor de Fibra Detergente Neutro (FDN) em capim - braquiário na interação época x oferta para cada oferta.....	99
Tabela 69 - Teor de Fibra Detergente Ácido (FDA) em capim - braquiário sob quatro ofertas de forragem.....	100
Tabela 70 - Teor de Fibra Detergente Ácido (FDA) em capim - braquiário por época de avaliação (EAv).....	100
Tabela 71 - Teor de Lignina (Lig) em capim - braquiário por época de avaliação (EAv).....	101
Tabela 72 - Teor de Silício em solo com capim - braquiário por oferta para a profundidade de 0 -10 cm.....	103
Tabela 73 - Teor de Silício em solo com capim - braquiário por época para a profundidade de 0 -10 cm.....	103
Tabela 74 - Teor de Silício em solo com capim - braquiário por época para a profundidade de 10 - 20 cm.....	104
Tabela 75 - Teor de Silício em solo com capim - braquiário por época para a profundidade de 20 - 40 cm.....	106

EFEITOS DO SILICATO DE CÁLCIO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E PLANTA, PRODUÇÃO E QUALIDADE EM CAPIM - BRAQUIARÃO [*Brachiaria brizantha* (Hoechst ex A. Rich.) Stapf. cv. MARANDU] SOB INTENSIDADES DE PASTEJO.

Autor : Antonio Batista Sanches
Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique de Cerqueira Luz

RESUMO

O experimento foi conduzido na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA-USP) em área pertencente à Prefeitura do Campus Administrativo da USP, no município de Pirassununga, SP de março de 2002 a junho de 2003 em uma área experimental correspondendo a 16 piquetes de 35 m de largura e 90 m de comprimento (3150 m² cada – totalizando 5,04 ha), sendo que cada piquete foi dividido em oito sub-parcelas de 8,75 m de largura e 45 m de comprimento totalizando 150 m² de área útil por tratamento.

O objetivo foi avaliar os atributos químicos do solo e planta, produção de massa seca e composição bromatológica com a utilização do Silicato de Cálcio no capim – braquiário. O delineamento experimental foi em blocos completos e ao acaso e o experimento um esquema fatorial 4 x 4 com parcelas subdivididas no tempo (45, 90 e 365 dias) compostos de quatro ofertas de forragem (5%, 10%, 15% e 20% - kg de massa seca. 100 kg⁻¹ de peso animal.dia⁻¹) e de quatro níveis de Silicato de Cálcio (0, 2, 4 e 6 ton.ha⁻¹) com quatro repetições para cada oferta, sendo o fator A: Oferta de Forragem e o fator B: dose de Silicato de Cálcio. As variáveis avaliadas foram: atributos de solo (pH, K, Ca, Mg, Si, V % e H + Al), folha (N, P, K, Ca, Mg e Si), produção de massa seca (pré, pós e desaparecimento foliar) e bromatológicos (PB, FDN, FDA e LIG).

Para os atributos químicos de folha, a aplicação de doses crescentes de silicato de cálcio alterou a sua composição de forma positiva em relação à testemunha para as condições do experimento. Para os atributos químicos de solo, houve resposta benéfica da aplicação de Silicato de Cálcio, quando avaliado isoladamente e, também, quando analisado em conjunto com o Calcário Magnesiano, para a correção da acidez do solo nas camadas superficiais e sub-superficiais. A produção de massa seca foi influenciada de forma benéfica pela utilização do Silicato de cálcio, onde apresentou tendência de resposta positiva para os tratamentos. A composição bromatológica foi afetada pelos níveis de ofertas utilizados, mas não respondeu de forma significativa aos tratamentos empregados. Houve um acréscimo positivo nos teores de Silício no solo e na planta com a utilização do Silicato de Cálcio.

Palavras-chave : gramínea, forrageira, silicato de cálcio, produção de matéria seca, oferta de forragem, atributos químicos de solo e planta

EFFECTS OF CALCIUM SILICATE IN THE CHEMICAL ATTRIBUTES OF THE SOIL AND PLANT, PRODUCTION AND QUALITY IN SIGNAL - GRASS [*Brachiaria brizantha* (Hoechst ex A. Rich.) Stapf. cv. MARANDU] UNDER GRAZING INTENSITIES.

Author: Antonio Batista Sanches

Advisor: Prof. Dr. Pedro Henrique de Cerqueira Luz

ABSTRACT

The experiment was conducted in the FZEA-USP in an area belonging to the Administrative Campus of USP, located in Pirassununga - SP from March of 2002 to June of 2003 in an experimental area corresponding to 16 pickets of 35 m of width and 90 m of length (3150 m² each - totaling 5,04 ha), and each picket was divided in eight sub-portions of 8,75 m of width and 45 m of length totaling 150 m² of useful area for treatment.

The objective was to evaluate the chemical attributes of the soil and its plants, dry matter production and nutritional quality with the use of Calcium Silicate in the signal - grass. The experimental design was in complete randomized blocks and the experiment a factorial 4 x 4 with portions subdivided in the time (45, 90 and 365 days) composed of four forage offers (5%, 10%, 15% and 20% - kg of dry matter/100 kg weight animal.day) and of four levels of Calcium Silicate (0, 2, 4 and 6 ton.ha⁻¹) with four repetitions for each offer, being the factor A: Offer of Forage and the factor B: amount of Calcium Silicate. The evaluated responses were: soil attributes (pH, K, Ca, Mg, Si, V% and H + Al), leaves (N, P, K, Ca, Mg and Si), production of dry matter (pre, post and foliate disappearance) and nutritional qualities (CP, NDF, ADF and LIG).

For the chemical attributes of leaf, the application of growing doses of calcium silicate altered its composition in a positive way in relation to the control (without calcium silicate) for the conditions of the experiment. For the chemical attributes of soil, there was a beneficial response of the application of calcium silicate, when evaluated separately and, also, when analyzed together with the lime, for the correction of the acidity of the soil in the superficial and sub-superficial layers. The production of dry matter was influenced in a beneficial way by the use of calcium silicate, where it presented tendency of positive response for the treatments. The nutritional composition was affected by the levels of offers used, but it didn't response from a significant way to the treatments applied. There was a positive increment in the tenors of Si in the soil and in the plant with the use of calcium silicate.

Keywords: grass, forage, calcium silicate, dry matter production, forage offer, chemical attributes of soil and it plants

1. INTRODUÇÃO

Na pecuária brasileira, como em qualquer setor de nossa economia, o objetivo principal é a obtenção do produto final (por exemplo: carne, leite e seus derivados) com a melhor relação custo/benefício, sem negligenciar a qualidade e a quantidade desejada, maximizando, assim, o resultado econômico. A busca por melhores resultados tem sido o objetivo constante, mobilizando toda a cadeia produtiva, de pesquisadores, extensionistas a produtores.

A pastagem, considerada como um de seus componentes, fornece o alimento básico ao rebanho bovino nacional, uma vez que, no nosso país, os sistemas pecuários são caracterizados pela sua utilização como sua principal fonte de alimento (PEDREIRA & MELLO, 2000). Muito do rendimento, qualidade e precocidade do produto final depende de como as pastagens são exploradas. Isso faz com que a formação e o manejo das pastagens assumam importância primordial para que se evite sua degradação e garanta sua perenidade, sem decréscimo de sua qualidade nutricional, pois, segundo HODGSON (1990), quando bem manejada, é a fonte mais barata de alimentação para o rebanho.

A produção de massa seca das plantas forrageiras é função de fatores não controláveis, inerentes ao ambiente, tais como: radiação solar e temperatura, e, de fatores controláveis, como: umidade do solo, fertilidade, ocupação da pastagem, pressão de pastejo, etc...

As técnicas de manejo empregadas exercem influência na dinâmica de produção e utilização da forragem. Qualquer desequilíbrio pode trazer conseqüências à produção ou valor nutritivo da forragem produzida, influenciando os teores de proteína bruta, teores e quantidades das fibras e a degradabilidade ruminal da massa seca.

As espécies forrageiras de clima tropical possuem a capacidade de produzir grandes quantidades de massa seca por unidade de área, podendo assim, suportar taxas de lotações elevadas.

Sabendo-se que, atualmente, são utilizados animais com alto potencial genético para converter biomassa vegetal em produtos animais da forma mais eficiente possível, a ingestão de nutrientes, tanto em qualidade quanto em quantidade, deve ser compatível com a produção animal desejada para qualquer sistema de produção.

Dentre as plantas forrageiras, as do gênero *Brachiaria*, são boas opções para pastejo visando produção de leite ou carne. A *Brachiaria brizantha* cv. MARANDU vem se destacando nas regiões de pecuária intensiva, como as regiões Centro-oeste e Sudeste do Brasil, por ser considerada uma planta forrageira muito rústica, adaptada a solos de média a baixa fertilidade com boa produção de massa seca e proteína bruta por unidade de área.

A *Brachiaria decumbens* Stapf., comumente denominada capim-braquiária, é bastante difundida nas regiões brasileiras e apresenta boa adaptação principalmente nas áreas de Cerrado, as quais se caracterizam pela relativa acidez e baixa fertilidade dos solos. CARVALHO et al. (1991) relataram que as pastagens formadas com essa planta forrageira têm apresentado redução gradativa de produtividade após seu estabelecimento. Também SOARES FILHO et al. (1992) relataram que a maioria das pastagens com capim-braquiária no Estado de São Paulo vem apresentando queda de produção no decorrer dos ciclos subseqüentes.

Estima-se que as pastagens de braquiárias ocupem mais de 40 milhões de hectares no Brasil e a *Brachiaria decumbens* Stapf. junto com a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu representam mais de 85 % dessa área (VALLE & MILES, 1994).

Para que seja possível explorar o potencial de produção e crescimento de uma determinada espécie de planta forrageira, como a *Brachiaria brizantha* (cv. Marandu), além de estudos da avaliação das variáveis morfogenéticas, da dinâmica de perfilhamento e perdas de forragem, dos processos fisiológicos e da estrutura microscópica, entre outros, é necessária a determinação do teor de substâncias nutritivas, por

intermédio de análises bromatológicas e químicas (SILVA & QUEIROZ, 2002).

Para o silício não há informações muito definidas, nem quanto a sua classificação como elemento benéfico, nem quanto aos níveis críticos no solo e na planta, em solos de região tropical. Por outro lado, discute-se a sua função na planta e em quais processos estaria envolvido.

A busca por pesquisas que promovam a adequação dos níveis de produção à capacidade de sustentação do ecossistema, tem contribuído para que se estudem formas economicamente viáveis de exploração das pastagens (EUCLIDES F^o, 1999), pois, uma pastagem corresponde a um complexo onde existe interação muito forte entre os componentes.

Assim, estudos realizados em componentes de formas separadas e isoladas, permitem o entendimento e esclarecimento de partes e detalhes do sistema, permitindo que ajustes possam ser feitos com a utilização de fontes de nutrientes acessíveis, como é o caso do silicato de cálcio.

Diante destes fatores, torna-se relevante o estudo do comportamento da planta forrageira com a utilização de uma fonte de silício e cálcio em vários níveis e em diferentes ofertas de forragem. E em função disto, formulou-se as seguintes hipóteses de que os vários níveis de silicato de cálcio afetarão:

- A produção de massa seca da forragem;
- A composição química da forragem;
- A composição bromatológica da forragem;
- A composição química do solo ao longo do tempo.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. A Planta

Pertencente ao gênero *Brachiaria*, classificada como *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf. cv. Marandu, esta gramínea é originária de uma região vulcânica da África, onde os solos geralmente apresentam bons níveis de fertilidade, com precipitação pluviométrica anual ao redor de 700 mm e cerca de oito meses de seca no inverno (RAYMAN, 1983).

Em 1984 a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foi lançada pela EMBRAPA, sendo que o nome Marandu, dado ao cultivar, significa novidade no idioma Guarani, visto que se tratava de nova alternativa de forragem para a região dos Cerrados (NUNES et al., 1985), sendo, também conhecida vulgarmente em algumas regiões como “braquiarão”.

A cultivar Marandu pode ser diferenciada de outros ecotipos de *B. brizantha*, pela associação obrigatória das seguintes características: plantas sempre robustas e com intenso perfilhamento nos nós superiores dos colmos floríferos; presença de pêlos na porção apical dos entre-nós; bainhas pilosas e lâminas largas e longas com pubescência apenas na face inferior, glabra na face superior e com margens não cortantes, raque sem pigmentação arroxeadada e espiguetas ciliadas no ápice (VALLS & SENDULSKY, 1984).

Sua característica agrônômica é de alta produção de forragem, persistência, boa capacidade de rebrota, tolerância ao frio e à seca (PORZECANSKI et al., 1979).

Apresenta, entretanto, boa tolerância a altos níveis de alumínio e manganês no solo, respondendo de forma superior à aplicação de calcário quando comparado a *B. decumbens* e *B. humidicola*.

PORZECANSKI et al. (1979) obtiveram após cinco anos de observações (1977-1982), produções médias anuais de 4 - 8 ton.ha⁻¹ de massa seca com qualidade da forragem produzida avaliada por digestibilidade e teor protéico e de fibras na massa seca bastante boa,

quando comparada com a de outras gramíneas (*B. decumbens*, *B. humidicola*, p.ex.).

VALÉRIO & KOLLER (1982), em observações preliminares quanto à preferência de cigarrinhas (*Deois flavocpita*) ao ataque em seis gramíneas tropicais, verificaram que a *B. brizantha* cv. Marandu apresentou baixos níveis populacionais de insetos, caracterizando-a como não preferida, principalmente, quando comparada à *B. decumbens*.

Em experimento de pastejo, instalado em condições de cerrado no Mato Grosso do Sul, visando estabelecer o potencial forrageiro da *B. brizantha* cv. Marandu através da performance animal, foi obtido no primeiro ano de utilização o ganho médio anual de 426 g.ha⁻¹.dia⁻¹, com carga inicial de 1,4 U.A..ha⁻¹ e final de 2,2 U. A..ha⁻¹. Para uma carga inicial de 1,8 U.A..ha⁻¹ e final de 2,8 U.A..ha⁻¹, a produção de carne foi de 384 g.ha⁻¹.dia⁻¹ (NUNES et al., 1985).

Nas condições brasileiras é possível explorar técnica e economicamente a capacidade produtiva de plantas forrageiras de clima tropical, entre as quais atualmente se destaca a *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf. cv. Marandu.

A baixa fertilidade da maioria dos solos nas regiões tropicais é um fato que torna imperiosa a sua consideração também nas áreas de pastagens, se o objetivo for incrementar a produtividade agropecuária.

Pastagens degradadas de *Brachiaria* cobrem atualmente em torno de 40 milhões de hectares do território brasileiro (ZIMMER et al., 1994). Restaurar estas áreas deve-se tornar uma estratégia, pela importância econômica dos agossistemas, e para sua preservação, desde que a degradação é muito associada à erosão, causando sedimentação em rios e lagos. Os manejos adequados das plantas forrageiras e melhoria da fertilidade do solo são práticas necessárias para se recuperar pastagens degradadas. A calagem e a adubação são importantes meios para a recuperação do solo e das pastagens, embora a calagem de pastagens seja uma controvérsia, além do que, pesquisas adicionais sejam necessárias para clarear alguns aspectos no estabelecimento de pastagens.

2.2. O emprego de corretivos de solo em pastagens

Nas áreas tropicais, sabe-se que, para que os fertilizantes aplicados tenham a máxima eficiência, torna-se necessária a correção da acidez do solo, o que tem sido feito empregando-se os calcários. Entretanto, existem materiais corretivos alternativos, sendo o mais promissor a escória de siderurgia (PRADO, 2000). As escórias apresentam o ânion silicato que corrige a acidez do solo (PRADO & FERNANDES, 2000). Apesar de estarem disponíveis no mercado brasileiro, têm sido pouco comercializadas para esse fim (QUAGGIO, 2000).

Para avaliar o potencial da escória de siderurgia, comparando-a ao calcário, para ser empregado em plantas forrageiras, há necessidade de acompanhar os efeitos na nutrição da planta, uma vez que os materiais corretivos podem afetar a fertilidade do solo, a disponibilidade dos elementos e, conseqüentemente, a absorção e translocação de nutrientes.

São raros os trabalhos que têm sido desenvolvidos com plantas forrageiras enfocando a exigência nutricional e a exportação de macronutrientes, especialmente nas variedades mais modernas, as quais sofreram significativa interferência genética através do melhoramento vegetal. WERNER et al. (1996) recomendam a saturação por bases do solo (SB) de 70% para implantação ou 60% para manutenção, para *Pennisetum purpureum*, *Panicum maximum*, *Cynodon dactylon*, *Digitaria decumbens*, *Hyparrhenia rufa* e *Chloris gayana*; 60% de SB para o período de formação ou 50% para a manutenção de *Brachiaria brizantha*, *Andropogon gayanus* e *Cynodon plectostachyus*; e 40% de SB para a formação ou manutenção de *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola*, *Melinis minutiflora*, *Paspalum notatum* e *Setaria anceps*. A máxima produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum*, crescendo em casa de vegetação foram obtidas em SB de 43% e 47%, respectivamente (PREMAZZI, 1991). No primeiro ano após a calagem, não houve efeito em *Panicum maximum* 'Tobiatã', embora a SB do solo estivesse em 31% e as quantidades de calcário foram aplicadas para atingir 60% ou 80% (LUZ et al., 1998).

Segundo VITTI & LUZ (1997), para que o fertilizante aplicado se transforme em alimento para o gado é necessário inicialmente eliminar os efeitos negativos da acidez, pela aplicação de calcário, o qual, além de diminuir as perdas de fertilizantes por lixiviação e fixação do fósforo, também fornece cálcio e magnésio como nutrientes, resultando em maior volume do solo explorado pelo sistema radicular e, conseqüentemente, maior produção da parte aérea, bem como melhor qualidade da forragem.

Geralmente, os solos tropicais são ácidos, devido à lixiviação de grandes quantidades de bases trocáveis, resultante dos altos índices de precipitação pluviométrica MALAVOLTA (1984) e também pela ausência no solo dos minerais primários e secundários que são responsáveis pela reposição dessas bases (VITTI & LUZ, 1997). Segundo MALAVOLTA (1984), o problema é acentuado pelo próprio cultivo, pois as plantas ao absorverem cátions, deixam quantidades equivalentes do íon Hidrogênio.

Apesar de não ser o único responsável pela acidez do solo, o Hidrogênio exerce influência direta na solubilidade dos nutrientes. A remoção de cátions trocáveis exige a substituição dos mesmos para satisfazer o equilíbrio de cargas entre fase sólida e os próprios íons trocáveis. Quando nestes se inclui o hidrogênio, a acidificação inicia-se e acentua-se à medida que mais hidrogênio é adsorvido pelo solo (MELO, 1984).

Em pH menor que 5,5 os compostos de alumínio tornam-se solúveis e os íons de alumínio passam a ser reativos. A toxidez do alumínio é um dos principais responsáveis pelo crescimento deficiente das plantas e o baixo rendimento das culturas em solos ácidos. Ele interfere nas funções biológicas do sistema radicular das plantas, a ponto de reduzir o crescimento das raízes e provocar a morte das mesmas (MALAVOLTA, 1984).

A toxidez de alumínio é devida à dificuldade na absorção e transporte de diferentes elementos como o fósforo, o potássio, o cálcio e o magnésio. O excesso de manganês, além de diminuir a absorção de ferro e de outros micronutrientes catiônicos, causa diminuição na síntese de clorofila e inibe

reações ativadas pelo magnésio. Os dois excessos podem ser controlados pela prática da calagem (MALAVOLTA, 1984).

Segundo WERNER et al. (1996), além do fornecimento de cálcio e magnésio, a calagem tem como funções, a elevação do pH do solo, aumentando a disponibilidade de fósforo e molibdênio, entre outros, que em pH baixo não são assimiláveis e a neutralização do alumínio, manganês e ferro, que podem estar em formas e quantidades tóxicas às plantas.

ALCARDE (1983) relata que a velocidade de reação desses corretivos no solo, neutralizando a acidez depende do tamanho de suas partículas e da natureza química dos seus constituintes neutralizantes. Os corretivos da acidez do solo mais utilizados no Brasil são as rochas calcárias moídas, chamados de "calcários", classificados em calcíticos ($\text{MgO} < 5\%$), magnesianos ($5 < \text{MgO} < 12\%$) e dolomíticos ($\text{MgO} > 12\%$), sendo que também existem os calcários calcinados (RAIJ et al., 1996).

É de suma importância a avaliação da composição do material calcário, pois quanto maiores os teores de CaCO_3 (Carbonato de cálcio) e MgCO_3 (Carbonato de magnésio), maior o poder neutralizante (PN), menor a quantidade a ser utilizada e maior a economia. SIQUEIRA (1986), estudando o poder neutralizante equivalente ao CaCO_3 de vários corretivos, encontrou os valores 100, 119 e 109 para a calcita, magnesita e dolomita, respectivamente.

As deficiências de cálcio e de magnésio têm sido observadas no Brasil, tanto pelo aparecimento dos sintomas nas plantas quanto pela quantidade de massa seca produzida. Nas plantas, o cálcio é absorvido como Ca^{2+} e transportado da raiz para a parte aérea sem depender do fornecimento de energia. Altas concentrações de potássio e magnésio diminuem sua absorção. A falta de cálcio reduz o desenvolvimento radicular, diminuindo a absorção, podendo a raiz inclusive perder íons previamente absorvidos (MARTINEZ et al., 1984).

As plantas forrageiras têm diferentes graus de tolerância à acidez do solo, capins do gênero *Brachiaria* estão entre os mais tolerantes e são os

mais persistentes nas condições de solo ácido comuns no Brasil Central (SIQUEIRA, 1986).

PREMAZZI (1991), trabalhando em um Latossolo Vermelho Amarelo Álico, com índice de saturação por bases 10 % ; constataram que a elevação desse índice para 70% favoreceu expressivos aumentos na produção de massa seca do capim colômbio IZ-1, com máxima produção sendo alcançada quando o índice foi 47%. Também constatou significativos aumentos nos teores de cálcio e magnésio e diminuição nos teores de manganês desse capim, mediante a calagem.

ADAMS & PEARSON (1967) descreveram o capim bermuda (*Cynodon dactylon* L.) como extremamente tolerante à acidez do solo, com raízes capazes de penetrar em profundidades, com pH variando de 4,0 a 4,5.

A necessidade de calagem pode ser definida como a quantidade de corretivo a ser aplicada ao solo para neutralizar a sua acidez, elevando-se o pH e a saturação por bases ao nível desejável (SIQUEIRA, 1986). O cálculo da necessidade de calagem leva em conta a elevação da saturação por bases e tem como vantagens a facilidade de cálculo e a flexibilidade de adaptação para diferentes culturas pela utilização do método de Soma de Bases (QUAGGIO, 1984).

Pastos degradados, com a superfície do solo exposta e endurecida, devem ser recuperados ao invés de receber tratamento de manutenção. Para isso, a aplicação do calcário deve ser separada do fertilizante fosfatado e potássico e incorporá-los simultaneamente no início da estação chuvosa.

Para pastagens já formadas recomendam-se doses menores de calcário comparadas às de formação, pois se deve levar em conta a tolerância da maioria das espécies de plantas forrageiras a algum grau de acidez no solo e também pela dificuldade de incorporação (WERNER et al., 1996). Muitos cultivares têm sido lançados, com diversidade de características morfológicas, entretanto, há falta de informações sobre esses cultivares, especialmente com relação às exigências de adubação mineral (GHISI et al., 1996).

CARVALHO et al. (1993) pesquisaram os efeitos da calagem e da fertilização com fósforo sobre o crescimento do capim gordura e concluíram que não houve resposta da planta forrageira à calagem, porém não descartam sua utilização, por evitar a presença de sintomas de deficiência de cálcio nas folhas e baixa concentração desse elemento na parte aérea da planta.

Em algumas circunstâncias, a calagem pode otimizar o aproveitamento do fósforo pelas plantas, contribuindo para reduzir as quantidades de fertilizantes a serem aplicadas (COUTO et al., 1985).

GOMIDE (1975), num levantamento bibliográfico sobre os efeitos da fertilização do solo na composição química de plantas forrageiras, constatou que na maioria das vezes, a fertilização do solo não alterou profundamente a composição química das plantas forrageiras tropicais, podendo ser devido a fatores como: quantidade de fertilizante aplicado, diluição do fertilizante aplicado na maior quantidade de massa seca produzida, distribuição desigual do fertilizante no solo e absorção ineficiente dos fertilizantes. Relata ainda que as plantas forrageiras têm sua composição mineral muito variável, influenciada pela idade, espécie e variedade, estágio de maturação, tipo e fertilização do solo, estações do ano e intervalo entre cortes.

RODRIGUES (1986), comparando mais de mil amostras de gramíneas tropicais, concluiu que estas apresentam digestibilidade da massa seca 13% menor que as espécies de clima temperado, sendo como um dos fatores determinantes para a baixa produção por animal em pastagens tropicais.

A digestibilidade em capins tropicais diminui de forma contínua com a idade da planta. Espécies que apresentam alta digestibilidade inicial tendem a reduzi-la numa taxa mais rápida do que aquelas que apresentam baixa digestibilidade inicial. As espécies de plantas forrageiras que conservam alta taxa de digestibilidade por um longo período de tempo durante a estação de crescimento, tem maior importância para a produção animal do que aquelas em que a digestibilidade declina rapidamente.

Espécies dos gêneros *Brachiaria*, *Setaria* e *Digitaria*, em geral, apresentam baixas taxas de declínio na digestibilidade quando comparadas com espécies dos gêneros *Panicum*, *Chloris* e *Hyparrhenia* (RODRIGUES, 1986).

No período chuvoso, com a elevação da temperatura e intensidade luminosa, em presença de umidade, ocorre incremento na atividade metabólica, diminuindo os teores de carboidratos solúveis e os metabólitos do conteúdo celular. Assim, os produtos oriundos da fotossíntese são convertidos em componentes estruturais, como celulose, hemicelulose e lignina, reduzindo o teor de proteína bruta e a digestibilidade “in vitro” da massa seca (WHITEMAN, 1980), sendo constatado o inverso no período de estiagem ou inverno agrostológico.

2.3. O Silício

2.3.1. Ocorrência no solo

Sabe-se que o Si é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre, ocorrendo principalmente no mineral inerte das areias, o quartzo (SiO_2), bem como na caulinita e outros minerais de argila.

Nos solos de cerrado brasileiro, em geral, profundamente intemperizados e lixiviados, com acentuada dessilicatização e pobreza em bases, o que lhes confere uma fração argilosa essencialmente constituída de caulinita e sesquióxidos, com baixa relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (relação Ki), algumas vezes inferior a 0,5 (EMBRAPA, 1982).

Em solos de textura e idade variadas do estado de São Paulo, RAIJ & CAMARGO (1973) verificaram os menores valores de Si solúvel no Latossolo fase arenosa e os maiores valores num Podzólico argiloso. Isto se deve à reduzida porcentagem de argila neste latossolo, aliada à menor superfície específica total em relação ao Podzólico menos intemperizado e mais argiloso.

O Si em solução comporta-se como um ácido muito fraco (H_4SiO_4), de tal forma que mesmo em pH 7,0 apenas 2 mg kg^{-1} está ionizado na forma carregada negativamente, $H_3SiO_4^-$, aumentando o grau de ionização com a elevação do pH (McKEAGUE & CLINE, 1963). O Na_2CO_3 , graças ao seu pH alcalino, já vem sendo usado para determinar algumas formas de Si solúvel (CONLEY et al., 1993).

Este sal também é usado para solubilizar a sílica da argila resultante do ataque sulfúrico (VETTORI, 1964), mas não apresenta bons resultados de correlação entre o Si "disponível" no solo e o absorvido pelas plantas.

Segundo VOGEL (1981), os silicatos de metais alcalinos, quando hidrolisados, possuem reação alcalina elevando o pH. Portanto, em meio alcalino, estes materiais revelam menor solubilidade, a menos que se forneça ao meio uma fonte de prótons (NH_4^+).

2.3.2. Mecanismos de absorção pelas plantas

A absorção do silício da solução do solo dá-se de forma passiva por gramíneas, com o elemento acompanhando o fluxo de massa da água que penetra nas raízes das plantas. Plantas dicotiledôneas, por outro lado, tem mecanismo que evita a absorção de quantidades elevadas de silício (RAIJ, 1991).

O silício tem sido considerado como nutriente essencial para certas culturas, principalmente em gramíneas, nas quais os teores do elemento chegam a ser de dez a vinte vezes maiores do que em dicotiledôneas. Os teores de silício na palha de arroz inundado podem superar 5 %. Deficiências do elemento têm sido constatadas em solos ricos em óxidos de ferro e alumínio, e pobres em sílica (RAIJ, 1991).

Mas sua disponibilidade é muito pequena para as plantas, principalmente em solos minerais que sofreram intenso processo de dessilicatização (Latosolos Ácricos) e em Organossolos. Várias escórias têm sido aplicadas na agricultura para suprir as plantas com Si em vários

continentes. Todavia, poucos estudos vêm sendo realizados no Brasil para verificar a viabilidade destes subprodutos, principalmente em razão de o Si não ser considerado um elemento essencial às plantas, apesar de muitos trabalhos demonstrarem a sua importância para diversas culturas, principalmente para o arroz e cana-de-açúcar (SNYDER et al., 1986; DATNOFF et al., 1992; DEREN et al., 1994; MATICHENKOV et al., 1995; KORNDÖRFER et al., 1999a, b). Esses autores têm relacionado a presença do Si na planta com resistência às pragas e doenças, maior capacidade fotossintética e tolerância à falta de água. Apesar disso, o Si não é considerado um nutriente essencial para as plantas.

O Silício afeta positivamente o crescimento e produção de biomassa de um grande número de plantas (a maioria monocotiledôneas), por prover rigidez para as estruturas das plantas (EPSTEIN, 1994). Pode, também, reduzir a toxidez por metais pesados, aliviar desbalanços entre nutrientes e resistência para o stress por salinidade (HODSON & EVANS, 1995).

Diferentes mecanismos de absorção de Si, passivos e ativos, são reportados para as plantas superiores. A absorção de Si do solo pode envolver o fluxo de massa (mol Si m^{-3}) podendo ser menor, igual ou maior que a concentração na água do solo (RAVEN, 1983).

Em muitas Gramíneas o Si do solo entra na planta na relação em que este componente está presente na solução do solo. Além disto, o mecanismo de proteção pelo Si contra as infecções por fungos e contra o consumo por herbívoros são documentadas (SAMUELS et al., 1991).

Investigações sobre os mecanismos do Si são largamente restritos às culturas como o arroz, trigo, cana de açúcar e pepino, mas muito pouco é conhecido sobre a sua importância em vegetações naturais e pastagens artificiais. Os mecanismos de ação do Si em plantas forrageiras ainda não são bem examinados.

O Silício é conhecido por estar presente em várias gramíneas (LANNING & ELEUTERIUS, 1985). Espécies do gênero *Spartina* tem grandes concentrações de silício (LANNING & ELEUTERIUS, 1983), sua característica é similar a de outras espécies de Gramíneas.

A forma solúvel de Si o qual é disponível para a absorção pelas plantas é o ácido monossilícico, Si(OH)_4 (McKEAGUE & CLINE, 1963). Podendo entrar na rizosfera como Si dissolvido trazido pela água de irrigação introduzida nos campos de arroz, ou através de sua dissolução da matriz do solo na rizosfera onde está a cultura instalada. Uma análise da variação do Si através do ambiente requer considerações dos recursos de água e do solo utilizado no cultivo do arroz.

Interações complexas do Si com outros elementos em solos ácidos (McKEAGUE & CLINE, 1963), e durante a absorção pela planta são conhecidos (HODSON & EVANS, 1995).

2.3.3. Produtos comerciais

No Brasil, alguns produtos já vêm sendo comercializados como fonte de Si, tais como Silifértil, Agrosilício, Recmix, MB-4, Siligran etc., sendo o Si o principal componente destes produtos. Há trabalhos que mostram a eficiência de alguns destes produtos (KORNDÖRFER & GASCHO, 1999), mas, com o mercado crescente, torna-se necessário estabelecer um método de análise que possa ser adotado pelos laboratórios para atender aos consumidores e, por outro lado, pelas empresas produtoras de silicatos, para que elas possam estabelecer sistemas de controle de qualidade de seus produtos, visto que existe grande variabilidade na composição das escórias afetando a qualidade do produto.

2.3.4. O Silício no controle de doenças e pragas

Um mecanismo de barreira física de doenças pelo silício reduzido é relatado como o resultado da condensação do ácido silícico em SiO_2 polimerizado na camada cuticular da folha (YOSHIDA et al., 1962; LANNING, 1963). Esta barreira física de SiO_2 na folha aumenta o período de incubação e dificulta a penetração por *R. solani* por reduzir o número de lesões nas folhas e bainhas. Em contraste com a formação de barreiras físicas à penetração inicial, RODRIGUES et al. (2001) consideraram a extensão das lesões como o mais importante componente da resistência ao bruzone, especialmente em moderadas susceptibilidade em cultivares de arroz nos EUA. VOLK et al. (1958) hipotetizaram que algumas lesões foliares poderiam ser reduzidas por componentes organo-silicatos nas paredes das células da epiderme, e INANAGA & TANAKA (1995) mostraram que as formas complexas de Si com componentes orgânicos destas células.

A resistência induzida de silício poderia contribuir para reduzir a intensidade da bruzone somente com a barreira física de SiO_2 na cutícula da planta. Apesar de extensivas pesquisas, o exato mecanismo pelo qual o Si reduz bruzone e outras doenças do arroz é desconhecido. Outros pesquisadores têm sugerido que o Si atua em culturas como o melão e o trigo para estimular mecanismos de defesa internos contra patógenos por aumentar o nível de inibição. Compostos fenólicos e a atividade de chitinases, b-1,3-glucanases, peroxidase, phenylalanine ammonialyase, e polyphenoloxidase (CARVER et al., 1987; MENZIES et al., 1991; CHLERIF et al., 1992; FAWE et al., 1998), estariam relacionados a estes mecanismos de defesa da planta.

O silício (Si) aumenta o crescimento e o desenvolvimento da planta com correspondente acréscimo na produtividade, além de controlar várias enfermidades do arroz (SAVANT et al., 1997b). O rendimento de grãos dos cultivares de arroz de sequeiro aumentou de forma linear com a fertilização silicatada e foi correlacionado positivamente com os teores de Si e Ca no solo (BARBOSA FILHO et al., 2001). O desempenho do Si no aumento da

resistência das plantas às diferentes enfermidades, inclusive a brusone em arroz, tem sido bem reconhecido (DATNOFF et al., 1991; KORNDÖRFER et al., 1999).

Estudos pioneiros no Japão demonstraram que a aplicação de diversas fontes de Si em solos deficientes neste elemento reduziu a incidência e a severidade da brusone (SUZUKI, 1965). O efeito residual da fertilização silicatada no controle da brusone também foi demonstrado em experimentos realizados no campo, na Flórida e na Colômbia (DATNOFF et al., 1997).

WINSLOW (1992) reportou que o Si reduz apenas a severidade de *R. solani* em arroz irrigado do genótipo indica, mas, não em arroz de sequeiro do genótipo japonica e intermediários genótipos. RODRIGUES et al. (2001) demonstraram que o Si reduziu o desenvolvimento de *R. solani* nos cultivares americanos de arroz, com susceptibilidade e moderada susceptibilidade para esta doença a níveis comparáveis com estes observados em cultivares parcial ou altamente resistente para *R. solani*, mas, não fertilizados com Si.

Além do efeito como elemento útil para o arroz, capaz de aumentar o rendimento na produção de grãos, vários pesquisadores demonstraram que o Si está relacionado com a resistência das plantas a várias e importantes doenças. Pesquisas realizadas em solos orgânicos, no sul da Flórida, demonstraram que a fertilização com Si reduziu a incidência de brusone de 17 a 31 % e helmintosporiose de 15 a 32 %, em relação ao tratamento que não recebeu Si (DATNOFF et al., 1991).

No Brasil, a aplicação de 800 kg ha⁻¹ de SiO₂ reduziu a severidade da brusone nas panículas em 12 genótipos de arroz em experimento realizado em solo de cerrado (PRABHU et al., 2001). O controle atual da brusone nas folhas inclui o tratamento das sementes com fungicidas, com atividade sistêmica e efeito residual prolongado (PRABHU & FILIPPI, 1993). Há necessidade de se buscar fontes de Si disponíveis no Brasil e que sejam eficientes no controle da brusone em arroz de várzea, para diminuir os

danos ambientais e o custo dos tratamentos com produtos químicos, além de aumentar a quantidade e a qualidade dos grãos.

A efetividade do Si em combater o bruzone (causado pelo fungo, *Magnaporthe grisea*), classificada como a mais importante doença afetando a cultura nos trópicos, já é reconhecido em arroz irrigado no Japão (SUZUKI, 1965). Mais recentemente, nos EUA e África, também foi descoberto como uma substancial prevenção contra a “descoloração dos grãos” (DATNOFF et al., 1991; WINSLOW, 1992; YAMAUCHI & WINSLOW, 1989), uma complexa doença envolvendo vários fungos e bactérias os quais reduzem a qualidade dos grãos (NAVASERO & WINSLOW, 1987). Importantes efeitos de Si em outras doenças são também conhecidos, mas não considerados nesse estudo.

O desenvolvimento de tecnologias para o manejo sustentável da bruzone depende da disponibilidade de métodos alternativos de controle. O silício (Si) aumenta o crescimento e o desenvolvimento da planta com correspondente acréscimo na produtividade, além de controlar várias enfermidades do arroz (SAVANT et al., 1997a).

Uma revisão de literatura revelou que aumentando a concentração de Si nas plantas de arroz resultou na supressão de muitas pragas de importância econômica como artrópodes, ácaros e tripes, entre outros (SAVANT et al., 1997b).

2.3.5. O Silício como corretivo de solo

No solo, a diminuição da acidez e com conseqüente promoção da neutralização do Al tóxico na camada arável (ORLANDO FILHO et al., 1990), bem como em subsuperfície (PRADO et al., 1998), se faz necessário para possibilitar a proliferação intensa das raízes, com reflexos positivos no crescimento das gramíneas.

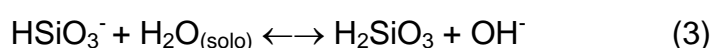
Uma das alternativas para corrigir os solos ácidos seria o uso da escória de siderurgia, um resíduo da indústria do aço e ferro-gusa, constituída quimicamente de um silicato de cálcio (CaSiO_3) (AMARAL et al.,

1994) com propriedade corretiva da acidez do solo semelhante à do calcário (RIBEIRO et al., 1986). Entretanto, a escória apresenta liberação mais lenta de nutrientes, quando comparada ao calcário, em solo cultivado com cana-de-açúcar em vasos (PRADO & FERNANDES, 2000a).

No Hawaii, KHALID et al. (1978) aplicaram um silicato em diferentes condições de acidez do solo (pH = 5,5; 6,0 e 6,5) em sistema de rotação de culturas (cana-de-açúcar, milho e capim-desmodium). Os autores constataram que houve efeito residual significativo do silicato no solo (teores de Si), após 56 meses, sendo maior na dose mais elevada.

É possível que o maior efeito residual dos silicatos no solo, com o uso da escória, seja devido a um equilíbrio químico, ou seja, com a solubilização da escória, obtém-se um incremento inicial do valor pH e da concentração de Ca. Esse aumento pressupõe decréscimos na dissolução da escória, uma vez que a solubilidade desse material em solução aquosa diminui com o aumento do pH e da concentração de Ca da solução (KATO & OWA, 1996).

Segundo ALCARDE (1992), a ação neutralizante do silicato pode ser explicada de acordo com as seguintes reações:



O excesso de Fe^{2+} na solução do solo pode provocar toxidez desse elemento no arroz e causar deficiência de outros micro e macronutrientes essenciais à nutrição da planta (PONNAMPERUMA, 1972). A presença do Si na planta tem aumentado a tolerância do arroz à toxidez de Mn e Fe, fato atribuído à maior oxidação que esses dois elementos sofrem na rizosfera (GALVEZ et al. 1989).

Pesquisas conduzidas em Oxisolos, Ultisolos, Histosolos e outros têm mostrado que o Si é um elemento funcional para ambos os tipos de cultivo de arroz (JONES & HANDRECK, 1967). Os benefícios incluem aumentos expressivos na produção, prevenção de toxidade de Fe e Mn, e melhor

absorção de P. Além disto, SAVANT et al. (1997a) conduziram um extensivo estudo da literatura, documentando o impacto positivo da aplicação de Si em campos de arroz em condições subtropicais e tropicais, enquanto LIAN (1976) e ELAWAD & GREEN (1979) tem feito pesquisas para regiões de clima temperado no mundo.

Pesquisas têm demonstrado que a fertilização com Si aumentou a concentração de P na planta e nos grãos de arroz quando o P não foi aplicado por outra via. A eficiência de fertilização fosfatada foi melhorada quando aplicada em conjunto com uma fonte de Si. Nos casos de correção do solo, os dados têm mostrado que aplicações de Si em solos ácidos aumentaram o pH, reduzindo ou eliminando a necessidade de calagem SAVANT et al. (1997b).

Em adição à inibição de doenças fúngicas, o silício tem demonstrado capacidade de melhorar certos desbalanços minerais e outras doenças causadas por stress abiótico em plantas (EPSTEIN, 1994).

Estudos têm encontrado que o Silício pode reduzir ou prevenir a toxicidade por Ferro e Manganês e pode também produzir efeitos benéficos contra a toxidez por Alumínio (TISDALE et al., 1993).

O Si pode não afetar a absorção do Mn, mas pode interferir na sua distribuição pela planta Quando os níveis de Si na parede celular são baixos, o Mn tende a ser distribuído de forma não homogênea e se acumular em níveis tóxicos nas folhas. Contudo, níveis suficientes de Si parecem causar ao Mn melhor distribuição na parede celular da planta, prevenindo que se atinjam níveis tóxicos deste elemento por sua acumulação nas folhas Além disto, o Si tem demonstrado capacidade para minimizar o desbalanço nutricional entre o zinco e o fósforo (MARSCHNER, 1995).

Existem muitas outras vantagens na aplicação de Si. Por exemplo, seu efeito residual persiste por muito tempo. Ainda, aplicações anuais podem ser dispensadas. Em adição, o efeito residual pode reduzir aplicações subseqüentes consideravelmente após o primeiro tratamento (DATNOFF et al., 1997).

Economicamente, as aplicações de Si na rotação entre arroz e cana-de-açúcar nas áreas de agricultura dos Everglades (EAA) no sul da Flórida (EUA) têm resultado não somente no aumento da produção de arroz como também na cultura da cana de açúcar que foi produzida após a cultura do arroz (ALVAREZ et al., 1988).

No estabelecimento de cultura semiperene, como a cana-de-açúcar, a calagem adequada é importante, visto que um solo ácido comprometerá a produtividade das plantas por muito tempo (RAIJ et al., 1996). Este fato torna-se importante, porque a calagem superficial em lavouras em soqueiras exerce ação restrita na neutralização da acidez do solo em profundidade e sem efeito significativo na produção (SALATA et al., 1995).

Uma adequada utilização da prática da calagem, com maior relação benefício/custo, requer atenção não só no ano agrícola de sua aplicação, mas também em anos sucessivos, isto é, em seu efeito residual, beneficiando todo o ciclo das soqueiras, com maior longevidade e com aumento do intervalo entre as reformas do canavial.

Saliente-se que a escória de siderurgia é, atualmente, pouco usada na agricultura brasileira, contrariamente ao que ocorre nos Estados Unidos, Japão e China. Na literatura nacional, existem alguns trabalhos que tratam do uso desse resíduo como corretivo de acidez e sua relação com a resposta das culturas, especialmente as anuais, como arroz, sorgo e milho (PRADO et al., 2001). Segundo esses autores, em culturas semiperenes, como a cana-de-açúcar, inexistem pesquisas em condições de campo, em todo ciclo de produção (cana-planta e soqueiras), embora existam indicações favoráveis de aplicação desse resíduo (Figura 1) no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (1º e 2º corte) (PRADO & FERNANDES, 2001b).

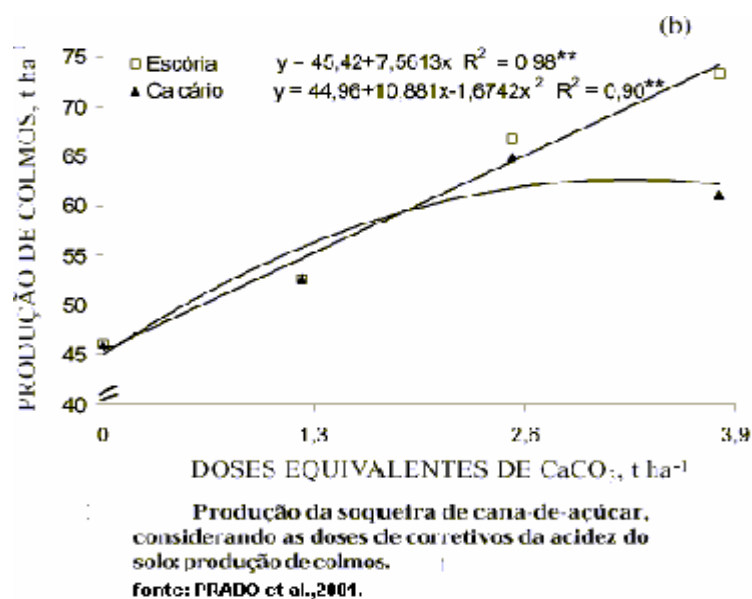


Figura 1 - Produção de colmos de cana utilizando escória e calcário

A cana-de-açúcar apresenta considerável potencial de resposta quanto à produção de açúcar e álcool, a partir do uso da escória de siderurgia, a exemplo do que ocorre na região da Flórida nos Estados Unidos (ELAWAD et al., 1982; ANDERSON et al., 1987). Além dos benefícios às culturas, existe a possibilidade da reciclagem de grande parte desse resíduo, contribuindo para diminuir os problemas ambientais de acúmulo desse material.

Em Taiwan, a escória de siderurgia aplicada em áreas cultivadas com arroz tem apresentado efeito residual prolongado (LIAN, 1992), bem como, no Havaí, em um sistema de rotação de culturas (cana-de-açúcar, milho e capim-desmodium), com um efeito residual favorável durante cinco anos, independentemente do pH inicial do solo: 5,5, 6,0 ou 6,5 (KHALID et al., 1978).

Desta forma, o silício, embora não seja considerado essencial, é benéfico à cana-de-açúcar, já que sua aplicação leva a incrementos na produção (RAID et al., 1992), reduzindo a taxa de senescência foliar, de forma que as folhas da cana-de-açúcar ficam fotossinteticamente ativas por mais tempo (PRADO & FERNANDES, 2000b). A aplicação do calcário não tem esse efeito, por não apresentar silício na sua composição.

Anderson et al. (1987) e ELAWAD et al. (1982) também obtiveram um efeito positivo da aplicação da escória de siderurgia na produção da cana-de-açúcar, na dosagem de $9,27 \text{ t.ha}^{-1}$, o efeito passou a ser quadrático, indicando um efeito depressivo em doses acima de 15 t.ha^{-1} em Histosolos dos Everglades (EUA).

2.3.6. O Silício e as condições do solo

A posição topográfica da cultura do arroz é geralmente determinada pelos recursos hídricos e solos ao qual é exposto. As duas principais categorias são geralmente distinguidas: sequeiro, e várzea. O arroz de sequeiro desenvolve-se em condições aeróbicas de solo em platôs e campos. A chuva é o único recurso hídrico. Solos altos são geralmente ácidos, intemperizados e erodidos (JUO & SANCHEZ, 1986).

Em contraste, ambientes para o arroz de várzea são pobremente drenados; praticamente todo o suprimento de água vem dos recursos hídricos, como os tipicamente encontrados em baixadas e campos.

Geralmente, estas posições topográficas capturam sedimentos aluviais, resultando em maior fertilidade. FOX et al. (1969) observaram interações entre posição topográfica, recursos hídricos, e ontogenia do solo influenciando a capacidade de suprimento de Si e os danos por doenças para cana de açúcar, outra cultura exigente em Si. Eles examinaram ao longo de um transepto em desnível no Hawaii. Eles encontraram aumento de Si movendo-se do ponto mais alto para as regiões de cota mais baixas. Os danos por doenças diminuíram na cultura no sentido da maior cota para a menor cota no mesmo transepto.

Pesquisas anteriores tinham estabelecido que aplicações de Si reduzem os danos por doenças, implicando que esta poderia ser a causa entre a variação de Si e danos por doenças através das terras altas para as terras baixas. O arroz cresce com similar transepto nos trópicos, e tipicamente, algumas doenças são expressas em maior incidência e

severidade em condições de cultivo de sequeiro que em várzeas. (FOX al., 1967).

2.3.7. O Silício e o Stress nas plantas

O silício pode reduzir o stress salino e reduzir a transpiração em plantas (EPSTEIN, 1994). Além disso, em cana de açúcar, há evidencia que o Si pode desempenhar importante papel na proteção de folhas dos danos da radiação ultravioleta por filtrar estes raios (TISDALE et al., 1993). Então, o silício tem demonstrado capacidade de combater o stress abiótico em muitos caminhos e maiores efeitos podem ser descobertos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do Experimento

O experimento foi implantado pela equipe do projeto Braquiarião/Nelore do grupo das agrárias do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA-USP) em área pertencente à Prefeitura do Campus Administrativo da USP (Figura 2), localizada no município de Pirassununga, SP (21°59' S e 47°26' W, 624 m de altitude), sendo o clima subtropical do tipo Cwa de Köppen (OLIVEIRA & PRADO, 1984). O período experimental foi de março de 2002 a junho de 2003.



Figura 2 - Visão parcial da área experimental, no método de lotação rotacionada

3.2. Área experimental

A área experimental utilizada corresponde a 16 piquetes de 35 m de largura e 90 m de comprimento (3150 m² cada – totalizando 5,04 ha), sendo que cada piquete foi denominado como unidade experimental (U.E.), na parcela denominada 01 (conforme Figura 3).

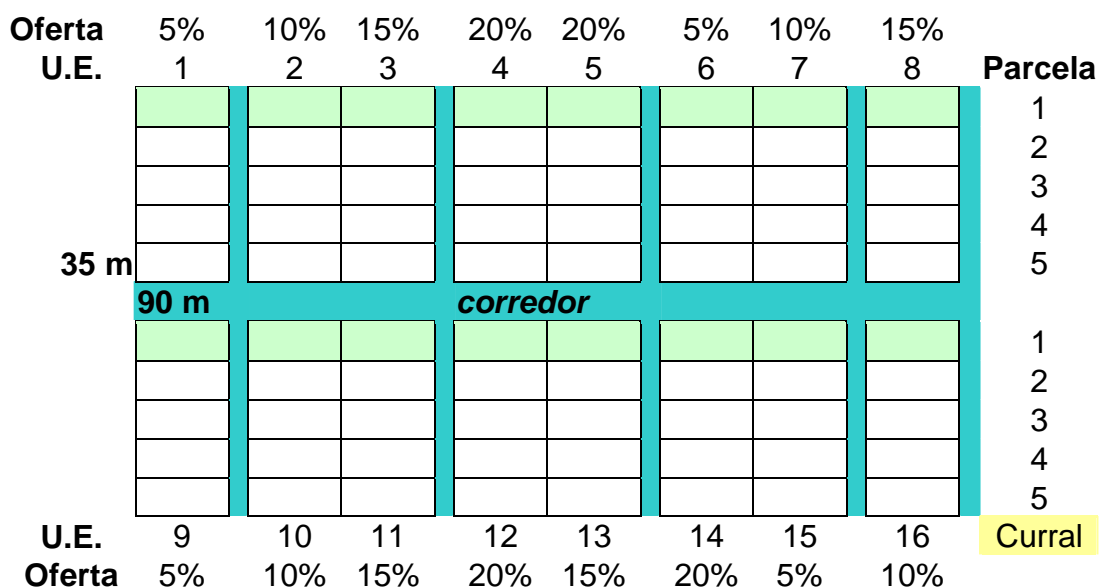


Figura 3 - Representação esquemática da área experimental

3.3. Amostragem do solo

A caracterização química do solo foi realizada em julho de 2001, utilizando-se o trado do tipo holandês, sendo realizadas amostragens de solo coletando-se sub-amostras, em três profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm), que depois de homogeneizadas foram analisadas suas características químicas, quanto aos teores de macro e micronutrientes no Laboratório de Solos da FZEA/USP, Pirassununga-SP.

3.4. Solo da área experimental

O solo da área de experimento é classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico, com as seguintes características químicas: pH (CaCl₂) = 5,3; M.O. = 19,9 g/kg; em mmolc/dm³ – K = 1,0; Ca = 22,6; Mg = 10,6; H+Al = 21,9; Al = TR; CTC = 56; V = 59,1 %; em mg/dm³ – P (resina) = 8,9; S = 4,1; B = 0,1; Cu = 2,2; Fe = 34,5; Mn = 4,3 e Zn = 0,6.

3.5. Produtos utilizados e dosagens

Após a realização da análise do solo, foi realizada no dia 13 de março de 2002 a correção inicial com Silicato de Cálcio com o nome comercial Recmix[®] (Tabela 1), em quatro doses: 0, 2,0, 4,0 e 6,0 ton.ha⁻¹ e, também, Calcário Magnésiano (por apresentar teores de CaO semelhantes ao Silicato), em quatro doses (0, 2,0, 4,0 e 6,0 ton.ha⁻¹) com a finalidade de isolar o efeito do cálcio nas parcelas onde se estudou o efeito do Si na planta nos tratamentos T5, T6, T7 e T8. (Conforme Figura 4)

Tabela 1 - Composição química das fontes utilizadas

	SiO ₂	CaO	MgO
	g kg ⁻¹		
Silicato de cálcio	232,2	367,0	94,3
C. magnésiano	-	365,0	90,0

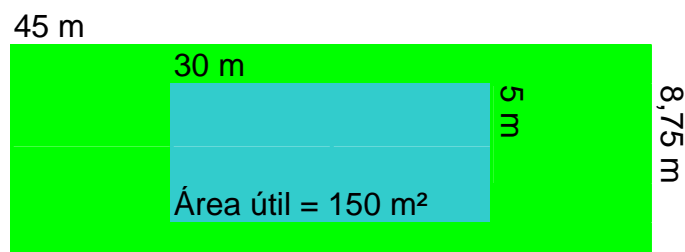
		solo	folha
35 m	8,75 m	T3	T5
	8,75 m	T1	T7
	8,75 m	T4	T4
	8,75 m	T2	T6
		45 m	45 m

Tratamentos:

T1	Testemunha
T2	2,0 ton.ha ⁻¹ de Silicato de Cálcio
T3	4,0 ton.ha ⁻¹ Silicato de Cálcio
T4	6,0 ton.ha ⁻¹ Silicato de Cálcio
T5	4,0 ton.ha ⁻¹ Silicato de Cálcio + 2,0 ton.ha ⁻¹ de Calcário Magnésiano
T6	2,0 ton.ha ⁻¹ Silicato de Cálcio + 4,0 ton.ha ⁻¹ de Calcário Magnésiano
T7	6,0 ton.ha ⁻¹ de Calcário Magnésiano

Figura 4 - Esquema de distribuição dos tratamentos por Unidade Experimental (U.E.)

Cada parcela experimental (U.E.) de 3150 m² foi dividida em oito subparcelas de 8,75 m de largura e 45 m de comprimento com 1,87 m de bordadura na largura e 7,50 m no comprimento totalizando 150 m² de área útil por tratamento (Figura 5).



Legenda

bordadura 
Área útil 

Figura 5 - Esquema das sub - parcelas das U.E..

3.6. Aplicação dos produtos

Os produtos foram aplicados com aplicador com dosador volumétrico tipo roseta e distribuidor tipo queda livre com acionamento hidráulico, com capacidade para 5 t. e largura de faixa de aplicação de 3 metros sem incorporação superficial (Figuras 6 e 7).



Figura 6 – Aplicação do produto



Figura 7 - Aplicador do produto

3.7. Uniformização das U.E.

Para a uniformização das parcelas experimentais, utilizou-se primeiramente animais numa taxa de lotação elevada e, a seguir, roçou-se até 20 cm de altura, com a utilização de roçadeira tratorizada, para minimizar a variação encontrada na altura do pasto após este pastejo intensivo.

3.8. Estimativa de massa de forragem no pré e pós pastejo

Durante todo o período experimental, dois dias antes da entrada dos animais nos piquetes, realizou-se a estimativa indireta da massa de forragem, utilizando-se o prato ascendente (rising plate mater) de alumínio (Figura 8), de fabricação neozelandesa, marca Ashgrove (CUNHA, 2002), sendo que, era realizado em conjunto com esta operação calibração do prato em 5 pontos de 1,0 m², espalhados por todo o experimento, com alturas diferentes, medindo-se com o prato em 40 repetições por ponto, e cortando com cutelo toda a planta acima do solo dentro deste quadrado (Figura 9).



Figura 8 - Prato ascendente.



Figura 9 - Colheita de material para estimativa de M.S..

Após a pesagem, as sub-amostras eram retiradas e levadas ao laboratório, colocadas em estufa de circulação forçada a 65° C durante 72 horas para determinação da porcentagem de massa seca e estimativa de produção de massa de forragem para a adequação da taxa de lotação no respectivo tratamento de oferta de forragem.

Para verificar a massa de forragem pós pastejo (massa seca residual), utilizou-se como medição uma régua graduada de 0 a 100 cm e uma folha de transparência (Figura 10), em substituição ao prato, seguindo o mesmo procedimento para a coleta de material para análise de M. S. no pré pastejo.

Para a determinação de produção de massa seca no pré e no pós pastejo, foram efetuadas determinações em 30 pontos (prato) e 10 pontos (régua) por tratamento, em média, dentro de cada unidade experimental (U.E.).



Figura 10 – Estimativa pós-pastejo

3.9. Adubação de Manutenção

Após a fase de uniformização das U.E., foi realizada a adubação fosfatada, usando como fonte o superfosfato simples (20 % P_2O_5) na dose de 498 kg.ha^{-1} ($90 \text{ kg } P_2O_5.\text{ha}^{-1}$), o adubo fosfatado foi aplicado em dose única no início da estação das chuvas.

Foram realizadas adubações nitrogenadas e potássicas de manutenção, parceladas e em cobertura, somente durante o período das chuvas, utilizando-se como fonte: Uréia (111 kg.ha^{-1} – 50 kg N.ha^{-1} .pastejo) e cloreto de potássio (41 kg.ha^{-1} – $25 \text{ kg } K_2O.\text{ha}^{-1}$.pastejo).

3.10. Método de Pastejo

O Método de pastejo utilizado foi o da lotação rotacionada, sendo sete dias de ocupação e vinte e oito dias de descanso, totalizando trinta e cinco dias de ciclo de pastejo para os três primeiros ciclos no verão e sete dias de ocupação e cinquenta e seis dias de descanso para o último período de avaliação (inverno).

3.11. Delineamentos experimentais

3.11.1. Delineamento experimental para a avaliação do silício no solo

3.11.1.1. Delineamento experimental para atributos químicos de solo 1

O delineamento experimental foi em blocos completos e ao acaso e o experimento e esquema fatorial 4×4 com parcelas subdivididas no tempo (45, 90 e 365 dias) compostos de quatro ofertas de forragem (5%, 10%, 15% e 20% - $\text{kg de massa seca}/100 \text{ kg de peso animal.dia}^{-1}$) e de quatro níveis de Silicato de Cálcio (0, 2, 4 e 6 ton.ha^{-1}) com quatro repetições para cada

oferta. Sendo o fator A: Oferta de Forragem e o fator B: dose de Silicato de Cálcio, totalizando 16 unidades experimentais (U.E.) com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \gamma_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + \pi_k + \gamma\pi_{ik} + \beta\pi_{jk} + \gamma\beta\pi_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} = variáveis dependentes: atributos químicos de solo, folha e produção de massa seca, nas ofertas i , nos tratamentos j e nas épocas k ;

μ = média da população;

γ_i = efeito da oferta i , em que $i = 1, 2, 3, 4$;

β_j = efeito do tratamento j , em que $j = 1, 2, 3, 4$;

ε_{ij} = erro aleatório associado a cada observação ij ;

π_k = efeito da época k , em que $k = 1, 2, 3, 4$;

$\gamma\pi_{ik}$ = efeito da interação entre oferta i e época k ;

$\beta\pi_{jk}$ = efeito da interação entre tratamento j e época k ;

$\gamma\beta\pi_{ijk}$ = efeito da interação tripla entre oferta i , tratamento j e época k ;

ε_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação ijk .

Os tratamentos estão descritos na Tabela 2 e a análise da variância encontra-se na Tabela 3.

Tabela 2 - Tratamentos experimentais para análise do silício no solo

Tratamento	Doses de Silicato de Cálcio ton.ha ⁻¹
T1	0
T2	2
T3	4
T4	6

Tabela 3 - Análise da variância para os parâmetros de atributos químicos de solo 1

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Blocos	3
Oferta de Forragem (OF)	3
Tratamento (T)	3
Resíduo (a)	54
Parcelas	63
Épocas de amostragem (EA)	2
OF x T	9
OF x EA	6
T x EA	6
OF x T x EA	18
Resíduo (b)	87
Total	191

Para a análise química do solo, foram considerados os tratamentos de 1 a 4, onde foram coletadas amostras aos 45 dias, 90 dias e 365 dias após a aplicação. O material coletado nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm de profundidade foi seco à sombra e após retiradas alíquotas de 500 g foi levado para análise de macro e micronutrientes no Laboratório de Solos do Departamento de Agrárias da FZEA-USP em Pirassununga,SP

3.11.1.2. Delineamento experimental para atributos químicos de solo 2

O delineamento experimental foi em blocos completos e ao acaso e o experimento um esquema fatorial 4 x 5, aos 365 dias, compostos de quatro ofertas de forragem (5%, 10%, 15% e 20% - kg de massa seca/100 kg de peso animal.dia⁻¹) e de quatro níveis de Silicato de Cálcio (0, 2, 4 e 6 ton.ha⁻¹) e um nível de calcário magnesiano (6,0 ton.ha⁻¹), com quatro repetições para cada oferta. Sendo o fator A: Oferta de Forragem e

o fator B: dose de Silicato de Cálcio e Calcário magnesiano, totalizando 20 unidades experimentais (U.E.) e os tratamentos estão descritos na Tabela 4 e a análise de variância encontra-se na Tabela 5.

Tabela 4 - Tratamentos experimentais para análise do silício no solo

Tratamento	S. de Cálcio ton.ha⁻¹	C. Magnesiano ton.ha⁻¹
T1	0	0
T2	2	0
T3	4	0
T4	6	0
T5	0	6

Tabela 5 - Análise da variância para os parâmetros de atributos químicos de solo 2

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Blocos	3
Oferta de Forragem (OF)	3
Tratamento (T)	4
Resíduo (a)	9
Parcelas	19
OF x T	12
Resíduo (b)	28
Total	59

Para este delineamento experimental foram aproveitadas as mesmas amostras do delineamento experimental para atributos químicos de solo anterior, acrescido das amostras provenientes do tratamento que recebeu 6,0 ton.ha⁻¹ coletadas nas três profundidades analisadas.

3.11.2. Delineamento experimental para a avaliação dos atributos químicos, bromatológicos e de produção de massa seca na planta

O delineamento experimental foi em blocos completos e ao acaso em esquema fatorial 4 x 4 em parcelas subdivididas no tempo (45 e 365 dias) compostos de quatro ofertas de forragem (5%, 10%, 15% e 20% - kg de massa seca/100 kg de peso animal.dia⁻¹) e de quatro níveis de Silicato de

Cálcio e o Calcário Magnesiano ($0 + 6 \text{ ton.ha}^{-1}$, $4 + 2 \text{ ton.ha}^{-1}$, $2 + 4 \text{ ton.ha}^{-1}$ e $6 + 0 \text{ ton.ha}^{-1}$), conforme a Tabela 6, sendo o calcário empregado para equilibrar os níveis de CaO entre os tratamentos, com quatro repetições para cada oferta. Sendo o fator A: Oferta de Forragem e o fator B: dose de Silicato de Cálcio + Calcário Magnesiano, totalizando 16 unidades experimentais (U.E.). e as análises da variância encontram-se nas Tabelas 7, 8 e 9.

Tabela 6 – Resultado da interação para análise química na planta

Tratamento	S. de Cálcio ton.ha⁻¹	C. Magnesiano ton.ha⁻¹
T1	0	6
T2	2	4
T3	4	2
T4	6	0

Tabela 7 - Análise da variância para os parâmetros de produção de massa seca

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Blocos	3
Oferta de Forragem (OF)	3
Tratamento (T)	6
Resíduo (a)	100
Parcelas	111
Épocas de amostragem (EA)	3
OF x T	18
OF x EA	9
T x EA	18
OF x T x EA	54
Resíduo (b)	42
Total	255

Tabela 8 - Análise da variância para os parâmetros de composição química da planta

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Blocos	3
Oferta de Forragem (OF)	3
Tratamento (T)	3
Resíduo (a)	54
Parcelas	63
Épocas de amostragem (EA)	1
OF x T	9
OF x EA	3
T x EA	3
OF x T x EA	9
Resíduo (b)	39
Total	127

Para a análise química foliar, foram considerados os tratamentos 5, 6, 7 e 8, onde foram coletadas amostras aos 45 dias e 360 dias após o início do experimento, para os atributos químicos de folha, coletando-se a 3ª folha madura completamente expandida (MALAVOLTA, 1986), totalizando em torno de 350 g de material verde por amostra

Tabela 9 - Análise da variância para os parâmetros bromatológicos da planta

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Blocos	3
Oferta de Forragem (OF)	3
Tratamento (T)	6
Resíduo (a)	99
Parcelas	111
Épocas de amostragem (EA)	1
OF x T	9
OF x EA	3
T x EA	6
OF x T x EA	18
Resíduo (b)	187
Total	223

Para a análise bromatológica, foram considerados os mesmos tratamentos para fins de avaliação de produção de massa seca em dois períodos de avaliação (fevereiro/2003 e abril/2003), onde efetuou-se amostragem do material da parte aérea da planta (haste + folha), estimando-se a altura média de corte para cada oferta de forragem (5% = 10 cm, 10% = 20 cm, 15% = 30 cm e 20% = 40 cm, em média) e coletou-se 5 sub-amostras por tratamento, totalizando em torno de 500 g de material verde, colhidos com o auxílio do cutelo. Todos estes materiais foram homogeneizados e a seguir encaminhados para secagem em estufa de circulação forçada a 65° C por 72 horas, após isto, os materiais foram moídos em moinho tipo Willey, armazenados e identificados.

3.12. Cronograma de coleta de dados

O experimento se desenvolveu durante 15 meses e foram estabelecidos três períodos para a análise química do solo (45, 90 e 365 dias), dois períodos para as análises químicas foliares e bromatológicas (45 e 365 dias) e quatro avaliações de produção de massa seca (pré, pós, taxa de acúmulo diário e produção relativa) nos ciclos de pastejo compreendido entre os meses de fevereiro de 2003 a junho de 2003, obedecendo 3 dias antes das entradas dos animais em cada ciclo para a coleta de dados de produção de massa seca pré pastejo e 1 dia após a saída dos animais para a avaliação da massa seca residual, conforme a Tabela 10.

Tabela 10 – Períodos de ocupação para produção de massa seca por ciclo

	Entrada dos animais	saída dos animais
Ciclo 1	03/02/2003	09/02/2003
Ciclo 2	10/03/2003	16/03/2003
Ciclo 3	14/04/2003	20/04/2003
Ciclo 4	16/06/2003	22/06/2003

3.13. Análise estatística

A análise estatística dos dados experimentais foi realizada pelo modelo estatístico SAS (1989) e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,10$).

3.14. Métodos de análise de bromatologia, química das folhas e fertilidade do solo

As análises de bromatologia foram realizadas através das seguintes metodologias:

- Massa Seca (MS): segundo A.O.A.C. (1980);
- Proteína Bruta (PB): segundo o método micro-kjeldahl (A.O.A.C., 1980);
- Fibra em Detergente Neutro (FDN): segundo Goering & Van Soest (1970);
- Fibra em Detergente Ácido (FDA): segundo Goering & Van Soest (1970);
- Lignina: segundo Goering & Van Soest (1970);

As amostras de folha foram analisadas segundo EMBRAPA (1979):

- Nitrogênio: método microkjeldahl;
- Fósforo e Enxofre: método colorimétrico do vanadato-molibdato;
- Potássio: método de espectrofotometria de emissão;
- Ca, Mg, Fe, Mn e Zn : espectrofotometria de absorção atômica;

As amostras de solo foram analisadas conforme RAIJ et al (2001):

- Nitrogênio: método microkjeldahl;
- Fósforo e Enxofre: resina trocadora de íons;
- Potássio: método de espectrofotometria de emissão;
- Ca , Mg, Fe, Mn e Zn : espectrofotometria de absorção atômica;

Para a determinação de Silício no solo e na folha foi utilizado a extração por ácido acético (0,1 M) pelo método de Korndörfer et al (1999).

3.15. Dados climatológicos do período de avaliações para produção de massa seca e bromatologia

Tabela 11 - Variáveis climáticas observadas durante o período experimental

Mês/Ano	Precipitação total (mm)	Temperatura máx. média (°C)	Temperatura min. média (°C)
Janeiro/03	266,2	30,7	20,0
Fevereiro/03	217,0	31,7	19,6
Março/03	155,0	31,7	18,9
Abril/03	36,5	27,6	16,1
Mai/03	2,0	25,3	12,1
Junho/03	13,2	21,8	11,5

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Parâmetros químicos de avaliação de nutrientes na folha

No período de avaliação compreendido de 15/03/2002 a 15/06/2003 foram realizadas duas amostragens para análise dos nutrientes na planta aos 45 e 365 dias.

4.1.1. Nitrogênio

O teor do elemento Nitrogênio na folha não apresentou efeito significativo para tratamento ($p = 0,6185$), oferta ($p = 0,2815$), interação oferta x tratamento ($p = 0,9458$), interação dias x tratamento ($p = 0,8906$), interação dias x oferta ($p = 0,5259$) e da interação tripla dias x oferta x tratamento ($p = 0,6247$), mas teve variação ($p < 0,0001$) no efeito dias (Tabela 12).

Tabela 12 - Teor de Nitrogênio foliar (em g.kg^{-1}) em capim - braquiarião em duas épocas de avaliação (45 e 365 dias)

Época de avaliação (dias)	Nitrogênio g.kg^{-1}
45	16,8 ^a
365	10,5 ^b

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

O teor de Nitrogênio foliar variou de 16,8 a 10,5 g.kg^{-1} . Esses valores foram próximos aos citados na literatura para folhas de plantas normais, considerado como nível médio ou adequado por MALAVOLTA (1986). Existem duas hipóteses que podem explicar o ocorrido. A primeira refere-se ao efeito diluição, ou seja, a concentração dos nutrientes é diluída com maior crescimento da planta e a segunda hipótese é que sabendo-se que o tipo de folha define a sua idade que, por sua vez, constitui uma fonte de variação importante pode dificultar as interpretações do estado nutricional da planta (PRADO et al.,2001).

4.1.2. Fósforo

O teor do elemento Fósforo na folha não apresentou efeito significativo para interação oferta x tratamento ($p = 0,4925$), interação dias x tratamento ($p = 0,7111$), interação dias x oferta ($p = 0,2933$), interação tripla dias x oferta x tratamento ($p = 0,5512$), mas teve tendência para os tratamentos diferirem entre si ($p = 0,1135$) conforme a Figura 11 e 12 e resultados significativos para os efeitos de oferta ($p = 0,0093$) e época de amostragem em dias ($p < 0,0001$) conforme a Tabela 13.

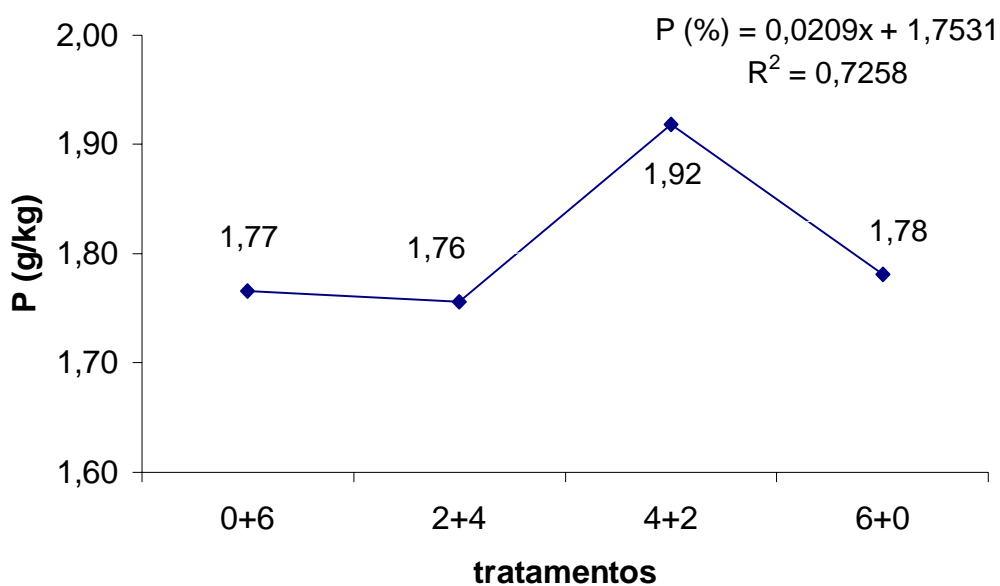


Figura 11 - Teor de Fósforo foliar (em g.kg^{-1}) em capim - braquiário sob quatro níveis de Silicato de Cálcio

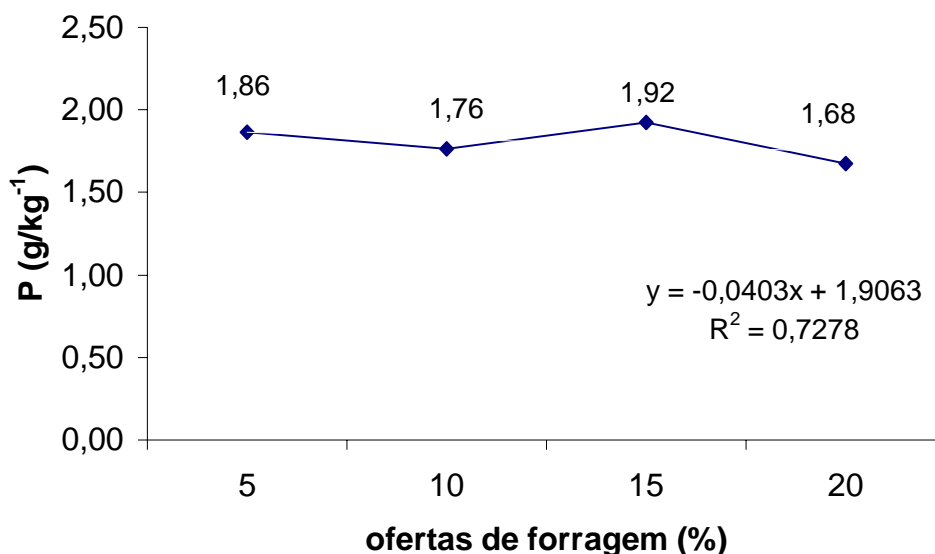


Figura 12 - Teor de Fósforo foliar (em g.kg⁻¹) em capim - braquiário em quatro ofertas de forragem

Tabela 13 - Teor de Fósforo foliar (em g.kg⁻¹) em capim - braquiário em duas épocas de avaliação (45 e 365 dias)

Época de avaliação (dias)	Fósforo g.kg ⁻¹
45	1,66 ^b
365	1,95 ^a

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os teores de Fósforo para cada oferta de forragem foi de 1,68 (20%) a 1,92 g.kg⁻¹ (15 %), sendo que as ofertas de 5, 10 e 15% não diferiram estatisticamente entre si, e a oferta de 20 % foi inferior às ofertas de 05 e 15 %, mas semelhante à oferta de 10 %, podendo essas diferenças serem explicadas pela menor formação de perfilhos, com folhas mais finas e alongadas em ofertas maiores e conseqüente menor quantidade do nutriente nas folhas mais novas.

Para o parâmetro época de avaliação, o valor variou de 1,66 (45 dias) a 1,95 g.kg⁻¹ (365 dias) demonstrando que a fertilização com Si aumentou a concentração de P na planta, conforme verificado por SAVANT et al. (1997a) em trabalhos com arroz.

4.1.3. Potássio

O teor do elemento Potássio na folha não apresentou efeito significativo para tratamento ($p = 0,9720$), oferta ($p = 0,2005$), interação oferta x tratamento ($p = 0,6730$), interação dias x tratamento ($p = 0,8812$), interação dias x oferta ($p = 0,3950$) e da interação tripla dias x oferta x tratamento ($p = 0,6659$), mas teve variação ($p < 0,0001$) no efeito dias (Tabela 14).

Tabela 14 - Teor de Potássio foliar (em g.kg^{-1}) em capim - braquiário em duas épocas de avaliação (45 e 365 dias)

Época de avaliação (dias)	Potássio g.kg^{-1}
45	1,81 ^a
365	1,31 ^b

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

O teor de Potássio foliar variou de 1,81 (45 dias) a 1,31 g.kg^{-1} (365 dias). Esses valores foram próximos aos citados na literatura para folhas de plantas normais considerado como nível adequado por MALAVOLTA (1986). Sendo que esta redução pode ser explicada pelo fato que na primeira época de avaliação, a área experimental ainda não havia recebido carga animal e conseqüente não havia exportação de nutrientes em relação à segunda época (365 dias), bem como, também, citado anteriormente, o efeito de diluição com o maior crescimento das plantas e idade das folhas amostradas.

4.1.4. Cálcio

O teor do elemento Cálcio na folha não apresentou efeito significativo para tratamento ($p = 0,5816$), oferta ($p = 0,4265$), interação oferta x tratamento ($p = 0,6975$), interação dias x tratamento ($p = 0,3230$), interação dias x oferta ($p = 0,4853$) e da interação tripla dias x oferta x tratamento ($p=0,8952$), sendo que teve variação ($p < 0,0001$) no efeito dias (Tabela 15).

Tabela 15 - Teor de Cálcio foliar (em g.kg⁻¹) em capim - braquiarião em duas épocas de avaliação (45 e 365 dias)

Época de avaliação (dias)	Cálcio g.kg ⁻¹
45	5,70 ^a
365	4,20 ^b

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

O teor de Cálcio foliar variou de 5,70 (45 dias) a 4,20 g.kg⁻¹ (365 dias). Esses valores foram próximos aos citados na literatura para folhas de plantas normais, considerado como nível adequado por MALAVOLTA (1986). Assim como ocorre com o elemento Potássio, existem duas hipóteses que podem explicar a diminuição do teor de Cálcio. A primeira refere-se ao efeito diluição, ou seja, a concentração dos nutrientes é diluída com maior crescimento da planta e a segunda hipótese é que sabendo-se que o tipo de folha define a sua idade que, por sua vez, constitui uma fonte de variação importante pode dificultar as interpretações do estado nutricional da planta (PRADO et al.,2001).

4.1.5. Magnésio

O teor do elemento Magnésio na folha não apresentou efeito significativo para tratamento ($p = 0,5816$), oferta ($p = 0,4265$), interação oferta x tratamento ($p = 0,6975$), interação dias x tratamento ($p = 0,3230$), interação dias x oferta ($p = 0,4853$), interação tripla dias x oferta x tratamento ($p = 0,8952$) e obtendo variação ($p = 0,0006$) no efeito dias (Tabela 16).

Tabela 16 - Teor de Magnésio foliar (em g.kg⁻¹) em capim - braquiarião em duas épocas de avaliação (45 e 365 dias)

Época de avaliação (dias)	Magnésio g.kg ⁻¹
45	3,60 ^a
365	3,10 ^b

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os valores de Magnésio na folha variaram de 3,60 (45 dias) a 3,10 g.kg⁻¹ (365 dias), sendo que estes valores, segundo MALAVOLTA (1986), estão inseridos em uma faixa de valores médios de teores para plantas normais, podendo esta diminuição ser explicada, pelo exposto anteriormente para os elementos K e Ca.

4.2. Parâmetros químicos de solo em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias)

No período de avaliação compreendido de 15/03/2002 a 15/06/2003 foram realizados três coletas de solo para fins de avaliação da fertilidade (45, 90 e 365 dias), sendo que estes resultados foram denominados como época de avaliação (Eav).

4.2.1. Análise dos parâmetros químicos de solo para a profundidade de 0 a 10 cm aos 45, 90 e 365 dias

4.2.1.1. pH

O valor do pH no solo não apresentou efeito significativo para tratamento ($p = 0,9113$), oferta ($p = 0,2836$), interação oferta x tratamento ($p = 1,0000$), interação dias x tratamento ($p = 0,3946$), interação tripla dias x oferta x tratamento ($p = 0,4959$) e obtendo variação ($p < 0,0001$) no efeito Eav (Tabela 17) e interação dias x oferta ($p = 0,0090$) conforme Figura 13.

Tabela 17 - Valor de pH em solo com capim - braquiarião em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 0 – 10 cm

Época de avaliação (EAv)	pH
45 dias (1)	4,45 ^b
90 dias (2)	4,75 ^b
365 dias (3)	4,97 ^a

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

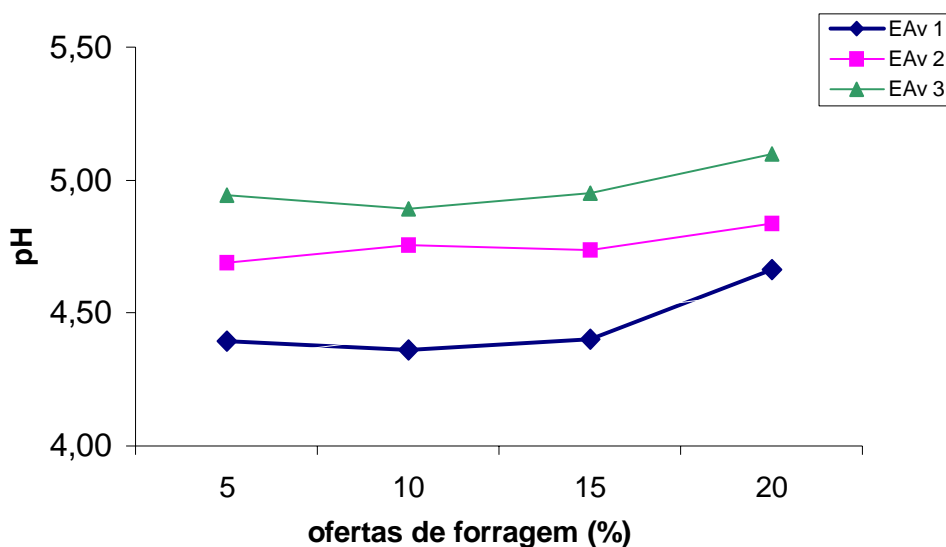


Figura 13 – Valores de pH em solo com capim - braquiarião em três épocas de amostragem (EAv), na profundidade de 0 – 10 cm

O valor médio de pH variou de 4,45 (EAv 1) para 4,97 (EAv 3), valores considerados de acidez alta segundo RAIJ et al. (1996), indicando um aumento de 11,68 % altamente significativo ($p < 0,0001$), não obtendo efeito significativo para o efeito tratamento ($p = 0,9113$) para o período de avaliação (365 dias)

Para a interação oferta x dias houve comportamento semelhante ao verificado para o efeito EAv, onde apesar de não diferirem estatisticamente entre si, as ofertas de forragem apresentaram valores crescentes da EAv 1 para a EAv 3.

4.2.1.2. Potássio

O teor de Potássio solo não apresentou efeito significativo para tratamento ($p = 0,4194$), oferta ($p = 0,4092$), interação oferta x tratamento ($p = 0,7736$), interação dias x tratamento ($p = 0,4660$), interação dias x oferta

($p = 0,4601$) e interação tripla dias x oferta x tratamento ($p = 0,8614$) e obtendo variação ($p < 0,0001$) no efeito Eav (Tabela 18).

Tabela 18 - Teor de Potássio em solo com capim - braquiário em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 0 – 10 cm

Época de avaliação (EAv)	Potássio $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$
45 dias (1)	1,26 ^b
90 dias (2)	1,35 ^b
365 dias (3)	2,06 ^a

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os teores obtidos variaram de 1,26 (EAv 1) para 2,06 $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ (EAv 3), valores considerados de baixo a médios (RAIJ et al., 1996) provavelmente em função das adubações potássicas realizadas entre a EAv 2 e EAv 3, visto que não houve diferenças significativas entre os tratamentos.

4.2.1.3. Cálcio

Para o Cálcio foram encontrados efeitos significativos para o efeito dos tratamentos ($p = 0,0340$), conforme Tabela 19 e época ($p < 0,0001$), conforme Tabela 20, não sendo encontrados efeitos significativos para os efeitos de oferta ($p = 0,7859$), interação tratamento x oferta ($p = 0,9998$), interação época x tratamento ($p = 0,1858$), interação época x oferta ($p = 0,2712$) e interação tripla época x tratamento x oferta ($p = 0,9778$).

Tabela 19 - Teor de Cálcio por tratamento em solo com capim - braquiário (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 0 – 10 cm

Tratamento $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$	Cálcio $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$
0	17,79 ^b
2	22,40 ^b
4	22,92 ^b
6	25,44 ^a

valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os valores variaram de 17,79 (testemunha) para 25,44 $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ (tratamento = 6 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$) representando um aumento nos teores de cálcio de 42,97 %, sendo que somente este tratamento diferiu estatisticamente dos demais ($p = 0,0213$) no período de avaliação e estes valores estão situados na faixa de teores altos (MALAVOLTA, 1986). PRADO et al. (2001) encontraram respostas semelhantes à aplicação de silicato de cálcio em cana de açúcar, utilizando escória de aciária em Latossolo Vermelho Amarelo Alumínico.

Tabela 20 – Teor de Cálcio em solo com capim - braquiarião em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 0 – 10 cm

Época de avaliação (EAv)	Cálcio $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$
45 dias (1)	17,37 ^c
90 dias (2)	21,53 ^b
365 dias (3)	27,50 ^a

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os valores obtidos variaram de 17,37 (EAv 1) para 27,50 $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ (EAv 3) indicando um aumento nos teores de Cálcio em todos os tratamentos ($p < 0,0001$) em 58,31%, indicando uma ação positiva da aplicação do silicato de cálcio para o período de avaliação.

4.2.1.4. Magnésio

O teor de Magnésio solo não apresentou efeito significativo para tratamento ($p = 0,1859$), oferta ($p = 0,1808$), interação oferta x tratamento ($p = 0,3641$), interação dias x oferta ($p = 0,1326$), interação dias x tratamento ($p = 0,3641$) e interação tripla dias x oferta x tratamento ($p = 0,4865$) e obtendo variação ($p < 0,0001$) no efeito Época (Tabela 21).

Tabela 21 - Teor de Magnésio em solo com capim - braquiarião em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 0 – 10 cm

Época de avaliação (EAv)	Magnésio $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$
45 dias (1)	4,59 ^a
90 dias (2)	5,89 ^b
365 dias (3)	6,50 ^b

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os valores obtidos variaram de 4,59 (EAv 1) para 6,50 $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ (EAv 3) indicando um aumento nos teores de Magnésio em todos os tratamentos, e apesar dos valores médios dos tratamentos indicarem uma tendência à resposta positiva em comparação com a testemunha, era esperado que não houvesse um efeito positivo dos tratamentos com silicato de cálcio por este apresentar um baixo teor de magnésio que pudesse interferir nos resultados mesmo nas doses empregadas no experimento, sendo estes teores de Magnésio considerados médios (4,0 - 8,0 $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$), segundo MALAVOLTA et al. (1986).

4.2.1.5. Porcentagem de saturação por bases (V%)

A porcentagem de saturação por bases (V%) do solo na profundidade de 0 – 10 cm não apresentou efeito significativo para tratamento ($p = 0,2898$), oferta ($p = 0,5856$), interação oferta x tratamento ($p = 1,000$), interação época x tratamento ($p = 0,4777$), interação época x oferta ($p = 0,8227$) e interação tripla época x oferta x tratamento ($p = 0,9933$) e obtendo variação ($p < 0,0001$) para o efeito época (Tabela 22).

Tabela 22 - Porcentagem de saturação por bases (V%) em solo com capim - braquiarião em três épocas de avaliação, na profundidade de 0 – 10 cm

Época de avaliação (EAv)	V %
45 dias (1)	41,73 ^b
90 dias (2)	42,17 ^b
365 dias (3)	52,10 ^a

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os valores obtidos variaram de 41,73 (EAv 1) para 52,10 % (EAv 3), sendo estes valores enquadrados como médios (RAIJ et al., 1996), indicando um aumento nas porcentagens de saturação em bases (V%) de 24,87 % , comprovando os efeitos positivos da aplicação do silicato de cálcio após 365 dias, sendo estes efeitos positivos relatados por SNYDER et al. (1986), PRADO et al. (2001) e FOX et al. (1967).

4.2.1.6. Hidrogênio + Alumínio (H + Al)

Para os teores de H + Al , não houveram diferenças estatísticas para os efeitos de tratamento ($p = 0,8780$), oferta ($p = 0,5199$), interação tratamento x oferta ($p = 1,0000$), interação época x oferta ($p = 0,8410$), interação época x tratamento ($p = 0,7848$) e interação tripla época x tratamento x oferta ($p = 0,9978$), obtendo efeito significativo para o efeito época ($p < 0,0001$), conforme a Tabela 23.

Tabela 23 - Teor de Hidrogênio + Alumínio em solo com capim - braquiário em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 0 – 10 cm

Época de avaliação (EAv)	H + Al $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$
45 dias (1)	40,25 ^a
90 dias (2)	34,52 ^b
365 dias (3)	32,03 ^b

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os valores de H + Al variaram de 40,25 (EAv 1) para 32,03 $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ (EAv 3), sendo estes valores considerados médios (RAIJ et al., 1996), representando uma diminuição altamente significativa ($p < 0,0001$), dentro do período de avaliação, indicando uma possível ação positiva da aplicação do silicato de cálcio, na redução dos teores de H + Al, ou seja, atuando como corretivo da acidez do solo.

4.2.2. Análise dos parâmetros químicos de solo para a profundidade de 10 a 20 cm aos 45, 90 e 365 dias

4.2.2.1. pH

O valor do pH no solo não apresentou efeito significativo para tratamento ($p = 0,9458$), oferta ($p = 0,2420$), interação oferta x tratamento ($p = 1,0000$), interação dias x tratamento ($p = 0,5617$), interação tripla dias x oferta x tratamento ($p = 0,8840$) e obtendo variação ($p < 0,0001$) no efeito Eav (Tabela 24) e interação dias x oferta ($p = 0,0507$), conforme Figura 16.

Tabela 24 - Valor de pH em solo com capim - braquiário em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 10 – 20 cm

Época de avaliação (EAv)	pH
45 dias (1)	4,47 ^b
90 dias (2)	4,77 ^a
365 dias (3)	4,95 ^a

valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si

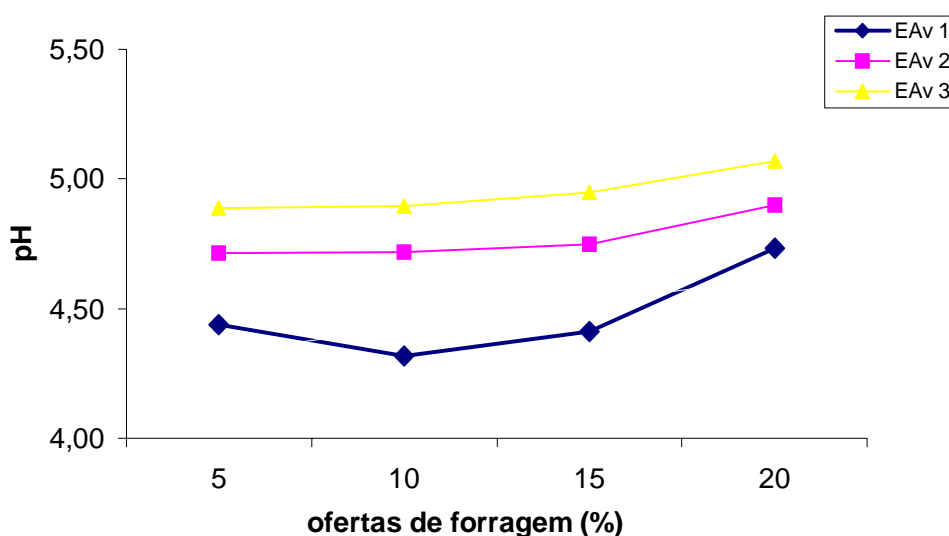


Figura 14 – Valores de pH em solo com capim - braquiário em três épocas de amostragem (EAv), na profundidade de 10 – 20 cm

O valor médio de pH variou de 4,47 (EAv 1) para 4,95 (EAv 3), indicando um aumento proporcional no decorrer do experimento na ordem de 10,61 % ($p < 0,0001$), indicando uma melhoria dos teores de pH para o capim - braquiarião, situando estes valores em padrões ótimos de pH para a cultura em estudo, segundo WERNER et al. (1996), indicando ação corretiva na camada de 10 – 20 cm do solo.

Para a interação oferta x dias houve um comportamento semelhante ao verificado para o efeito EAv, onde apesar de não diferirem estatisticamente entre si, as ofertas de forragem apresentaram valores crescentes da EAv 1 para a EAv 3.

4.2.2.2. Potássio

O teor de Potássio solo não apresentou efeito significativo para tratamento ($p = 0,7348$), oferta ($p = 0,3841$), interação dias x tratamento ($p = 0,7263$), interação oferta x tratamento ($p = 0,9742$), interação dias x oferta ($p = 0,8273$) e interação tripla dias x oferta x tratamento ($p = 0,7109$) e obtendo variação ($p = 0,0247$) no efeito Eav (Tabela 25).

Tabela 25 - Teor de Potássio em solo com capim - braquiarião em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 10 – 20 cm

Época de avaliação (EAv)	Potássio $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$
45 dias (1)	1,05 ^b
90 dias (2)	1,11 ^b
365 dias (3)	1,42 ^a

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os valores obtidos aumentaram de 1,05 (EAv 1) para 1,42 $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ (EAv 3), valores considerados baixos (RAIJ et al., 1996), provavelmente em função das adubações potássicas realizadas entre a EAv 2 e EAv 3, visto que não houve diferenças significativas entre os tratamentos.

4.2.2.3. Cálcio

O teor de Cálcio solo não apresentou efeito significativo para tratamento ($p = 0,7427$), oferta ($p = 0,7113$), interação oferta x tratamento ($p = 0,9991$), interação dias x tratamento ($p = 0,3980$), interação dias x oferta ($p = 0,3136$) e interação tripla dias x oferta x tratamento ($p = 0,5948$) e obtendo variação ($p < 0,0001$) no efeito Eav (Tabela 26).

Tabela 26 - Teor de Cálcio em solo com capim - braquiarião em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 10 – 20 cm

Época de avaliação (EAv)	Cálcio $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$
45 dias (1)	16,20 ^b
90 dias (2)	20,70 ^a
365 dias (3)	22,60 ^a

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os valores obtidos variaram de 16,20 (EAv 1) para 22,60 $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ (EAv 3) indicando um aumento nos teores de Cálcio de 39,47 % ($p < 0,0001$), conduzindo os teores de cálcio do experimento, para esta profundidade, do nível baixo para o nível médio para alto, segundo MALAVOLTA (1986).

4.2.2.4. Magnésio

O teor de Magnésio solo não apresentou efeito significativo para tratamento ($p = 0,4770$), oferta ($p = 0,1491$), interação oferta x tratamento ($p = 0,9999$), época ($p = 0,5155$), interação dias x oferta ($p = 0,2349$), interação dias x tratamento ($p = 0,1814$), interação tripla dias x oferta x tratamento ($p = 0,8180$), e os valores médios obtidos por tratamento em ordem de grandeza estão demonstrados na Tabela 27

Tabela 27 - Teor de Magnésio por tratamento em solo com capim - braquiarião na profundidade de 10 – 20 cm

Tratamento ton.ha ⁻¹	Magnésio mmol _c dm ⁻³
0	4,10 ^a
2	4,48 ^a
4	4,75 ^a
6	4,54 ^a

valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os teores de magnésio variaram de 4,10 a 4,75 mmol_cdm⁻³, situados na faixa de fertilidade considerada baixa (Mg < 8,0 mmol_cdm⁻³), segundo WERNER et al. (1996).

4.2.2.5. Porcentagem de saturação por bases (V%)

A porcentagem de saturação por bases (V%) do solo na profundidade de 10 – 20 cm não apresentou efeito significativo para tratamento (p = 0,8118), oferta (p = 0,5849), interação oferta x tratamento (p = 1,0000), interação dias x tratamento (p = 0,6392), interação dias x oferta (p = 0,6639) e interação tripla dias x oferta x tratamento (p = 0,8369), obtendo variação (p < 0,0001) no efeito Eav (Tabela 28).

Tabela 28 - Porcentagem de saturação por bases (V%) em solo com capim - braquiarião, na profundidade de 10 – 20 cm

Época de avaliação (EAv)	V %
45 dias (1)	40,34 ^b
90 dias (2)	40,70 ^b
365 dias (3)	46,59 ^a

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os valores obtidos variaram de 40,34 (EAv 1) para 46,59 % (EAv 3), valores considerados baixos segundo RAIJ et al. (1996), indicando um aumento significativo (p < 0,0001) nas porcentagens de saturação em bases (V%) em 15,49%, e apesar dos valores médios dos tratamentos indicarem uma tendência à resposta positiva em comparação com a testemunha, era

esperado que houvesse um efeito positivo dos tratamentos com silicato de cálcio por este apresentar um alto teor de cálcio que pudesse interferir no aumento dos teores de V %, pois, resultados positivos foram encontrados por outros autores, para esta profundidade (PRADO et al., 2001).

4.2.2.6. Hidrogênio + Alumínio (H + Al)

Para os teores de H + Al não foram obtidos efeitos significativos para tratamento ($p = 0,9306$), oferta ($p = 0,5362$), interação tratamento x oferta ($p = 1,0000$), interação época x tratamento ($p = 0,9213$), interação época x oferta ($p = 0,9205$) e interação tripla época x tratamento x oferta ($p = 0,9897$), obtendo-se diferença estatística para o efeito época ($p < 0,0001$), conforme Tabela 29.

Tabela 29 - Teor de Hidrogênio + Alumínio em solo com capim - braquiarião em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 10 – 20 cm

Época de avaliação (EAv)	H + Al $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$
45 dias (1)	40,25 ^a
90 dias (2)	34,33 ^b
365 dias (3)	32,39 ^b

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os teores de H + Al variaram de 40,25 (EAv 1) para 32,39 $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ (EAv 3), com efeito altamente significativo ($p < 0,0001$), dentro do período experimental, mas não foi detectado diferenças significativas pelo teste de Tukey para os tratamentos ($p = 0,9306$).

4.2.3. Análise dos parâmetros químicos de solo para a profundidade de 20 a 40 cm aos 45, 90 e 365 dias

4.2.3.1. pH

O valor do pH no solo não apresentou efeito significativo para tratamento ($p = 0,8799$), oferta ($p = 0,1651$), interação oferta x tratamento ($p = 1,0000$), interação dias x tratamento ($p = 0,5719$), interação dias x oferta ($p = 0,9117$), interação tripla dias x oferta x tratamento ($p = 0,6890$) e obtendo variação para época ($p < 0,0001$) conforme Tabela 30.

Tabela 30 - Valor de pH em solo com capim - braquiarião em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 20 – 40 cm

Época de avaliação (EAv)	pH
45 dias (1)	4,32 ^c
90 dias (2)	4,62 ^b
365 dias (3)	4,83 ^a

médias seguidas por letra iguais não diferem entre si estatisticamente

O valor médio de pH variou de 4,32 (EAv 1) para 4,83 (EAv 3) indicando um aumento de 11,92 % , valor altamente significativo ($p < 0,0001$), indicando uma ação positiva do silicato de cálcio no experimento, durante o período de avaliações, mas não detectado estatisticamente o efeito dos tratamentos, pelo teste de Tukey .

4.2.3.2. Potássio

O teor de Potássio no solo não apresentou efeito significativo para tratamento ($p = 0,1224$), oferta ($p = 0,9277$), época ($p = 0,6054$), interação oferta x tratamento ($p = 0,8596$), interação dias x oferta ($p = 0,9139$), interação tripla dias x oferta x tratamento ($p = 0,9643$) e interação dias x tratamento ($p = 0,4507$), sendo os valores médios por tratamento indicados na Tabela 31.

Tabela 31 - Teor de Potássio por tratamento em solo com capim - braquiário, na profundidade de 20 – 40 cm

Tratamento ton.ha ⁻¹	Potássio mmol _c dm ⁻³
0	0.82 ^a
2	0.91 ^a
4	0.95 ^a
6	1.05 ^a

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os valores obtidos variaram de 0,82 (0) para 1,05 mmol_cdm⁻³ (6), teores considerados baixos (RAIJ et al., 1996), indicando um aumento de 28,81 % ($p = 0,1281$) em relação à testemunha, mas não havendo um aumento dos teores em relação às épocas de avaliação ($p = 0,6054$), apesar de terem sido efetuadas adubações potássicas entre o EAv 2 e EAv 3, que poderiam interferir nos resultados globais por época de avaliação (Tabela 32).

Tabela 32 - Teor de Potássio por época de avaliação em solo com capim - braquiário, na profundidade de 20 – 40 cm

Época de Avaliação (dias)	Potássio mmol _c dm ⁻³
45	0.8922 ^a
90	0.9258 ^a
365	0.9788 ^a

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

4.2.3.3. Cálcio

O teor de Cálcio solo não apresentou efeito significativo para tratamento ($p = 0,8062$), oferta ($p = 0,6016$), interação oferta x tratamento ($p = 0,9961$), interação dias x tratamento ($p = 0,7829$), interação dias x oferta ($p = 0,4510$) e interação tripla dias x oferta x tratamento ($p = 0,2740$), obtendo variação ($p < 0,0001$) no efeito Eav (Tabela 33).

Tabela 33 - Teor de Cálcio em solo com capim - braquiarião em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 20 – 40 cm

Época de avaliação (EAv)	Cálcio $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$
45 dias (1)	11,00 ^b
90 dias (2)	13,70 ^b
365 dias (3)	16,64 ^a

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os valores obtidos variaram de 11,00 (EAv 1) para 16,64 $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ (EAv 3) indicando um aumento nos teores de Cálcio ($p < 0,0001$), da primeira época para a terceira, sendo estes teores médios situados na faixa de fertilidade considerados médios por MALAVOLTA (1986).

4.2.3.4. Magnésio

O teor de Magnésio solo não apresentou efeito significativo para tratamento ($p = 0,9631$), oferta ($p = 0,2397$), interação oferta x tratamento ($p = 0,9899$), interação dias x oferta ($p = 0,2349$), interação dias x tratamento ($p = 0,4699$) e interação tripla dias x oferta x tratamento ($p = 0,8874$), obtendo variação ($p < 0,0001$) no efeito Eav (Tabela 34).

Tabela 34 - Teor de Magnésio em solo com capim - braquiarião em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 20 – 40 cm

Época de avaliação (EAv)	Magnésio $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$
45 dias (1)	3,31 ^a
90 dias (2)	3,94 ^b
365 dias (3)	3,94 ^b

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os valores obtidos variaram de 3,31 (EAv 1) para 3,94 $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ (EAv 3) indicando um aumento significativo nos teores de Magnésio da primeira pra a terceira época, e apesar dos valores médios dos tratamentos indicarem uma tendência à resposta positiva em comparação com a testemunha, era esperado que não houvesse um efeito positivo dos

tratamentos com silicato de cálcio por este apresentar um baixo teor de magnésio que pudesse interferir nos resultados mesmo nas doses empregadas no experimento.

4.2.3.5. Porcentagem de saturação por bases (V%)

A porcentagem de saturação por bases (V%) do solo na profundidade de 20 – 40 cm não apresentou efeito significativo para tratamento ($p = 0,8823$), oferta ($p = 0,4241$), interação oferta x tratamento ($p = 0,9999$), interação dias x tratamento ($p = 0,7451$), interação dias x oferta ($p = 0,2790$) e interação tripla dias x oferta x tratamento ($p = 0,5822$), obtendo variação ($p < 0,0001$) no efeito Eav (Tabela 35).

Tabela 35 - Porcentagem de saturação por bases (V%) em solo com capim - braquiário em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 20 – 40 cm

Época de avaliação (EAv)	V %
45 dias (1)	32,72 ^a
90 dias (2)	31,11 ^a
365 dias (3)	38,36 ^b

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os valores obtidos variaram de 32,72 (EAv 1) para 38,36 % (EAv 3) valores considerados baixos, segundo RAIJ et al. (1996), indicando um aumento nas porcentagens de saturação em bases (V%) da primeira para a terceira época em 17,23 %, e apesar dos valores médios dos tratamentos indicarem uma tendência à resposta positiva em comparação com a testemunha, era esperado que houvesse um efeito positivo dos tratamentos com silicato de cálcio por este apresentar um alto teor de cálcio que pudesse interferir nos resultados de saturação de bases, uma vez que este age como corretivo da acidez do solo.

4.2.3.6. Hidrogênio + Alumínio (H + Al)

Para os teores de H + Al não foram obtidos efeitos significativos para tratamento ($p = 0,9498$), oferta ($p = 0,2912$), interação tratamento x oferta ($p = 0,9998$), interação época x tratamento ($p = 0,9332$), interação época x oferta ($p = 0,7976$) e interação tripla época x tratamento x oferta ($p = 0,8819$), obtendo-se diferença estatística para o efeito época ($p < 0,0001$), conforme Tabela 36.

Tabela 36 - Teor de Hidrogênio + Alumínio em solo com capim - braquiarião em três épocas de avaliação (45, 90 e 365 dias), na profundidade de 20 – 40 cm

Época de avaliação (EAv)	H + Al $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$
45 dias (1)	42,52 ^a
90 dias (2)	35,42 ^b
365 dias (3)	34,16 ^b

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os teores de H + Al variaram de 42,52 (EAv 1) para 34,16 $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ (EAv 3), valores considerados médios segundo RAIJ et al. (1996), com efeito altamente significativo ($p < 0,0001$), dentro do período experimental, mas não foram detectadas diferenças significativas pelo teste de Tukey para os tratamentos ($p = 0,9498$).

4.3. Parâmetros químicos de solo aos 365 dias

Para a avaliação dos atributos químicos de solo foi fixada a terceira época de avaliação (EAv 3), incluindo-se o tratamento que recebeu 6,0 ton.ha⁻¹ de Calcário Magnésiano, comparando-se os mesmos parâmetros do experimento anterior para fins de discussão dos resultados obtidos.

4.3.1. Parâmetros químicos de solo aos 365 dias, para a profundidade de 0 - 10 cm

4.3.1.1. pH

Para os valores de pH não foram encontrados valores significativos para os efeitos de oferta ($p = 0,8203$) e interação tratamento x oferta ($p = 0,9890$), obtendo-se diferença estatística para o efeito de tratamento ($p = 0,0008$), conforme Figura 15.

Os valores de pH variaram de 4,84 (testemunha) para 5,49 (tratamento com calcário magnésiano – 6 ton.ha⁻¹), sendo que o tratamento 2 não diferiu significativamente da testemunha, o tratamento 4 e 6 foram superiores à testemunha, mas não diferiram do tratamento 2 e o tratamento 0_6 foi o que mais se destacou estatisticamente em relação aos demais, conforme a Tabela 37.

Para as condições do experimento, a aplicação de calcário magnésiano foi a que apresentou a resposta mais efetiva para aumento do pH do solo, na profundidade de 0 – 10 cm aos 365 dias, não estando de acordo com os valores obtidos por PRADO et al. (2001), pois estes tiveram respostas á calagem semelhantes entre os dois corretivos utilizados para o mesmo período de avaliação, embora, neste delineamento com a inclusão deste tratamento (0_6), já foi possível obter respostas significativas do silicato de cálcio no solo, indicando sua ação de corretivo de acidez do solo.

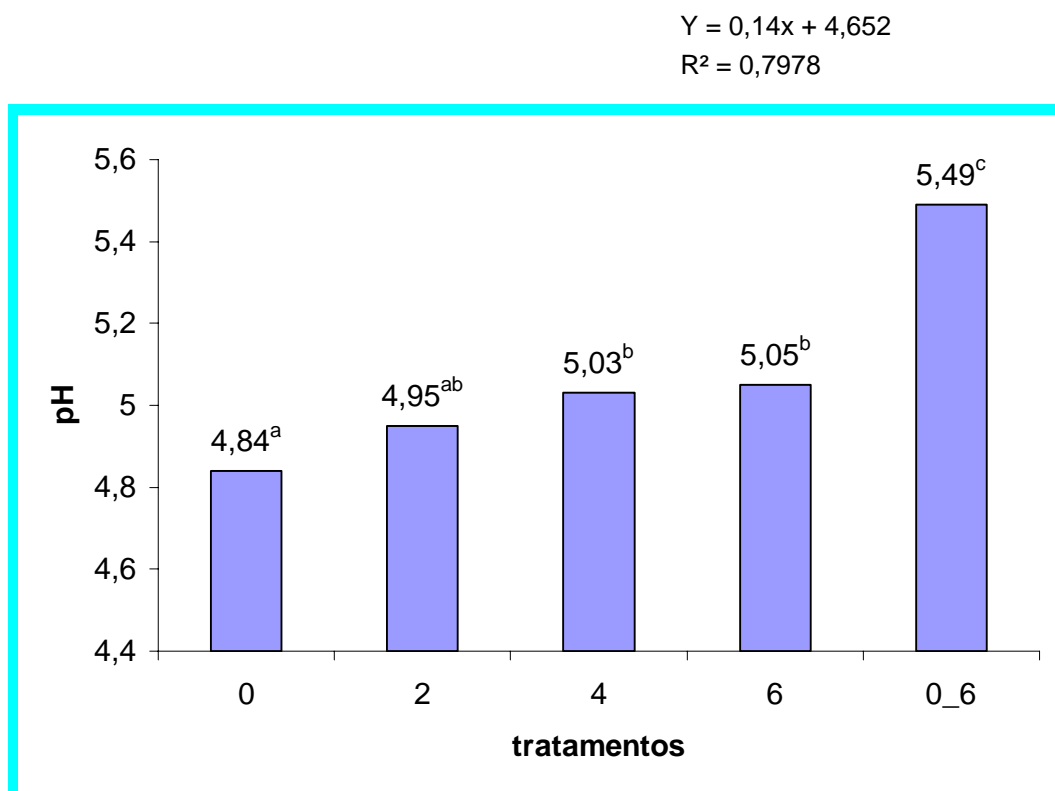


Figura 15 – Valor de pH em solo com capim - braquiarião, sob quatro ofertas de forragem e cinco tratamentos aos 365 dias, na profundidade de 0 – 10 cm

Tabela 37 - Valores de P ajustados pelo Teste de Tukey em solo com capim - braquiarião aos 365 dias, na profundidade de 0 – 10 cm, para pH

Efeito	Trat	x	Trat	Estimativa	Erro	FD	valor t	Pr > t	Paj
Trat	0		2	-0.1156	0.0730	48	-1.58	0.1198	0.5148
Trat	0		4	-0.1900	0.0711	48	-2.67	0.0103	0.0733
Trat	0		6	-0.2094	0.0854	48	-2.45	0.0180	0.1097
Trat	0		0_6	-0.6538	0.1472	48	-4.44	<.0001	0.0005
Trat	2		4	-0.0743	0.0754	48	-0.99	0.3289	0.8602
Trat	2		6	-0.0937	0.0874	48	-1.07	0.2892	0.8200
Trat	2		0_6	-0.5381	0.1453	48	-3.70	0.0005	0.0048
Trat	4		6	-0.0193	0.0866	48	-0.22	0.8240	0.9994
Trat	4		0_6	-0.4638	0.1459	48	-3.18	0.0026	0.0208
Trat	6		0_6	-0.4444	0.1436	48	-3.09	0.0033	0.0260

comparações entre tratamentos com valores de $P < 0,10$ diferem entre si estatisticamente

4.3.1.2. Potássio

Para os parâmetros de avaliação para o Potássio não foram encontrados efeitos significativos para os efeitos de oferta ($p = 0,8675$), tratamento ($p = 0,3603$) e interação oferta x tratamento ($p = 0,4344$) e os valores médios por tratamento estão expressos na Tabela 38.

Tabela 38 - Teores médios de Potássio por tratamento em solo com capim - braquiarião aos 365 dias, na profundidade de 0 – 10 cm

Tratamento	K mmol _c dm ⁻³
0	1.83 ^a
2	2.08 ^a
4	2.22 ^a
6	2.11 ^a
0_6	2.62 ^a

médias seguidas da mesma letra não diferem entre si estatisticamente

Os valores encontrados para o Potássio aos 365 dias variaram de 1,83 (testemunha) para 2,62 mmol_cdm⁻³ (tratamento 0_6), considerados como teores médios (RAIJ et al. 1996), não diferindo estatisticamente entre si ($p = 0,3603$).

4.3.1.3. Cálcio

Para os parâmetros de avaliação do elemento Cálcio foram encontrados diferenças estatísticas para o efeito tratamento ($p = 0,0009$), conforme a Figura 16 e não foram encontradas diferenças para os efeitos de oferta ($p = 0,9189$) e interação oferta x tratamento ($p = 0,9371$), sendo que os valores ajustados de P pelo Teste de Tukey para as médias dos tratamentos se encontram na Tabela 39.

Tabela 39 - Valores de P ajustado pelo Teste de Tukey em solo com capim - braquiarião, na profundidade de 0 -10 cm, para o Cálcio

Efeito	Trat	_Trat	Estimativa	Erro	FD	Valor t	Pr > t	Paj
Trat	0	2	-6.50	2.45	48	-2.65	0.0109	0.0776
Trat	0	4	-6.62	2.09	48	-3.17	0.0027	0.0213
Trat	0	6	-11.62	3.15	48	-3.69	0.0006	0.0050
Trat	0	0_6	-16.87	5.18	48	-3.25	0.0021	0.0170
Trat	2	4	-0.12	2.55	48	-0.05	0.9611	1.0000
Trat	2	6	-5.12	3.31	48	-1.55	0.1285	0.5382
Trat	2	0_6	-10.37	5.11	48	-2.03	0.0481	0.2686
Trat	4	6	-5.00	3.18	48	-1.57	0.1233	0.5243
Trat	4	0_6	-10.25	5.14	48	-1.99	0.0519	0.2848
Trat	6	0_6	-5.25	5.18	48	-1.01	0.3168	0.8487

comparações entre tratamentos com valores de $P < 0,10$ diferem entre si estatisticamente

$$y = 3,889x + 17,971$$

$$R^2 = 0,9475$$

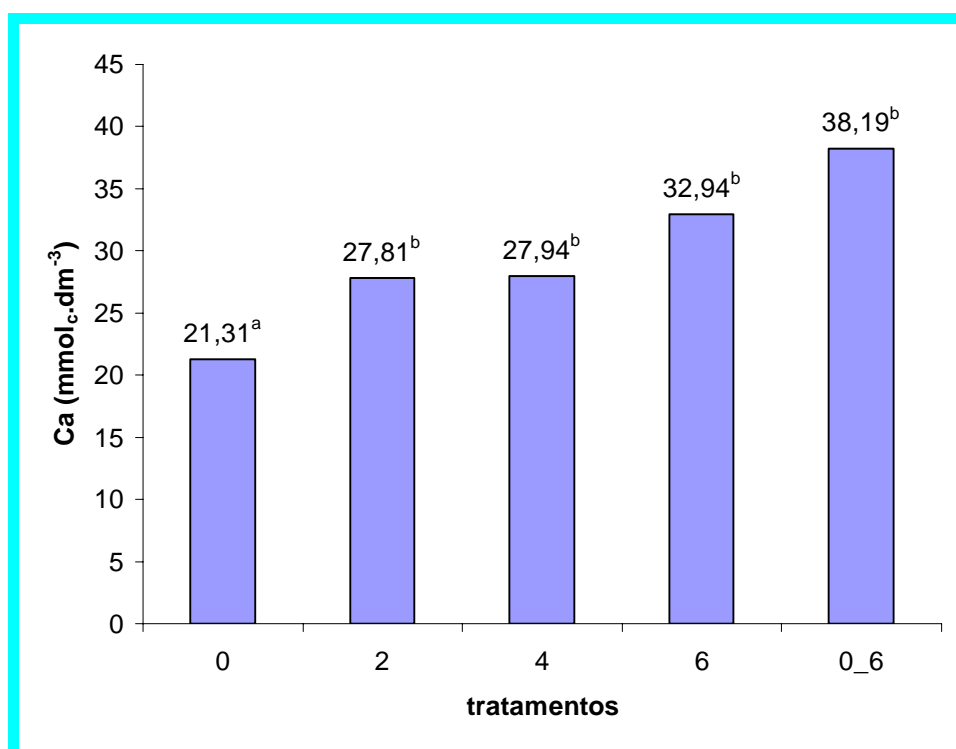


Figura 16 – Teores médios de Cálcio em solo com capim - braquiarião, sob cinco tratamentos e quatro ofertas aos 365 dias, na profundidade de 0 – 10 cm

Os teores de Cálcio variaram de 21,31 (testemunha) a 38,19 $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ (tratamento 0_6), e todos os tratamentos obtiveram diferença estatística em relação à testemunha, conforme a Tabela 38 supra citada, mas não entre si, para o período de avaliação.

Os valores encontrados situam -se em uma faixa considerada alta, segundo RAIJ et al. (1996), e no trabalho realizado por PRADO et al. (2001), as respostas à aplicação de silicato de cálcio e calcário foram semelhantes entre si na profundidade estudada, mas estes obtiveram respostas lineares ao aumento das dosagens dos materiais corretivos empregados, diferentemente do presente trabalho, se bem que, o período de avaliação deste trabalho foi menor do que o empregado por estes autores.

4.3.1.4. Magnésio

Para os parâmetros de avaliação dos teores de Magnésio foram encontrados efeitos significativos para tratamento ($p = 0,0268$), conforme Figura 17, sendo que as diferenças entre os tratamentos estão representadas na Tabela 40 e não foram encontrados efeitos significativos para o efeito oferta ($p = 0,8956$) e a interação oferta x tratamento ($p = 0,2773$).

Tabela 40 - Valores de P ajustado pelo Teste de Tukey em solo com capim - braquiarião, na profundidade de 0 -10 cm, para o Magnésio

Efeito	Trat	_Trat	Estimativa	Erro	FD	Valor t	Pr > t	Paj
Trat	0	2	-0.4375	0.3517	12	-1.24	0.2373	0.7276
Trat	0	4	-1.1250	0.3785	12	-2.97	0.0116	0.0718
Trat	0	6	-1.6875	0.9862	12	-1.71	0.1128	0.4631
Trat	0	0_6	-6.0625	2.4236	12	-2.50	0.0278	0.0545
Trat	2	4	-0.6875	0.3041	12	-2.26	0.0431	0.2227
Trat	2	6	-1.2500	0.9696	12	-1.29	0.2216	0.7024
Trat	2	0_6	-5.6250	2.2679	12	-2.48	0.0289	0.1597
Trat	4	6	-0.5625	0.9554	12	-0.59	0.5669	0.9742
Trat	4	0_6	-4.9375	2.2538	12	-2.19	0.0489	0.2468
Trat	6	0_6	-4.3750	2.8568	12	-1.53	0.1516	0.5632

comparações entre tratamentos com valores de P menores que 0,10 diferem entre si estatisticamente

$$y = 1,337x + 3,537$$

$$R^2 = 0,7535$$

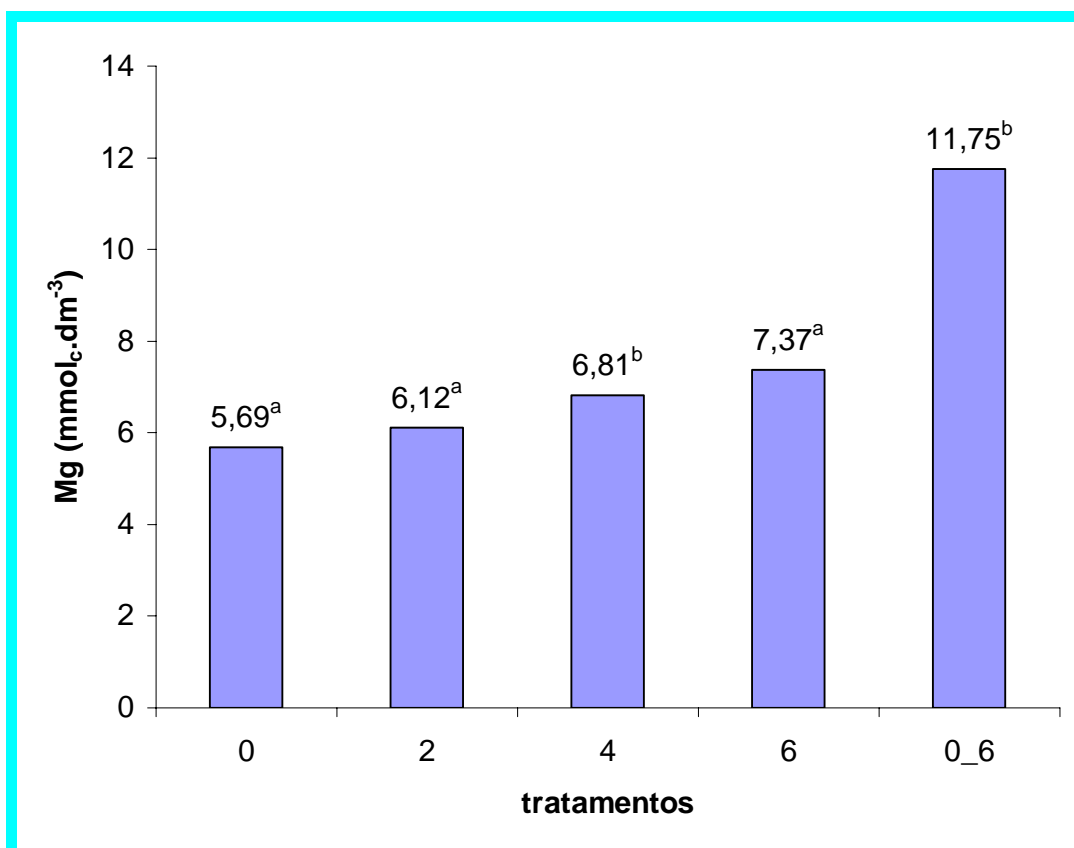


Figura 17 - Valores médios de Magnésio por tratamento em solo com capim - braquiaraõ, na profundidade de 0 -10 cm

Os valores de Magnésio, para a profundidade de 0 - 10 cm, variaram de 5,69 (testemunha) para 11,75 mmol_c.dm⁻³ (0_6), valores considerados altos (RAIJ et al., 1996), sendo que somente os tratamento 4 e 0_6 diferiram significativamente em relação á testemunha ($p = 0,0718$).

4.3.1.5. Porcentagem de saturação por bases (V%)

Para os parâmetros de avaliação do V% foram encontrados efeitos significativos para tratamento ($p < 0,0001$), conforme a Figura 18, não sendo significativos os efeitos de oferta ($p = 0,8300$) e interação oferta x tratamento ($p = 0,2158$), e as diferenças entre os tratamentos estão descritas na Tabela 41.

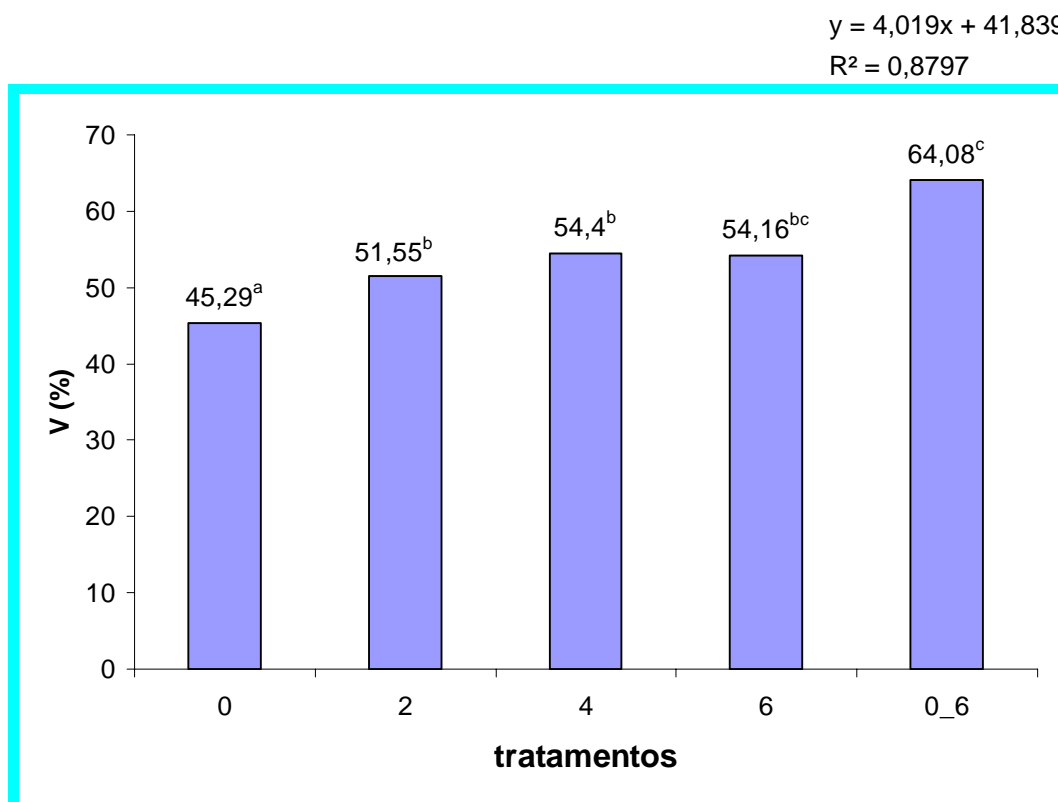


Figura 18 - Valores de V % em solo com capim - braquiarião, submetido a cinco tratamentos e quatro ofertas aos 365 dias, na profundidade de 0 - 10 cm

Tabela 41 - Valores de P ajustados pelo Teste de Tukey em solo com capim - braquiarião, na profundidade de 0 - 10 cm, para V %

Efeito	Trat	_Trat	Estimativa	Erro	FD	Valor t	Pr > t	Paj
Trat	0	2	-6.2619	1.0168	12	-6.16	<.0001	0.0004
Trat	0	4	-9.1075	1.3143	12	-6.93	<.0001	0.0001
Trat	0	6	-11.8712	4.0865	12	-2.91	0.0132	0.0804
Trat	0	0_6	-18.7888	3.0939	12	-6.07	<.0001	0.0004
Trat	2	4	-2.8456	1.8998	12	-1.50	0.1600	0.5825
Trat	2	6	-5.6094	4.5657	12	-1.23	0.2428	0.7360
Trat	2	0_6	-12.5269	3.0025	12	-4.17	0.0013	0.0093
Trat	4	6	-2.7637	4.2268	12	-0.65	0.5255	0.9626
Trat	4	0_6	-9.6813	3.2718	12	-2.96	0.0119	0.0735
Trat	6	0_6	-6.9175	5.7248	12	-1.21	0.2502	0.7471

comparações entre tratamentos com valores de P menores que 0,10 diferem entre si estatisticamente

Os valores encontrados para V % variaram de 45,29 (testemunha) para 64,08 % (0_6), interpretados como baixo a médio (RAIJ et al., 1996), sendo que todos os tratamentos foram superiores à testemunha ($p < 0,05$),

os tratamentos com silicato não diferiram entre si ($p > 0,10$), os tratamentos 2 e 4 foram inferiores ao tratamento 0_6 ($p > 0,10$) e o tratamento 6 não diferiu estatisticamente do tratamento 0_6 ($p > 0,10$). Os valores de V % para o capim Braquiarão sugerido por WERNER et al. (1996) é de 60 %, estando os valores próximos. Desta forma, verificou-se a efetividade do Silicato de Cálcio, bem como do Calcário magnesiano em aumentar a V % do solo na camada de 0 m- 10 cm.

4.3.1.6. Hidrogênio + Alumínio (H + Al)

Para os valores de H + Al foram encontrados efeitos significativos para tratamento ($p < 0,0001$), conforme Figura 19, e não foram encontradas diferenças significativas para o efeito oferta ($p = 0,8212$) e interação oferta x tratamento ($p = 0,6882$), sendo que as diferenças entre os tratamentos estão representadas na Tabela 42.

Os valores de H + Al variaram de 34,37 (testemunha) para 25,19 $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ (0_6), interpretados como níveis médios a baixos (MALAVOLTA, 1986), sendo que a testemunha não diferiu significativamente dos tratamentos 2 e 6 ($p > 0,10$), e diferiu significativamente dos tratamentos 4 e 0_6 ($p < 0,05$), os tratamentos 2, 4 e 6 não diferiram significativamente entre si ($p > 0,10$), mas os tratamentos 2 e 6 foram inferiores ao tratamento 0_6 ($p < 0,05$) e o tratamento 4 foi semelhante ao tratamento 0_6 ($p < 0,10$), sendo que tal comportamento evidencia a ação corretiva do Silicato de cálcio e do Calcário magnesiano.

$$y = -2,043x + 36,791$$

$$R^2 = 0,8441$$

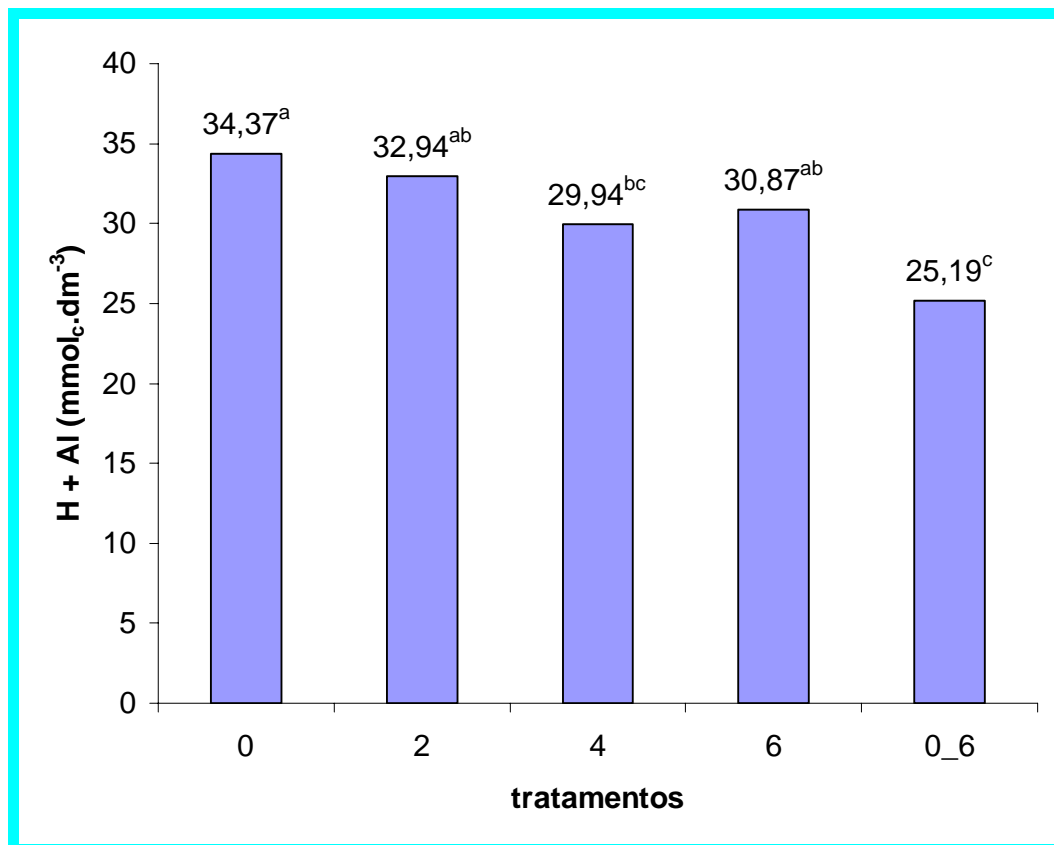


Figura 19 - Teores de H + Al em solo com capim - braquiarião, submetido a cinco tratamentos e quatro ofertas aos 365 dias, na profundidade de 0 -10 cm

Tabela 42 - Valores de P ajustado pelo Teste de Tukey em solo com capim - braquiarião, na profundidade de 0 -10 cm, para H + Al

Efeito	Trat	_Trat	Estimativa	Erro	FD	Valor t	Pr > t	Paj
Trat	0	2	1.4375	1.0564	12	1.36	0.1986	0.6616
Trat	0	4	4.4375	0.9333	12	4.75	0.0005	0.0035
Trat	0	6	3.5000	2.3783	12	1.47	0.1669	0.5976
Trat	0	0_6	9.1875	1.3764	12	6.67	<.0001	0.0002
Trat	2	4	3.0000	1.3100	12	2.29	0.0409	0.2134
Trat	2	6	2.0625	2.6023	12	0.79	0.4434	0.9279
Trat	2	0_6	7.7500	1.0433	12	7.43	<.0001	<.0001
Trat	4	6	-0.9375	2.6909	12	-0.35	0.7336	0.9964
Trat	4	0_6	4.7500	1.6129	12	2.94	0.0123	0.0752
Trat	6	0_6	5.6875	2.9135	12	1.95	0.0746	0.3434

comparações entre tratamentos com valores de P menores que 0,10 diferem entre si estatisticamente

4.3.1.7. Correlação entre os parâmetros avaliados, para a profundidade de 0 - 10 cm

Para efeito de análise conjunta dos parâmetros avaliados para a profundidade de 0 - 10 cm (pH, K, Ca, Mg, V% e H + Al), é mostrado na Tabela 43 as inter-relações entre os componentes, para os cinco tratamentos aos 365 dias.

Tabela 43 - Correlação entre os elementos do solo em capim - braquiarião submetido a cinco tratamentos e quatro ofertas aos 365 dias, na profundidade de 0 - 10 cm

FD = 48	pH	K	Ca	Mg	H_AL	V
pH	-	-0.19	0.71	0.69	-0.76	0,80
		0.19	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
K	-0.19	-	-0.10	0.02	0.09	-0.04
	0.19		0.48	0.87	0.53	0.75
Ca	0.71	-0.10	-	0.77	-0.56	0.86
	<.0001	0.4864		<.0001	<.0001	<.0001
Mg	0.69	0.02	0.77	-	-0.43	0.68
	<.0001	0.8718	<.0001		0.0018	<.0001
H_AL	-0.76	0.09	-0.56	-0.43	-	-0.83
	<.0001	0.5352	<.0001	0.0018		<.0001
V	0.80	-0.04	0.86	0.68	-0.83	-
	<.0001	0.7535	<.0001	<.0001	<.0001	

valores < 0,10 tem correlação entre si, se negativo são inversamente proporcionais, se positivo, diretamente proporcionais.

Pelo exposto, tiveram correlação positiva os parâmetros de pH, Ca, Mg e V %, ou seja, com o aumento do pH houve o aumento destes teores de forma altamente significativa ($p < 0,0001$), sendo que estes parâmetros apresentaram correlação negativa significativa com o teor de H + Al ($p < 0,0001$).

O elemento K não apresentou correlação significativa com os outros atributos de solo ($p > 0,10$), para a profundidade de 0 - 10 cm e o comportamento observado para os atributos químicos do solo analisados confirmam a relação entre pH, Ca, Mg, V % e H + Al e a acidez do solo alterados quando da aplicação do Silicato de cálcio e do Calcário magnesiano.

4.3.2. Parâmetros químicos de solo aos 365 dias, para a profundidade de 10 - 20 cm

4.3.2.1. pH

Para os valores de pH foram encontrados efeitos significativos para tratamento ($p = 0,0010$), conforme Figura 20, não sendo encontrados efeitos significativos para oferta ($p = 0,8161$) e interação oferta x tratamento ($p = 0,8991$), sendo que as diferenças entre os tratamentos encontram-se descritas na Tabela 44.

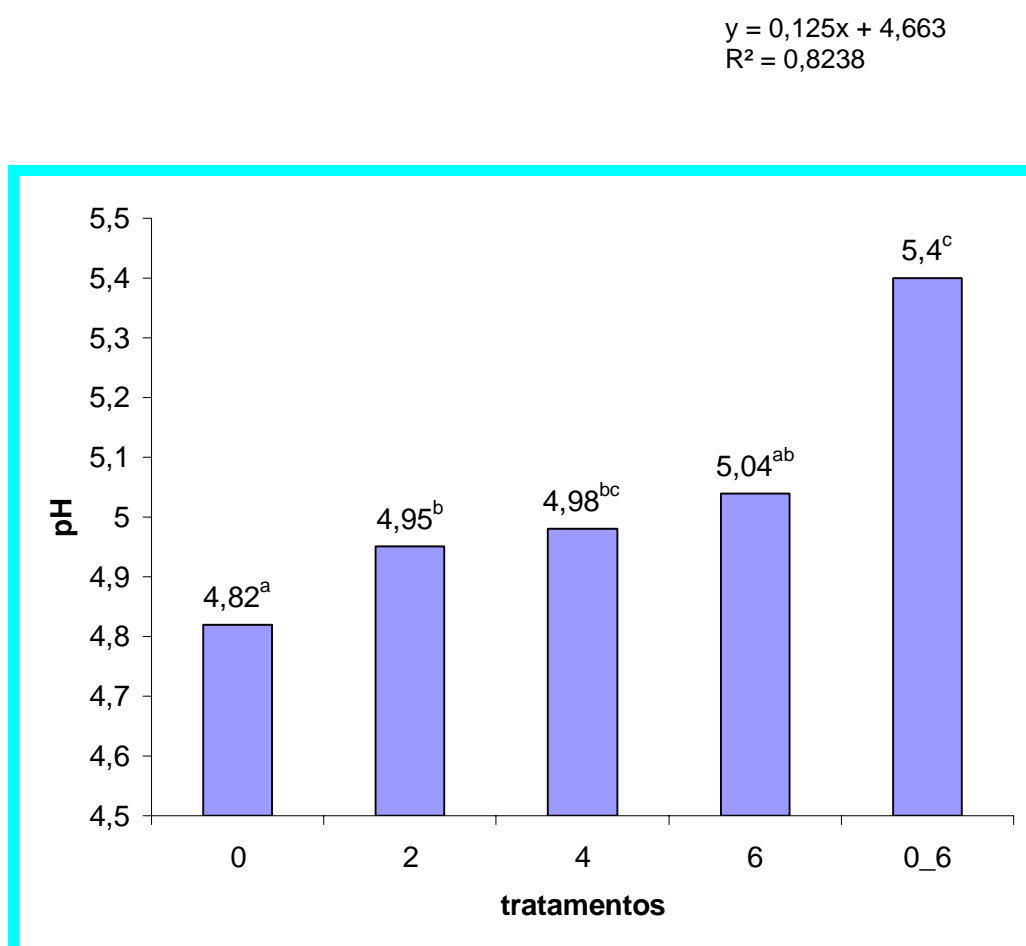


Figura 20 - Valores médios de pH por tratamento em solo com capim - braquiarião na profundidade de 10 - 20 cm

Tabela 44 - Valores de P ajustados pelo Teste de Tukey para diferença entre tratamentos em solo com capim - braquiarião na profundidade de 10 -20 cm, para o pH

Efeito	Trat	_Trat	Estimativa	Erro	FD	Valor t	Pr > t	Paj
Trat	0	2	-0.1331	0.03952	12	-3.37	0.0056	0.0367
Trat	0	4	-0.1644	0.03892	12	-4.22	0.0012	0.0085
Trat	0	6	-0.2269	0.1242	12	-1.83	0.0927	0.4030
Trat	0	0_6	-0.5863	0.1222	12	-4.80	0.0004	0.0033
Trat	2	4	-0.03125	0.03846	12	-0.81	0.4323	0.9217
Trat	2	6	-0.09375	0.1332	12	-0.70	0.4950	0.9517
Trat	2	0_6	-0.4531	0.1026	12	-4.42	0.0008	0.0061
Trat	4	6	-0.06250	0.1276	12	-0.49	0.6330	0.9868
Trat	4	0_6	-0.4219	0.1143	12	-3.69	0.0031	0.0211
Trat	6	0_6	-0.3594	0.1961	12	-1.83	0.0918	0.4003

comparações entre tratamentos com valores de P menores que 0,10 diferem entre si estatisticamente

Os valores de pH, para a camada de 10 – 20 cm, variaram de 4,82 (testemunha) a 5,4 (0_6), apresentando diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que a testemunha foi inferior ($p < 0,05$) aos tratamentos 2, 4 e 0_6, os tratamentos 2, 4 e 6 não diferiram entre si ($p > 0,10$) e o tratamento 0_6 foi superior aos tratamentos testemunha, 2 e 6 ($p < 0,05$) mas não diferiu do tratamento 4 ($p < 0,05$), para este período de avaliação e estes valores são interpretados como de acidez alta a média, segundo RAIJ et al. (1996).

4.3.2.2. Potássio

Para os parâmetros de avaliação dos teores de potássio, na profundidade de 10 - 20 cm não foram encontrados efeitos significativos para tratamento ($p = 0,6152$), oferta ($p = 0,8385$) e a interação oferta x tratamento ($p = 0,3511$) e as médias dos tratamentos estão descritas na Tabela 45.

Tabela 45 - Valores médios de Potássio em solo com capim - braquiarião, submetido a cinco tratamentos e quatro repetições aos 365 dias, na profundidade de 10 - 20 cm

Tratamento		K mmol _c dm ⁻³
Trat	0	1.31 ^a
Trat	2	1.41 ^a
Trat	4	1.35 ^a
Trat	6	1.58 ^a
Trat	0_6	1.76 ^a

médias seguidas da mesma letra não diferem entre si estatisticamente ($p > 0,10$)

Os valores encontrados de 1,31 (testemunha) a 1,76 mmol_cdm⁻³, interpretados como teores baixos a médios (RAIJ et al., 1996) e assim como ocorreu na profundidade de 0 - 10 cm, o elemento Potássio não sofreu influência estatística dos tratamentos empregados.

4.3.2.3. Cálcio

Para os parâmetros de avaliação dos teores de Cálcio, para a profundidade de 10 - 20 cm foi encontrado efeito significativo para tratamento ($p = 0,0141$), conforme Figura 21, não se obtendo para oferta ($p = 0,7335$) e interação oferta x tratamento ($p = 0,4929$), diferenças estatísticas para o período de avaliação, e os valores dos teores médios por tratamento encontram-se na Tabela 46.

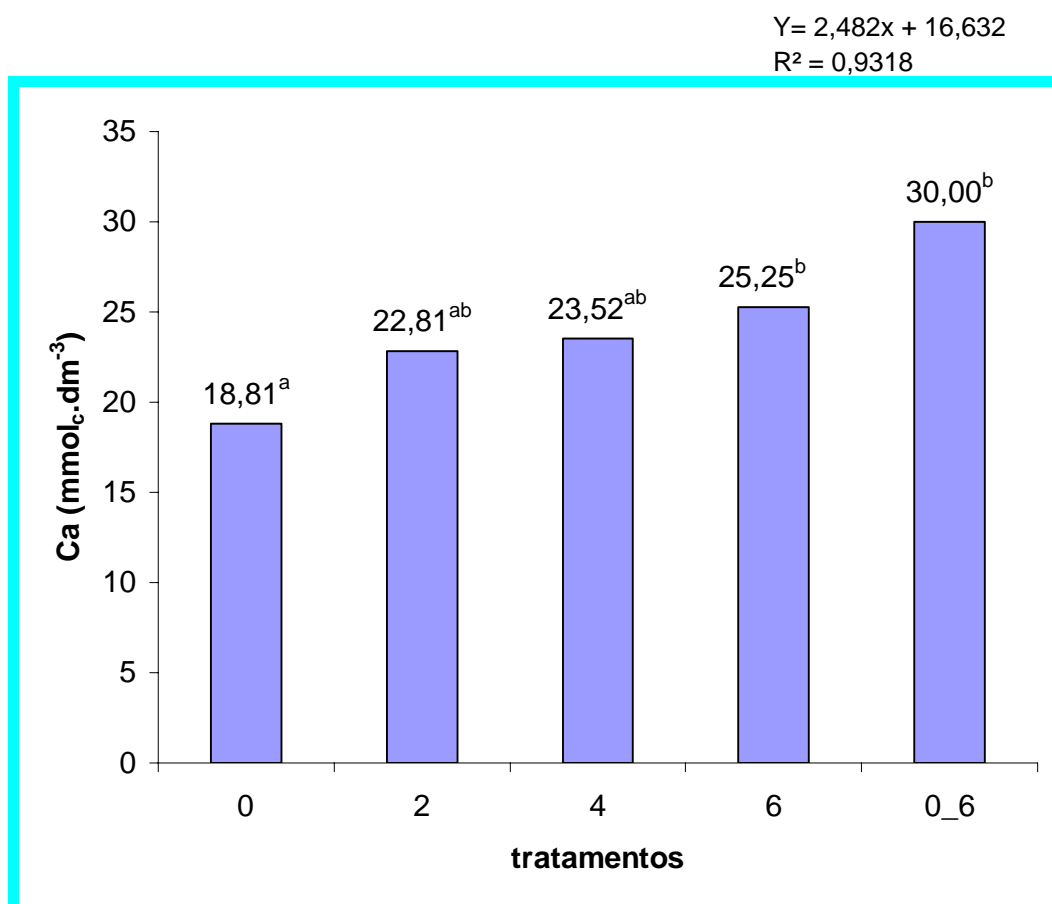


Figura 21 - Valores médios de Cálcio por tratamento em solo com capim - braquiarião na profundidade de 10 - 20 cm

Tabela 46 - Valores de P ajustados pelo Teste de Tukey para diferença entre tratamentos em solo com capim - braquiarião na profundidade de 10 -20 cm, para o Cálcio

Efeito	Trat	_Trat	Estimativa	Erro	FD	Valor t	Pr > t	Paj
Trat	0	2	-4.0000	2.2031	48	-1.82	0.0757	0.3767
Trat	0	4	-4.7081	1.9858	48	-2.37	0.0218	0.1411
Trat	0	6	-6.4375	2.0888	48	-3.08	0.0034	0.0268
Trat	0	0_6	-11.1875	4.2202	48	-2.65	0.0108	0.0770
Trat	2	4	-0.7081	2.3288	48	-0.30	0.7624	0.9981
Trat	2	6	-2.4375	2.3939	48	-1.02	0.3137	0.8457
Trat	2	0_6	-7.1875	4.1666	48	-1.73	0.0910	0.4287
Trat	4	6	-1.7294	2.2358	48	-0.77	0.4430	0.9370
Trat	4	0_6	-6.4794	4.1752	48	-1.55	0.1273	0.5348
Trat	6	0_6	-4.7500	4.1680	48	-1.14	0.2601	0.7848

comparações entre tratamentos com valores de P menores que 0,10 diferem entre si estatisticamente

Os valores de Cálcio variaram de 18,81 (testemunha) a 30,00 $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ (0_6), sendo que não houve diferença estatística entre a testemunha e os tratamentos 2 e 4 ($p > 0,10$), houve diferença entre a testemunha e os tratamentos 6 e 0_6 ($p < 0,05$), mas não houve diferença significativa entre os tratamentos 2, 4, 6 e 0_6 ($p > 0,10$), para o período de avaliação e estes valores podem ser interpretados como baixo para médios, segundo MALAVOLTA (1986). Desta forma, verificou-se a efetividade das fontes testadas em se aumentar os teores de Ca na camada de 10 – 20 cm de profundidade.

4.3.2.4. Magnésio

Para o elemento Magnésio, na profundidade de 10 - 20 cm, foram encontrados efeitos significativos para o tratamento ($p = 0,0253$), oferta ($p = 0,8302$) e interação oferta x tratamento ($p = 0,1217$), e os valores médios encontrados por tratamento encontram-se na Tabela 47.

Tabela 47 - Valores médios de Magnésio por tratamento em solo com capim - braquiarião, na profundidade de 10-20 cm

Tratamento	Mg $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$
0	4.06 ^a
2	4.50 ^a
4	5.19 ^{ab}
6	5.19 ^{ab}
0_6	8.94 ^b

médias seguidas da mesma letra não diferem entre si estatisticamente

Os valores de Magnésio variaram de 4,06 (testemunha) para 8,94 $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$, classificados como médios a altos, segundo RAIJ et al. (1996). Apresentando diferença estatística entre os tratamentos, com o tratamento que recebeu apenas calcário diferindo estatisticamente da testemunha.

4.3.2.5. Porcentagem de Saturação por Bases (V %)

Para os parâmetros de avaliação dos teores de V % foram encontrados efeitos significativos para tratamento ($p = 0,0004$), não sendo significativo para interação oferta x tratamento ($p = 0,2480$) e para efeito oferta ($p = 0,6716$), sendo que os valores das médias por tratamento encontram-se na Tabela 48.

Tabela 48 - Valores médios de V % por tratamento em solo com capim – braquiarião, na profundidade de 10 - 20 cm

Tratamento	V (%)
0	41.09 ^a
2	46.74 ^{ab}
4	48.42 ^b
6	49.95 ^{bc}
0_6	57.72 ^c

médias seguidas da mesma letra não diferem entre si estatisticamente

Os valores de V % variaram de 41,09 a 57,72 %, classificados como baixos a médios (RAIJ et al., 1996), sendo que a testemunha (0) não apresentou diferença estatística ($p > 0,10$) em relação ao tratamento 2, mas foi significativamente inferior ($p < 0,05$) aos tratamentos 4, 6 e 0_6; os tratamentos 2, 4 e 6 não diferiram entre si ($p > 0,10$), e os tratamentos 2 e 4 foram inferiores ($p < 0,05$) ao tratamento 0_6, mas este foi semelhante ($p > 0,10$) ao tratamento 6. Sendo que, da mesma forma que para o elemento Ca, as fontes de corretivos testadas foram efetivas em aumentar a V % na camada de 10 – 20 cm.

4.3.2.6. Hidrogênio + Alumínio (H + Al)

Para os atributos de H + Al foram encontrados efeitos significativos para o tratamento ($p = 0,0001$), não se obtendo respostas significativas para oferta ($p = 0,7254$) e interação oferta x tratamento ($p = 0,1766$), sendo que

as médias por tratamento encontram-se na Figura 22 e as diferenças entre as médias avaliadas pelo Teste de Tukey encontram-se na Tabela 49.

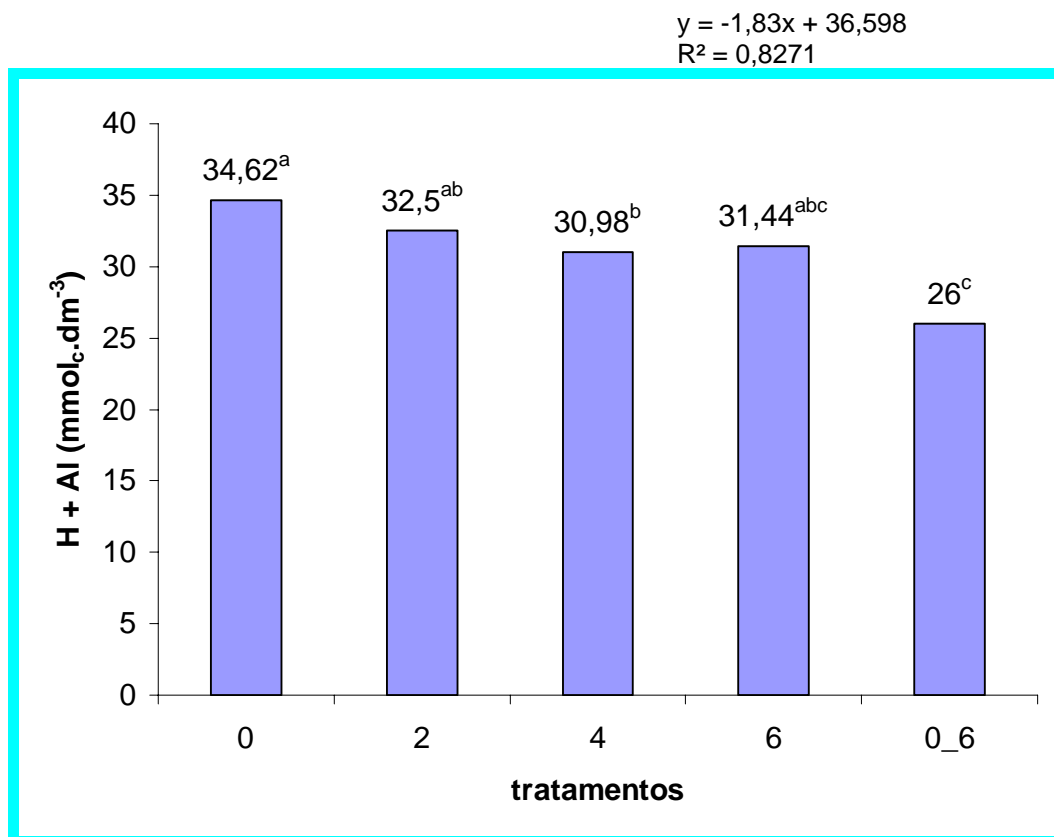


Figura 22 - Valores médios de H + Al por tratamento em solo com capim - braquiarião na profundidade de 10 - 20 cm

Tabela 49 - Valores de P ajustados pelo Teste de Tukey para diferença entre tratamentos em solo com capim – braquiarião, na profundidade de 10 -20 cm, para o H + Al

Efeito	Trat	_Trat	Estimativa	Erro	FD	Valor t	Pr > t	Paj
Trat	0	2	2.1250	1.3530	12	1.57	0.1423	0.5409
Trat	0	4	3.6456	0.6670	12	5.47	0.0001	0.0011
Trat	0	6	3.1875	2.3159	12	1.38	0.1938	0.6526
Trat	0	0_6	8.6250	1.8785	12	4.59	0.0006	0.0046
Trat	2	4	1.5206	1.1195	12	1.36	0.1993	0.6630
Trat	2	6	1.0625	2.7087	12	0.39	0.7018	0.9943
Trat	2	0_6	6.5000	1.2108	12	5.37	0.0002	0.0013
Trat	4	6	-0.4581	2.2265	12	-0.21	0.8404	0.9995
Trat	4	0_6	4.9794	1.6750	12	2.97	0.0116	0.0718
Trat	6	0_6	5.4375	2.8757	12	1.89	0.0830	0.3718

comparações entre tratamentos com valores de P menores que 0,10 diferem entre si estatisticamente

Os valores de H + Al variaram de 34,62 a 26,00 $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$, interpretados com valores altos a médios (MALAVOLTA, 1986), sendo que não houve diferença significativa entre os tratamentos 0, 2 e 6 ($p > 0,10$), o tratamento 2 foi estatisticamente semelhante aos tratamentos 4 e 6 ($p > 0,10$), o tratamento 4 foi superior ao 0 ($p < 0,05$), mas inferior ao 0_6 ($p < 0,10$) e os tratamentos 6 e 0_6 não diferiram entre si ($p > 0,10$).

4.3.2.7. Correlação entre os parâmetros avaliados, para a profundidade de 10 - 20 cm

Para efeito de análise conjunta dos parâmetros avaliados para a profundidade de 10 - 20 cm (pH, K, Ca, Mg, V% e H + Al), é mostrado na Tabela 50 as inter-relações entre os componentes, para os cinco tratamentos aos 365 dias.

Tabela 50 - Correlação entre os elementos do solo em solo com capim - braquiário submetido a cinco tratamentos e quatro ofertas aos 365 dias, na profundidade de 10 - 20 cm

FD = 48	pH	K	Ca	Mg	H_AL	V
pH	1.000000	-0.117120	0.777946	0.632500	-0.851444	0.896845
		0.4229	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
K	-0.117120	1.000000	-0.166607	0.102346	0.127262	-0.151166
	0.4229		0.2526	0.4841	0.3835	0.2998
Ca	0.777946	-0.166607	1.000000	0.803814	-0.594067	0.899784
	<.0001	0.2526		<.0001	<.0001	<.0001
Mg	0.632500	0.102346	0.803814	1.000000	-0.414499	0.651734
	<.0001	0.4841	<.0001		0.0031	<.0001
H_AL	-0.851444	0.127262	0.594067	-0.414499	1.000000	-0.848322
	<.0001	0.3835	<.0001	0.0031		<.0001
V	0.896845	-0.151166	0.899784	0.651734	-0.848322	1.000000
	<.0001	0.2998	<.0001	<.0001	<.0001	

valores menores que 0,10 tem correlação entre si, se negativo são inversamente proporcionais, se positivo, diretamente proporcionais.

Para a correlação entre os atributos químicos de solo na profundidade de 10 - 20 cm, observou-se o mesmo comportamento discutido para a profundidade de 0 - 10 cm, ou seja, tiveram correlação positiva os parâmetros de pH, Ca, Mg e V % com o aumento do pH houve o aumento destes teores de forma altamente significativa ($p < 0,0001$), sendo que estes parâmetros apresentaram correlação negativa significativa com o teor de H + Al ($p < 0,0001$).

O elemento K não apresentou correlação significativa com os outros atributos de solo ($p > 0,10$). Desta forma, pôde-se confirmar a efetividade das fontes testadas na relação entre pH, Ca, Mg, V % e H + Al e a acidez do solo alteradas quando da aplicação do Silicato de cálcio e do Calcário magnesiano, para a profundidade de 10 - 20 cm.

4.3.3. Parâmetros químicos de solo aos 365 dias, para a profundidade de 20 - 40 cm

4.3.3.1. pH

Para os valores de pH foram encontrados efeitos significativos para tratamento ($p = 0,0093$), conforme Figura 23, não sendo encontrados efeitos significativos para oferta ($p = 0,7027$) e interação oferta x tratamento ($p = 0,9943$), sendo que as diferenças entre os tratamentos encontram-se descritas na Tabela 51.

$$Y = 0,09x + 4,632$$

$$R^2 = 0,6646$$

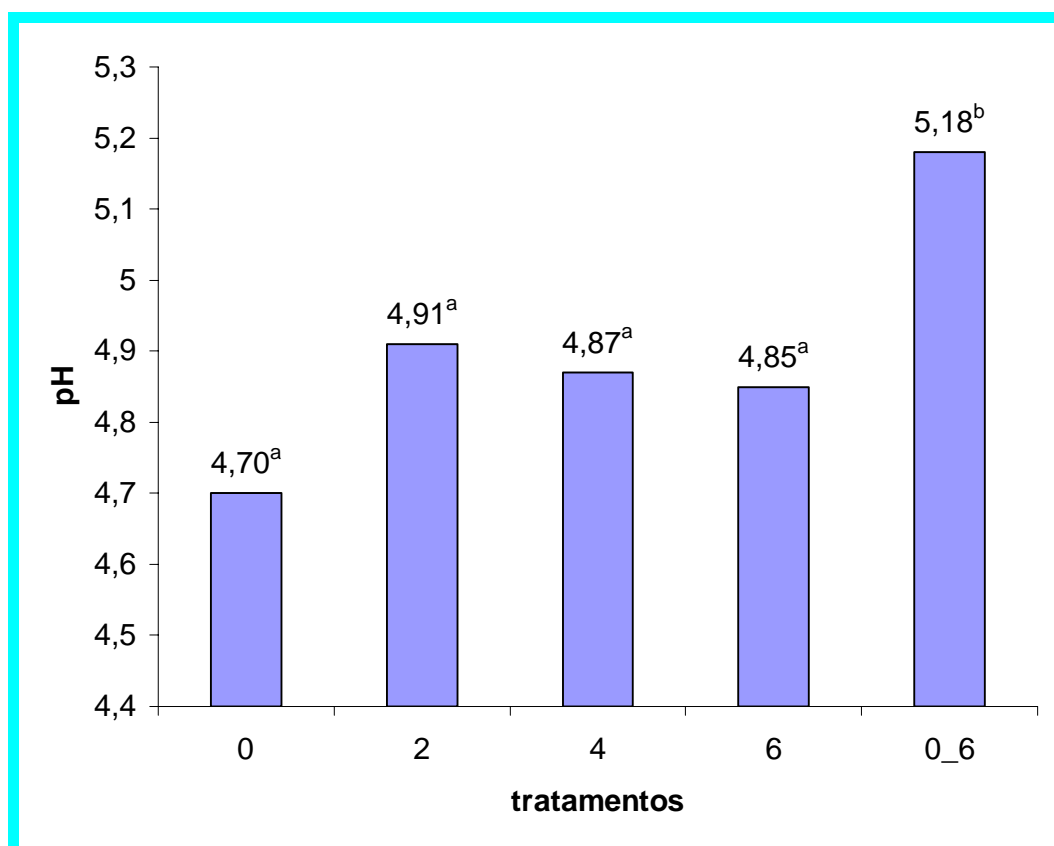


Figura 23 - Valores médios de pH por tratamento em solo com capim - braquiarião na profundidade de 20 - 40 cm

Tabela 51 - Valores de P ajustados pelo Teste de Tukey para diferença entre tratamentos em solo com capim - braquiarião para o pH na profundidade de 20-40 cm

Efeito	Trat	_Trat	Estimativa	Erro	FD	Valor t	Pr > t	Paj
Trat	0	2	-0.2081	0.08279	48	-2.51	0.0154	0.1044
Trat	0	4	-0.1737	0.08142	48	-2.13	0.0380	0.2228
Trat	0	6	-0.1506	0.1085	48	-1.39	0.1714	0.6379
Trat	0	0_6	-0.4769	0.1353	48	-3.52	0.0009	0.0080
Trat	2	4	0.03438	0.08657	48	0.40	0.6931	0.9946
Trat	2	6	0.05750	0.1101	48	0.52	0.6040	0.9847
Trat	2	0_6	-0.2687	0.1351	48	-1.99	0.0524	0.2866
Trat	4	6	0.02313	0.1097	48	0.21	0.8339	0.9995
Trat	4	0_6	-0.3031	0.1351	48	-2.24	0.0295	0.1813
Trat	6	0_6	-0.3262	0.1409	48	-2.32	0.0249	0.1578

comparações entre tratamentos com valores de P menores que 0,10 diferem entre si estatisticamente

Os valores de pH variaram de 4,70 (testemunha) a 5,18 (0_6), apresentando diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que os tratamentos 0, 2, 4 e 6 não diferiram entre si ($p > 0,10$) e o tratamento 0_6 foi superior aos tratamentos testemunha, 2, 4 e 6 ($p < 0,05$) e estes valores são interpretados como de acidez alta a média, segundo RAIJ et al. (1996). Esse comportamento evidencia que há uma resposta positiva das fontes testadas em agir em profundidade no perfil do solo (20 – 40 cm).

4.3.3.2. Potássio

Para os parâmetros de avaliação dos teores de potássio, na profundidade de 20 - 40 cm não foram encontrados efeitos significativos para tratamento ($p = 0,1090$), oferta ($p = 0,9311$) e a interação oferta x tratamento ($p = 0,9305$) e as médias dos tratamentos estão descritas na Tabela 52.

Tabela 52 - Valores médios de Potássio em solo com capim - braquiarião na profundidade de 20 - 40 cm

Tratamento		K mmol _c dm ⁻³
Trat	0	0,76 ^a
Trat	2	0,87 ^a
Trat	4	1,00 ^a
Trat	6	1,28 ^a
Trat	0_6	1,13 ^a

médias seguidas da mesma letra não diferem entre si estatisticamente ($p > 0,10$)

Os valores encontrados foram de 0,76 (testemunha) a 1,28 mmol_cdm⁻³ (tratamento 6), interpretados como teores baixos (RAIJ et al., 1996) e assim como ocorreu na profundidade de 0 -10 cm, o elemento Potássio não sofreu influência estatística dos tratamentos empregados.

4.3.3.3. Cálcio

Para os parâmetros de avaliação dos teores de Cálcio, para a profundidade de 20 - 40 cm foi encontrado efeito significativo para tratamento ($p = 0,0006$), conforme Figura 24, não se obtendo para oferta ($p = 0,5026$) e interação oferta x tratamento ($p = 0,4907$), diferenças estatísticas para o período de avaliação, e os valores dos teores médios por tratamento encontram-se na Tabela 53.

$$y = 1,507x + 13,029$$
$$R^2 = 0,8643$$

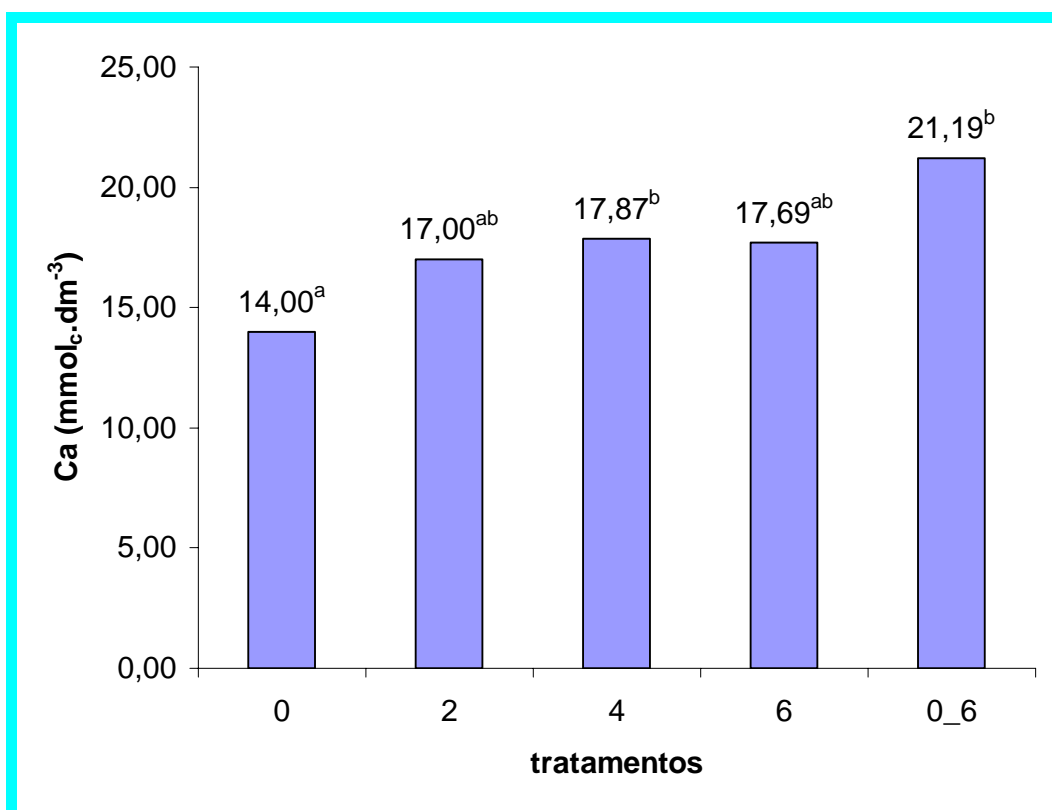


Figura 24 - Valores médios de Cálcio por tratamento em solo com capim - braquiário na profundidade de 20 - 40 cm

Tabela 53 - Valores de P ajustados pelo Teste de Tukey para diferença entre tratamentos em solo com capim – braquiarião na profundidade de 20 - 40 cm, para o Cálcio

Efeito	Trat	_Trat	Estimativa	Erro	FD	Valor t	Pr > t	Paj
Trat	0	2	-3.0000	1.1028	12	-2.72	0.0186	0.1089
Trat	0	4	-3.8750	1.0957	12	-3.54	0.0041	0.0275
Trat	0	6	-3.6875	2.6543	12	-1.39	0.1900	0.6452
Trat	0	0_6	-7.1875	2.4273	12	-2.96	0.0119	0.0732
Trat	2	4	-0.8750	1.5419	12	-0.57	0.5809	0.9774
Trat	2	6	-0.6875	2.2584	12	-0.30	0.7660	0.9979
Trat	2	0_6	-4.1875	2.9684	12	-1.41	0.1837	0.6328
Trat	4	6	0.1875	2.7846	12	0.07	0.9474	1.0000
Trat	4	0_6	-3.3125	2.7682	12	-1.20	0.2546	0.7534
Trat	6	0_6	-3.5000	4.4913	12	-0.78	0.4509	0.9318

comparações entre tratamentos com valores de P menores que 0,10 diferem entre si estatisticamente

Os valores de Cálcio variaram de 14,00 (testemunha) a 21,19 $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ (0_6), sendo que não houve diferença estatística entre a testemunha e os tratamento 2 ($p > 0,10$), houve diferença entre a testemunha e os tratamentos 4, 6 e 0_6 ($p < 0,05$), mas não houve diferença significativa entre os tratamentos 2, 4, 6 e 0_6 ($p > 0,10$), para o período de avaliação e estes valores podem ser interpretados como médios, segundo MALAVOLTA (1986).

4.3.3.4. Magnésio

Para o elemento Magnésio, na profundidade de 20 - 40 cm foram encontrados efeitos significativos para o tratamento ($p = 0,0418$), não havendo diferenças estatísticas para oferta ($p = 0,5171$) e interação oferta x tratamento ($p = 0,3912$), e os valores médios encontrados por tratamento encontram-se na Figura 25 e as diferenças encontradas entre os tratamentos estão descritos na Tabela 54.

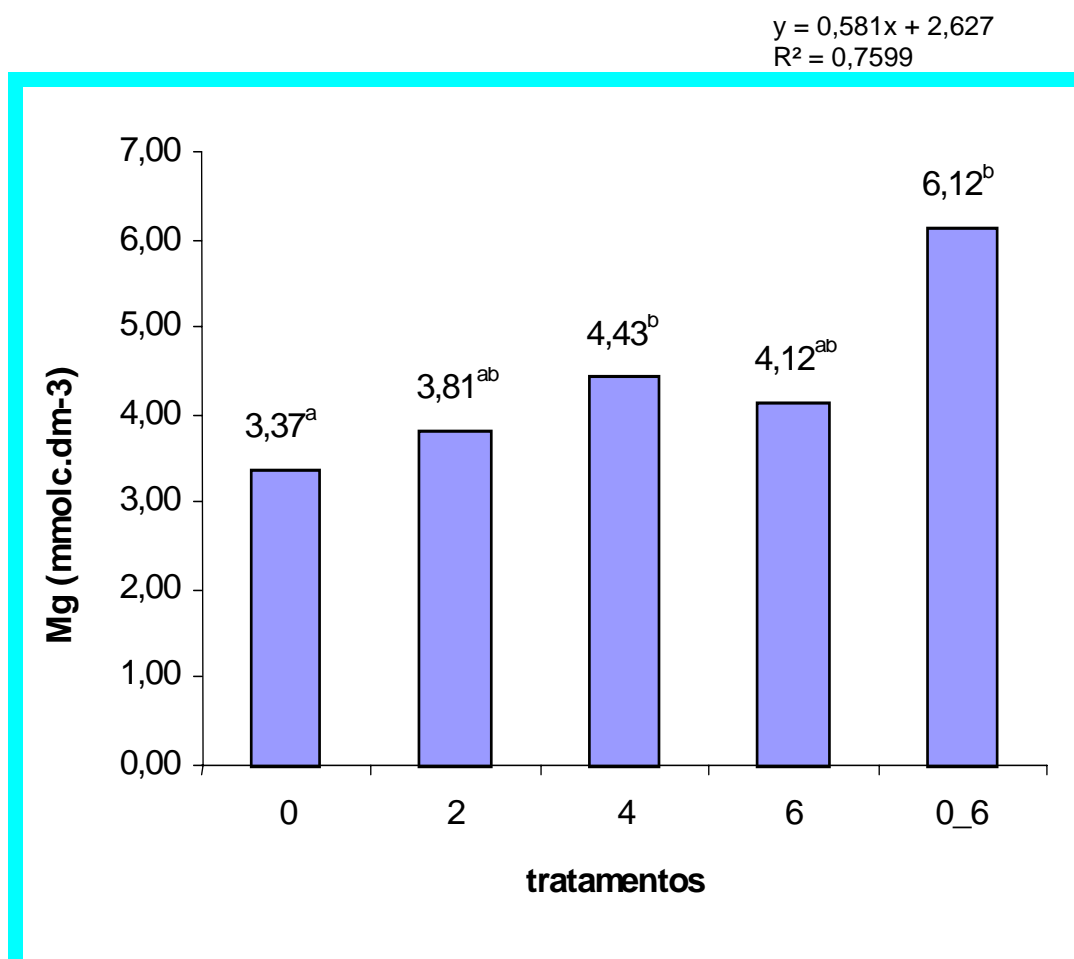


Figura 25 - Valores médios de Magnésio por tratamento em solo com capim - braquiarião na profundidade de 20 - 40 cm

Tabela 54 - Valores de P ajustados pelo Teste de Tukey para diferença entre tratamentos em solo com capim - braquiarião na profundidade de 20 - 40 cm, para o Magnésio

Efeito	Trat	_Trat	Estimativa	Erro	FD	Valor t	Pr > t	Paj
Trat	0	2	-0.4375	0.2772	12	-1.58	0.1404	0.5364
Trat	0	4	-1.0625	0.3590	12	-2.96	0.0119	0.0734
Trat	0	6	-0.7500	0.6229	12	-1.20	0.2518	0.7494
Trat	0	0_6	-2.7500	1.1238	12	-2.45	0.0308	0.0682
Trat	2	4	-0.6250	0.2932	12	-2.13	0.0544	0.2685
Trat	2	6	-0.3125	0.5671	12	-0.55	0.5917	0.9797
Trat	2	0_6	-2.3125	1.1244	12	-2.06	0.0621	0.2983
Trat	4	6	0.3125	0.6818	12	0.46	0.6549	0.9897
Trat	4	0_6	-1.6875	1.0637	12	-1.59	0.1386	0.5319
Trat	6	0_6	-2.0000	1.4170	12	-1.41	0.1835	0.6324

comparações entre tratamentos com valores de P menores que 0,10 diferem entre si estatisticamente

Os valores de Magnésio variaram de 3,37 (testemunha) para 6,12 $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$, classificados como teores médios, segundo RAIJ et al. (1996).

Houve efeito significativo entre o tratamento 4 e a testemunha ($p < 0,10$), e o tratamento 0_6 obteve o maior teor, ocorrendo diferença significativa em comparação à testemunha e aos demais tratamentos ($p > 0,10$).

PRADO et al. (2001) relatam em seu trabalho o efeito positivo do silicato de cálcio em profundidade concordando com o resultado obtido neste experimento quando comparado ao calcário magnesiano.

4.3.3.5. Porcentagem de Saturação por Bases (V %)

Para os parâmetros de avaliação dos teores de V % foram encontrados efeitos significativos para tratamento ($p = 0,0002$), conforme Figura 26 não sendo significativo para interação oferta x tratamento (0,3680) e para efeito oferta ($p = 0,4708$), sendo que os valores das médias por tratamento encontram-se na Tabela 55.

Os valores de V % variaram de 33,46 a 48,83 %, classificados como baixos (RAIJ et al., 1996), sendo que a testemunha (0) não apresentou diferença estatística ($p > 0,10$) em relação ao tratamento 6, mas foi significativamente inferior ($p < 0,05$) aos tratamentos 2, 4 e 0_6; os tratamentos 2, 4 e 6 e 0_6 não diferiram entre si ($p > 0,10$). Esses resultados reforçam a ação corretiva do Silicato de cálcio e, principalmente, do Calcário magnesiano em elevar a V % em profundidade.

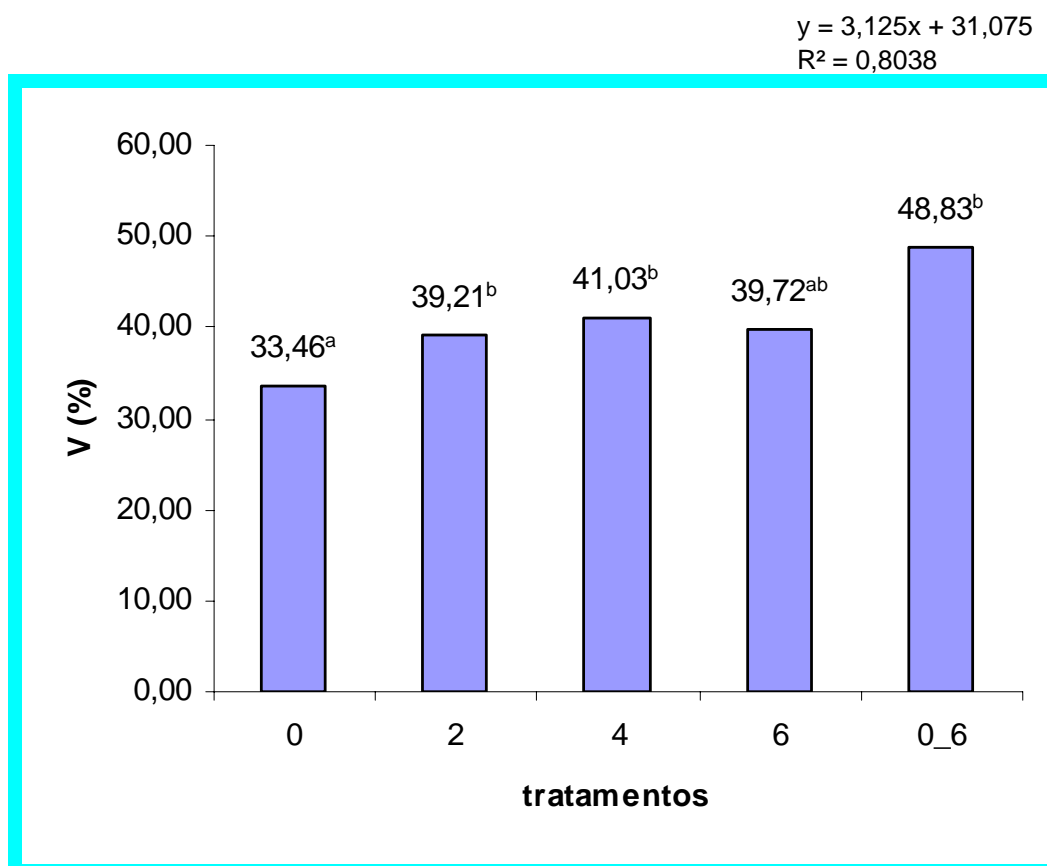


Figura 26 - Valores médios de Porcentagem de Saturação por Bases (V %) por tratamento em solo com capim – braquiarião, na profundidade de 20 - 40 cm

Tabela 55 - Valores de P ajustados pelo Teste de Tukey para diferença entre tratamentos em solo com capim – braquiarião, na profundidade de 20 - 40 cm, para V %

Efeito	Trat	_Trat	Estimativa	Erro	FD	Valor t	Pr > t	Paj
Trat	0	2	-5.7475	1.5236	12	-3.77	0.0027	0.0184
Trat	0	4	-7.5656	1.4852	12	-5.09	0.0003	0.0020
Trat	0	6	-6.2569	4.7343	12	-1.32	0.2109	0.6840
Trat	0	0_6	-15.3662	3.5296	12	-4.35	0.0009	0.0068
Trat	2	4	-1.8181	2.1674	12	-0.84	0.4179	0.9132
Trat	2	6	-0.5094	4.4154	12	-0.12	0.9101	1.0000
Trat	2	0_6	-9.6187	3.7431	12	-2.57	0.0246	0.1387
Trat	4	6	1.3087	4.8771	12	0.27	0.7930	0.9987
Trat	4	0_6	-7.8006	3.5383	12	-2.20	0.0477	0.2419
Trat	6	0_6	-9.1094	7.0182	12	-1.30	0.2187	0.6974

comparações entre tratamentos com valores de P menores que 0,10 diferem entre si estatisticamente

4.3.2.6. Hidrogênio + Alumínio (H + Al)

Para os atributos de H + Al foram encontrados efeitos significativos para o tratamento ($p = 0,0383$), não se obtendo respostas significativas para oferta ($p = 0,5943$) e interação oferta x tratamento ($p = 0,3653$), sendo que as médias por tratamento encontram-se na Figura 27 e as diferenças entre as médias avaliadas pelo Teste de Tukey encontram-se na Tabela 56.

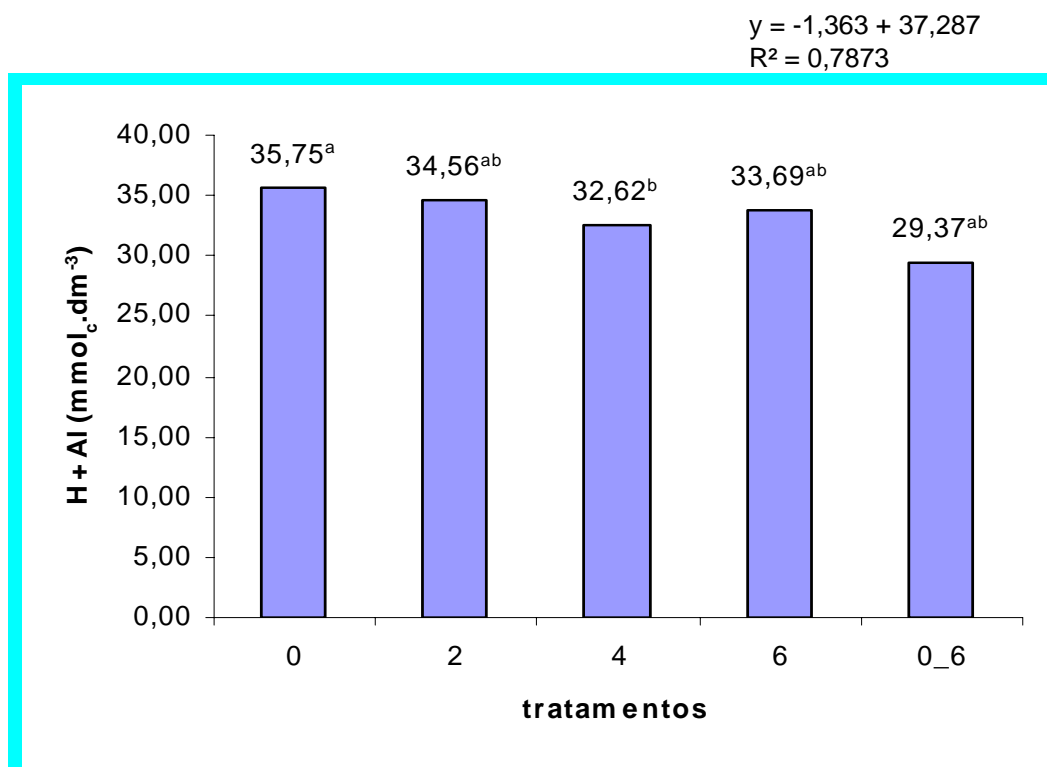


Figura 27 - Valores médios de H + Al por tratamento em solo com capim – braquiário, na profundidade de 20 - 40 cm

Tabela 56 - Valores de P ajustados pelo Teste de Tukey para diferença entre tratamentos em solo com capim – braquiarião, na profundidade de 20 - 40 cm, para o H + Al

Efeito	Trat	_Trat	Estimativa	Erro	FD	Valor t	Pr > t	Paj
Trat	0	2	1.1875	1.5398	12	0.77	0.4555	0.9342
Trat	0	4	3.1250	1.0181	12	3.07	0.0097	0.0610
Trat	0	6	2.0625	2.1678	12	0.95	0.3602	0.8712
Trat	0	0_6	6.3750	2.7923	12	2.28	0.0414	0.2156
Trat	2	4	1.9375	1.3755	12	1.41	0.1843	0.6340
Trat	2	6	0.8750	2.8641	12	0.31	0.7652	0.9978
Trat	2	0_6	5.1875	2.1222	12	2.44	0.0309	0.1688
Trat	4	6	-1.0625	2.5600	12	-0.42	0.6854	0.9929
Trat	4	0_6	3.2500	2.4271	12	1.34	0.2054	0.6741
Trat	6	0_6	4.3125	3.7142	12	1.16	0.2682	0.7722

comparações entre tratamentos com valores de P menores que 0,10 diferem entre si estatisticamente

Os valores de H + Al variaram de 35,75 a 29,37 $\text{mmol}_e\text{dm}^{-3}$, interpretados com valores altos a médios (MALAVOLTA, 1986), sendo que não houve diferença significativa entre os tratamentos 0, 2, 6 e 0_6 ($p > 0,10$), o tratamento 2 foi estatisticamente semelhante aos tratamentos 4, 6 e 0_6 ($p > 0,10$) e o tratamento 4 foi superior ao 0 ($p < 0,05$),

4.3.3.7. Correlação entre os parâmetros avaliados, para a profundidade de 20 - 40 cm

Para efeito de análise conjunta dos parâmetros avaliados para a profundidade de 20 - 40 cm (pH, K, Ca, Mg, V% e H + Al), é mostrado na Tabela 57 as inter-relações entre os componentes, para os cinco tratamentos aos 365 dias.

Tabela 57 - Correlação entre os elementos do solo em capim - braquiarião submetido a cinco tratamentos e quatro ofertas aos 365 dias, na profundidade de 20 - 40 cm

FD = 48	pH	K	Ca	Mg	H_AL	V
pH	1.000000	-0.249978	0.752809	0.646844	-0.749454	0.831292
		0.0832	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
K	-0.249978	1.000000	-0.275413	-0.099839	0.264765	-0.244993
	0.0832		0.0554	0.4949	0.0660	0.0898
Ca	0.752809	-0.275413	1.000000	0.859962	-0.619075	0.933903
	<.0001	0.0554		<.0001	<.0001	<.0001
Mg	0.646844	-0.099839	0.859962	1.000000	-0.626579	0.816868
	<.0001	0.4949	<.0001		<.0001	<.0001
H_AL	-0.749454	0.264765	-0.619075	-0.626579	1.000000	-0.809887
	<.0001	0.0660	<.0001	<.0001		<.0001
V	0.831292	-0.244993	0.933903	0.816868	-0.809887	1.000000
	<.0001	0.0898	<.0001	<.0001	<.0001	

valores menores que 0,10 tem correlação entre si, se negativo são inversamente proporcionais, se positivo, diretamente proporcionais.

Para a correlação entre os atributos químicos de solo na profundidade de 20 - 40 cm, observou-se o mesmo comportamento discutido para a profundidade de 0 - 10 cm, ou seja, tiveram correlação positiva os parâmetros de pH, Ca, Mg e V % com o aumento do pH houve o aumento destes teores de forma altamente significativa ($p < 0,0001$), sendo que estes parâmetros apresentaram correlação negativa significativa com o teor de H + Al ($p < 0,0001$).

Diferente do ocorrido nas profundidades anteriores o elemento K não apresentou correlação negativa significativa em relação aos outros atributos de solo, na profundidade de 20 - 40 cm.

4.4. Parâmetros de avaliação de produção de massa seca

No período de avaliação compreendido de 05/02/03 a 15/06/03 foram realizados quatro ciclos de pastejo e os resultados apresentados para todos os parâmetros referem-se aos dados coletados três dias antes da entrada dos animais no piquete (pré-pastejo) e um dia após a saída dos animais (pós pastejo), sendo denominados de período de avaliação (PAv).

4.4.1. Produção de massa seca no pré-pastejo

A produção de massa seca pré-pastejo apresentou efeito significativo para tratamento ($p=0,0316$), oferta ($p<0,0001$), interação dias x tratamento ($p=0,0279$), interação dias x oferta ($p=<0,0001$) conforme Figuras 28, 29 e 30 e não apresentou efeito significativo para a interação oferta x tratamento ($p= 0,9855$) e interação tripla dias x oferta x tratamento ($p=0,9179$).

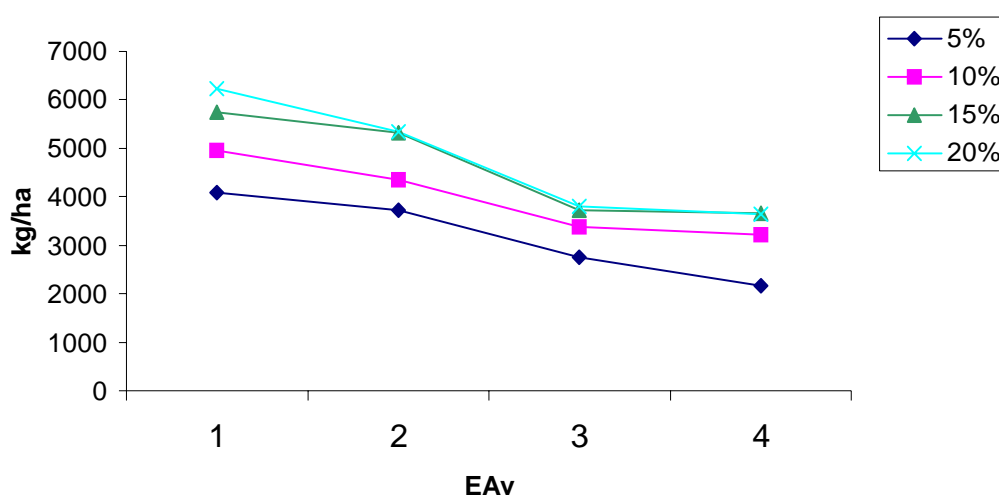


Figura 28 – Interação oferta x época pré-pastejo em capim - braquiarião, submetidos a quatro ofertas de forragem e quatro níveis de silicato de cálcio em quatro períodos de avaliação de 05/02/2003 a 15/06/2003

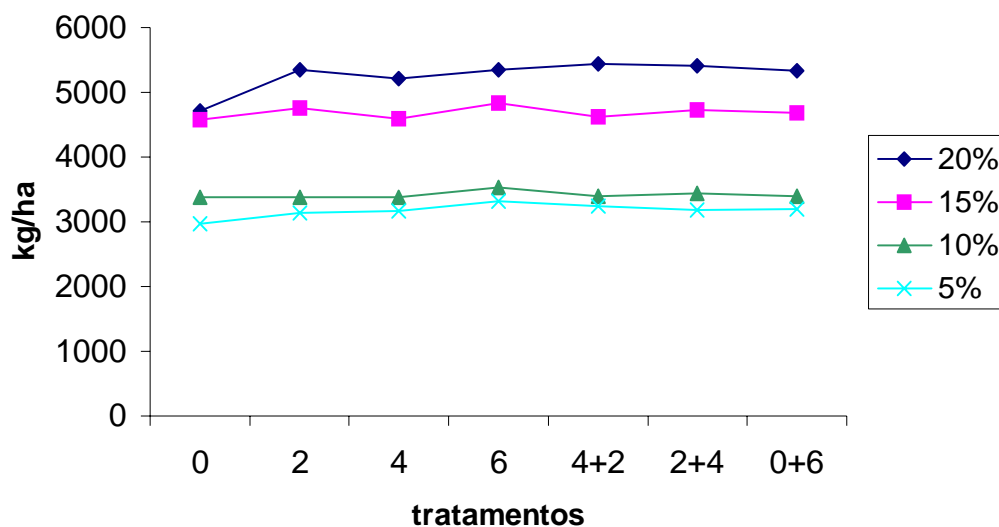


Figura 29 – Interação tratamento x oferta pré pastejo em capim - braquiarião, submetidos a quatro ofertas de forragem e quatro níveis de silicato de cálcio em quatro períodos de avaliação de 05/02/2003 a 15/06/2003

Na interação tratamento x oferta, nota-se que na condição de testemunha (dosagem 0), não há diferença entre as ofertas de 15 e 20 %, todavia, a partir do tratamento 2, há uma resposta em produção de massa seca para a oferta de 20 %.

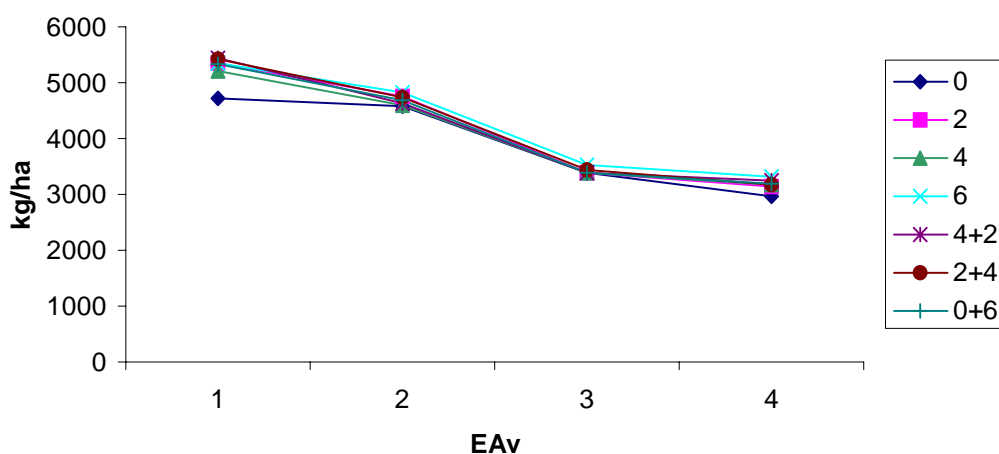


Figura 30 – Interação tratamento x época pré pastejo em capim - braquiarião, submetidos a quatro ofertas de forragem e quatro níveis de silicato de cálcio em quatro períodos de avaliação de 05/02/2003 a 15/06/2003

Para a interação tratamento x época, o tratamento testemunha diferiu dos demais significativamente no EAv 1 e EAv 4 ($p = 0,0316$), coincidindo com os períodos de maior pluviosidade e temperatura (EAv 1) e menor pluviosidade e temperatura (EAv 4), sendo que nos períodos intermediários os comportamentos dos tratamentos foram semelhantes. A produção de massa seca foi decrescente do EAv 1 para o EAv 4 pelo fato de que as plantas forrageiras tropicais são muito dependentes das condições climáticas (WHITEMAN, 1980).

4.4.2. Produção de massa seca no pós pastejo

A produção de massa seca pós-pastejo apresentou efeito significativo para oferta ($p < 0,0001$), época ($p < 0,0001$) e época x oferta ($p < 0,0001$) conforme Figura 31 e não apresentou efeito significativo para tratamento ($p = 0,4133$), oferta x tratamento ($p = 0,9896$), época x tratamento ($p = 0,9556$) e interação tripla época x oferta x tratamento ($p = 0,9997$).

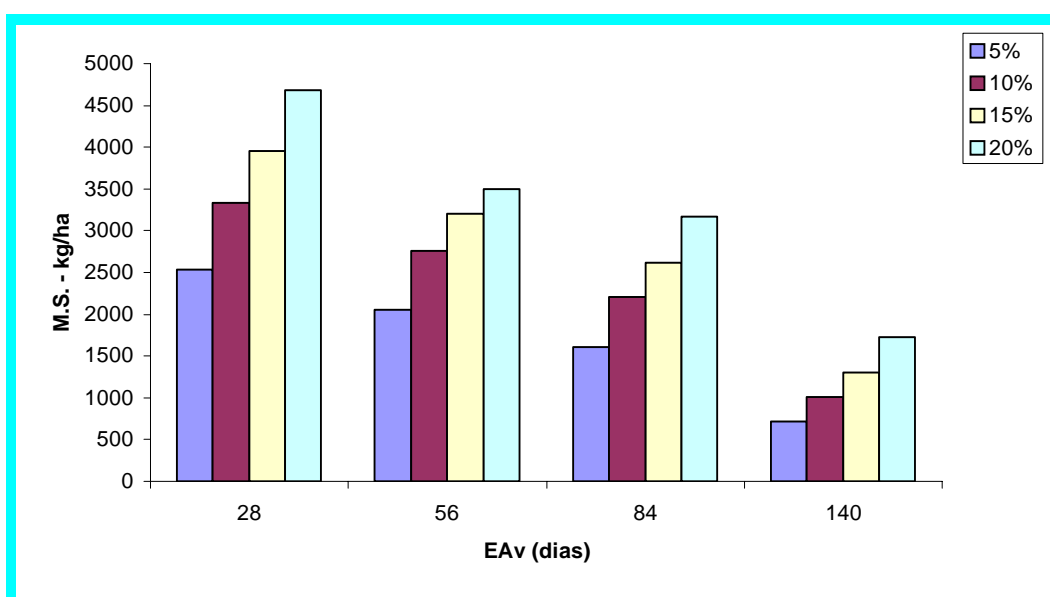


Figura 31 – Produção de massa seca pós pastejo em capim - braquiarião sob quatro níveis de oferta no período de 05/02/2003 a 14/06/2003

Houve produção significativa entre as ofertas em cada época de avaliação, conforme Tabela 58, bem como, diferenças significativas entre as épocas de avaliação, podendo-se inferir que apesar do período de ocupação de 7 dias ser muito alto, o potencial de produção para cada oferta se comportou de forma semelhante para cada tratamento em todas as épocas de avaliação, decrescendo com o tempo em função das condições climáticas do experimento da EAv 1 para a EAv 4.

Tabela 58 – Produção de massa seca 1 dia após a saída dos animais dos piquetes em capim - braquiarião em kg/ha

Época (dias)	oferta (%)			
	5	10	15	20
28	2537Aa	3336Ba	3961Ca	4688Da
56	2056Ab	2760Bb	3201Cb	3492Db
84	1607Ac	2205Bc	2618Cc	3171Dc
140	715Ad	1009Bd	1304Cd	1731Dd

médias seguidas de letras diferentes, minúsculas para cada coluna e maiúscula para cada linha diferem entre si estatisticamente

A produção de massa seca para a oferta de 5 % variou de 2537 a 715 kg/ha, a oferta de 10 % variou de 3336 a 1009 kg/ha, a de 15 % de 3961 a 1304 kg/ha e a oferta de 20 % de 4688 a 1731 kg/ha.

4.4.3. Desaparecimento da parte aérea (DPA)

Para as variáveis de desaparecimento da parte aérea houve efeito significativo para oferta ($p < 0,0001$), tratamento ($p = 0,0001$), época ($p < 0,0001$) e interação época x oferta ($p < 0,0001$) e não ocorreram efeitos significativos para a interação oferta x tratamento ($p = 0,8709$), época x tratamento ($p = 0,6933$) e a interação tripla época x oferta x tratamento ($p = 0,9983$), conforme Tabelas 59, 60, 61 e 62.

Tabela 59 - Quantidade de massa seca desaparecida em capim - braquiarião por tratamento

Tratamento	MS kg.ha ⁻¹
0_0	1369 ^b
0_6	1632 ^a
2_0	1617 ^a
2_4	1676 ^a
4_0	1641 ^a
4_2	1701 ^a
6_0	1617 ^a

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre

A quantidade de massa seca desaparecida variou de 1369 a 1701 kg/ha, sendo que houve efeito significativo de todos os tratamentos quando comparados à testemunha ($p = 0,001$), mas todos os tratamentos responderam de forma positiva proporcionando um maior desaparecimento de massa seca.

Tabela 60 - Quantidade de massa seca desaparecida em capim - braquiarião aos 56 dias (EAv 2) por oferta

Oferta (%)	MS kg.ha ⁻¹
5	1671 ^b
10	1598 ^b
15	2118 ^a
20	1843 ^{ab}

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Aos 56 dias a quantidade de massa seca produzida por oferta foi de 1671 a 2118 kg/ha, sendo que os maiores desaparecimentos da parte aérea foram constatados nas maiores ofertas (15 e 20%), sendo que, apesar da menor pressão de pastejo e as perdas por pisoteio favorecem uma menor eficiência de utilização da massa seca pelo animal (HODGSON, 1990).

Tabela 61 - Quantidade de massa seca desaparecida em capim - braquiarião aos 84 dias (EAv 3)

Oferta (%)	MS kg.ha ⁻¹
5	1152 ^a
10	1170 ^a
15	1107 ^a
20	630 ^b

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Aos 84 dias (EAv 3) a quantidade de massa seca desaparecida variou de 630 a 1170 kg/ha, inversamente do que ocorreu no período anterior, a oferta de 20 % foi a que apresentou o menor valor entre as demais ofertas devido a uma menor perda por pisoteio, ajuste de carga abaixo do ideal e, portanto, proporcionando uma recuperação mais rápida em relação às outras ofertas.

Tabela 62 - Quantidade de massa seca desaparecida em capim - braquiarião aos 140 dias (EAv 4)

Oferta (%)	MS kg.ha ⁻¹
5	1451 ^c
10	2200 ^a
15	2366 ^a
20	1915 ^b

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Aos 140 dias a quantidade de massa seca desaparecida variou de 1451 a 2366 kg/ha, sendo que as ofertas de 10 % e 15 % foram as que apresentaram os maiores valores, diferindo significativamente ($p = 0,0001$) das ofertas de 20 % e 5 %, sendo que a oferta de 5 % foi a que menor valor obteve diferindo das demais ofertas.

4.5. Análise bromatológica (PB, FDN, FDA, LIGNINA)

Para o estudo dos parâmetros bromatológicos do capim - braquiarião foram efetuadas duas amostragens, sendo a primeira realizada no EAv 1 (fevereiro/03), correspondente ao verão e a segunda amostragem realizada no EAv 3 (abril/03), no outono, retirando-se amostras de planta para cada oferta em diferentes alturas de corte: 5 % (10 cm), 10 % (20 cm), 15 % (30 cm) e 20 % (40 cm) em média, e os parâmetros avaliados foram Proteína Bruta (PB), Fibra Detergente Neutro, Fibra Detergente Ácido (FDA), Lignina (Lig) e Massa Seca (MS).

4.5.1. Proteína Bruta (PB)

Para o estudo da proteína bruta foram verificados valores significativos para os efeitos de tratamento ($p = 0,0570$), oferta ($p < 0,0001$) e época ($p = 0,0022$), não sendo encontradas diferenças estatísticas para as interações tratamento x oferta ($p = 0,8776$), época x tratamento ($p = 0,6656$), época x oferta ($p = 0,7603$) e a interação tripla oferta x época x tratamento ($p = 0,8598$), conforme Tabelas 63, 64 e 65.

Tabela 63 - Teor de Proteína Bruta em capim - braquiarião por tratamento

Tratamento	PB %
0	6.69 ^{ab}
0_6	6.17 ^a
2	6.37 ^{ab}
2_4	6.42 ^{ab}
4	6.87 ^b
4_2	6.12 ^a
6	6.45 ^{ab}

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os valores de PB variaram de 6,12 a 6,87 %, sendo que o tratamento (4) diferiu estatisticamente ($p = 0,0570$) em relação aos tratamentos (4_2) e

(0_6), sendo 11,24% superior ao tratamento (4_2) e 11,46 % em relação ao tratamento (0_6), não obtendo variação estatística significativa em relação aos demais tratamentos.

Tabela 64 - Teor de Proteína Bruta em capim - braquiário por oferta

Oferta %	PB %
5	6.95 ^a
10	6.45 ^b
15	6.36 ^{bc}
20	5.99 ^c

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os valores de oferta foram de 5,99 para 6,95 %, sendo a oferta de 5 % a que obteve diferença significativa em relação aos demais tratamentos ($p < 0,0001$), representando um acréscimo médio no teor de proteína na ordem de 7,79 a 15,94 %, e a oferta de 10% diferiu significativamente ($p = 0,1000$) em relação à oferta de 20 %, mas não diferiu da oferta de 15 % ($p = 0,9713$), esses valores decrescentes de PB , valores explicados pelo maior alongamento das hastes nas maiores ofertas, proporcionando uma redução do valor de PB (HODGSON, 1990).

Tabela 65 - Teor de Proteína Bruta em capim - braquiário por época

Época (EAv)	PB %
1	6.66 ^a
3	6,22 ^b

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os valores diferiram estatisticamente ($p < 0,0001$) entre as épocas de amostragem, sendo que, houve um decréscimo no teor de PB de 6,66 % da EAv 1 (fevereiro/03) para 6,22 % na EAv 3 (abril/03), sendo estes valores de proteína bruta encontrados semelhantes aos relatados por NUNES et al (1985), onde estes encontraram os valores de 6,21 % de PB para a época

chuvosa e 5,80 % de PB para o período das secas em análise de plantas inteiras.

4.5.2. Fibra Detergente Neutro (FDN)

Os dados estatísticos para Fibra Detergente Neutro (FDN) não apresentaram diferenças significativas para o efeito tratamento ($p = 0,4978$), a interação tratamento x oferta ($p = 0,8762$), interação época x oferta ($p = 0,9928$) e a interação tripla época x tratamento x oferta ($p = 0,6665$), obtendo efeito significativo para o efeito oferta ($p = 0,0014$), época ($p = 0,0001$) e a interação época x oferta ($p = 0,0471$), conforme descrito nas Tabelas 66, 67 e 68.

Tabela 66 - Teor de Fibra Detergente Neutro (FDN) em capim - braquiarião sob quatro ofertas

Oferta %	FDN %
5	78,00 ^b
10	77,87 ^b
15	79,63 ^a
20	79,60 ^a

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os valores de FDN variaram de 77,87 a 79,63 %, sendo as ofertas de 15 e 20 % superiores ($p = 0,1961$) em relação às ofertas de 5 e 10 % devido ao efeito altura de corte do material vegetativo que foi diferente para cada oferta em ordem crescente da menor oferta (5%) para a maior (20%).

Tabela 67 - Teor de Fibra Detergente Neutro (FDN) em capim - braquiarião por época de avaliação (EAv)

Época (EAv)	FDN %
1	77,94 ^a
3	79,61 ^b

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os valores de FDN por época variaram de 77,94 a 79,61 %, com efeito significativo entre as épocas ($p = 0,0001$), aumentando o FDN da EAv 1 para a EAv 3 e valores semelhantes foram encontrados por NUNES et al (1985), diferindo de SOARES FILHO et al. (1992) onde encontraram para o capim - braquiarião teores de FDN em maiores ($P < 0,05$) concentrações no verão, concentrações intermediárias na primavera e menores ($P < 0,05$) no outono.

Tabela 68 - Teor de Fibra Detergente Neutro (FDN) em capim - braquiarião na interação época x oferta para cada oferta

Oferta %	Época (EAv)	FDN %
5	1	76.40 ^a
5	3	79.61 ^b
10	1	78.47 ^a
10	3	80.80 ^b
15	1	77.42 ^a
15	3	78.33 ^a
20	1	79.50 ^a
20	3	79.71 ^a

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Na interação época x oferta, para cada oferta, foram obtidos valores significativos para a oferta de 5 % ($p = 0,0002$), oferta de 10 % ($p = 0,0055$) e não foram obtidas diferenças significativas para a oferta de 15 % ($p = 0,2689$) e 20 % ($p = 0,7980$), aumentando o teor de FDN da EAv 1 (fevereiro/2003) para a EAv 3 (abril/2003) nas duas ofertas, sendo que a oferta de 5% na EAv 1 foi a que obteve o menor valor (76,40) comprovando que as condições climáticas e os níveis de oferta podem interferir na composição da parede celular (HODGSON, 1990).

4.5.3. Fibra Detergente Ácido (FDA)

Para os teores de FDA não houve efeito significativo para os tratamentos ($p = 0,2563$), a interação tratamento x oferta ($p = 0,9193$), para a interação época x oferta ($p = 0,9870$), a interação época x tratamento ($p = 0,8557$) e a interação tripla época x tratamento x oferta ($p = 0,5547$), obtendo diferenças significativas para o efeito oferta ($p = 0,0002$) e época ($p < 0,0001$), conforme Tabelas 69 e 70.

Tabela 69 - Teor de Fibra Detergente Ácido (FDA) em capim - braquiarião sob quatro ofertas de forragem

Oferta %	FDA %
5	45.04 ^c
10	45.99 ^{bc}
15	46.98 ^{ab}
20	47.52 ^a

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os valores de FDA variaram de 45,04 a 47,52 % ($p = 0,0002$), estando de acordo com os obtidos por NUNES et al. (1985) para os dois períodos de avaliação, sendo que a oferta de 5 % não diferiu significativamente da oferta de 10 % ($p = 0,3359$), mas diferiu da oferta de 15 % ($p = 0,0050$) e da oferta de 20 % ($p = 0,0002$), a oferta de 10 % teve comportamento semelhante às ofertas de 5 e 15 % mas significativamente diferente à oferta de 20 % ($p = 0,0407$) e a oferta de 15 % não obteve valores significativos em relação à oferta de 20 % ($p = 0,7755$).

Nas ofertas de forragem maiores os FDA tendem a aumentar devido a um maior alongamento das hastes, diminuindo a relação folha x haste

Tabela 70 - Teor de Fibra Detergente Ácido (FDA) em capim - braquiarião por época de avaliação (EAv)

Época (EAv)	FDA %
1	45.53 ^b
3	47.25 ^a

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os teores de FDA aumentaram ($p = 0,0001$) da EAv1 (45,53 %) para a EAv 3 (47,25 %), pela modificação da parede celular em função de condições climáticas e nutricionais (adubação nitrogenada entre as épocas de avaliação), descrito por HODGSON (1990).

4.5.4. Lignina (Lig)

Para os teores de Lignina não foram encontrados diferenças significativas para os efeitos de tratamento ($p = 0,8010$), oferta ($p = 0,4674$), interação tratamento x oferta ($p = 0,9666$), interação época x tratamento ($p = 0,9901$), interação época x oferta ($P = 0,8668$) e interação tripla época x tratamento x oferta ($p = 0,9715$) e diferença significativa para o efeito época ($p = 0,0009$), conforme Tabela 71.

Tabela 71 - Teor de Lignina (Lig) em capim - braquiarião por época de avaliação (EAv)

Época (EAv)	Lig %
1	6,37 ^b
3	6,90 ^a

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os valores de Lignina encontrados foram 6,37 % para a EAv 3 (abril/2003) e 6,90 % para a EAv 1 (fevereiro/2003), influenciando no acúmulo de PB de forma negativa (HODGSON, 1990).

4.6. Análise do Silício no solo e na planta

Para fins de análise do silício no solo foram efetuadas duas épocas de amostragem (45 e 90 dias) em três profundidades (0 – 10 cm, 10 – 20 cm e 20 – 40 cm) e uma época de amostragem para folha aos 45 dias,

4.6.1. Silício na profundidade de 0 – 10 cm

A análise de variância para os teores de silício não indicou efeito estatístico significativo para a interação oferta x tratamento ($p = 0,9325$), interação época x tratamento ($p = 0,8323$) e interação tripla época x oferta x tratamento ($p = 0,9609$), tendo efeito significativo para os efeitos de oferta ($p = 0,0136$), tratamento ($p = 0,0002$), demonstrado na Figura 32, época ($p = 0,0003$), conforme as Tabelas 72 e 73.

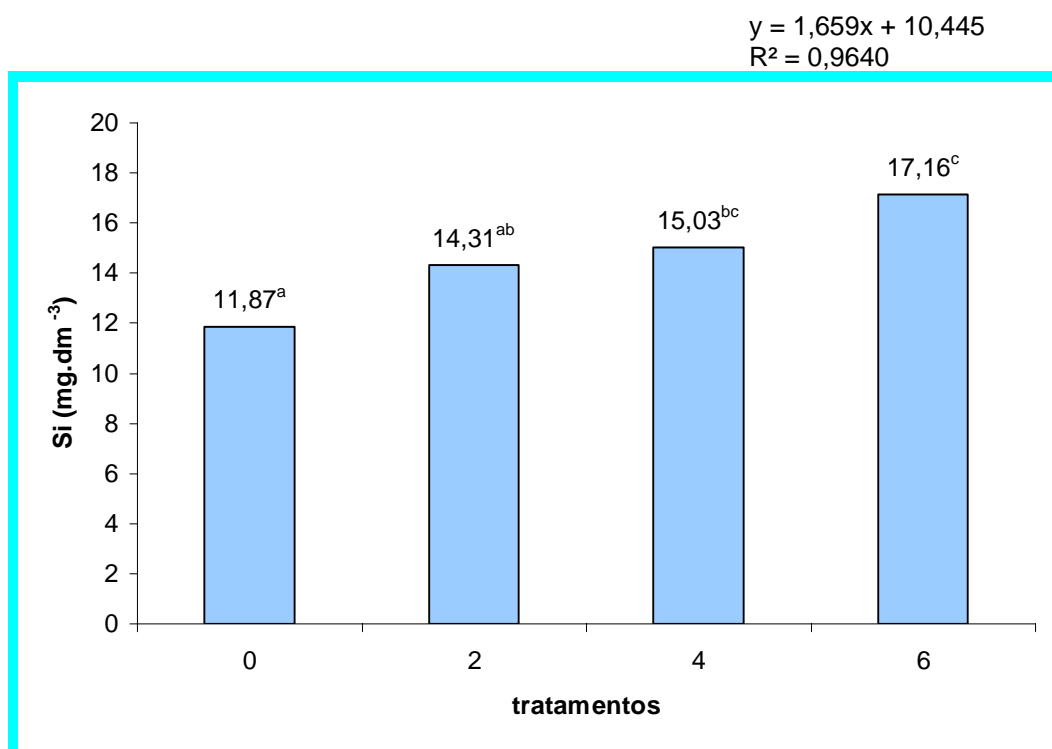


Figura 32 - Teores de Silício no solo em capim - braquiarão, na profundidade de 0 - 10 cm

Os teores de silício nas épocas avaliadas variaram de 11,87 a 17,16 mg.dm⁻³, sendo que os tratamentos que receberam 2, 4 e 6 ton.ha⁻¹ incrementaram o teor de silício significativamente no solo para a profundidade de 0 – 10 cm em 20,55 %, 26,62 % e 44,57 %, respectivamente. Efeitos semelhantes obtiveram KORNDÖRFER et al. (1999a) trabalhando com arroz de sequeiro e, também, PRADO & FERNANDES (2001b) em ensaio com cana de açúcar.

Tabela 72 - Teor de Silício em solo com capim - braquiário por oferta para a profundidade de 0 –10 cm

Oferta %	Si mg.dm ⁻³
5	14,18 ^b
10	13,44 ^b
15	13,91 ^b
20	16,84 ^a

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

O teor de silício por oferta teve um comportamento significativo da oferta de 20 % em relação às demais ofertas ($p = 0,0136$), não sendo este efeito devido aos tratamentos ($p > 0,10$), sendo este efeito provavelmente devido à maior capacidade de absorção em ofertas com menor pressão de pastejo (HODGSON, 1990).

Tabela 73 - Teor de Silício em solo com capim - braquiário por época para a profundidade de 0 –10 cm

Época (dias)	Si mg.dm ⁻³
45	13,45 ^a
90	15,73 ^b

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

O teor de silício no solo, para a profundidade de 0 – 10 cm, aumentou de 13,45 para 15,73 mg.dm⁻³ da primeira para a segunda época de avaliação ($p = 0,0003$), representando um acréscimo de 16,95 % , concordando com o obtido por KORNDÖRFER et al. (1999a) e em ensaios conduzidos por PRADO (2000) em cana de açúcar.

4.6.2. Silício na profundidade de 10 - 20 cm

Para os parâmetros de avaliação dos teores de Si no solo, na profundidade de 10 - 20 cm, foram obtidos efeitos significativos para tratamento ($p < 0,0001$), conforme Figura 33, época ($p < 0,0001$), descrito na Tabela 74 e não encontrando efeitos significativos para oferta ($p = 0,2000$), interação época x oferta ($p = 0,6040$), a interação época x tratamento ($p = 0,5524$), a interação oferta x tratamento ($p = 0,9937$) e a interação tripla época x oferta x tratamento ($p = 0,9343$).

Tabela 74 - Teor de Silício em solo com capim - braquiarião por época para a profundidade de 10 - 20 cm

Época (dias)	Si mg.dm^{-3}
45	11,75 ^b
90	14,39 ^a

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Os teores de Si diferem significativamente entre as épocas avaliadas significativamente ($p < 0,05$), comprovando a rápida ação em camadas sub-superficiais, mesmo sem incorporação conforme KHALID et al. (1978) e também descrito por KORNDÖRFER et al. (1999).

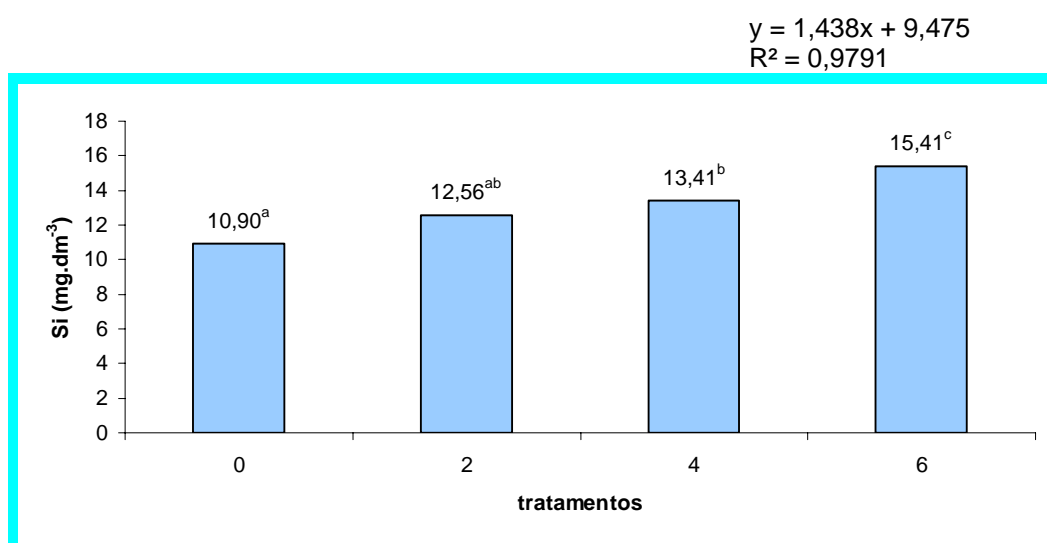


Figura 33 - Teores de Silício no solo em capim - braquiarião, na profundidade de 10 - 20 cm

Os teores de Silício, na profundidade de 10 - 20 cm variaram de 10,90 (0) para 15,41 mg.dm⁻³ (6), sendo que não houve diferença significativa entre o tratamento 0 e 2 ($p > 0,10$), o tratamento 0 foi inferior aos tratamentos 4 e 6 ($p > 0,10$), o tratamento 2 não diferiu do tratamento 4 ($p > 0,10$), mas foi inferior ao tratamento 6 ($p < 0,05$) e o tratamento 6 foi superior a todos os demais tratamentos ($p < 0,05$).

4.6.3. Silício na profundidade de 20 - 40 cm

Para os parâmetros de avaliação dos teores de Si no solo, na profundidade de 20 - 40 cm, foram obtidos efeitos significativos para tratamento ($p = 0,1000$), conforme Figura 34, época ($p < 0,0001$), descrito na Tabela 75 e não encontrando efeitos significativos para oferta ($p = 0,1290$), interação época x oferta ($p = 0,2338$), a interação época x tratamento ($p = 0,6907$), a interação oferta x tratamento ($p = 0,5253$) e a interação tripla época x oferta x tratamento ($p = 0,8247$).

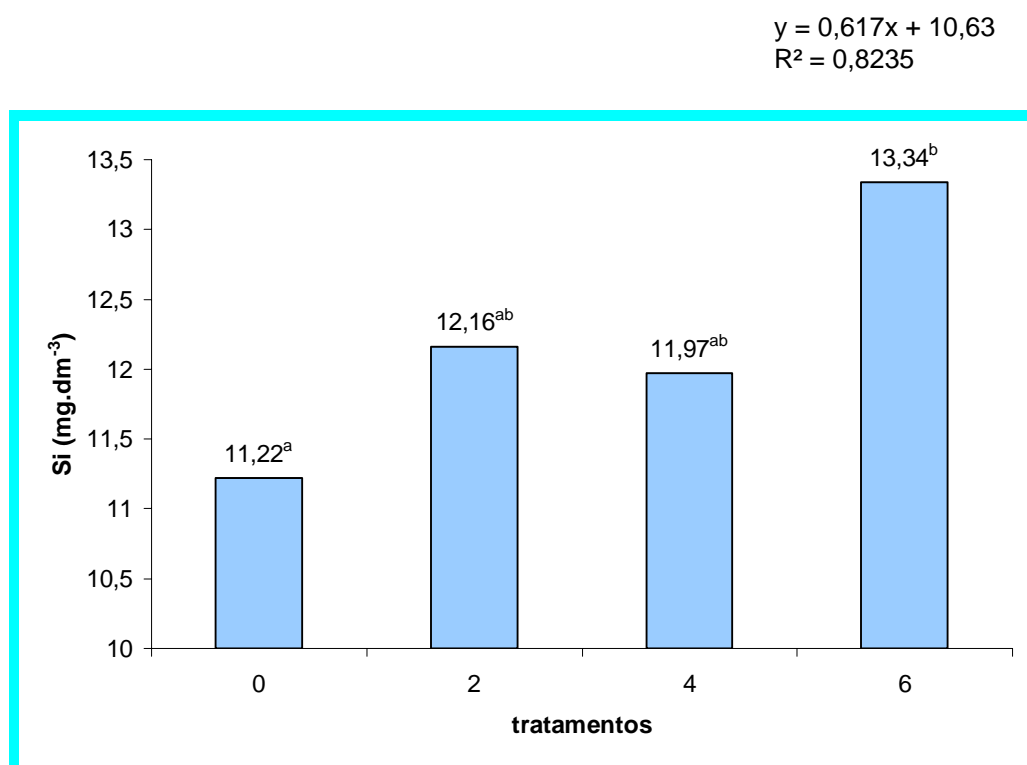


Figura 34 - Teores de Silício no solo em capim - braquiarião, na profundidade de 20 - 40 cm

A testemunha não diferiu dos tratamentos 2 e 4 ($p < 0,10$), o tratamento 2 não diferiu estatisticamente dos tratamentos 4 e 6, mas o tratamento 6 foi superior à testemunha ($p < 0,05$), comprovando a capacidade de deslocamento do silicato de cálcio nas camadas sub-superficiais conforme descrito por (PRADO et al., 1998).

Tabela 75 - Teor de Silício em solo com capim - braquiário por época para a profundidade de 20 – 40 cm

Época (dias)	Si mg.dm ⁻³
45	10,20 ^b
90	14,14 ^a

valores com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si

Houve um aumento nos teores de Si da primeira para a segunda avaliação ($p < 0,05$), como resultado de uma maior dissolução do silicato de cálcio em camadas mais profundas.

4.6.4. Silício na folha

Para os parâmetros de avaliação dos teores de Si na folha, aos 45 dias, foram obtidos efeitos significativos para tratamento ($p < 0,05$), conforme Figura 35 e não encontrando efeitos significativos para oferta ($p = 0,1290$) e a interação oferta x tratamento ($p = 0,5253$).

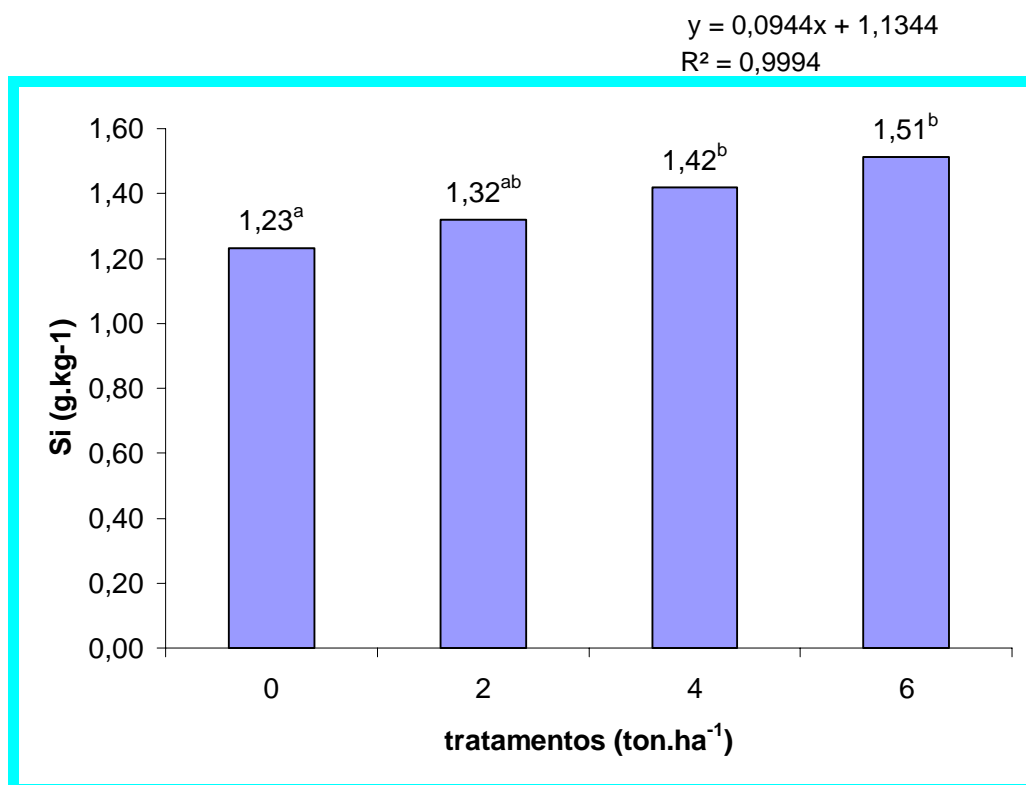


Figura 35 – Teor de Silício nas folhas em capim - braquiarião, aos 45 dias

Os valores de Silício nas folhas aos 45 dias variaram de 1,23 (testemunha) para 1,51 g/kg (tratamento 6), evidenciando a resposta positiva ($p < 0,05$) para os tratamentos empregados para a avaliação do acúmulo de silício na planta, conforme descrito por KORNDÖRFER et al. (1999) em trabalho com arroz.

5. CONCLUSÕES

Com base nas condições de realização e nos resultados apresentados e discutidos da presente pesquisa, chegou-se às seguintes considerações:

Para os atributos químicos de folha, a aplicação de doses crescentes de silicato de cálcio alterou a sua composição de forma positiva em relação à testemunha para as condições do experimento.

Para os atributos químicos de solo, houve resposta benéfica da aplicação de Silicato de Cálcio, quando avaliado isoladamente e, também, quando analisado em conjunto com o Calcário Magnesiano, para a correção da acidez do solo nas camadas superficiais e sub-superficiais.

O tratamento com Calcário Magnesiano ($6 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$) foi mais eficiente para a correção da acidez do solo em relação ao Silicato de Cálcio, para os parâmetros analisados aos 365 dias após a aplicação dos produtos.

A produção de massa seca foi influenciada de forma benéfica pela utilização do Silicato de Cálcio e Calcário Magnesiano, nas condições do experimento.

A composição bromatológica foi afetada pelos níveis de ofertas, mas não respondeu de forma significativa aos tratamentos empregados.

Houve acréscimo significativo nos teores de Silício no solo e na planta com a utilização do Silicato de Cálcio.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. O. A. C. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. Washington, DC. 1980.

ADAMS, F. & PEARSON, R. W. Crop response to lime in the Southern United States and Puerto Rico. In: PEARSON, R. W.; ADAMS, F. Soil acidity and liming. Madison. **American Society of Agronomy**, 1967. p. 161-206.

ALCARDE, J. C. Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas. São Paulo, ANDA, 1992, p.62 (Boletim técnico, 6).

ALCARDE, J. C. Características de qualidade dos corretivos da acidez do solo. In: RAIJ, B. van; BATAGLIA, O. C.; SILVA, N. M.. Acidez e Calagem no Brasil, Campinas, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1983. p. 11-22.

ALVAREZ, J.; ZINDER, G.H.; ANDERSON, D.L. & JONES, D.B. Economics of calcium silicate slag application in a rice-sugarcane rotation in the Everglades. **Agric. Systems**, 28, 179-188, 1988.

AMARAL, A.S.; DEFELIPO, B.V.; COSTA, L.M. & FONTES, M.P.F. Liberação de Zn, Fe, Mn e Cd de quatro corretivos da acidez e absorção por alface em dois solos. **Pesq. Agropec. Bras.**, 29:1351-1358, 1994.

ANDERSON, D.L.; JONES, D.B. & SNYDER, G.H. Response of a rice-sugarcane rotation to calcium silicate slag on Everglades Histosols. **Agron. J.**, 79:531-535, 1987.

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; FAGERIA, N. K. & DATNOFF, L. E.; SILVA, O. F. da Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 2, p. 325-330, 2001.

CARVALHO, M. M.; MARTINS, C. E.; VERNEQUE, R. da S. & SIQUEIRA, C. Respostas de uma espécie de Brachiaria à fertilização com nitrogênio e potássio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, n. 2, p.195-200, 1991.

CARVALHO, M. M. et al Efeitos da calagem e da fertilização com fósforo sobre o crescimento do capim gordura em um solo da zona de Campos das Vertentes – MG. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, V. 22, n. 4, p. 615-623, 1993.

CARVER, T. L. W.; ZEYEN, R. J. & AHLSTRAND, G.G. The relationship between insoluble silicon and success or failure of attempted primary penetration by powdery mildew (*Erysiphe graminis*) germlings on barley. **Physiol. Mol. Plant Pathol.** 31, 133–148, 1987.

CHLERIF, M.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J. G. & BLELANGER, R. R. Silicon induced resistance in cucumber plants against *Pythium ultimum*. **Physiol. Mol. Plant Pathol.** 41, 411–425. 1992.

CONLEY, D. J.; SCHELSKE, C. L. & STOERMER, E. F. Modification of the biogeochemical cycle of silica with eutrophication. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, 101:179-192, 1993.

COUTO, W.; LEITE, G. G. & KORNELIUS, E. The residual effect of P and lime on the performance of four tropical grasses in the high P-fixing Oxisol. **Agronomy Journal**, V. 77, n. 4, p. 539-542, 1985.

CUNHA, W. F. **Métodos para estimativa de massa de forragem em pastagens de *cynodon spp.*** Piracicaba, SP; ESALQ, 2002, 58 p., Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

DATNOFF, L. E.; RAID, R. N.; SNYDER, G. H. & JONES, D. B. Effect of calcium silicate slag on blast and brown spot intensities and yield of rice. **Plant Dis.**, 75:729-732, 1991.

DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H. & DEREN, C. W. Influence of silicon fertilizer on blast and brown spot development and on rice yields. **Plant Dis.**, 76:1011-1013, 1992.

DATNOFF, L. E.; DEREN, C. W. & SNYDER, G. H. Silicon fertilization for disease management of rice in Florida. **Crop Protection**, London, v. 16, n. 6, p. 525-531, 1997.

DEREN, C. W.; DATNOFF, L. E.; ZINDER, G. H. & MARTÍN, F. Silicon concentration disease response and yield components of rice genotypes grown on flooded organic Histosols. **Crop. Sci.**, 34:733-737, 1994.

ELAWAD, S.H. & GREEN Jr., V.E., **Silicon and the rice plant environment: a review of recent research.** *Il Riso* 28, 235-253. 1979.

ELAWAD, S.H.; GASCHO, G.J. & STREET, J.J. Response of sugarcane to silicate source and rate. I. Growth and yield. **Agron. J.**, 74:481-483, 1982.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de média intensidade dos solos e avaliação de aptidão agrícola das terras do triângulo mineiro.** Rio de Janeiro, 1982. 526 p (Boletim Técnico, 1).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro, 1979, 80 p.

EUCLIDES F.^o, K. Retrospectiva e desafios da produção de ruminantes no Brasil. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 36, Porto Alegre, 1999, **Simpósio...** Porto Alegre: SBZ, 1999, 15 – 48 p.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA** 91, 11–17, 1994.

FAWE, A.; ABOU-ZAID, M.; MENZIES, J. G. & BLELANGER, R. R. Silicon-mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in cucumber. **Phytopathology**, 88, 396–401, 1998.

FOX, R. L.; SILVA, J. A.; YOUNGE, O. R.; PLUCKNETT, D. L. & SHERMAN, G. D. Soil and plant silicon and silicate response by sugar cane. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** 31, 775–779, 1967.

FOX, R. L.; SILVA, J. A.; PLUCKNETT, D. L. & TERANSHI, D. Y. Soluble and total silicon in sugar cane. **Plant Soil**, 30, 81–92, 1969.

GALVEZ, L.; CLARK, R. B.; GOURLEY, L. M. & MARANVILLE, J. W. Effects of silicon on mineral composition of sorghum grown with excess manganese. **Journal of Plant Nutrition**, p. 547-561, 1989.

GOERING, H, K. & VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications)**. Agric. Handbook, 379 p., ARS, USDA, Washington, DC., 1970.

GOMIDE, J. A. Adubação fosfatada e potássica de plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 2. **Anais...** Piracicaba, 1975.

HODGSON, J. **Grazing management - science into practice** . Essex: Longman Scientific & Technical, 1990, 203 p.

HODSON, M. J. & EVANS, D. E. Aluminum silicon interactions in higher plants. **J. Exp. Bot.** 46, 161–171, 1995.

INANAGA, S.; OKASAKA, A. & TANAKA, S. Does silicon exist in association with organic compounds in rice plant?. **Soil Sci. Plant Nutr.** 11, 111–117, 1995.

JONES, L. H. P. & HANDRECK, K. A. Silica in soils, plants and animals. **Adv. Agron.** 19, 107-149. 1967.

JUO, A. S. R. & SANCHEZ, P. A. Soil nutritional aspects with a view to characterize upland rice environments. In: Progress in Upland Rice Research. pp 85–91. **The International Rice Research Institute**, Los Baños, 1986.

KATO, N. & OWA, N. Dissolution of slag in water and calcium chloride solution: Effects of solution pH and calcium concentration on solubilities of slags. **Japan J. Soil Sci. Plant Nutr.**, 67:626-32, 1996.

KHALID, R. A.; SILVA, J. A. & FOX, R. L. Residual effects of calcium silicate in tropical soil. I-Fate of applied silicon during five years cropping. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 42:89-94, 1978.

KORNDÖRFER, G. H. & GASCHO, G. J. Avaliação de fontes de silício para o arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., Pelotas, 1999. **Anais...** Pelotas, EMBRAPA Clima Temperado, 1999. p. 313-316.

KORNDÖRFER, G. H.; ARANTES, V. A.; CORRÊA, G. F. & SNYDER, G. H. Efeito do silicato de cálcio no teor de silício no solo e na produção de grãos de arroz de sequeiro. **R. Bras. Ci. Solo**, 23:623-629, 1999a.

KORNDÖRFER, G. H.; COELHO, N. M.; SNYDER, G. H. & MIZUTANI, C. T. Avaliação de métodos de extração de silício para solos cultivados com arroz de sequeiro. **R. Bras. Ci. Solo**, 23:101-106, 1999b.

LANNING, F.C. Silicon in rice. **J. Agric. Food Chem.** 11, 435–437, 1963

LANNING, F. C. & ELEUTERIUS, L. N. Silica and ash in tissues of some coastal plants. **Ann. Bot.** 51, 835–850, 1983.

LANNING, F. C. & ELEUTERIUS, L. N. Silica and ash in tissues of some plants growing in the coastal area of Mississippi, **USA. Ann. Bot.** 56, 157–172, 1985.

LIAN, S. Silica fertilization of rice. In: The Fertility of Paddy Soils and Fertilizer Applications for Rice. **Food Fert. Tech. Cent. Asia Pac. Reg.**, Taipei, Taiwan, p. 197-221, 1976.

LIAN, S. Effect of continued application of silicate slag under the double rice-based cropping system. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PADDY SOILS, 1., Nanjing, 1992. Proceedings. Nanjing-China, **Academia Sinica**, 1992. p.222-223.

LUZ, P. H. de C.; BRAGA, G. J.; HERLING, V. R. & LIMA, C. G. L. Efeitos de tipos, doses e incorporação de calcário sobre as características agronômicas do *Panicum maximum* Jacq. cv. Tobiata. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., Botucatu, 1998. **Anais...** Brasília: SBZ, 1998. p. 248-250.

MALAVOLTA, E. Reação do solo e crescimento das plantas. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS, Piracicaba, 1984, **Anais...** Piracicaba, Cargill, 1984. p. 03-57.

MALAVOLTA, E. et al. **Exigências nutricionais das plantas forrageiras: Calagem e adubação de pastagens.** Piracicaba, FEALQ, 1986.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. **Academic Press**, London, 1995.

MARTINEZ, H. E. P.; ALOISI, A. M. D. & BOLIANI, A. C. Macronutrientes em gramíneas. In: NUTRIÇÃO MINERAL DE FORRAGEIRAS NO BRASIL. Campinas, 1984. **Anais...** Campinas, Cargill, 1984. p. 63-73.

MATICHENKOV, V. V.; ANDERSON, D. L. & SNYDER, G. H. Silicon in the soil and plant - Part II as a matter of fact. *Sugar J.*, 58:8, 1995.

McKEAGUE, J. A. & CLINE, M. G. Silica in the soil. **Adv. Agron.**, p. 339-396, 1963.

MELO, F. A. F. Origem, natureza e componentes da acidez do solo: critérios para calagem. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS. Piracicaba, 1984. **Anais...** Piracicaba, Cargill, 1984. p. 67-92.

MENZIES, J. G.; EHRET, D. L.; GLASS, A. D. M. & SAMUELS, A. L. The influence of silicon on cytological interactions between *Sphaerotheca fulginea* and *Cucumis sativus*. **Physiol. Mol. Plant Pathol.** 39, 403–414. , 1991.

NAVASERO, E. P. & WINSLOW, M. D. Physicochemical properties of discolored grains. **Int. Rice Res. Newsl.** 12, 13–14, 1987.

NUNES, S. G.; BOOCK, A.; PENTEADO, M. I. de O. & GOMES, D. T. **Brachiaria brizantha cv. Marandu**. 2 ed. Campo Grande: EMBRAPA CNPGC, 1985. 31p. (EMBRAPA CNPGC. Documentos, 21).

OLIVEIRA, J. B. & PRADO, H. Levantamento Pedológico do Estado de São Paulo: quadrícula de São Carlos. II Memorial Descritivo. **Boletim Técnico do IAC**, n. 98, 1984, 188p.

ORLANDO FILHO, J.; SILVA, L. C. F. & MANOEL, L. A. Fontes de calcário aplicadas em área total e sulco de plantio em cana-de-açúcar. **STAB Açúcar**, Álcool Subp., p. 11-16, 1990.

PEDREIRA, C. G. S. & MELLO, A. C. L. *Cynodon* spp. In : PEIXOTO, A. M.; PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J. C. de & FARIA, V. P. de (eds). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: a planta forrageira no sistema de produção, 17 , Piracicaba, 2000. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000. P. 109-133.

PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. **Adv. Agron.**, p. 29-88, 1972.

PORZECANSKI, I.; GHISI, O. M. A. A.; GARDNER, A. L. & FRANÇADANTAS, M. S. **The adaptation of tropical pasture species to a Cerrado environment**. Campo Grande, EMBRAPA, CNPGC, 1979, 3p.

PRABHU, A. S.; BARBOSA FILHO, M. P.; FILIPPI, M. C.; DATNOFF, L. E. & SNYDER, G. H. Silicon from disease control perspective in Brazil. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H. & KORNDÖRFER, G. H. Silicon in agriculture. Amsterdam: **Elsevier**, 2001. p. 293-311.

PRABHU, A. S. & FILIPPI, M. C. Seed treatment with pyroquilon for the control of leaf blast in Brazilian upland rice. **International Journal of Pest Management, Hampshire**, v. 39, p. 347-353, 1993.

PRADO, R. M. **Resposta da cultura da cana-de-açúcar à aplicação de escória silicatada como corretivo de acidez do solo**. Ilha Solteira, 2000. 97p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

PRADO, R. M. & FERNANDES, F. M. Eficiência da escória de siderurgia em Areia Quartzosa na nutrição e na produção de matéria seca de cana-de-açúcar cultivada em vaso. **STAB Açúcar**, Álcool Subp., 18:36-39, 2000a.

PRADO, R. M. & FERNANDES, F. M. Escória de siderurgia e calcário na taxa de folhas senescentes da cultura da cana-de-açúcar. **R. Agric.**, 75:311-321, 2000b.

PRADO, R. M. & FERNANDES, F. M. Eficiência da escória de siderurgia em Latossolo Vermelho na nutrição e na produção de matéria seca de cana-de-açúcar cultivada em vaso. **STAB Açúcar**, Álcool Subp., 19:26-29, 2001a.

PRADO, R. M. & FERNANDES, F. M. Resposta da cana-de-açúcar à aplicação da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:201-209, 2001b.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. & NATALE, W. **Uso agrícola da escória de siderurgia no Brasil: estudos na cultura da cana-de-açúcar.** Jaboticabal, FUNEP, 67p. 2001.

PRADO, H.; ROSSETO, R. & LANDELL, M.G.A. Instituto Agronômico de Campinas propõe classificação de solos adaptada para a cultura da cana-de-açúcar. **STAB Açúcar**, Álcool Subp., 16:13, 1998.

PREMAZZI, L. M. **Saturação por bases como critério para recomendação de calagem em cinco forrageiras tropicais.** Piracicaba, 1991. 215p. Dissertação (Mestrado) – ESALQ/USP.

QUAGGIO, J. A. **A acidez e calagem em solos tropicais.** Campinas: Instituto Agronômico, 2000. 111p.

QUAGGIO, J. A. Resposta das culturas à calagem. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS. Piracicaba, 1984. **Anais...** Piracicaba, Cargill, 1984. p. 123-154.

RAID, R. N.; ANDERSON, D. L. & ULLOA, M. F. Influence of cultivar and amendment of soil with calcium silicate slag on foliar disease development and yield of sugar cane. **Crop Protec.**, 11:84-88, 1992.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba, Ceres, POTAFOS, 1991. p.343.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. & FURLANI, A.M.C., **Análise química para avaliação da fertilidade dos solos tropicais.** Campinas. Instituto Agronômico, 2001, 285 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. & FURLANI, A.M.C., eds. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas e Fundação IAC, 1996. 255p. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. van & CAMARGO, O. A. Sílica solúvel em solos. **Bragantia**, 32:223-31, 1973.

RAVEN, J. A. Transport and function of silicon in plants. **Biol. Rev.** 58, 179–207, 1983.

RAYMAN, P. R. . **Minha experiência com Brachiaria brizantha**. Campo Grande, Rayman's Seeds Sementes de Pastagens Tropicais, 1983, 3p.

RIBEIRO, A. C.; FIRME, D. J. & MATOS, A. C. M. Avaliação da eficiência de uma escória de aciaria como corretivo da acidez. **R. Ceres**, 33:242-248, 1986.

RODRIGUES, L. R. A. Espécies forrageiras para pastagens: gramíneas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 8, Piracicaba, 1986. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 1986. p. 375-388.

RODRIGUES, F. A.; DATNOFF, L. E.; KORNDORFER, G. H.; SEEBOLD, K. W. & RUSH, M. C. Effect of silicon and host resistance on sheath blight development in rice. **Plant Dis.** 85, 827–832. , 2001.

SALATA, J. C.; SANTOS, E. & DEMATTÊ, J. L. I. Ação do calcário e gesso em solos de baixa fertilidade e na recuperação de soqueiras de cana-de-açúcar. **STAB Açúcar**, Álcool Subp., 14:19-22, 1995.

SAMUELS, A. L.; GLASS, A. D. M.; EHRET, D. L. & MENZIES, J. G. Mobility and deposition of silicon in cucumber plants. **Plant Cell Environ.** 14, 485–492, 1991.

SAS INSTITUTE Inc. **SAS/STAT User's Guide**. Version. 6th ed. Cary, NY: SAS Institute Inc., 1989. v.2, 446p..

SAVANT, N. K.; DATNOFF, L. E. & SNYDER, G. H. Depletion of plant available silicon in soils: a possible cause of declining rice yields. **Commun. Soil Sci. Plant. Anal.** 28, 1245-1252. , 1997a.

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

SILVA, D. J. & QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 2002, 235 p.

SIQUEIRA, C. Calagem para plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS. 1, Piracicaba, 1986. **Anais...** Piracicaba, ABPPF, 1986. P. 77-92.

SNYDER, G. H.; JONES, D. B. & GASCHO, G. J. Silicon fertilization of rice on Everglades Histosols. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 50:1259-1263, 1986.

SOARES FILHO, C. V.; MONTEIRO, F.A. & CORSI, M. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. **Pasturas Tropicais**, v.14, n.2, p.1-6, 1992.

SUZUKI, N. Nature of resistance to blast. In: GOTO, K. The rice blast disease. Baltimore: **Johns Hopkins Press**, 1965. p. 277-302

TISDALE, S. L.; NELSON, W. J. & BEATON, J. D. **Soil Fertility and Fertilizers**. Macmillan Publishing Company, New York, 1993.

VALÉRIO, J. R. & KOLLER, W. W. **Avaliação para gramíneas forrageiras para resistência às cigarrinhas das pastagens**. Campo Grande, EMBRAPA – CNPGC, 1982, 3 p..

VALLE, C. B. do & MILES, J. W. Melhoramento de gramíneas do gênero Brachiaria. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11, Piracicaba, 1994. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p.191-231.

VALLS, J. F. M. & SENDULSKI, T. **Descrição botânica**. In: VALLS, J. F. M. Carta, 6 de julho de 1984. Brasília, para Saladino G. Nunes, Campo grande, MS, p. 4-6.

VETTORI, L. **Métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1964. 24p.

VITTI, G. C. & LUZ, P. H. C. Calagem e uso do gesso agrícola em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 3, Jaboticabal, 1997. **Anais...** . Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1997. p. 63-111.

VOGEL, A. **Química analítica qualitativa**. 5ª ed. São Paulo, Mestre Jou, 1981. 665p.

VOLK, R. J.; KAHN, R. P. & WEINTRAUB, R. L. Silicon content of the rice plant as a factor in influencing its resistance to infection by the rice blast fungus *Piricularia oryzae*. **Phytopathology**. 48, 121–178 , 1958.

YAMAUCHI, M. & WINSLOW, M. D. Effect of silica and magnesium on yield of upland rice in the humid tropics. **Plant Soil**. 113, 265–269, 1989.

YOSHIDA, S.; OHNISHI, Y. & KITAGISHI, K. Chemical forms, mobility and deposition of silicon in rice plant. **Soil Sci. Plant Nutr.** 8, 15–21, 1962.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T. & CANTARELLA, H. Recomendação de adubação e calagem para forrageiras. In: RAIJ, B. van; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI, Jr., R.; DECHEN, A. R. & TRANI, P. E. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico; Fundação IAC, 1996. p. 263-271.

WHITEMAN, P. C. **Tropical Pasture Science**. Oxford, University Press, 1980. 392 p..

WINSLOW, M. D. Silicon, disease resistance and yield of rice genotypes under upland cultural conditions. **Crop. Sci.** 32, 1208 – 1213, 1992.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; BARCELLOS, A. de O. & KICHEL, A. N. Estabelecimento e recuperação de Brachiaria. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11; Piracicaba, 1994. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 153-208.