

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
Programa de Pós-Graduação em Manejo e
Conservação do Solo e da Água



Dissertação

**Efeito residual da cinza de casca de arroz na acidez e na
disponibilidade de fósforo, silício e potássio no solo**

Aline Hernandez Kath

Pelotas, 2013

ALINE HERNANDEZ KATH

**EFEITO RESIDUAL DA CINZA DE CASCA DE ARROZ NA ACIDEZ E NA
DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO, SILÍCIO E POTÁSSIO NO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências, (área do conhecimento: Manejo e Conservação do Solo e da Água).

Orientador: Professor Dr. Ledemar Carlos Vahl

Co-orientador: Professor Dr. Rogerio Oliveira de Sousa

Pelotas, 2013

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

K11e Kath, Aline Hernandez

Efeito residual da cinza de casca de arroz na acidez e na disponibilidade de fósforo, silício e potássio no solo / Aline Hernandez Kath ; Ledemar Carlos Vahl, orientador ; Rogério Oliveira de Sousa, coorientador. — Pelotas, 2013.

87 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2013.

1. Resíduo. 2. Fertilidade. 3. Tempo. 4. Agricultura. I. Vahl, Ledemar Carlos, orient. II. Sousa, Rogério Oliveira de, coorient. III. Título.

CDD : 633.18

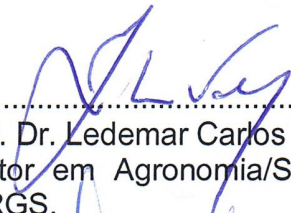
ALINE HERNANDEZ KATH

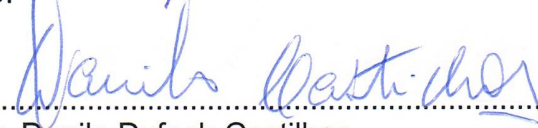
EFEITO RESIDUAL DA CINZA DE CASCA DE ARROZ NA ACIDEZ E NA
DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO, SILÍCIO E POTÁSSIO NO SOLO

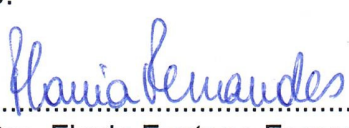
Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

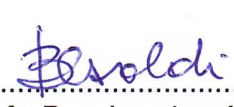
Data da defesa: 03/10/2013

Banca examinadora:


.....
Prof. Dr. Ledemar Carlos Vahl (Orientador)
Doutor em Agronomia/Solos pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
UFRGS.


.....
Prof. Dr. Danilo Dufech Castilhos
Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
UFRGS.


.....
Profª. Dra. Flavia Fontana Fernandes
Doutora em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
UFRGS.


.....
Profª. Dra. Loraine André Isoldi
Doutora em Biotecnologia pela Universidade Federal de Pelotas, UFPEL.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Ledemar Carlos Vahl
Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” – UFPel

Prof. Dr. Danilo Dufech Castilhos
Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” – UFPel

Prof^a. Dra. Flavia Fontana Fernandes
Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” – UFPel

Prof^a. Dra. Loraine André Isoldi
Universidade Católica de Pelotas – UCPEL

Com grande amor dedico esta dissertação

Aos meus pais, Jorge e Cida

Às minhas irmãs Andréa e Adriana

Ao meu esposo Roger

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar os caminhos nas horas incertas e suprir todas as minhas necessidades.

Ao meu orientador Professor Dr. Ledemar Carlos Vahl, pessoa agraciada por Deus em intelectualidade e humildade. Grata sou por seus ensinamentos, bom humor, compreensão e amizade ao longo desta caminhada.

Ao Professor Rogério Oliveira de Sousa pela co-orientação e amizade.

À Universidade Federal de Pelotas especificamente ao Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água pela oportunidade de ingresso no Mestrado, acolhimento e garantia de um ensino de qualidade.

Aos professores do PPG MACSA pelos ensinamentos e atenção dedicados a mim.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Aos colegas Lizete Stumpf, Marília Alves, Jaqueline Trombetta, Marcos Vale e Gil Marques pelo companheirismo, contribuição e amizade demonstrados, e em especial à Gláucia Oliveira Islabão pelo apoio e carinho.

Aos queridos companheiros de ingresso Antony Winkler, Renata Alves, Marta Sória e Jacira Porto pela amizade. Foi um imenso prazer conhecer vocês!

Ao bolsista Donald Paul e à funcionária Rosane Maria Morales Guidotti pelo auxílio e disposição para a ajuda com as análises.

Aos demais amigos e funcionários do Departamento de Solos, pela amizade e companheirismo. Foi maravilhoso conviver com vocês durante este período.

Agradeço, por fim, a minha família pelo carinho e incentivo de sempre, em especial, ao meu esposo Roger Kath pelo suporte e apoio incondicional.

Resumo

KATH, Aline Hernandez. **Efeito residual da cinza de casca de arroz na acidez e na disponibilidade de fósforo, silício e potássio no solo.** 2013. 85p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - Brasil.

A cinza de casca de arroz apresenta como uma de suas principais utilizações a incorporação na agricultura, atualmente. Esse resíduo, proveniente da queima da casca do arroz e que apresenta elevado teor de sílica em sua composição, atua como corretivo de acidez do solo e aumenta os teores de cátions trocáveis básicos assim como a disponibilidade de fósforo (P), silício (Si) e potássio (K). As pesquisas envolvendo o potencial da cinza de casca de arroz como corretivo da acidez e fertilizante do solo concentram-se, basicamente, em seus resultados imediatos, ou seja, o efeito residual desse resíduo no solo ainda é desconhecido. Em virtude disto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito residual da cinza de casca de arroz sobre a acidez e liberação de P, Si e K no solo. Para tal, foi realizado um experimento de campo constituído por cinco tratamentos: quatro dosagens de cinza de casca de arroz 0, 30, 60 e 120 t ha⁻¹ e um tratamento com adubação e calagem recomendada onde foram realizadas cinco amostragens de solo, nas camadas de 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m, aos 15, 211, 400, 517 e 804 dias após a incorporação da cinza. Os atributos químicos analisados foram: pH em água, porcentagem de saturação de bases, teores de cátions trocáveis (Ca, Mg, K e Na), teores de C, N, P e Si e capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7. Os resultados indicaram que, quanto maior for a dose de cinza de casca de arroz aplicada ao solo, maior é o efeito residual nos teores de Ca, Mg e K trocáveis, na saturação de bases, no pH e nos teores disponíveis de P e Si. Como fonte de fósforo e potássio, o efeito residual da cinza de casca de arroz é menor do que o de fertilizantes minerais solúveis. O efeito residual da cinza de casca de arroz na disponibilidade de silício é maior do que na disponibilidade de fósforo. E, como corretivo de acidez, o efeito residual da cinza de casca de arroz resume-se ao tempo necessário para ocorrer o processo natural de reacidificação e lixiviação dos cátions básicos.

Palavras – chave: resíduo, fertilidade, tempo, agricultura

Abstract

KATH, Aline Hernandez. **Residual effect of rice husk ash in acidity and availability of phosphorus, silicon and potassium in soil.** 2013. 85p. Dissertation (Master's) – Post-Graduation Program in Management and Conservation of Soil and Water. Federal University of Pelotas, Pelotas – Brazil.

The rice husk ash has as one of the main uses their incorporation in agriculture, nowadays. This waste, obtained from burned rice husk and that contains high values of silica, works like corrective of soil acidity and increases values of exchangeable base cations as well as the availability of phosphorus (P), silicon (Si) and potassium (K). Researches about rice husk ash potential as soil acidity corrective and fertilizer have focused, basically, on their immediate effects, in the other words, its residual effect is still unknown. Therefore, this investigation aimed to evaluate the residual effect of rice husk ash in acidity and release of P, Si and K on soil. To this end, a field experiment was conducted with five treatments: four rice husk ash dosages 0, 30, 60 and 120 t.ha⁻¹ and one treatment with recommended soil lime and fertilizer where five soil samples were collected in the layers 0,00 – 0,10 m and 0,10 – 0,20 m to the 15, 211, 400, 517 and 804 days after ash incorporation. Chemical attributes were determined: soil pH (pH), soil base, exchangeable cation values (Ca, Mg, K and Na), values of C, N, P and Si and cation exchange capacity (CEC) at pH 7. Results showed that as greater was rice husk ash dosage applied in soil higher is the residual effect of exchangeable values Ca, Mg and K, in soil base, in pH and in availability values of P and Si. As a source of phosphorus and potassium, the residual effect of rice husk ash is lower than soluble fertilizers. The residual effect of rice husk ash in silicon availability is greater than in phosphorus availability. And, as corrective of soil acidity, the residual effect of rice husk ash is just the required time to occur the natural process of reacidification and leaching of base cations.

Key-words: waste, fertility, time, agriculture

Lista de Figuras

Figura 1. Distribuição granulométrica da cinza de casca de arroz. Erro! Indicador não definido.	17
Figura 2. Precipitação pluviométrica mensal (barra) e acumulada (pontilhado) no período do experimento de 15/04/2010 a 27/06/2012, obtidas da Estação Agroclimatológica de Pelotas (Capão do Leão) localizada a cerca de 7 km da área experimental.....	24
Figura 3. Croqui do delineamento experimental representando a distribuição das parcelas dentro dos quatro blocos..	26
Figura 4. Concentrações de cátions trocáveis em função do tempo após a aplicação de cinza de casca de arroz nas doses indicadas pelas equações ajustadas na camada de 0,00 – 0,20 m de um Argissolo.	31
Figura 5. Teores relativos (%) de cátions trocáveis em função do tempo (dias) para a dose de 120 t.ha ⁻¹ de cinza de casca de arroz.....	32
Figura 6. Efeito do tempo de aplicação da cinza de casca de arroz sobre a) porcentagem de saturação de bases (PSB) e b) pH (H ₂ O) na camada de 0,00 – 0,20 m de um Argissolo.....	34
Figura 7. Taxa de diminuição (ano) para c) porcentagem de saturação de bases (PSB) e d) pH (H ₂ O) em relação a seus respectivos valores iniciais em um Argissolo na camada de 0,00 – 0,20 m.....	34
Figura 8. Concentrações de a) P (Mehlich – 1) e b) Si (Ácido Acético) em função do tempo após a aplicação de doses de cinza de casca de arroz na camada de 0,00 – 0,20 m de um Argissolo.....	40

Lista de Tabelas

Tabela 1. Composição química média da cinza de casca de arroz (CCA).	14
Tabela 2. Distribuição granulométrica da cinza de casca de arroz via peneiramento a seco.	16
Tabela 3. Atributos químicos e granulometria do solo do experimento nas camadas de 0,00-0,10m e 0,10-0,20m.	23
Tabela 4. Composição química da cinza de casca de arroz utilizada no experimento.	24
Tabela 5. Níveis de significância obtidos a partir da análise de variância para medidas repetidas (Two - Way Repeated Measures ANOVA) dos cátions básicos trocáveis Ca, Mg, K e Na, porcentagem de saturação de bases (PSB) e pH.	29
Tabela 6. Tempo total (tt) e tempo de meia vida ($t_{0,5}$) estimados para as concentrações dos cátions trocáveis e os valores de PSB e pH retornarem aos valores iniciais do solo.	36
Tabela 7. Níveis de significância obtidos a partir da análise de variância para medidas repetidas (Two - Way Repeated Measures ANOVA) dos elementos P e Si.	38
Tabela 8. Tempo total (tt) e tempo de meia vida ($t_{0,5}$) estimados para as concentrações de P e Si retornarem aos valores iniciais do solo.	40

Lista de Abreviaturas e Siglas

ACR	adubação e calagem recomendada
ASE	área superficial específica
CCA	cinza de casca de arroz
Corg	carbono orgânico
CQFS RS/SC	Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
CTC	capacidade de troca catiônica
CTC_e	capacidade de troca catiônica efetiva
CTC₇	capacidade de troca catiônica a pH 7
daa	dias após a aplicação
NC	necessidade de calcário
NT	nitrogênio total
PN	poder de neutralização
PRNT	poder relativo de neutralização total
PSB	porcentagem de saturação de bases
RE	reatividade
tt	tempo total
t_{0,5}	tempo de meia vida

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Cinza de casca de arroz	13
2.2 Uso agrícola da CCA	14
2.3 Efeito residual	15
2.4 Acidez do solo	17
2.5 Dinâmica dos nutrientes	19
2.5.1 Cátions básicos trocáveis	19
2.5.2 Fósforo e silício.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Área e delineamento experimental	23
3.2 Precipitação pluviométrica	24
3.3 Coletas das amostras	26
3.4 Análises químicas.....	27
3.5 Análises estatísticas	27
3.6 Avaliação do efeito residual.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 Carbono orgânico, nitrogênio total e CTC.....	28
4.2 Bases trocáveis	29
4.3 Porcentagem de saturação de bases e pH.....	33
4.4 Fósforo e Silício	38
4.5 Reaplicação da CCA.....	40
5. CONCLUSÕES	42
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
APÊNDICES	49

1. INTRODUÇÃO

A casca do grão de arroz é o primeiro subproduto do beneficiamento do cereal na indústria e equivale, em média, a 22 % da massa do grão inteiro (UMAMAHESWARAN, K. e BATRA, 2008). No Rio Grande do Sul, a produção do grão é da ordem de $11,7 \times 10^6$ toneladas por ano (IBGE, 2013) gerando $2,6 \times 10^6$ toneladas de casca por ano. Como possui alto valor energético - 16,7 MJ/kg (DELLA et al., 2001), a casca de arroz vem sendo utilizada para a geração de energia, através de sua combustão. Do processo de combustão surge um novo resíduo, a cinza de casca de arroz (CCA), que representa em média 15 % da massa da casca utilizada (GONÇALVES e BERGMANN, 2006). Em Pelotas/RS são produzidas ao redor de 35×10^3 t de CCA por ano (MADALLOZ et al., 2008).

O aproveitamento de resíduos agrícolas tem-se tornado uma necessidade em função do alto custo ambiental derivado do seu descarte inadequado na natureza. Nesse cenário, a casca de arroz, assim como a cinza produzida pela sua queima, tornaram-se preocupantes em várias regiões do país, com destaque para a região Sul, em virtude do grande volume produzido anualmente (ZUCCO e BERALDO, 2008).

Segundo Ferreira (2005), em sua composição, a CCA geralmente contém 80-90 % de SiO_2 (sílica). Os elementos mais comuns presentes em sua constituição são sódio, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco. A composição química da cinza varia em função do solo em que o arroz é plantado, dos tipos e dosagens de fertilizantes utilizados, bem como do tipo de arroz propriamente dito (HOUSTON, 1972).

Atualmente a CCA vem sendo utilizada, de forma empírica, por agricultores familiares que tem alcançado resultados satisfatórios em seus cultivos (SANTOS, 2011). As dosagens de CCA utilizadas e o tempo de reaplicação da mesma estão sendo estimados por esses agricultores mediante observação de suas lavouras.

Islabão (2013) concluiu que a CCA aumentou os teores dos cátions trocáveis básicos do solo (Ca, Mg, K e Na), o pH, a capacidade de troca catiônica efetiva (CTC_e) assim como a disponibilidade de P e Si. Embora comprovado o satisfatório potencial da CCA como fertilizante e corretivo da acidez do solo, o tempo de duração dos efeitos deste material após a sua aplicação é desconhecido.

Efeito residual de um insumo é o tempo em que suas finalidades de uso irão permanecer atuando no solo. Segundo Natale e Coutinho (1994) o efeito residual depende de vários fatores: dosagem do insumo, tipo de solo, adubações, intensidade de cultivo, dentre outros. Porém um fator também importante, é a reatividade do insumo: quanto maior a reatividade, menor o efeito residual, isto é, quanto mais rápida a ação do insumo, menor é a duração dos efeitos da calagem e vice-versa.

A hipótese desse estudo é que o efeito inicial da CCA sobre a acidez e disponibilidade de nutrientes diminui ao longo do tempo.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito residual da CCA sobre a correção da acidez e disponibilidade de P, Si e K em um Argissolo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cinza de casca de arroz

A cinza de casca de arroz (CCA) é um resíduo agroindustrial liberado da queima da casca de arroz, sendo formada de 89 a 91 % por sílica (SiO_2) em sua composição (NETO, 2007).

De acordo com informações contidas na Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz do Brasil, em torno de 67 % da produção nacional, equivalente a 11 858,3 mil toneladas (CONAB, 2013). O beneficiamento deste volume produz quantidade elevada de casca de arroz e, no caso de empresas que utilizam a casca como fonte de energia, consequentemente, grandes volumes de cinza de casca de arroz (SANTOS, 2011). Em termos de valores produzidos, para cada tonelada de arroz em casca, 230 kg correspondem à casca e 40 kg correspondem a cinzas (DELLA et al., 2005).

Devido ao elevado teor de sílica presente na composição química da CCA – ela encontra várias aplicações tanto na construção civil, como pozolana agregada em cimentos, concretos e argamassas ou ainda na fabricação de tijolos prensados e estabilização de solos, como na indústria cerâmica, no processo de obtenção de refratários, porcelanas e isolantes térmicos e também, na fabricação de vidros (POUEY, 2006).

De acordo com Larbi (2010), a CCA possui um alto teor de sílica amorfa porque, naturalmente, a planta de arroz absorve do solo e transporta grande quantidade do silício na forma de ácido silícico às suas superfícies. Este ácido é concentrado na superfície da planta devido à evaporação e, subsequentemente, é polimerizado em uma membrana celulósica de sílica.

Segundo Pouey (2006), a cinza da casca de arroz é o resultado do processo de combustão empregado, que depende da combinação de três variáveis: tipo de equipamento utilizado (a céu aberto, fornalhas tipo grelha ou leito fluidizado); temperatura de queima e tempo de exposição durante o processo.

A tonalidade da CCA varia conforme as impurezas presentes e também de acordo com as condições de queima. As cinzas com alto teor de carbono tendem a ser pretas mas podem apresentar outras tonalidades, variando de cinza, branca, branco quase rosado até púrpura.

Ao avaliar a composição química da cinza de casca de arroz, utilizada por diferentes autores e produzidas sob diferentes condições de queima, em diversas regiões do mundo, Islabão (2013) concluiu que os resultados são bastante semelhantes e elaborou uma tabela a partir dos dados coletados (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química média da cinza de casca de arroz (CCA)

Variável								
	Si	K	Ca	Mg	N	P	S	C
n	38	35	39	24	2	22	9	10
-----g/kg-----								
Média	423,13	14,02	5,83	3,05	0,35	2,74	0,73	82,40
	Cu	Fe	Mn	Zn	Ni	Cl	Rb	Co
n	7	38	32	11	5	11	1	1
-----mg/kg-----								
Média	123	3419	1357	148	654	4371	91	367
	Br	Cr	Na	Al	Ti	Cd		
n	1	5	16	16	4	2		
-----mg/kg-----								
Média	900	124	1752	3570	165	0,443		

n = número de fontes consultadas
Fonte: Adaptado de Islabão (2013)

2.2 Uso agrícola da CCA

Um dos principais usos da cinza de casca de arroz está ligada ao seu emprego como insumo agrícola. A CCA tem sido adicionada ao solo sem acompanhamento técnico, ou seja, de forma completamente empírica, por produtores rurais que desconhecem os limites de dosagem e de frequências de aplicação deste resíduo (PAUL, 2011).

Santos (2011) realizou uma pesquisa qualitativa através de entrevistas com agricultores da comunidade de Esquina dos Morros em Santo Antônio da Patrulha/RS que utilizam a CCA em seus cultivos agrícolas, em substituição total ou parcial de insumos convencionais. Através de análises de pH e observações visuais das lavouras esses agricultores relataram inúmeros benefícios da CCA como corretivo do solo, adubo orgânico e até mesmo fungicida (principalmente no combate à Brusone).

Os elevados teores de silício (Si) presentes na composição química da CCA podem influenciar o rendimento dos cultivos agrícolas. Neto (2007) observou que a produtividade de muitas gramíneas, como arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milheto, aveia, trigo, milho e algumas espécies não gramíneas como alfafa, feijão, tomate, alface e repolho, apresentam aumentos de produtividade com a elevação da disponibilidade de Si no solo.

A cinza de casca de arroz atua como corretivo de acidez de solo e aumenta os teores de cátions trocáveis básicos (Ca, Mg, K e Na) assim como a disponibilidade de P e Si no solo avaliado pelos extratores Melich-1 e Ácido Acético, respectivamente (ISLABÃO, 2013).

Entretanto, uma questão que tem ficado pendente em relação ao uso agrícola da CCA é: Por quanto tempo seus efeitos persistem no solo?

2.3 Efeito residual

O termo efeito residual pode ter diferentes definições dependendo das características do material que está sendo utilizado no solo. Assim, o efeito residual do calcário compreende o tempo de duração de seus efeitos no solo ou o período em que a acidez e o alumínio tóxico estão controlados (NOVAIS et al., 2007); para um herbicida, por exemplo, efeito residual é a habilidade que o mesmo tem para reter a integridade de sua molécula e, conseqüentemente suas características físicas, químicas e funcionais no ambiente (MANCUSO et al., 2011). No contexto deste trabalho, o efeito residual é definido como o tempo necessário para as concentrações dos nutrientes avaliados e atributos químicos relacionados à acidez, retornarem aos valores iniciais obtidos para o tratamento testemunha na primeira coleta.

O conhecimento do efeito residual de qualquer substância incorporada ao solo é importante para evitar acumulações inapropriadas ou deficiências (KOWALENKO e IHNAT, 2013).

A eficiência dos materiais corretivos é medida através do poder de neutralização e do seu efeito residual. A reação de neutralização promovida pelos óxidos e hidróxidos é muito mais rápida que a dos carbonatos e silicatos. Outro fator diz respeito à granulometria dos corretivos: quanto maior a área de contato, portanto quanto mais fino o corretivo, mais rápida é sua ação (ALCARDE, 1985).

Os calcários comerciais não apresentam uma única faixa de tamanho de partículas, e sim uma mistura de frações de diferentes tamanhos. A maior proporção de partículas finas confere a esta composição maior taxa de reação inicial, porém propicia menor período de ação (efeito residual). Na composição com maior participação de frações “grosseiras”, inicialmente a reação de dissolução é lenta, devido à menor área superficial específica (ASE), porém o seu efeito persiste por maior período de tempo. Ao agricultor interessa um produto que eleve o pH do solo ao nível desejado em um menor tempo (efeito imediato) e mantenha-o por maior período de tempo possível (efeito residual), a fim de maximizar o retorno econômico (NAHASS e SEVERINO, 2003).

Della et al. (2001) avaliou a granulometria da CCA e concluiu que a mesma apresenta distribuição variada (Tabela 2), com maior percentual de fragmentos retidos com tamanhos de 125 μm (0,125 mm) a 250 μm (0,250 mm) e predominância de partículas pequenas e de formato alongado e contorcido (Figura 1).

Tabela 2. Distribuição granulométrica da cinza de casca de arroz via peneiramento a seco

Peneira	% Retido
# 16 (>100 μm)	0,5
# 32 (500 a 1000 μm)	8,7
# 60 (250 a 500 μm)	27,8
# 115 (125 a 250 μm)	30,5
#270 (53 a 125 μm)	20,7
Passante # 270 (<53 μm)	11,8

Fonte: Della et al., 2001

As partículas de calcário, mesmo com granulometria variável, em geral, preservam a mesma composição química, motivo pelo qual, tanto as partículas grandes quanto as pequenas reagem da mesma forma no solo o que muda é a velocidade da reação. Para a CCA, essa suposição possivelmente não seja válida uma vez que do processo de queima da casca de arroz resulta um material heterogêneo composto por uma mistura de cascas de arroz queimadas e parcialmente queimadas que apresentam composição química diferente entre si (Figura 1).



Figura 1. Distribuição granulométrica da CCA (Della et al., 2001).

O efeito do calcário no solo não é permanente, pois o corretivo sofre transformações para compostos mais solúveis ao reagir com substâncias ácidas do solo, aliado a perdas que podem ser por erosão, lixiviação e remoção de culturas (CRUZ, 1977). Com o passar do tempo, o efeito do calcário é reduzido aos poucos pelo processo natural de acidificação do solo, o qual pode ser acompanhado por meio da realização de nova análise química do solo. Após este período, uma nova aplicação do corretivo será necessária, mas a quantidade a ser aplicada será apenas uma manutenção da calagem anterior, correspondendo a cerca de 20 a 50% da dose original (NOVAIS, et al., 2007).

A perda dos efeitos no solo ao longo do tempo, provavelmente também ocorra com a CCA, porém os mecanismos envolvidos são desconhecidos.

2.4 Acidez do solo

A acidez é o principal fator de degradação química do solo e abrange áreas extensas dos solos brasileiros. Entre as causas químicas capazes de ocasionar a acidez do solo, destacam-se a água da chuva (dissociação do ácido carbônico – H_2CO_3), a decomposição de materiais orgânicos (dissociação de prótons de grupamentos carboxílicos e fenólicos da matéria orgânica e de restos culturais), a adição de fertilizantes nitrogenados e a lixiviação de cátions como cálcio, potássio e magnésio. O cultivo do solo, tanto manejado no sistema convencional como no sistema plantio direto, também gera um processo de acidificação, em função de

perdas e absorção pelas plantas de cátions básicos, pela mineralização de materiais orgânicos e em função da nitrificação (NOLLA & ANGHINONI, 2003).

A acidez do solo pode ser controlada com a aplicação de substâncias que liberam hidroxilas (OH^-), capazes de neutralizar os prótons (H^+) presentes na solução do solo. O calcário é o material mais utilizado. Na correção da acidez o pH do solo é aumentado, assim como os teores de Ca e Mg. O processo natural de acidificação do solo, entretanto, continua com gradual lixiviação de Ca e Mg; esta reacidificação é muito lenta, podendo ser detectada após 3 a 5 anos da aplicação do calcário (MEURER et al., 2010).

A capacidade de um material corrigir acidez é função do teor de bases que possui e da reatividade destas bases no solo. Nos calcários, o teor de bases é expresso como equivalente CaCO_3 ou poder de neutralização (PN) e a eficiência relativa ou reatividade (RE) é estabelecida em função da granulometria do calcário. Quanto menor o tamanho das partículas, mais rápida é a reação de solubilização e correção da acidez. Com estes dois índices pode ser calculado o PRNT - poder relativo de neutralização total (van RAIJ, 2011). O PRNT é o indicador da capacidade do calcário corrigir acidez, utilizado nos cálculos de dosagem deste insumo a ser aplicado no solo. Islabão (2013) determinou estes parâmetros e concluiu que a CCA reage muito mais rápido (reatividade da ordem de 300 %) que o calcário convencional, mas apresenta PRNT baixo, da ordem de 3 % sendo que não é esperado que esta reatividade variasse muito entre CCAs de diferentes origens porque aparentemente a velocidade de reação deste resíduo no solo não está relacionada à granulometria, como nos calcários, mas sim com a natureza química das bases que contém, que são mais solúveis.

Reis et al. (2011) afirma que durante o processo de queima da casca de arroz são produzidos óxidos de metais alcalinos e, parte do Si que é abundante neste material, pode ser convertido em silicatos básicos. Estas substâncias dão caráter básico à CCA, com o pH podendo chegar a 10, como foi o caso das utilizadas por Pauletto et al. (1990) e por Leripio (1996).

Os estudos com cinza de madeira mostram que esta reage mais rapidamente no solo do que o calcário, resultando em elevados aumentos no pH, mas apenas por um período relativamente curto de tempo. Isto ocorre devido ao fato de que os óxidos, hidróxidos e carbonatos de K e Na, presentes na cinza de madeira

e principais responsáveis pela capacidade de neutralização, são muito solúveis e não persistem por muito tempo no solo (DEMEYER et al., 2001).

2.5 Dinâmica dos nutrientes

A mobilidade dos nutrientes no perfil pode afetar a disponibilidade destes aos vegetais (KEPKLER & ANGHINONI, 1996) e também as perdas por lixiviação (CERETTA et al., 2002) e, por isso, influencia a escolha das técnicas mais adequadas de fertilização do solo, incluindo épocas, doses e métodos de aplicação dos fertilizantes, tanto sob o ponto de vista agrônomo quanto ambiental.

Com relação à movimentação e variação das concentrações dos nutrientes no solo, observa-se que as mesmas dependem de diversos fatores, podendo-se citar a concentração do nutriente em solução, relacionada com a capacidade de adsorção do elemento pelo solo (QAFOKU & SUMNER, 2000), às cargas do complexo de troca iônica (PINHEIRO, 2002), o pH (QAFOKU & SUMNER, 2000), a solubilidade do fertilizante (SCHUMMAN, 2001) e as proporções dos nutrientes no fertilizante formulado (SILVA, 2004). Além disso, a movimentação do nutriente depende do conteúdo de água e da macroporosidade do solo, entre outros fatores. (SHIPTALO et al., 2000).

2.5.1 Cátions básicos trocáveis

Uma vez que o cálcio e o magnésio existem como cátions, eles são governados pelo fenômeno de troca de cátions. Logo, são retidos como Ca^{+2} e Mg^{+2} trocáveis nas superfícies com cargas negativas das argilas e da matéria orgânica. O potássio (K^+) adicionado ao solo pode ser absorvido pelas plantas, perdido por lixiviação ou tornar-se indisponível devido a sua fixação nos minerais do solo (NOVAIS et al., 2007).

A energia de retenção dos cátions trocáveis nos colóides do solo segue uma série denominada liotrófica, resultando na maior lixiviação de K em solos bem drenados, principalmente em solos com menor capacidade de troca catiônica (CTC) (van RAIJ, 1991).

O sódio é um elemento particularmente móvel. Todos os seus compostos (cloretos, sulfatos, sulfetos e carbonatos) são altamente solúveis. Também o íon

sódio, que é um cátion monovalente, é mais fracamente retido no complexo adsorvente do que o cálcio, ao qual ele cede facilmente o lugar desde que este último seja abundante. O sódio é exportado da maioria dos solos tropicais não somente sob climas chuvosos, mas também sob condições de climas secos, mesmo bastante secos, a partir do momento onde ocorra uma drenagem regular, sendo esta ocorrência facilitada pela concentração das chuvas em períodos curtos (BOYER, 1985).

Os corretivos de acidez aumentam o pH do solo, porém, ao longo do tempo ocorre o processo natural de reacidificação do mesmo que irá acelerar a substituição e lixiviação de cátions fundamentais como cálcio, magnésio, sódio e potássio, com consequente aumento da solubilização do alumínio e manganês gerando deficiência de sais ou acréscimo de outros metais tóxicos na solução do solo. A ação da água das chuvas constitui um fator importante na lixiviação de nutrientes (ROSOLEM et al., 2006). O H^+ formado da reação da água (H_2O) com o gás carbônico (CO_2) da atmosfera é transferido para a fase sólida do solo liberando quantidade equivalente de cátion trocável que pode ser retirado por lixiviação (HAMA, 2001).

2.5.2 Fósforo e silício

A movimentação do fósforo no solo é considerada lenta. Quando comparado a outros elementos, geralmente o fósforo permanece onde é colocado pela intemperização dos minerais ou pela adubação, portanto pouco fósforo é perdido por lixiviação, mesmo assim em solos arenosos o fósforo pode se movimentar mais que em solos argilosos. As formas significativas de perdas de fósforo pelas plantas são o escoamento superficial e a remoção pelas culturas (SOUSA & LOBATO, 2004). A movimentação do fósforo no solo se dá por difusão - um processo lento e de pouca amplitude, que depende da umidade do solo, em condições de seca prolongada praticamente não há difusão (ARAÚJO & MACHADO, 2006).

Um dos maiores problemas dos solos brasileiros com relação à fertilidade é a baixa disponibilidade de fósforo (BRAIT, 2008).

Solos argilosos, compostos predominantemente por oxihidróxidos de ferro e de alumínio e caulinita apresentam alta capacidade de adsorção de fósforo. O fósforo adicionado é rapidamente adsorvido pelo solo, assim, mesmo quando os teores de fósforo no solo forem relativamente elevados, em relação à quantidade

necessária ao crescimento das plantas, apenas uma pequena fração tem baixa energia de ligação, que possibilita sua dessorção e, por conseguinte, sua disponibilidade às plantas (MARCOLAN, 2006).

A adsorção do fosfato aos oxihidróxidos de ferro e alumínio ocorre, principalmente, nas formas de baixa cristalinidade e com alto desbalanço de cargas. Esta adsorção se dá nos sítios ácidos de Lewis, onde os grupos OH e OH_2^+ ligados mono e trico-ordenadamente ao metal (Fe ou Al) são trocados pelo fosfato, caracterizando o fenômeno de troca de ligantes (BARROW, 1983). O fosfato pode ligar-se em forma monodentada, bidentada e binucleada. Com o passar do tempo, pode ocorrer o “envelhecimento” do fósforo adsorvido, cujas ligações tendem à especificidade, formando compostos binucleados ou ainda a penetração do fosfato nas imperfeições do mineral cristalizado. Isto resulta em maior estabilidade e menor possibilidade de dessorção do fosfato (SANTOS et al., 2008).

O manejo a que o solo é submetido, alterando os fatores envolvidos na adsorção de P no solo, pode reduzir a adsorção de P, aumentando a sua disponibilidade para as culturas. A elevação do pH do solo pela calagem, aumentando a concentração e atividade dos íons OH^- em solução, promove a precipitação de Fe e Al, reduzindo a precipitação de P-Fe e P-Al de baixa solubilidade. Há, também, geração de cargas negativas pela desprotonação de hidroxilas expostas nas argilas e matéria orgânica, ocorrendo repulsão entre o fosfato e a superfície adsorvente, ou seja, a elevação do pH a valores próximos da neutralidade dificulta a formação do complexo de superfície entre H_2PO_4^- e o Fe^{3+} , permanecendo mais P em solução disponível às plantas (McBRIDE, 1994).

Os solos perdem rapidamente quantidades consideráveis de silício devido ao cultivo intenso (KORNDÖRFER & NOLLA, 2003).

Alguns fatores podem estar envolvidos na baixa solubilidade de silício no solo, como: solos com graus variados de dessilificação; a cinética de dissolução de silício no solo é muito baixa; o silício da solução do solo é adsorvido por sesquióxidos que estão presentes em muitos solos tropicais (SAVANT et al., 1997).

No solo, o silício pode se apresentar na forma de silício solúvel, facilmente aproveitável pela planta, principalmente na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4), sílica biogênica oriunda da decomposição da matéria orgânica do solo e constituída por formas amorfas e silício estrutural em minerais silicatados (KORNDÖRFER, 2006); e também pode ser adsorvido no solo, de acordo com McKeague & Cline

(1963). Vários compostos comuns no solo são capazes de adsorver silício, entre eles as diversas formas de sílica amorfa, silicatos e substâncias não silicosas como óxidos de Fe, Al e Mg, os quais apresentam a maior eficiência de adsorção de Si. Entretanto, os minerais silicatados e carbonatos alcalinos terrosos têm pouca capacidade de adsorção (BRAIT, 2008).

Estudos têm apontado algumas interações importantes entre fósforo e silício. Existem alguns aspectos comuns envolvidos na dinâmica desses dois no solo, como: fosfato e silicato são adsorvidos pelos óxidos de ferro e de alumínio da fração argila, podendo silicato deslocar fosfato previamente adsorvido ou vice versa, das superfícies oxídicas. Em várias partes do mundo, é comum a aplicação de silicato na forma de escórias antes da fosfatagem, visando entre outros benefícios corrigir a acidez do solo e promover a competição entre fósforo e silício com o intuito de melhorar a disponibilidade de fósforo para as plantas (CARVALHO et al., 2001).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área e delineamento experimental

O experimento foi implantado no Centro Agropecuário da Palma, pertencente à Universidade Federal de Pelotas, situada no município do Capão do Leão – RS.

A área experimental possui 1152 m², onde foram instalados 4 blocos com 12 parcelas de 24 m² (6 m x 4 m). O solo da área experimental é descrito como um Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 1997) de textura franco arenosa (Tabela 3). O solo tem sido utilizado nas últimas décadas com pastagem nativa para o gado de leite.

Tabela 3. Atributos químicos e granulometria do solo do experimento nas camadas de 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m

pH H ₂ O	CO	P	Cátions trocáveis				CTC ₇	PSB	Argila	Silte	Areia
			K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺					
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³					%		g dm ⁻³	
			0,00-0,10 m								
5,54	11,30	5,8	1,64	23,60	10,51	0,80	76,19	49,17	169,3	224,4	606,3
			0,10-0,20 m								
5,23	9,85	3,6	1,21	27,4	11,30	0,82	70,56	59,12	192,9	220,0	586,9

CO= carbono orgânico, PSB= porcentagem de saturação por bases; CTC₇= CTC a pH 7

Fonte: Adaptado de Islabão (2013)

As cinzas provenientes da queima da casca do arroz em leite fluidizado foram fornecidas por uma empresa de Pelotas - RS. A tecnologia de leite fluidizado é capaz de produzir cinza amorfa a partir de casca de arroz com baixo teor de carbono não queimado em intervalos curtos de reação (ANGEL et. al., 2009). Tais cinzas foram caracterizadas através de análises químicas para a determinação do percentual de silício e demais nutrientes.

A incorporação da cinza, dos fertilizantes e do calcário no solo, na camada de 0,00-0,10 m, foi realizada com enxada rotativa. A Tabela 4 apresenta a composição química da CCA utilizada no experimento.

Tabela 4. Composição química da CCA utilizada no experimento

pH	PN	Si	K	Na	Ca	Mg	Al
	--%--	-----g kg ⁻¹ -----					
8,6	0,91	410,5	11,35	6,83	6,02	4,2	0,23
C	N	P	S	Cu	Fe	Mn	Zn
-----g kg ⁻¹ -----				-----mg kg ⁻¹ -----			
72,3	0,98	2,64	3,52	7,5	480	1278	34

Fonte: Islabão (2013)

3.2 Precipitação pluviométrica

Os dados de precipitação pluviométrica referentes ao período do experimento foram obtidos no site da Estação Agroclimatológica de Pelotas (2013) que é operada através do convênio Embrapa/UFPel/INMET, são mostrados na forma gráfica na Figura 2.

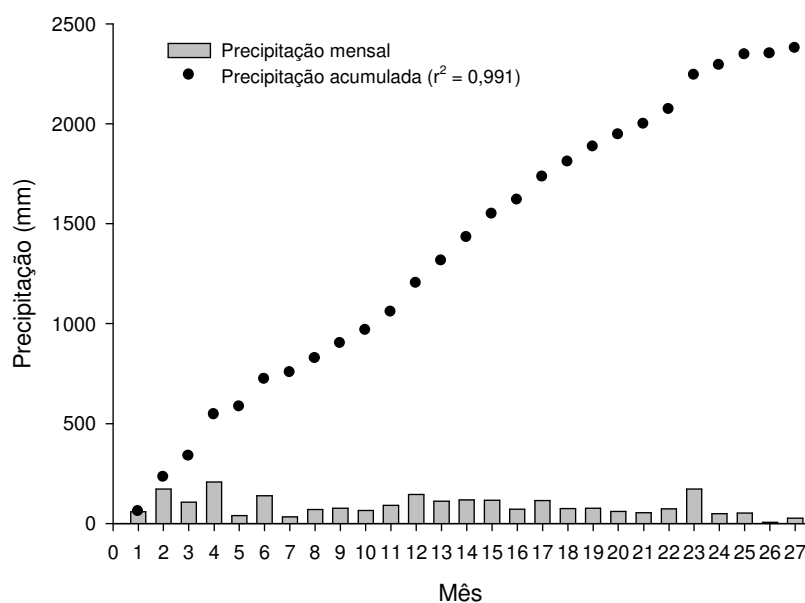


Figura 2. Precipitação pluviométrica mensal (barra) e acumulada (pontilhado) no período do experimento de 15/04/2010 a 27/06/2012, obtidas da Estação Agroclimatológica de Pelotas (Capão do Leão) localizada a cerca de 7 km da área experimental (o número 1 da escala Mês refere-se a segunda quinzena de abril de 2010; o número 2 refere-se ao mês completo de maio de 2010 e assim sucessivamente até o número 27 que corresponde a data do fim do experimento).

O delineamento experimental foi o de casualização por blocos com quatro repetições (Figura 3). Foram feitos dez tratamentos com doses crescentes de CCA

(0 t.ha⁻¹; 10 t ha⁻¹; 20 t ha⁻¹; 30 t ha⁻¹; 40 t ha⁻¹; 60 t ha⁻¹; 80 t ha⁻¹; 100 t ha⁻¹; 120 t ha⁻¹ e 140 t ha⁻¹) e duas testemunhas, sendo uma absoluta e outra com adubação e calagem recomendada (ACR) pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – CQFS RS/SC (2004). Nas parcelas referentes a ACR foi aplicado calcário nas quantidades necessárias para aumentar o pH a 6,0 e as adubações fosfatada e potássica nas quantidades equivalentes à 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 80 kg ha⁻¹ de K₂O, nas formas de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

A CCA foi colocada em cada parcela em abril de 2010, utilizando-se uma caixa de madeira de 0,8 m x 0,6 m x 0,543 m, totalizando dessa forma um volume de 260,1 L. Utilizando-se a densidade média da cinza úmida como sendo de 0,184 kg.L⁻¹ calculou-se que cada caixa representava 48 kg de cinza de casca de arroz. Estes dados contribuíram para a aplicação da CCA em cada parcela, facilitando o carregamento e a distribuição uniforme da CCA sobre a parcela.

Durante o experimento foram conduzidos dois cultivos, um de aveia preta e um de feijão, semeados em abril e novembro de 2010, respectivamente. O material vegetal de cada cultura foi roçado e deixado como cobertura do solo após o final do ciclo de cada uma e após o feijão a área foi revegetada com pastagens nativas.

Para a realização do presente trabalho foram utilizadas as parcelas com as doses de CCA equivalentes a 0, 30, 60 e 120 t ha⁻¹ e a testemunha ACR.



Figura 3. Croqui do delineamento experimental representando a distribuição das parcelas dentro dos quatro blocos (as parcelas coloridas de amarelo representam as doses de CCA utilizadas no presente experimento).

3.3 Coletas das amostras

As cinco coletas de solo foram realizadas nas seguintes datas:

Primeira coleta - 15 dias após a aplicação (daa): 30/04/2010

Segunda coleta (211 daa): 12/11/2010

Terceira coleta (400 daa): 20/05/2011

Quarta coleta (517 daa): 14/09/2011

Quinta coleta (804 daa): 27/06/2012

As coletas foram feitas em duas amostragens independentes em cada profundidade (0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m). Cada amostra foi composta de 6 subamostras coletadas em cada parcela com trado calador. Após, as amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 50 °C até peso constante,

destorroadas manualmente com rolo de madeira e passadas em peneira de 2 mm antes das análises químicas serem realizadas.

3.4 Análises químicas

As análises foram realizadas nos laboratórios do Departamento de Solos da Universidade Federal de Pelotas.

Para a determinação de N, C, Ca, Mg, P, K, Na, acidez potencial (H + Al) e pH em água foram utilizados os métodos analíticos descritos por Tedesco et al. (1995). Para a análise de Si utilizou-se o método de Korndörfer et al. (2004). A CTC a pH 7 e a porcentagem de saturação de bases (PSB) foram calculadas a partir das variáveis analisadas.

3.5 Análises estatísticas

Os dados referentes aos atributos químicos do solo foram submetidos a análise de variância pela Two Way ANOVA Repeated Measures que permite avaliar os efeitos das variáveis bem como as interações entre elas. Foram feitas também análises de regressão entre as variáveis e o tempo, cuja significância foi avaliada pelo Teste F. Ambas as análises foram feitas através do programa computacional SigmaPlot (2008).

3.6 Avaliação do efeito residual

A partir das equações ajustadas através da análise de regressão foram calculados o tempo total (tt) e o tempo de meia vida ($t_{0,5}$) dos efeitos dos tratamentos nos atributos químicos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como o foco deste trabalho é o efeito residual da CCA, foi dada ênfase no efeito do tempo em todos os atributos de solo analisados. Nos atributos afetados pelos tratamentos, os efeitos foram mais acentuados na profundidade de 0 a 0,10 m, onde a CCA foi incorporada, mas também ocorreram na profundidade de 0,10 a 0,20 m, mais intensos nos elementos mais móveis, como o sódio, e menos intensos nos elementos menos móveis, como o fósforo. Em todas as variáveis estudadas, a análise do efeito do tempo em cada uma das profundidades isoladamente não acrescentou nenhuma melhoria na interpretação em relação à análise dos dados médios das duas profundidades, que representam a camada superficial do solo de 0 a 0,20 m. Em função disso optou-se por desenvolver toda a interpretação com os dados desta camada superficial. Os dados das profundidades individuais são mostrados nos apêndices.

4.1 Carbono orgânico, nitrogênio total e CTC

Os teores de carbono orgânico (Corg.) e nitrogênio total (NT) bem como a capacidade de troca de cátions a pH 7 (CTC₇) não foram afetados pela CCA, nem pelo tempo após a aplicação desta. Os valores médios destas variáveis na camada de 0 a 0,20 m foram: Corg = 11,9 g dm⁻³, NT = 0,85g dm⁻³ e CTC₇ = 71,3mmol_c dm⁻³.

A ausência de efeito da CCA nestes três atributos nas duas primeiras amostragens foram discutidas por Islabão (2013). Segundo esta autora, o teor de N da CCA era muito baixo para afetar o teor deste elemento no solo, enquanto que o C, embora presente em concentração considerável na CCA (82,4 g kg⁻¹), não estava na forma orgânica, de modo que não foi detectado pelo método de Walkley-Black descrito por Tedesco et al. (1995). Segundo a mesma autora, é possível que a CTC₇ da CCA tenha um valor muito próximo do valor da CTC₇ do solo, de modo que a incorporação da CCA ao solo em qualquer proporção não alteraria a CTC₇ da mistura solo/cinza.

A ausência de efeito do tempo no teor de C orgânico significa que eventual perda de C através da decomposição microbiana da matéria orgânica foi reposta pela deposição de resíduos das plantas ao longo do período. Cabe ressaltar que os resíduos das plantas cultivadas no primeiro ano do experimento foram deixados

sobre o solo após serem roçados e, após o segundo cultivo, toda a área do experimento foi deixada revegetar com pastagens nativas. O NT normalmente acompanha a dinâmica do Corg e, desta forma, a ausência de variação dos seus teores com o tempo é coerente com a ausência de variação do C orgânico.

A CTC₇, por sua vez, depende basicamente do teor de matéria orgânica e do teor e tipo de argila do solo. O tipo de argila é um atributo fixo do solo e o seu teor não varia num período de tempo tão curto quanto o do experimento e, como o teor de matéria orgânica também não variou, a CTC₇ manteve-se constante durante o tempo.

4.2 Bases trocáveis

Os efeitos da dose de CCA e do tempo após a sua aplicação nos teores de bases trocáveis no solo (Ca, Mg, K e Na) foram significativos estatisticamente ao nível de 0,1 % de probabilidade ou menor, com exceção do efeito do tempo no Ca, no qual foi significativo a 6,2 % (Tabela 5). A interação entre dose e tempo foi significativa para os cátions monovalentes (K e Na), mas não para os divalentes (Ca e Mg). Isto significa que as variações dos teores de K e de Na com o tempo dependeram da dose de CCA aplicada, mas as variações do Ca e do Mg com o tempo não dependeram da dose de CCA.

Tabela 5. Níveis de significância obtidos a partir da análise de variância para medidas repetidas (Two - Way Repeated Measures ANOVA) dos cátions básicos trocáveis Ca, Mg, K e Na, porcentagem de saturação de bases (PSB) e pH.

Fator	Ca	Mg	K	Na	PSB	pH (H ₂ O)
			P			
Dose	0,062	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,002
Tempo	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Dose x Tempo	0,813	0,428	< 0,001	< 0,001	0,021	< 0,001

P: Probabilidade devido ao acaso

Os teores de Ca, Mg, K e Na aumentaram com as doses de CCA logo após a aplicação desta e então diminuíram com o tempo em todas as doses, inclusive na dose zero, com exceção do Na que se manteve estável ao longo do tempo no tratamento sem CCA (Figura 4). Tanto os aumentos iniciais com a aplicação da CCA

quanto o modelo de diminuição com o tempo dependeram do cátion. Os aumentos dos teores destes cátions com as doses de CCA no início do experimento foram apresentados e discutidos por Islabão (2013), mas cabe ressaltar a variação da magnitude dos aumentos entre os cátions, como pode ser observado nos dados correspondentes à amostragem feita aos 15 daa na Figura 4. Comparando as doses extremas de CCA, zero e 120 t ha^{-1} , o Ca aumentou cerca de 20 %; o Mg duplicou, o K quadruplicou e o Na aumentou 16 vezes com a aplicação desta dose de CCA.

Para avaliar o efeito do tempo foi usada análise de regressão entre os teores de cada cátion e o tempo após a aplicação dentro de cada dose de CCA, mesmo para os casos em que a interação tempo x dose não foi significativa, por uma questão de uniformidade no tratamento dos dados. A diminuição dos teores com o tempo foi linear para os cátions divalentes, Ca e Mg, e exponencial para os monovalentes, K e Na (Figura 4).

Os teores de Ca trocável tenderam a se manter estáveis durante as três primeiras épocas de amostragem (até 400 dias) e diminuíram mais acentuadamente nas duas últimas, em todas as doses de CCA (Figura 4a). Apesar disso, o ajuste linear da regressão entre teores de Ca e tempo foi significativo. As taxas de diminuição do Ca com o tempo (declividade das retas ajustadas) variaram muito pouco entre as doses de CCA ($0,00739 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3} \text{ dia}^{-1}$ na dose zero a $0,00836 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3} \text{ dia}^{-1}$ na dose 120). Como não houve interação significativa entre tempo e dose de CCA para o Ca (Tabela 5), estas diferenças das declividades das retas entre as doses de CCA não foram suficientemente grandes para serem estatisticamente significativas.

O comportamento do Mg foi semelhante ao do Ca. Diminuiu linearmente com o tempo em todas as doses de CCA. Embora a interação dose x tempo também não tenha sido significativa estatisticamente, a taxa de decréscimo do Mg com o tempo (declividade das retas ajustadas) varia de forma mais consistente com a dose de CCA: o teor de Mg diminui mais rápido com o tempo nas doses maiores de CCA, variando a taxa de diminuição de $0,00313 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3} \text{ dia}^{-1}$ na dose zero a $0,00732 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3} \text{ dia}^{-1}$ na dose de 120 t ha^{-1} (Figura 4b). Da mesma forma que para o Ca, estas variações nas taxas de decréscimo dos teores de Mg entre as doses de CCA não foram suficientemente grandes para alcançarem a significância estatística.

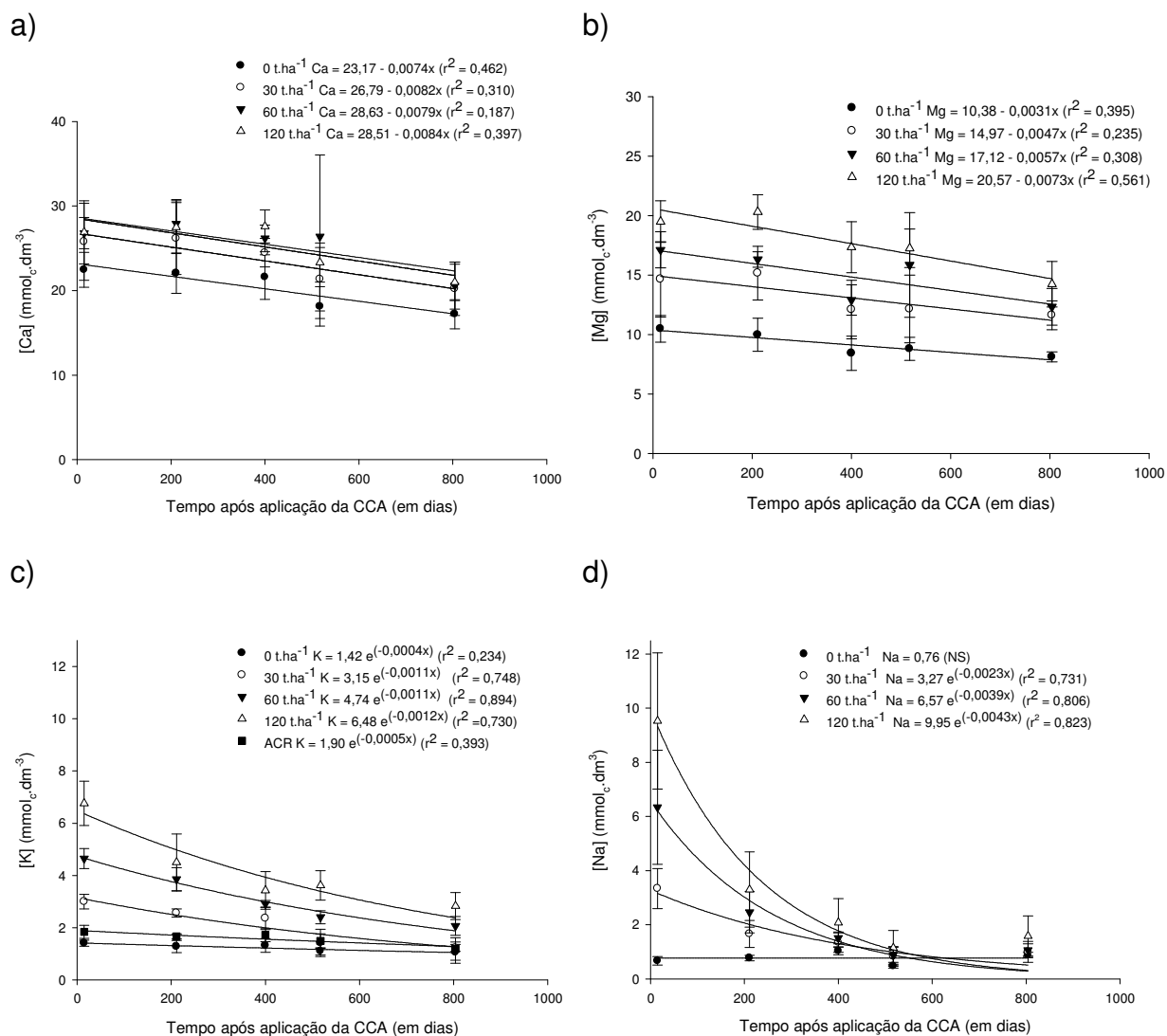


Figura 2. Concentrações de cátions trocáveis em função do tempo após a aplicação de cinza de casca de arroz nas doses indicadas pelas equações ajustadas na camada de 0,00 – 0,20 m de um Argissolo.

Os teores de K e de Na trocáveis diminuíram de forma exponencial com o tempo, mas a curvatura das equações foi mais acentuada no Na do que no K e nas doses mais altas de CCA do que nas mais baixas em ambos os cátions (Figuras 4c e 4d).

Em princípio, o processo responsável pela diminuição das concentrações das bases trocáveis com o tempo foi a lixiviação para camadas mais profundas do solo (além de 0,20 m). Durante o período do experimento coberto neste trabalho (804 dias) a precipitação pluviométrica foi relativamente uniforme, com a acumulação de precipitação quase linear com o tempo (Figura 2), com exceção dos

primeiros dias logo após a incorporação da CCA nos quais ocorreu chuva intensa (55,5 mm entre o terceiro e o quinto dia após a aplicação da CCA), provocando forte lixiviação de Na verificada já na primeira amostragem aos 15 daa, conforme discutido por Islabão (2013).

A comparação entre os cátions quanto a magnitude e ao modelo das perdas com o tempo pode ser feita de forma mais adequada usando os teores relativos de cada cátion em relação ao teor inicial de cada um. Na Figura 5 são colocados os teores relativos dos 4 cátions em função do tempo referentes à dose de CCA de 120t/ha segundo as equações ajustadas na Figura 4 para cada caso. Nesta Figura é nítido que a magnitude da perda relativa com o tempo ocorre na ordem: Na > K > Mg > Ca. Esta é a ordem inversa da força de adsorção pelo solo (SPOSITO, 1989) e, portanto, é coerente com o que seria esperado: quanto mais forte a adsorção pelo solo, menor é a perda por lixiviação.

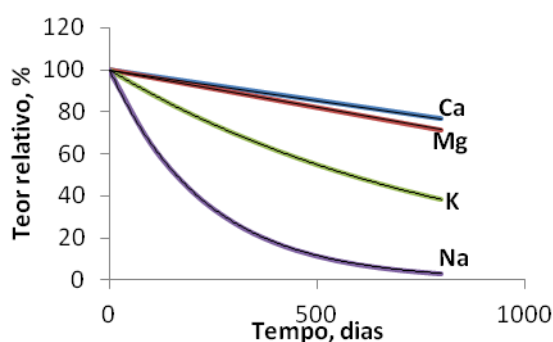


Figura 3. Teores relativos (%) de cátions trocáveis em função do tempo (dias) para a dose de 120 t.ha⁻¹ de cinza de casca de arroz.

A diferença entre os cátions quanto ao modelo observado de suas perdas com o tempo, linear para os cátions divalentes e exponencial para os monovalentes, pode ser apenas um artifício experimental. Não há justificativa teórica para que o modelo de perda com o tempo seja diferente entre cátions mono e divalentes. Além disso, Markewitz et al. (2006) e Werle et al. (2008) observaram que as perdas tanto de K quanto de Ca e Mg foram exponenciais, com a taxa de perda aumentando com o teor inicial de cada cátion. Conforme discutido antes, a taxa de perda do Mg tendeu a aumentar com a dose de CCA (declividade das retas ajustadas na Figura 4b), ou seja, com o teor inicial de Mg, mas as taxas relativas foram pequenas em todas as doses e as taxas de perda do Ca foram menores ainda. É possível,

portanto, que o caráter exponencial da relação não tenha se manifestado de forma mais clara para os cátions divalentes devido à pequena magnitude das perdas de Ca e de Mg (comparadas às do K e do Na), resultando numa relação linear entre teores e tempo.

Por outro lado, a diminuição das concentrações dos cátions Ca, Mg e K com o tempo mesmo na dose zero de CCA, revela que estes cátions estavam em concentrações acima das concentrações naturais deste solo devido às adubações e calagens realizadas para os cultivos anteriores à instalação do experimento. A magnitude dessas perdas está de acordo com as observadas nos outros tratamentos: são menores do que nas parcelas com CCA porque os teores iniciais eram menores.

4.3 Porcentagem de saturação de bases e pH

Considerando que a CTC a pH 7 não variou, o efeito do tempo na porcentagem de saturação de bases (PSB) é a soma dos efeitos nas bases trocáveis Ca, Mg, K e Na. A PSB e o pH diminuíram com o tempo de forma mais consistente do que foi observado para os cátions de forma individual. Os coeficientes de determinação (R^2) das equações lineares ajustadas aos dados foram todos acima de 0,8 (Figura 6). A declividade das retas aumentaram com a dose de CCA nestes dois parâmetros, o que significa que a taxa de diminuição com o tempo tanto da PSB quanto do pH aumentou com o valor inicial, ou seja, quanto maior o aumento inicial com a aplicação da CCA (maior dose de CCA) maior foi a taxa de diminuição com o tempo. Na Figura 7, que mostra a relação entre a taxa de diminuição de PSB com o PSB inicial e da taxa de diminuição do pH com o pH inicial, este aspecto fica mais claro. Aparentemente o pH e a saturação de bases do solo tendem a retornar aos seus valores originais do solo em seu estado natural. Teoricamente estes valores correspondem aos que seriam observados quando a taxa de variação for zero na Figura 6. Tais valores (pH = 4,96 e PSB = 29) são muito próximos dos valores médios observados por Vahl et al. (1987) na média de 7 Argissolos da região em seu estado natural, sem cultivo.

A diminuição da PSB e do pH com o tempo evidenciam o processo natural de reacidificação do solo após a correção de acidez. Em áreas onde a chuva excede a evapotranspiração, a acidificação do solo é um processo natural (BOLAN et al.,

2003). O fenômeno da acidificação pode envolver vários processos, mas a principal fonte de acidez para o solo é o CO_2 derivado da respiração das raízes das plantas e micro-organismos, que dissolve na água formando ácido carbônico (SCHLESINGER & ANDREWS, 2000).

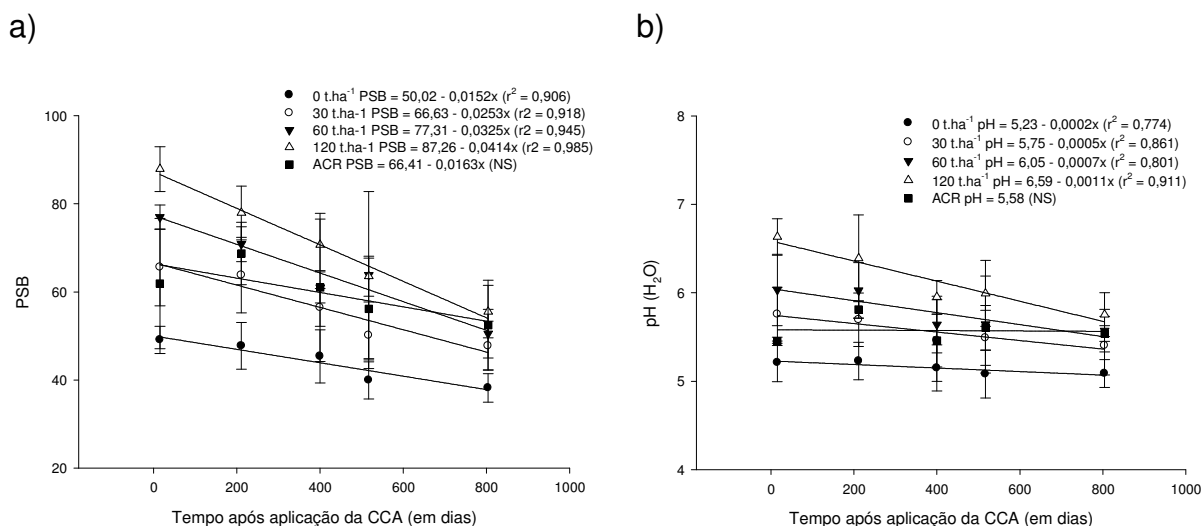


Figura 4. Efeito do tempo de aplicação da cinza de casca de arroz sobre a) porcentagem de saturação de bases (PSB) e b) pH (H_2O) na camada de 0,00 – 0,20 m de um Argissolo.

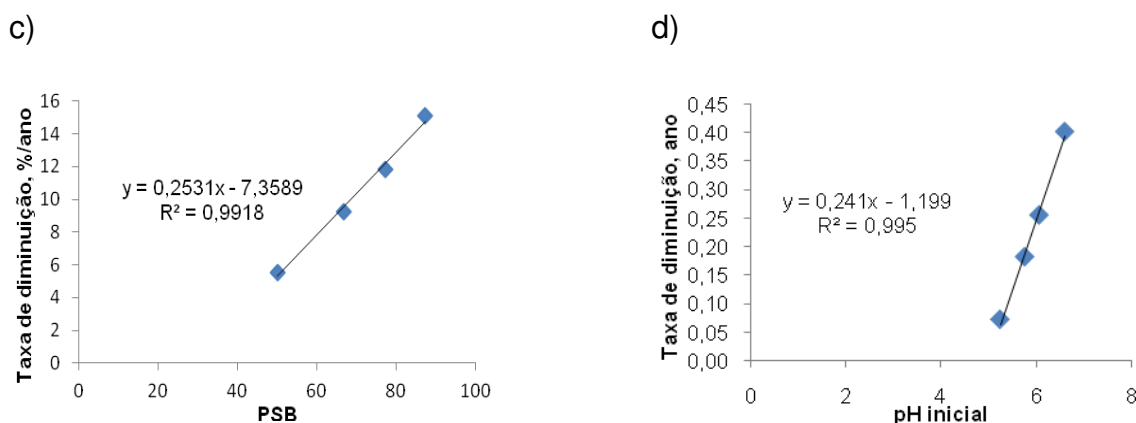


Figura 5. Taxa de diminuição (ano) para c) porcentagem de saturação de bases (PSB) e d) pH (H_2O) em relação a seus respectivos valores iniciais em um Argissolo na camada de 0,00 – 0,20 m.

O CO_2 dissolve na água e reage com esta formando ácido carbônico que dissocia produzindo íons HCO_3^- e H^+ conforme a reação: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$

(SPOSITO, 1989). Sob concentração normal de CO_2 no ar (0,03%), o pH da água da chuva é ao redor de 5,6 (BOLAN et al., 2003). No ar do solo a concentração de CO_2 é ainda maior e o pH da solução poderia ainda ser menor do que 5,6 (SPOSITO, 1989). O fato mais importante é que ao longo do tempo o solo recebe água da chuva com uma concentração de pelo menos $10^{-5,6} \text{ mol L}^{-1}$ de H^+ que é adicionado ao solo. Os íons H^+ tem alta afinidade (seletividade) pelas cargas dependentes de pH dos colóides do solo e deslocam os cátions básicos destas cargas. Isto faz diminuir a CTC efetiva e os cátions básicos liberados na solução do solo ficam sujeitos à lixiviação pela água que percola.

No tratamento em que foi aplicado calcário (ACR), o pH atingiu valor próximo a 6 (5,8) apenas na segunda amostragem, aos 211 daa, o que era esperado porque a reação do calcário é suficientemente lenta para não exercer seu efeito corretivo já na primeira amostragem (15 daa). O valor do pH flutuou entre 5,5 e 5,8 ao longo do tempo, mas sem tendência definida e as variações não foram significativas, sendo a média 5,6. Segundo Zancanaro (1996) há variação sazonal do pH do solo de 0,3 a 0,5 unidades com o tempo em solo sem calcário e, em solos com baixa NC (necessidade de calcário), o efeito do calcário pode ser mascarado por esta variação sazonal. Neste tratamento a PSB mostrou tendência de diminuição com o tempo, mas tal diminuição não foi significativa estatisticamente. Logo, o efeito do calcário se manteve ao longo dos 804 dias do experimento.

Comparando o efeito da CCA com o efeito do calcário, há dois aspectos importantes: a velocidade da reação inicial e o tempo de permanência do efeito nos parâmetros de acidez PSB e pH. Enquanto o efeito da CCA já foi pleno na primeira amostragem (15 daa) e a partir daí já iniciou a diminuir, o do calcário atingiu o pico do efeito aos 211 daa e se manteve até o final.

Segundo Demeyer et al. (2001) vários estudos tem mostrado que a cinza de madeira reage mais rapidamente no solo do que o calcário, resultando num aumento mais forte no pH, mas por um curto período de tempo, e isto é devido ao fato de que os principais responsáveis pela capacidade de neutralização desta cinza são óxidos, hidróxidos e carbonatos de K e Na, que são muito solúveis, e não persistem por longo tempo no solo. Não foram encontrados trabalhos sobre a composição qualitativa das bases presentes na CCA, mas é possível que seja semelhante à cinza de madeira. No caso do calcário agrícola, além da baixa solubilidade dos carbonatos de Ca e de Mg que são as bases que o compõem, o que retarda o efeito,

há a questão da granulometria. O calcário classe B, como o usado no experimento, possui uma porção significativa de partículas com tamanho suficiente para serem solubilizadas a longo prazo aumentando o efeito residual (van RAIJ, 2011).

Considerando o efeito residual da CCA como o tempo de permanência de efeito mensurável nas variáveis analisadas, estimou-se o tempo necessário para que os teores dos cátions básicos, a PSB e o pH retornassem aos valores obtidos no início do experimento no tratamento com a dose zero de CCA, que representa o solo no seu estado inicial. Para tal estimativa utilizou-se as equações listadas nas Figuras 4 e 6. Os tempos assim estimados estão listados na Tabela 6.

Como pode ser verificado nesta Tabela, apenas o Ca e o Na tiveram um tempo de permanência menor do que 804 daa, que foi a época da última amostragem. Nas demais variáveis o tempo estimado extrapolou os 804 dias, principalmente na maior dose de CCA. Em função disso calculou-se também o tempo de meia vida ($t_{0,5}$), ou seja, o tempo necessário para que o efeito da CCA em cada variável fosse diminuído para a metade do inicial. Os $t_{0,5}$ de todas as variáveis, nas três doses de CCA, foram menores do que 804 dias (Tabela 6). Por óbvio, nas variáveis em que a relação com o tempo é linear o $t_{0,5}$ é metade do tempo para a extinção total do efeito e nas variáveis em que a relação é exponencial (K e Na) o $t_{0,5}$ foi muito menor do que o tempo total.

Tabela 6. Tempo total (tt) e tempo de meia vida ($t_{0,5}$) estimados para as concentrações dos cátions trocáveis e os valores de PSB e pH retornarem aos valores iniciais do solo

Dose t.ha ⁻¹	Ca		Mg		K		Na		PSB		pH	
	tt	$t_{0,5}$	tt	$t_{0,5}$	tt	$t_{0,5}$	tt	$t_{0,5}$	tt	$t_{0,5}$	tt	$t_{0,5}$
	-----Dias-----											
30	441	220	977	488	724	292	634	215	656	328	1040	520
60	691	346	1182	591	1095	392	553	151	840	420	1171	586
120	636	318	1396	698	1265	412	598	145	899	450	1236	618
ACR*	-	-	-	-	582	270	-	-	-	-	-	-
53,66**	-	-	-	-	-	-	-	-	809	404	1149	574

*Tratamento adubação e correção recomendada conforme SBRS/NRS (2004)

**Dose de CCA estimada para corrigir o pH inicial do solo para 6

Com exceção do Na, nas demais variáveis o $t_{0,5}$ aumentou com a dose de CCA, mas não de forma diretamente proporcional: um aumento de quatro vezes na dose de CCA (30 a 120 t ha⁻¹) aumentou o $t_{0,5}$ apenas entre 18 e 44 %, dependendo

da variável. Por outro lado, a ordem crescente de $t_{0,5}$ entre os quatro cátions básicos foi $\text{Na} < \text{Ca} < \text{K} < \text{Mg}$ (Tabela 6). Esta não é exatamente a ordem inversa destes cátions quanto à taxa de perda por lixiviação que, em princípio, seria lógica: o Ca, que teve a menor taxa de perda, deveria ter o maior $t_{0,5}$; os outros três cátions estão na ordem compatível com suas taxas de perda. No caso do Ca, o aumento do seu teor inicial com a aplicação da CCA foi muito pequeno, apenas 20 % em relação ao teor do solo. Assim, embora a taxa de perda do Ca tenha sido a menor entre os cátions ela foi suficiente para perder mais rápido a pequena quantidade de Ca que a CCA acrescentou ao solo.

Como fonte de potássio, convém comparar o efeito residual da CCA com o efeito residual do adubo mineral. A dosagem de CCA que resultou num aumento inicial no teor de K trocável no solo equivalente ao aumento obtido com a aplicação de cloreto de potássio (no tratamento ACR) foi $8,3\text{t ha}^{-1}$. Com esta dosagem de CCA, o $t_{0,5}$ do K foi 182 dias e o $t_{0,5}$ do K do tratamento ACR foi 270 dias, ou seja, enquanto a meia vida do K da adubação mineral convencional foi de 9 meses, a meia vida de uma quantidade equivalente de K aplicado na forma de CCA foi de apenas 6 meses. Isto pode ser indício de que a lixiviação do K é facilitada pela CCA, diminuindo o seu efeito residual em relação à adubação convencional. Apesar disso, em doses altas de CCA, como 120 t ha^{-1} na qual o teor inicial (15 daa) de K atingiu a faixa de disponibilidade “muito alta”, no final do experimento (804 daa) o teor deste nutriente ainda se enquadrava na faixa “alta”, conforme classificação da CQFS RS/SC (2004).

O $t_{0,5}$ da PSB é a média ponderada dos $t_{0,5}$ dos teores absolutos dos cátions básicos. Assim, como o $t_{0,5}$ de cada um dos cátions aumentou com a dose de CCA, o $t_{0,5}$ da PSB também aumentou. O pH, como é relacionado à saturação de bases aumentou no mesmo sentido (Tabela 6). Entretanto, há incoerência entre os valores do $t_{0,5}$ do pH e da PSB: deveriam ser, pelo menos, muito próximos entre si. É possível que tal incoerência seja apenas consequência de erros experimentais acumulados pois os $t_{0,5}$ foram estimados a partir de equações ajustadas entre as variáveis e o tempo nas quais as taxas de variação foram numericamente pequenas e, por conseguinte, o erro experimental se torna proporcionalmente grande. Independente desta aparente incoerência, o efeito da CCA como corretivo de acidez é quase instantâneo, conforme foi discutido por Islabão (2013) e inicia a diminuir logo após a incorporação ao solo. Na dosagem de CCA necessária para aumentar o

pH inicial para 6, estimada em $53,66 \text{ t ha}^{-1}$, o $t_{0,5}$ foi de 574 dias para o pH e 404 dias para a PSB (Tabela 6). Mesmo com esta discrepância do $t_{0,5}$ entre pH e PSB, é um tempo de duração muito menor do que o observado para o efeito do calcário, no tratamento ACR, no qual não houve variação significativa no pH e na PSB durante os 804 dias do experimento.

4.4 Fósforo e Silício

Os efeitos da dose de CCA e do tempo após a sua aplicação nos teores de P e Si foram significativos estatisticamente ao nível menor que 0,1% de probabilidade, com exceção do efeito da dose no Si, no qual foi significativo a 1,6% (Tabela 7). A interação entre dose e tempo foi significativa para o P em nível menor que 0,1% e para o Si ao nível de 2,6%. Isto significa que as variações dos teores de P e de Si com o tempo dependeram da dose de CCA aplicada.

Tabela 7. Níveis de significância obtidos a partir da análise de variância para medidas repetidas (Two - Way Repeated Measures ANOVA) dos elementos P e Si

Fator	P	Si
	P	
Dose	< 0,001	0,016
Tempo	< 0,001	< 0,001
Dose x Tempo	< 0,001	0,026

P: Probabilidade devido ao acaso

O P e o Si extraíveis diminuíram exponencialmente com o tempo, exceto na dose zero de CCA, na qual os teores de ambos os elementos foram constantes ao longo do tempo (Figura 8). Mesmo assim, na dose mais alta de CCA (120 t ha^{-1}) na qual o teor inicial (15 daa) de P atingiu a faixa de disponibilidade “muito alta”, no final do experimento (804 daa) o teor deste nutriente ainda se enquadrava na faixa “alta”, conforme classificação da CQFS RS/SC (2004).

A diminuição dos teores de P com o tempo após as adubações normalmente são consequência da adsorção do ânion fosfato à superfície de óxidos de ferro e alumínio e à formação de fosfatos de Fe, Al ou Ca de baixa solubilidade que se formam no solo. Tanto o P adsorvido quanto os precipitados de P são sujeitos a um processo de envelhecimento que tornam tais ligações do P mais fortes e menos

reversíveis com o tempo. Mesmo que no Argissolo do experimento, a capacidade de adsorção de P seja baixa, no máximo $230 \text{ mg de P kg}^{-1}$ de solo (MACHADO, 1992), é suficiente para adsorver grande parte do P tanto do superfosfato simples (tratamento ACR) como do P contido na CCA aplicada. A adsorção pode se tornar mais forte à medida que o tempo passa e isto faz com que o P extraível diminua com o tempo, como foi observado. Entretanto, na presença da CCA a capacidade de adsorção do P pelo solo pode diminuir devido à sílica contida no material. Segundo Hingston et al. (1972), o ânion H_3SiO_4^- pode impedir ou dificultar a adsorção de fosfato. Este efeito é mais forte em pH acima de 7,0, mas a adsorção do silicato em pH bem abaixo do pK_a do H_4SiO_4 pode ocorrer devido ao fato de a energia de ligação deste ácido aos óxidos ser suficientemente elevada a ponto de dissociá-lo (OBIHARA e RUSSEL, 1972) e, portanto, pode diminuir a adsorção do P mesmo em pH mais baixo do que 7. Embora apenas uma pequena fração do Si da CCA seja solúvel, como o teor deste elemento é muito alto, a quantidade solúvel incorporada ao solo é grande. Isto cria condições para a baixa retenção do P pelo solo, tanto o contido na CCA como o P nativo ou oriundo de fertilizantes. Em função disso, é possível que nos tratamentos com CCA, principalmente nas doses mais altas, a adsorção do P tenha sido muito menor e pelo menos parte da diminuição dos teores de P com o tempo seja devida à perda de P por lixiviação, à semelhança dos cátions básicos. A lixiviação do P não é um fenômeno comum em solos tropicais e subtropicais devido a alta adsorção.

Em decorrência disso, o P contido numa dose de CCA de $19,3 \text{ t ha}^{-1}$, que promoveu um aumento inicial do P extraível equivalente ao aumento promovido pela adubação com superfosfato simples, teve um $t_{0,5}$ de apenas 168 dias (Tabela 8). É incomparável ao tratamento com superfosfato, no qual o teor de P extraível manteve-se estável durante os 804 dias, sem diminuir (Figura 8). Tal $t_{0,5}$ é menor até do que o observado para o K. Normalmente o efeito residual do P é muito maior que o do K, como de fato foi no tratamento ACR.

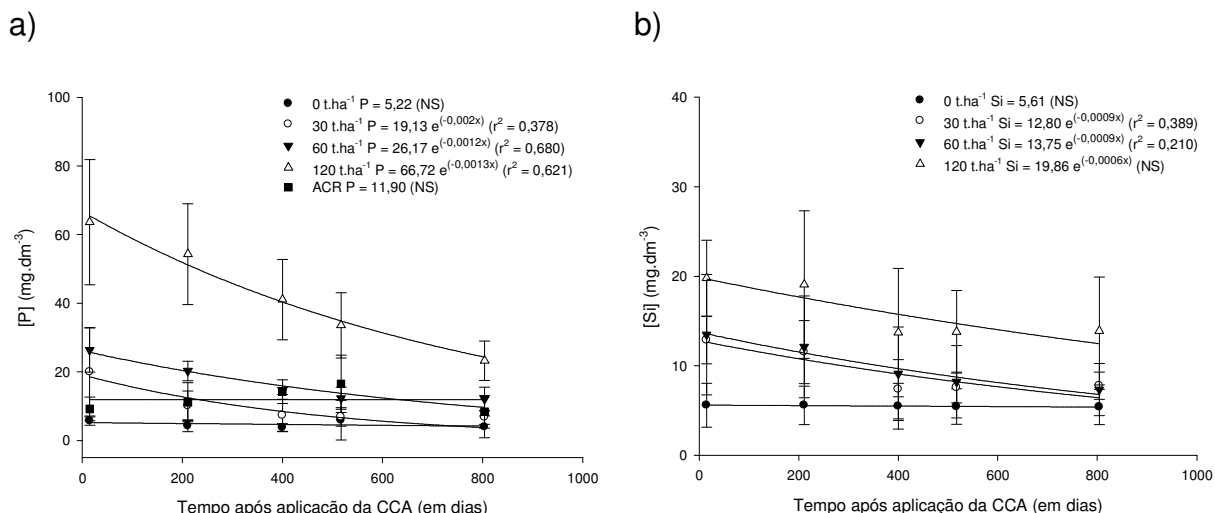


Figura 6. Concentrações de a) P (Mehlich – 1) e b) Si (Ácido Acético) em função do tempo após a aplicação de doses de cinza de casca de arroz na camada de 0,00 – 0,20 m de um Argissolo.

A diminuição do Si com o tempo, embora também tenha seguido um modelo exponencial, nas equações ajustadas as curvaturas foram muito suaves chegando a ser quase lineares. As razões para a diminuição do Si com o tempo podem incluir a formação de polímeros de sílica insolúveis além de adsorção e lixiviação. Em pH ácido, o monômero (H_4SiO_4) polimeriza para formar precipitados de sílica amorfa, o que pode acarretar perda de Si solúvel. Isso ocorre principalmente quando o teor de Si é alto e o pH baixo (ILER, 1979).

Tabela 8. Tempo total (tt) e tempo de meia vida ($t_{0,5}$) estimados para as concentrações de P e Si retornarem aos valores iniciais do solo

Dose t.ha ⁻¹	P		Si	
	tt	$t_{0,5}$ Dias	tt	$t_{0,5}$
30	649	226	916	366
60	1343	426	996	390
120	1960	475	1580	741
19,3	480	168	-	-

4.5 Reaplicação da CCA

O fato do efeito da CCA nos atributos químicos do solo diminuir com o tempo suscita a ideia da necessidade de reaplicações periódicas do material ao solo.

Entretanto, as doses de CCA para atingir os efeitos desejados variam entre os atributos, o que dificulta o dimensionamento da reaplicação. Em função disso, com os dados obtidos neste experimento é possível generalizar apenas que doses baixas de até ao redor de 10 t/ha podem ser aplicadas anualmente, sem gerar problemas de acúmulo de nutrientes ou de aumento excessivo no pH do solo. Aplicações e reaplicações de quantidades maiores necessitam de estudos mais detalhados das variáveis que determinam o efeito residual cumulativo, como as características do solo e do clima (especialmente o regime de chuva) que o afetam.

5. CONCLUSÕES

Considerando o efeito residual como o tempo de duração dos efeitos da CCA nos atributos do solo, conclui-se que:

O efeito residual da CCA nos teores de Ca, Mg e K trocáveis, na saturação de bases, no pH e nos teores disponíveis de P e Si aumenta com o aumento da dose de CCA aplicada ao solo;

Como corretivo de acidez, o efeito residual da CCA resume-se ao tempo necessário para ocorrer o processo natural de reacidificação e lixiviação dos cátions básicos, pois todas as bases contidas na CCA se dissolvem imediatamente após a sua incorporação ao solo;

Como fonte de fósforo e potássio, o efeito residual da CCA é menor do que o de fertilizantes minerais solúveis como superfosfatos acidulados e cloreto de potássio, respectivamente;

A lixiviação do íon K^+ é maior em solo tratado com CCA do que no adubado com cloreto de potássio, em doses equivalentes do nutriente;

O efeito residual da CCA na disponibilidade de silício é maior do que na disponibilidade de fósforo;

É possível que a CCA promova a lixiviação de fósforo em solos com baixa capacidade de adsorção do nutriente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARDE, J. C. **Avaliação da qualidade dos corretivos da acidez dos solos**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1985. 26p.
- ANGEL, J. D. M; VÁSQUEZ, T. G. P; JUNKES, J. A; HOTZA, D. Caracterização de cinza obtida por combustão de casca de arroz em reator de leito fluidizado. **Química Nova**, São Paulo, v.32, n.5, p.1110-1114, 2009.
- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. de T. **Fósforo**. In: Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432p.
- BARROW, N.J. A mechanistic model for describing the sorption and desorption of phosphate by soil. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.34, n.4, p.733-750, 1983.
- BOYER, J. L. Dinâmica dos elementos químicos e fertilidade dos solos. Salvador: Ed. Ilson Guimarães Carvalho, 1985. 311 p.
- BOLAN, N.S.; ADRIANO, D.C.; CURTIN, D. Soil acidification and liming interactions with nutrient and heavy metal transformation and bioavailability, *Adv. Agronomy*, 78, 215-272, 2003.
- BRAIT, M. A. H. **Interação silício e fósforo na adsorção desses elementos em diferentes solos de cerrado**. 2008. 99f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiás.
- CARVALHO, R.; FURTINI NETO A. E.; SANTOS, C. D. dos; FERNANDES, L. A.; CURI, N; RODRIGUES, D. de C. Interações silício-fósforo em solos cultivados com eucalipto em casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.3, p.557-565, 2001.
- CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; DIEKOW, J.; AITA, C.; PAVINATO, P.S.; VIEIRA, F.C.B & VENDRUSCULO, E.R.O. Nitrogen fertilizer split-application for corn in no-till succession to black oats. **Sci. Agric.**, v.59, n.3, p.549-554, 2002.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Central de informações agropecuárias. 4º Levantamento de grãos da safra 2012/2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_08_09_10_43_44_boletim_portugues_agosto_2013_port.pdf> Acesso em agosto de 2013.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO- RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.
- CRUZ, E. S. **Efeito residual da calagem em solos de diferentes classes texturais**. 1977. 102f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

DELLA V. P.; KUHN, I.; HOTZA, D. Caracterização da cinza de casca de arroz para uso como matéria-prima na fabricação de refratário de sílica. **Química Nova**, v.24, n.6, p.778-782, 2001.

DELLA V. P.; KUHN, I.; HOTZA, D. Reciclagem de resíduos agro-industriais: cinza de casca de arroz como fonte alternativa de sílica. **Cerâmica Industrial**, v.2, n.10, p.22-25, 2005.

DEMEYER, A.; NKANA, J. C. V.; VERLOO, M. G. Characteristics of Wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview. **Bioresource Technology**, v.77, p.287-295, 2001.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA DE PELOTAS – BOLETIM AGROCLIMATOLÓGICO. Disponível em: <<http://www.cpact.embrapa.br/agromet/estacao/boletim.html>>. Acesso em: 20 ago. 2013.

FERREIRA, C. S. **Desenvolvimento do processo de obtenção de filme polimérico a partir da cinza da casca de arroz**. 2005. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)-Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

GONÇALVES, M. R. F.; BERGMANN, C. P. Isolantes Térmicos de Cinza de Casca de Arroz: Obtenção e Correlação de suas Propriedades com a Microestrutura. **Cerâmica Industrial**, v.11, p.38-43, 2006.

HAMA, P. Estudo da influência da chuva ácida na concentração de alumínio em solos próximos a uma termoeletrônica a carvão. 2001. 120f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais)-Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo.

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

HOUSTON, D. F. Rice: **Chemistry and Technology**. American Association of Cereal Chemists. St. Paul: MN, 1972, p. 301-52.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. 2013. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 27 ago. 2013

ILER, R.K. The chemistry of silica. New York. **John Wiley & Sons**, 1979. 687p.

ISLABÃO, G. O. **Uso da cinza de casca de arroz como corretivo e condicionador do solo**. 2013. 80f. Tese (Doutorado em Solos)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Modos de adubação, absorção de nutrientes e rendimento de milho em diferentes preparos de solo. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.2, n.1, p.79-86, 1996.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. Análise de silício: solo, planta e fertilizante. 2. ed. Uberlândia: GPSi: ICIAG: UFU, 2004. 34 p. (UFU. ICIAG. Boletim técnico, 2).

KORNDÖRFER, G.H.; NOLLA, A. Efeito do silício no crescimento e desenvolvimento de plantas. In: SIMPÓSIO SOBRE SÍLÍCIO NA AGRICULTURA, 2., 2003, Lavras. **Anais**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003. CD-ROM.

KORNDÖRFER, G. H. Elementos benéficos. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432p.

KOWALENKO, C. G.; INHAT, M. Residual effects of combinations of limestone, zinc and manganese applications on soil and plant nutrients under mild and wet climatic conditions. *Can. J. Soil Sci.*, v.93, p.113-125, 2013.

LARBI, K. K. **Synthesis of High Purity Silicon from Rice Husks**. 2010. 116p. Thesis (Master of Applied Science)-University of Toronto, Canada.

LERÍPIO, A. A. **Caracterização química e eficiência agrônômica de resíduos sólidos agroindustriais**. 1996. 105f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MACHADO, I. C. da S. **O fósforo nos solos da região sul do Rio Grande do Sul. Formas, capacidade máxima de adsorção e poder tampão**. 1992. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Área: Solos)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MADALUZ, L. M.; FOSTER, L.; POUEY, M. T. Cinza de casca de arroz: Atualização do estudo da disponibilidade do material na região de Pelotas. In: XVII congresso de Iniciação Científica, X Encontro de Pós - Graduação, 2008, Pelotas. **Anais** do XVII Congresso de Iniciação Científica, X Encontro de Pós - Graduação. Pelotas: UFPel, 2008.

MANCUSO, M. A. C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L. Efeito residual de herbicidas no solo ("*Carryover*"). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.10, n.2, p.151-164, 2011.

McBRIDE, M.B. **Environmental chemistry of soils**. New York, University Press, 1994. 406p.

McKEAGUE, J. A.; CLINE, M. G. Silica in soil solution. II. The adsorption of monosilic acid by soil and by other substances. **Journal of Soil Science**, Canadian, v.43, p.83-95, 1963.

MARCOLAN, A. L. **Suprimento e absorção de fósforo em solos submetidos a diferentes sistemas de preparo**. 2006. 107f. Tese (Doutorado em Ciência dos

Solos)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MARKEWITZ, D; FIGUEIREDO, R; DAVIDSON, E. A. CO₂-driven cation leaching after tropical forest clearing. **Journal of Geochemical Exploration**, v.88, p.214-219, 2006.

MEURER, E.J.; BISSANI, C.A.; CARMONA, F.C. Solos ácidos e solos afetados por sais. In: Fundamentos de química do solo. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010. p.149-169.

NAHASS, S. SEVERINO, J. **Calcário Agrícola no Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2003. Centro de Tecnologia Mineral. Publicações. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br>>. Acesso em: 02 jul. 2013

NATALE, W.; COUTINHO, E. L. M. Avaliação da eficiência agronômica de frações granulométricas de um calcário dolomítico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.5-62, 1994.

NETO, Ernesto Raizer. **O estado da arte do uso da cinza de casca de arroz**. Santa Catarina: setembro de 2007

NOLLA, A.; ANGHINONI, I. Métodos utilizados para a correção da acidez do solo no Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.6, n.1, 2003.

NOVAIS, Roberto Ferreira et al. **Fertilidade do solo**. 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

OBIHARA, C. H.; RUSSEL, E. W. Specific adsorption of silicate and phosphate by soils. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.23, p.105-107, 1972.

PAUL, D. L.; ISLABÃO, G. O.; VAHL, L. C.; TIMM, L. C.; PAULETTO, E. A. Caracterização física de argissolo com cinza de casca de arroz. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA UFPEL, XX., 2011, Pelotas. Anais eletrônicos. Pelotas: CIC, 2011. Disponível em: <http://ufpel.edu.br/cic/2011/anais/pdf/CA/CA_00573.pdf> Acesso em: 10 ago. 2013

PAULETTO, E. A.; NACHTIGALL, G. R.; GUADAGNIN, C. A. Adição de cinza de casca de arroz em dois solos do município de Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.14, p.255-258, 1990.

PINHEIRO, R. B. **Mobilidade de nitrato em resposta a propriedades eletroquímicas de solos com carga variável**. 2002. 76f. Dissertação (Mestrado em Solos), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa

POUEY, M. T. F. **Beneficiamentos da cinza de casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico**. 2006. 345 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <www.lume.ufrgs.br/handle/10183/7733> Acesso em: 10 dez. 2012.

QAFOKU, N. P.; SUMNER, M. E. Retention and transport of calcium nitrate in variable charge sub soils. **Soil Science**, v.166, n.5, p.297-307, 2001.

REIS, L. E; XAVIER, F. M; ISLABÃO, G. O; VAHL, L. C; TIMM, L. C. Cinza de casca de arroz como corretivo de acidez do solo. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA UFPEL, XX., 2011, Pelotas. Anais eletrônicos...Pelotas: CIC, 2011. Disponível em: <http://www.ufpel.edu.br/cic/2011/anais/pdf/CA/CA_00564.pdf> Acesso em: 15 mar. 2013

ROSOLEM, C. A.; SANTOS, F. P.; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.6, p.1033-1040, 2006.

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

SANTOS, C. H. C. **Uso de cinza de casca de arroz na agricultura**. 2011. 49f. TCC (Tecnólogo em Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural)-Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SAVANT, N. K.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H. Depletion of plant-available silicon in soils: as possible cause of declining rice yields. **Comm. Soil Science. Plant Anal.**, v.28, p.1245-52, 1997.

SCHLESINGER, W; H, ANDREWS. J. A. Soil respiration and the carbon cycle. **Biogeochemistry**, v.48, p.7-20, 2000.

SCHUMMAN, L. M. Phosphate and nitrate movement through simulated golf greens. **Water Air Soil Pollution**, v.129, p.305-318, 2001.

SHIPTALO, M. J.; DICK, W. A.; EDWARDS, W. M. Conservation tillage and macropore factors that affect water movement and the fate of chemicals. **Soil Tillage Research**, v.53, n.3, p.167-183, 2000.

SIGMAPLOT. 2008. For windows, version 11.0. Systat Software, 2008.

SILVA, A. S. **Movimentação de amônio, nitrato, potássio e fósforo aplicados por fertirrigação em Latossolos**. 2004. 58f. Dissertação (Mestrado em Solos), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado, correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.

SPOSITO, Garrison. **The chemistry of soils**. 2.ed. New York: Oxford University Press, 1989. 345p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BIASANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de

Solos - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.

UMAMAHESWARAN, K.; BATRA, V. S. Physico-chemical characterization of Indian biomass ashes. **Fuel**, v.87, p.628-638, 2008.

VAHL, L, C.; SILVEIRA, R. J. C da.; NACHTIGAL, G. R. Disponibilidade de potássio para as plantas em solos da região sul do Rio Grande do Sul. Relatório Final. Projeto FIPEC. 1987.

van RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafos, 1991. 343p.

van RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

WERLE, R; GARCIA, R. A; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.32, p.2297-2305, 2008.

ZANCANARO, L. **Reatividade de partículas de calcário e influência das composições granulométricas na neutralização da acidez do solo**. 1996. 127f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ZUCCO, L. L.; BERALDO, A. L. Efeito da adição de cinza da casca de arroz em misturas cimento-casca de arroz. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.217-226, 2008.

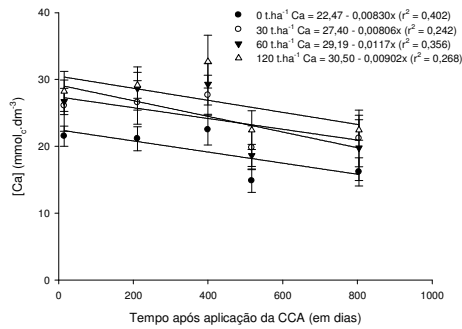
APÊNDICES

Apêndice 1. Análise de variância para medidas repetidas (Two - Way Repeated Measures ANOVA) dos cátions trocáveis Ca, Mg, K e Na, dos atributos químicos V% e pH e do P e Si.

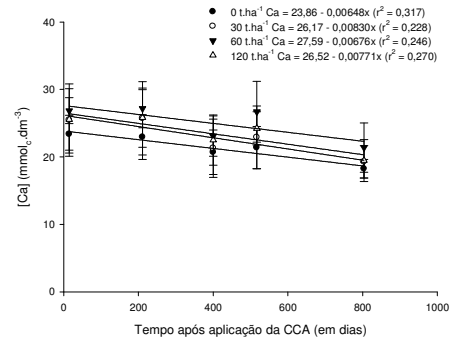
Camada	Dose	Tempo	Dose x Tempo
Ca			
0,00-0,10 m	< 0,001	< 0,001	0,777
0,10-0,20 m	0,519	< 0,001	0,944
Mg			
0,00-0,10 m	< 0,001	< 0,001	0,009
0,10-0,20 m	0,001	< 0,001	0,437
K			
0,00-0,10 m	< 0,001	< 0,001	< 0,001
0,10-0,20 m	< 0,001	< 0,001	0,007
Na			
0,00-0,10 m	< 0,001	< 0,001	< 0,001
0,10-0,20 m	< 0,001	< 0,001	< 0,001
V%			
0,00-0,10 m	< 0,001	< 0,001	0,026
0,10-0,20 m	0,006	< 0,001	0,263
pH H ₂ O			
0,00-0,10 m	< 0,001	< 0,001	< 0,001
0,10-0,20 m	0,088	< 0,001	0,211
P			
0,00-0,10 m	< 0,001	< 0,001	< 0,001
0,10-0,20 m	< 0,001	< 0,001	0,024
Si			
0,00-0,10 m	< 0,001	< 0,001	0,018
0,10-0,20 m	0,599	0,007	< 0,001

Apêndice 2. Concentrações dos cátions trocáveis em função do tempo após a aplicação de doses de CCA em um Argissolo nas camadas de a) c) e) g) 0,00 – 0,10m e b) d) f) h) 0,10 – 0,20m.

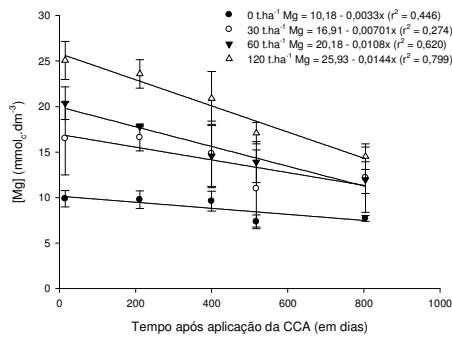
a)



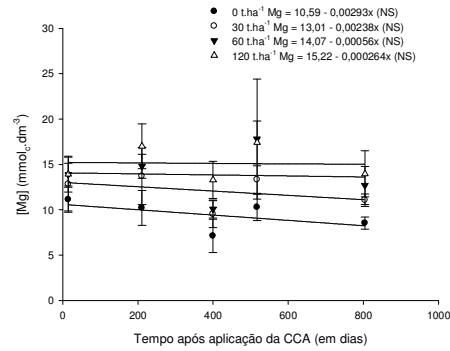
b)



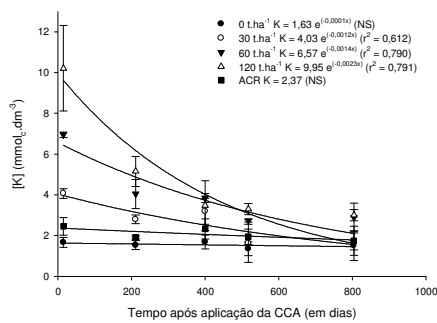
c)



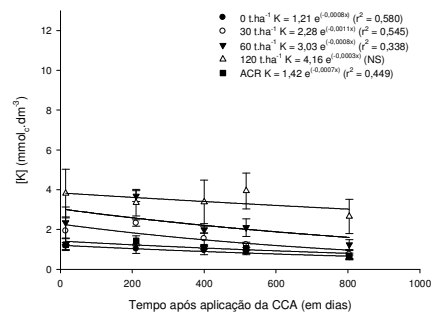
d)



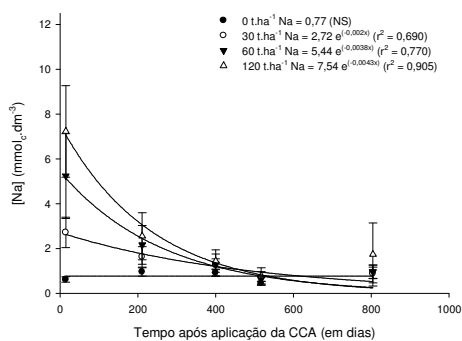
e)



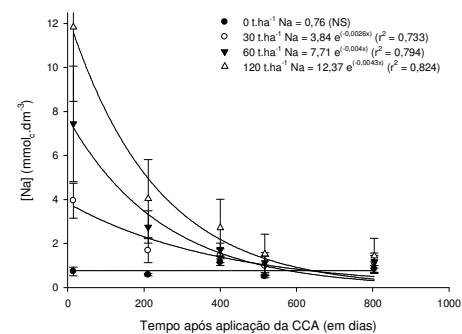
f)



g)

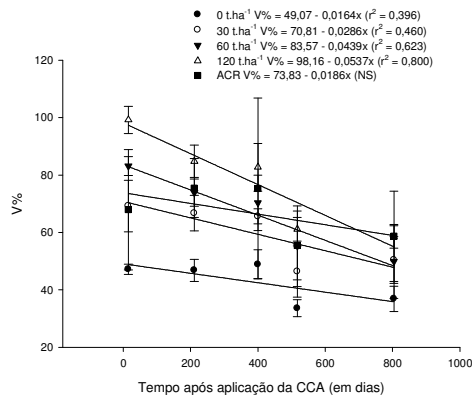


h)

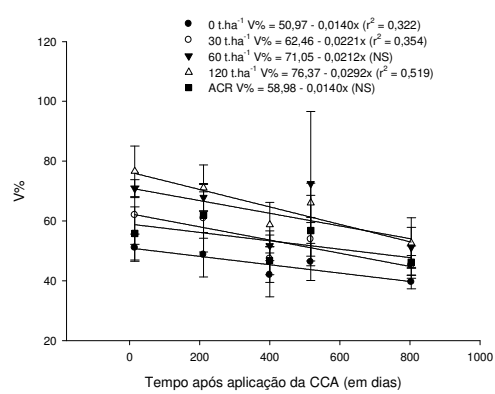


Apêndice 3. Efeito do tempo de aplicação da CCA sobre o pH (H_2O) e saturação de bases ($V\%$) em um Argissolo nas camadas de a) c) 0,00 – 0,10m e b) d) 0,10 – 0,20m.

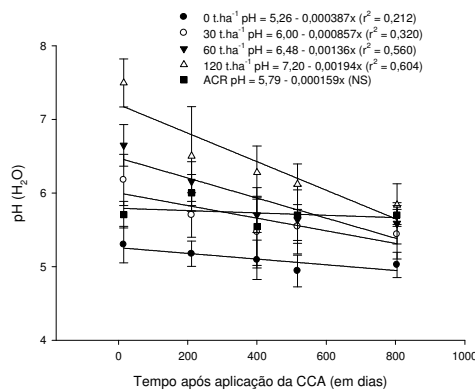
a)



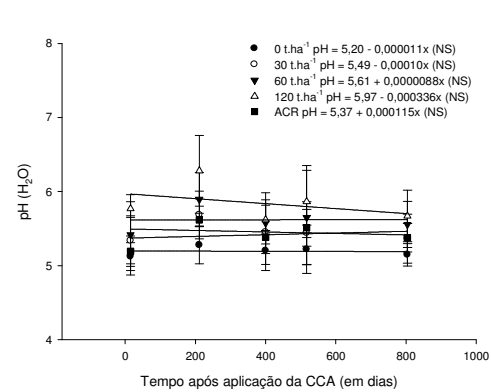
b)



c)

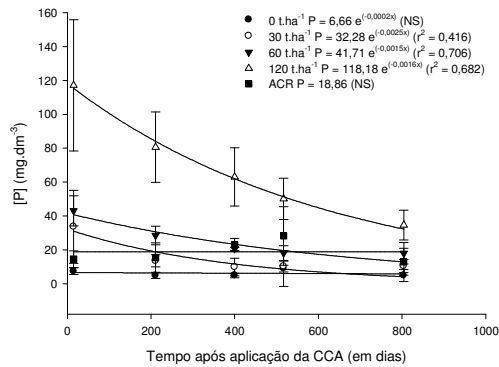


d)

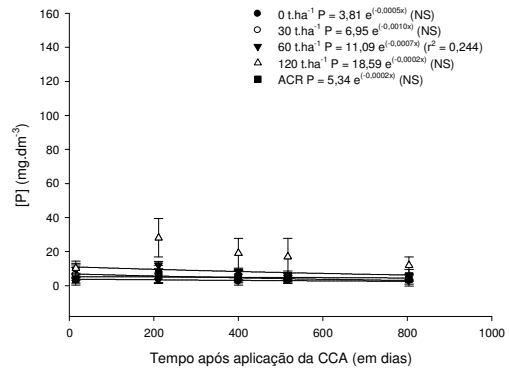


Apêndice 4. Concentrações de P (Mehlich – 1) e Si (Ácido Acético) em função do tempo após a aplicação de doses de CCA em um Argissolo nas camadas de a) c) 0,00 – 0,10m e b) d) 0,10 – 0,20m.

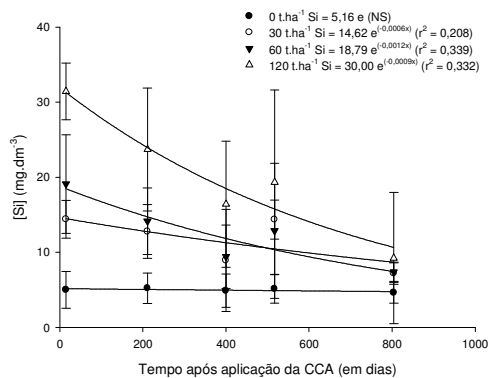
a)



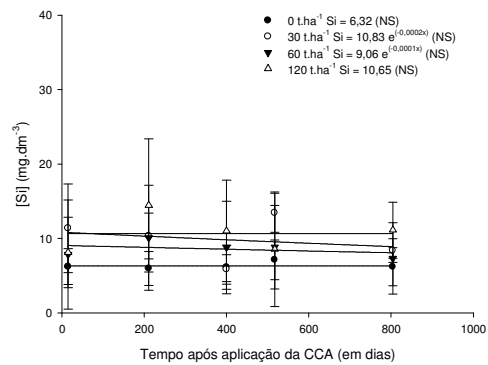
b)



c)



d)



Apêndice 5. Concentrações de Cálcio ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 1 a 3, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta					
		1 (30/04/2010)		2 (12/11/2010)		3 (20/05/2011)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Cálcio ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)					
0	1	2,35	2,54	2,21	2,69	2,31	2,40
0	2	2,02	2,10	1,92	2,15	2,36	1,92
0	3	2,06	2,10	2,02	1,92	1,91	1,68
0	4	2,18	2,61	2,31	2,42	2,41	2,28
10	1	3,07	2,64	3,00	2,88	2,72	2,64
10	2	2,40	2,83	2,80	2,42	2,92	2,16
10	3	1,78	2,34	2,31	2,00	2,21	1,92
10	4	2,57	2,34	2,46	2,46	2,61	2,04
20	1	2,30	2,78	2,61	2,53	2,72	2,04
20	2	1,98	2,18	2,31	2,27	2,97	2,04
20	3	2,26	2,61	2,66	2,42	2,77	2,16
20	4	2,57	2,85	2,56	2,73	2,87	1,92
30	1	3,07	3,26	3,10	3,38	2,51	2,76
30	2	2,26	2,02	2,31	2,27	3,17	1,92
30	3	2,34	2,30	2,61	2,42	2,82	1,80
30	4	2,77	2,61	2,61	2,23	2,56	2,04
40	1	3,07	2,54	2,95	2,96	2,61	2,52
40	2	2,30	2,35	2,85	2,50	2,46	2,28
40	3	2,57	2,42	3,00	2,80	3,37	2,40
40	4	2,65	2,34	2,71	2,04	3,12	2,16
60	1	2,93	2,83	2,85	2,92	2,56	2,64
60	2	2,65	2,81	2,80	2,76	2,92	2,40
60	3	2,46	2,42	2,51	2,30	2,92	1,92
60	4	2,65	2,69	3,30	2,88	3,32	2,28
80	1	2,74	2,83	2,76	2,76	1,96	2,52
80	2	2,57	2,46	2,95	2,34	2,97	2,16
80	3	2,57	2,26	2,95	2,50	2,82	1,92
80	4	2,81	2,38	2,95	2,42	3,32	1,92
100	1	3,22	2,50	3,00	2,76	2,66	2,52
100	2	2,85	2,49	2,85	2,76	2,97	2,28
100	3	2,38	2,14	2,71	2,42	3,07	1,92
100	4	3,01	2,69	3,05	2,76	3,72	2,40
120	1	3,22	3,22	3,20	3,15	3,07	2,76
120	2	2,53	2,18	2,85	2,42	2,92	2,04
120	3	2,65	2,38	2,85	2,65	3,27	2,28
120	4	2,89	2,46	2,76	2,11	3,82	1,92
140	1	3,02	2,16	3,10	2,84	2,51	2,64
140	2	2,73	2,34	2,76	2,53	3,12	2,16
140	3	2,46	2,30	2,66	2,57	3,22	2,04
140	4	3,05	2,46	3,05	2,34	3,82	2,52
AR	1	2,83	2,40	3,05	3,15	2,51	2,52
AR	2	2,40	2,35	3,44	2,57	2,82	2,16
AR	3	2,61	2,46	3,54	2,53	3,52	2,04
AR	4	4,20	3,01	4,53	3,26	5,43	2,40

Apêndice 6. Concentrações de Cálcio ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 4 a 5, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta			
		4 (14/09/2011)		5 (27/06/2012)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Cálcio ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)			
0	1	1,75	2,52	1,63	1,78
0	2	1,40	1,95	1,44	1,74
0	3	1,40	1,82	1,49	1,74
0	4	1,40	2,26	1,91	2,03
10	1	2,33	2,69	2,47	2,27
10	2	2,10	2,48	2,33	2,31
10	3	1,51	1,95	1,63	1,83
10	4	1,51	2,39	2,05	2,19
20	1	1,86	2,13	2,00	1,99
20	2	1,51	2,00	2,14	1,78
20	3	1,75	2,17	2,05	1,91
20	4	1,86	2,43	2,14	2,19
30	1	2,45	2,91	2,70	2,19
30	2	1,75	1,91	1,68	1,74
30	3	1,98	1,95	2,05	1,70
30	4	1,75	2,39	2,05	2,07
40	1	2,68	2,48	2,65	2,31
40	2	1,98	2,43	2,28	2,23
40	3	1,98	2,74	2,75	2,07
40	4	1,75	2,56	2,70	1,95
60	1	1,98	2,95	1,49	2,35
60	2	1,86	2,95	1,86	2,43
60	3	1,63	2,00	1,91	1,62
60	4	1,98	2,61	2,65	2,15
80	1	2,10	2,30	2,61	2,39
80	2	2,21	2,22	2,42	2,07
80	3	2,10	2,17	2,23	1,91
80	4	1,98	2,48	3,03	1,99
100	1	3,50	2,56	2,56	2,39
100	2	2,10	2,26	2,00	2,15
100	3	2,10	1,95	2,89	2,07
100	4	2,33	2,87	2,75	2,27
120	1	2,68	2,61	2,42	2,39
120	2	2,10	2,09	2,14	1,70
120	3	2,10	2,39	2,33	1,78
120	4	2,10	2,61	2,10	1,91
140	1	2,45	2,43	2,00	2,39
140	2	0,47	2,35	2,84	1,99
140	3	2,21	2,35	2,28	1,99
140	4	2,33	2,61	3,07	2,15
AR	1	2,21	2,56	1,86	1,95
AR	2	2,33	2,35	2,61	1,99
AR	3	2,33	2,04	2,61	1,99
AR	4	3,15	3,26	3,49	2,43

Apêndice 7. Concentrações de Magnésio ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 1 a 3, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta					
		1 (30/04/2010)		2 (12/11/2010)		3 (20/05/2011)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Magnésio ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)					
0	1	0,86	0,95	1,06	1,25	1,08	0,93
0	2	1,03	1,18	0,96	1,07	0,98	0,74
0	3	0,99	1,05	0,84	0,79	0,82	0,48
0	4	1,07	1,27	1,04	0,97	1,01	0,70
10	1	1,34	1,16	1,52	1,38	1,32	1,02
10	2	0,95	1,02	1,40	1,12	1,23	0,93
10	3	1,05	1,34	1,26	1,00	1,20	0,80
10	4	1,56	1,34	1,35	1,22	1,29	0,83
20	1	1,06	0,87	1,39	1,27	1,00	0,77
20	2	1,25	1,30	1,38	1,11	1,19	0,74
20	3	1,32	1,32	1,35	1,05	1,25	0,86
20	4	1,62	1,62	1,33	1,39	1,50	0,83
30	1	1,51	1,40	1,80	1,79	1,00	1,15
30	2	1,19	0,86	1,54	1,21	1,19	0,80
30	3	1,76	1,54	1,77	1,42	1,25	0,96
30	4	2,13	1,32	1,53	1,07	1,50	0,90
40	1	1,58	1,06	1,84	1,61	1,49	0,99
40	2	1,20	0,91	1,77	1,36	1,59	0,99
40	3	1,89	1,29	1,83	1,40	1,72	1,02
40	4	1,89	1,14	1,82	1,03	1,70	0,86
60	1	1,77	1,20	1,78	1,66	1,09	1,15
60	2	2,17	1,45	1,79	1,36	1,66	0,99
60	3	2,08	1,45	1,79	1,40	1,62	0,96
60	4	2,13	1,45	1,78	1,49	1,92	0,93
80	1	1,96	1,08	2,04	1,55	1,72	1,22
80	2	2,35	1,36	2,27	1,50	1,79	0,90
80	3	2,26	1,38	2,22	1,56	1,84	1,02
80	4	2,54	1,21	2,30	1,44	2,16	0,83
100	1	2,22	1,06	2,23	1,72	1,50	1,25
100	2	2,74	1,47	2,19	1,70	1,77	1,31
100	3	2,26	1,41	2,19	1,73	2,09	1,31
100	4	2,77	1,32	2,35	1,55	2,55	1,06
120	1	2,22	1,25	2,54	1,93	2,11	1,54
120	2	2,52	1,25	2,19	1,80	1,74	1,15
120	3	2,57	1,67	2,28	1,72	2,42	1,47
120	4	2,72	1,40	2,43	1,35	2,29	1,15
140	1	2,18	1,23	2,37	1,80	2,10	1,44
140	2	2,83	1,73	2,21	1,62	2,11	1,15
140	3	2,48	1,45	2,12	1,72	2,33	1,25
140	4	3,23	1,32	2,41	1,49	2,65	1,50
AR	1	0,93	0,93	1,16	1,31	0,71	0,80
AR	2	1,13	0,97	1,71	1,32	1,21	0,90
AR	3	1,54	1,38	1,55	1,13	1,28	0,64
AR	4	2,48	1,63	1,46	1,59	2,74	1,06

Apêndice 8. Concentrações de Magnésio ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 4 a 5, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta			
		4 (14/09/2011)		5 (27/06/2012)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Magnésio ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)			
0	1	0,76	1,22	0,80	0,91
0	2	0,82	1,04	0,75	0,90
0	3	0,73	0,89	0,74	0,77
0	4	0,63	0,95	0,80	0,83
10	1	1,09	1,31	1,27	1,17
10	2	1,09	1,39	1,13	1,15
10	3	0,94	1,16	0,83	1,01
10	4	0,97	1,37	1,03	1,19
20	1	0,91	0,99	1,03	1,02
20	2	0,73	1,05	1,17	0,92
20	3	0,97	1,11	1,03	0,86
20	4	1,21	1,28	1,16	1,20
30	1	1,24	1,43	1,42	1,19
30	2	0,49	1,13	1,02	1,04
30	3	1,48	1,46	1,29	1,13
30	4	1,18	1,31	1,14	1,06
40	1	1,39	1,30	1,65	1,37
40	2	1,15	1,36	1,24	1,24
40	3	1,30	1,61	1,54	1,14
40	4	1,12	1,34	1,62	1,04
60	1	1,72	2,75	0,82	1,56
60	2	1,27	1,65	1,00	1,16
60	3	1,24	1,42	1,34	1,09
60	4	1,33	1,30	1,63	1,26
80	1	1,33	1,35	1,70	1,52
80	2	1,63	1,49	1,35	1,43
80	3	1,51	1,52	1,55	1,26
80	4	1,54	1,55	1,87	1,23
100	1	2,21	1,44	1,68	1,68
100	2	1,42	1,69	1,36	1,39
100	3	1,63	1,74	1,92	1,61
100	4	1,72	1,62	1,86	1,35
120	1	1,66	1,55	1,60	1,74
120	2	1,60	1,53	1,29	1,12
120	3	1,87	1,90	1,53	1,36
120	4	1,69	1,99	1,38	1,37
140	1	1,75	1,45	1,22	1,68
140	2	2,14	1,92	1,82	1,32
140	3	1,69	1,74	1,56	1,55
140	4	1,96	1,80	1,92	1,50
AR	1	0,91	1,26	0,76	0,96
AR	2	1,03	1,27	1,09	1,10
AR	3	1,09	1,08	1,02	0,90
AR	4	1,81	1,77	1,78	1,30

Apêndice 9. Concentrações de Potássio (mg.dm^{-3}) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 1 a 3, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta					
		1 (30/04/2010)		2 (12/11/2010)		3 (20/05/2011)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Potássio (mg.dm^{-3})					
0	1	74,26	49,82	70,80	51,50	83,42	45,08
0	2	53,58	52,64	60,40	42,10	64,02	36,26
0	3	60,39	43,56	50,30	29,40	52,38	26,46
0	4	70,29	36,63	56,50	38,40	62,08	41,16
10	1	116,56	81,78	87,10	61,50	100,88	55,86
10	2	93,06	47,00	66,10	53,80	88,27	39,20
10	3	81,18	45,54	81,40	52,90	62,08	34,30
10	4	93,06	40,59	77,10	55,20	104,76	64,68
20	1	151,34	55,46	104,00	82,70	82,45	47,04
20	2	107,16	93,06	86,20	76,00	101,85	50,96
20	3	92,07	51,48	75,40	51,10	80,51	39,20
20	4	130,68	38,61	102,50	73,30	148,41	71,54
30	1	156,04	87,42	116,00	86,40	134,83	71,54
30	2	151,34	108,10	102,00	91,20	100,88	44,10
30	3	155,43	55,44	101,10	85,60	107,67	60,76
30	4	172,26	50,49	115,90	99,40	154,23	63,70
40	1	214,32	120,32	132,00	131,90	133,86	90,16
40	2	184,24	81,78	124,70	117,80	125,13	67,62
40	3	150,48	46,53	134,20	101,80	111,55	61,74
40	4	245,52	59,40	170,70	89,60	131,92	87,22
60	1	270,72	128,78	119,70	135,60	144,53	71,54
60	2	278,24	78,96	157,30	152,40	140,65	81,34
60	3	265,32	100,98	166,20	132,90	153,26	85,26
60	4	269,28	57,42	186,30	152,40	160,05	72,52
80	1	368,48	177,66	192,00	18,40	86,33	130,34
80	2	270,72	97,76	141,70	184,80	162,96	147,00
80	3	281,16	82,17	175,80	155,20	159,08	100,94
80	4	336,60	78,21	194,20	173,90	87,30	111,72
100	1	372,04	177,66	186,00	202,70	147,44	134,26
100	2	383,52	112,80	166,30	234,00	189,15	151,90
100	3	332,64	125,73	191,00	234,70	95,06	168,56
100	4	399,96	79,20	211,30	164,30	81,48	157,78
120	1	470,00	68,62	232,80	182,30	114,46	78,40
120	2	338,40	120,32	163,20	188,20	170,72	126,42
120	3	316,80	181,17	206,90	182,30	178,48	143,08
120	4	467,28	146,52	199,80	229,80	77,60	181,30
140	1	522,64	327,12	233,00	30,20	169,75	182,28
140	2	432,40	345,92	233,10	289,40	174,60	133,28
140	3	320,76	273,24	181,40	226,20	163,93	146,02
140	4	487,08	132,66	231,70	253,30	88,27	148,96
AR	1	98,70	42,30	73,50	67,20	74,69	42,14
AR	2	78,96	39,48	70,60	58,40	100,88	39,20
AR	3	87,12	65,34	77,10	43,90	74,69	46,06
AR	4	117,81	45,54	77,00	53,30	113,49	45,08

Apêndice 10. Concentrações de Potássio (mg.dm^{-3}) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 4 a 5, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta			
		4 (14/09/2011)		5 (27/06/2012)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Potássio (mg.dm^{-3})			
0	1	56,40	37,30	44,70	24,70
0	2	46,50	35,10	43,50	23,70
0	3	68,50	27,00	45,90	16,50
0	4	38,50	33,00	101,30	28,10
10	1	72,20	42,40	97,60	41,20
10	2	46,90	34,30	57,00	23,40
10	3	53,80	31,30	56,30	19,80
10	4	69,40	49,30	63,40	24,30
20	1	71,30	40,80	77,60	37,50
20	2	61,50	41,50	59,40	25,50
20	3	46,80	34,60	51,50	17,00
20	4	83,60	63,70	84,40	28,30
30	1	12,50	43,50	70,70	25,80
30	2	63,20	43,40	45,40	41,20
30	3	97,20	51,80	66,50	25,30
30	4	79,30	52,40	84,80	25,00
40	1	10,40	56,30	94,20	53,30
40	2	67,20	54,90	68,40	39,70
40	3	82,10	64,80	80,20	26,10
40	4	97,00	66,90	99,60	33,20
60	1	103,60	61,60	77,10	54,80
60	2	106,90	92,20	105,20	39,00
60	3	108,90	99,10	136,30	58,40
60	4	103,60	74,00	132,10	41,70
80	1	160,20	99,40	121,60	86,20
80	2	118,20	104,60	114,30	84,60
80	3	114,30	89,60	124,20	43,60
80	4	127,20	123,00	138,20	92,70
100	1	14,20	97,90	112,00	110,10
100	2	136,70	140,80	116,20	88,30
100	3	133,70	120,40	145,20	83,70
100	4	128,30	88,60	180,30	71,70
120	1	128,73	185,00	114,70	140,90
120	2	120,20	127,40	114,90	78,50
120	3	121,70	120,00	106,00	71,80
120	4	144,30	182,90	131,80	123,10
140	1	152,00	183,20	72,50	111,60
140	2	127,90	153,20	122,40	122,90
140	3	126,50	136,20	115,20	81,10
140	4	166,10	199,50	194,00	134,30
AR	1	89,60	36,70	71,20	29,50
AR	2	70,50	40,10	41,90	18,10
AR	3	57,20	32,00	105,50	31,40
AR	4	85,60	54,50	53,00	22,00

Apêndice 11. Concentrações de Sódio (mg.dm^{-3}) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 1 a 3, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta					
		1 (30/04/2010)		2 (12/11/2010)		3 (20/05/2011)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Sódio (mg.dm^{-3})					
0	1	10,56	12,48	18,50	13,40	21,62	25,65
0	2	13,44	15,36	18,70	13,40	24,44	31,35
0	3	15,36	16,32	23,20	11,80	16,92	22,80
0	4	17,28	23,04	27,70	14,50	21,62	25,65
10	1	25,92	68,16	25,90	18,10	20,68	21,85
10	2	35,52	44,16	21,70	20,80	28,20	30,40
10	3	36,48	52,80	41,70	31,40	16,92	26,60
10	4	23,04	34,56	26,40	23,70	27,26	25,65
20	1	48,00	45,12	26,60	20,90	17,86	24,70
20	2	58,56	77,76	37,10	29,20	18,80	27,55
20	3	46,08	88,32	38,20	36,60	22,56	24,70
20	4	35,52	53,76	28,90	26,10	29,14	21,85
30	1	47,04	74,88	25,20	24,80	18,80	26,60
30	2	59,52	85,44	36,60	38,90	23,50	27,55
30	3	84,48	117,12	50,90	55,20	28,20	41,80
30	4	59,52	86,40	37,60	35,40	45,12	36,10
40	1	52,80	76,80	29,00	31,50	15,98	23,75
40	2	84,48	110,40	40,20	47,60	22,56	31,35
40	3	115,20	122,88	59,40	67,00	28,20	39,90
40	4	91,20	96,96	46,30	34,70	31,02	40,85
60	1	64,32	125,76	26,60	39,50	22,56	34,20
60	2	160,32	179,52	49,60	77,30	30,08	44,65
60	3	148,80	253,44	75,20	73,10	33,84	46,55
60	4	108,48	125,76	47,70	63,10	33,84	33,25
80	1	108,48	187,20	42,10	52,60	22,56	46,55
80	2	166,08	186,24	40,40	75,70	24,44	56,05
80	3	168,96	291,84	77,40	93,50	46,06	64,60
80	4	154,56	115,20	47,80	57,50	39,48	38,95
100	1	160,64	169,92	36,00	55,80	22,56	48,45
100	2	190,08	318,72	47,60	102,00	22,56	34,20
100	3	148,80	172,80	62,80	112,50	42,30	76,95
100	4	143,04	167,04	54,50	73,60	47,94	57,00
120	1	119,04	272,00	57,70	107,00	31,02	49,40
120	2	166,08	268,80	43,40	49,10	26,32	52,25
120	3	230,40	368,64	93,00	142,80	49,82	106,40
120	4	149,76	178,56	40,90	72,80	25,38	41,80
140	1	125,76	187,20	48,00	92,30	30,08	51,30
140	2	185,28	360,96	70,80	131,70	30,08	47,50
140	3	173,76	426,24	79,50	158,30	52,64	115,90
140	4	153,60	189,12	52,80	91,05	33,84	56,05
AR	1	15,36	17,28	18,70	18,60	14,10	20,90
AR	2	14,40	18,24	19,50	14,20	16,92	19,00
AR	3	17,28	19,20	22,50	12,80	15,98	24,70
AR	4	16,32	18,24	19,40	11,80	31,02	20,90

Apêndice 12. Concentrações de Sódio (mg.dm^{-3}) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 4 a 5, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta			
		4 (14/09/2011)		5 (27/06/2012)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Sódio (mg.dm^{-3})			
0	1	8,40	10,20	20,70	16,30
0	2	13,60	12,80	13,20	23,20
0	3	10,10	11,20	26,50	16,20
0	4	9,50	11,60	24,30	21,70
10	1	10,60	12,30	22,60	15,30
10	2	12,80	15,90	17,20	15,80
10	3	12,10	23,20	15,60	20,50
10	4	14,50	16,80	17,60	24,10
20	1	8,00	9,30	11,80	19,20
20	2	8,00	13,50	24,70	21,00
20	3	9,40	11,00	16,60	17,70
20	4	9,20	14,70	16,00	20,40
30	1	12,50	13,30	8,50	14,00
30	2	14,20	23,10	26,50	24,30
30	3	25,40	36,60	27,90	38,00
30	4	11,30	16,80	16,70	28,10
40	1	9,70	14,40	9,30	23,20
40	2	12,50	17,40	11,20	27,20
40	3	14,50	36,40	27,40	47,60
40	4	12,10	17,50	15,20	23,60
60	1	11,50	11,70	17,40	25,40
60	2	14,80	32,30	15,70	22,30
60	3	18,10	34,30	24,20	36,50
60	4	14,60	25,40	30,90	23,20
80	1	10,50	17,70	12,50	21,70
80	2	13,40	29,80	14,50	28,70
80	3	30,30	58,60	26,60	61,00
80	4	11,20	24,60	16,20	20,80
100	1	15,20	29,10	8,50	28,00
100	2	11,70	19,30	17,20	38,50
100	3	40,90	54,00	72,30	68,70
100	4	15,80	20,30	15,10	27,30
120	1	16,80	34,10	25,70	20,70
120	2	13,10	24,50	12,90	27,90
120	3	30,30	64,50	34,60	60,20
120	4	11,70	16,50	86,70	23,00
140	1	17,80	48,60	8,40	28,50
140	2	13,90	25,70	24,20	40,70
140	3	36,70	25,70	33,90	75,50
140	4	16,90	30,70	19,40	30,80
AR	1	11,10	10,50	9,60	17,60
AR	2	12,60	11,90	14,60	13,90
AR	3	9,60	9,50	142,40	24,20
AR	4	11,50	11,70	23,70	18,60

Apêndice 13. Concentrações de Fósforo (mg.dm^{-3}) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 1 a 3, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta					
		1 (30/04/2010)		2 (12/11/2010)		3 (20/05/2011)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Fósforo (mg.dm^{-3})					
0	1	5,32	3,95	3,80	2,58	4,10	1,56
0	2	7,14	4,10	3,95	2,43	3,65	2,13
0	3	10,08	4,69	7,38	6,25	6,53	3,83
0	4	7,13	2,96	4,35	3,31	5,39	2,61
10	1	14,82	24,51	7,38	3,99	4,37	20,00
10	2	14,06	5,32	7,74	5,51	6,24	2,81
10	3	9,41	1,92	6,66	2,11	3,63	1,42
10	4	6,53	0,96	4,86	2,88	5,21	2,37
20	1	20,14	0,19	9,00	6,84	7,33	4,21
20	2	17,29	10,07	19,98	3,80	6,40	3,28
20	3	19,97	4,03	17,46	9,60	11,22	5,21
20	4	11,33	0,19	7,92	3,46	6,16	3,00
30	1	34,01	13,30	18,72	14,25	17,47	11,08
30	2	63,84	9,12	12,96	2,09	5,46	2,52
30	3	20,74	1,54	10,62	4,03	8,37	2,53
30	4	16,13	1,15	11,88	6,34	8,53	2,53
40	1	35,72	8,17	23,94	11,21	11,70	4,68
40	2	41,42	8,55	24,12	11,40	15,29	4,99
40	3	23,04	4,42	18,54	8,83	11,22	4,90
40	4	17,09	1,34	22,68	5,18	10,59	3,79
60	1	48,64	15,81	23,71	13,07	20,82	7,75
60	2	51,38	10,49	34,66	13,98	21,74	8,51
60	3	40,33	7,67	24,28	11,93	20,16	10,22
60	4	31,84	4,70	31,67	9,05	19,49	6,44
80	1	95,76	14,63	43,20	7,79	63,94	12,32
80	2	75,24	5,70	39,42	5,89	38,38	5,15
80	3	54,72	3,65	34,02	4,61	56,39	7,74
80	4	47,81	1,34	60,48	6,14	53,28	5,06
100	1	97,47	14,06	55,08	12,54	54,29	11,39
100	2	151,05	6,65	63,18	11,78	54,29	10,45
100	3	91,58	4,99	50,22	5,38	112,33	10,43
100	4	39,17	1,73	45,90	5,18	63,05	8,37
120	1	173,28	6,69	111,26	40,28	72,96	30,25
120	2	86,64	10,03	65,66	33,29	38,30	10,49
120	3	97,98	13,92	70,29	14,20	76,25	13,92
120	4	110,66	10,09	75,17	24,53	64,73	21,58
140	1	243,96	30,21	107,46	19,19	84,24	14,66
140	2	185,25	43,32	77,76	13,87	88,45	13,57
140	3	111,74	21,50	79,92	14,21	137,64	8,37
140	4	141,12	4,80	101,52	10,18	107,89	12,80
AR	1	11,40	1,98	10,34	7,60	21,89	3,80
AR	2	9,42	2,13	5,93	2,43	19,15	4,10
AR	3	18,03	7,24	22,72	9,09	28,40	10,37
AR	4	19,31	4,00	22,97	8,18	22,62	3,48

Apêndice 14. Concentrações de Fósforo (mg.dm^{-3}) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 4 a 5, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta			
		4 (14/09/2011)		5 (27/06/2012)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Fósforo (mg.dm^{-3})			
0	1	2,76	1,92	1,20	0,72
0	2	4,41	3,19	8,06	7,45
0	3	24,99	3,98	7,95	2,70
0	4	4,18	1,74	2,61	0,87
10	1	5,76	4,18	4,11	3,10
10	2	6,48	2,30	11,22	2,06
10	3	5,47	1,15	11,69	1,38
10	4	6,48	3,02	10,43	7,40
20	1	6,05	4,75	7,74	3,44
20	2	7,78	4,32	11,69	2,92
20	3	14,98	5,47	17,38	4,64
20	4	6,62	2,02	11,69	8,43
30	1	14,98	6,77	11,06	3,44
30	2	8,21	2,59	4,74	2,92
30	3	9,07	2,88	12,96	2,06
30	4	8,50	1,87	13,11	3,44
40	1	10,66	13,25	12,80	4,99
40	2	14,98	6,62	18,01	3,44
40	3	16,99	5,33	17,22	7,05
40	4	12,38	3,02	17,70	8,43
60	1	12,72	4,08	9,60	4,56
60	2	23,26	9,27	16,72	10,64
60	3	17,61	6,67	22,44	6,67
60	4	19,14	5,74	23,14	2,96
80	1	43,20	7,63	25,44	8,77
80	2	44,06	5,90	34,60	5,68
80	3	37,58	6,05	24,81	4,99
80	4	33,70	9,50	28,12	17,37
100	1	47,09	7,34	34,29	11,18
100	2	54,00	10,94	34,92	7,57
100	3	52,27	4,75	28,12	8,26
100	4	40,61	7,06	32,39	11,52
120	1	52,56	11,88	43,92	15,24
120	2	32,38	11,86	39,22	14,14
120	3	58,36	10,79	31,52	4,54
120	4	57,42	33,23	24,01	13,57
140	1	72,14	7,34	25,28	9,80
140	2	84,67	17,28	61,94	9,46
140	3	84,67	11,38	44,40	12,21
140	4	85,54	11,81	41,24	6,36
AR	1	52,80	2,88	10,44	1,08
AR	2	13,22	2,74	8,51	6,84
AR	3	19,88	7,10	24,85	5,68
AR	4	27,14	6,44	8,18	1,39

Apêndice 15. Concentrações de Silício (mg.dm^{-3}) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 1 a 3, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta					
		1 (30/04/2010)		2 (12/11/2010)		3 (20/05/2011)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Silício (mg.dm^{-3})					
0	1	8,04	8,94	7,30	8,20	6,89	9,76
0	2	5,90	7,38	6,56	7,63	6,56	7,30
0	3	2,48	3,59	3,40	3,68	2,30	3,40
0	4	3,59	4,88	3,59	4,32	3,77	4,05
10	1	14,72	23,04	13,36	13,20	17,60	11,90
10	2	11,52	11,44	11,52	10,40	15,04	8,00
10	3	7,20	9,36	9,04	9,04	4,40	6,90
10	4	7,68	9,36	7,20	7,20	5,68	6,60
20	1	11,84	9,92	10,08	9,84	10,32	5,70
20	2	10,16	9,44	10,24	9,76	11,12	6,20
20	3	8,48	8,80	8,88	8,88	4,72	5,80
20	4	11,12	10,96	11,76	11,76	4,64	7,20
30	1	16,48	15,76	15,68	16,00	8,16	8,60
30	2	14,40	10,00	10,08	12,64	18,72	4,40
30	3	15,84	11,04	15,68	7,84	4,96	6,00
30	4	10,88	8,64	9,60	4,80	3,84	4,40
40	1	20,80	13,04	17,28	15,68	9,12	7,40
40	2	19,36	9,68	16,48	15,12	5,12	4,00
40	3	15,04	9,04	13,92	6,96	7,52	6,40
40	4	14,40	7,76	13,76	6,88	4,16	5,40
60	1	24,93	17,88	19,68	19,02	14,60	16,73
60	2	24,60	8,69	15,58	12,30	10,99	10,50
60	3	13,98	2,39	9,75	5,52	6,99	5,15
60	4	12,88	2,39	11,59	3,50	5,15	2,76
80	1	34,08	15,36	22,00	18,56	9,68	10,45
80	2	34,72	8,96	23,32	16,32	3,52	1,65
80	3	27,36	7,68	19,80	7,20	3,08	2,20
80	4	28,00	6,88	22,44	8,16	3,08	3,60
100	1	35,64	20,96	26,40	22,56	7,04	13,20
100	2	39,16	7,68	23,32	21,44	6,60	2,20
100	3	41,80	9,44	31,68	11,52	14,96	13,20
100	4	31,68	8,00	21,56	7,84	14,08	3,85
120	1	34,28	12,46	32,92	24,60	25,71	19,19
120	2	34,28	10,33	27,96	17,88	21,20	11,81
120	3	26,31	1,52	18,72	3,54	10,63	2,53
120	4	30,87	8,20	15,18	11,73	8,10	10,50
140	1	36,52	28,48	30,80	33,28	17,60	19,25
140	2	40,04	20,64	25,96	22,56	11,88	5,50
140	3	42,68	18,56	29,92	10,88	14,08	4,40
140	4	44,44	8,16	33,44	12,16	20,68	10,45
AR	1	8,61	10,91	9,02	9,43	6,64	8,94
AR	2	8,86	7,38	10,09	8,69	8,20	8,53
AR	3	4,60	4,32	5,98	4,05	4,23	3,77
AR	4	10,76	5,24	12,70	7,27	16,38	6,26

Apêndice 16. Concentrações de Silício (mg.dm^{-3}) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 4 a 5, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta			
		4 (14/09/2011)		5 (27/06/2012)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Silício (mg.dm^{-3})			
0	1	5,78	7,50	4,67	5,25
0	2	6,56	8,65	6,56	10,00
0	3	2,81	4,14	3,31	4,88
0	4	3,86	4,32	3,96	4,60
10	1	12,08	10,72	7,52	9,60
10	2	9,68	10,80	5,60	8,40
10	3	9,52	10,40	5,20	7,12
10	4	8,16	9,52	6,24	6,48
20	1	8,80	9,36	6,72	8,96
20	2	8,80	6,80	6,96	6,16
20	3	7,20	7,44	5,76	5,28
20	4	9,84	9,04	8,16	6,16
30	1	8,64	9,50	9,12	10,40
30	2	12,16	5,72	5,60	7,04
30	3	6,16	7,40	7,36	8,80
30	4	5,28	5,80	6,72	7,20
40	1	14,88	16,32	11,04	11,20
40	2	14,72	12,32	8,32	7,68
40	3	15,04	15,68	10,24	8,64
40	4	12,48	10,40	8,96	5,44
60	1	11,81	14,76	9,02	12,79
60	2	9,10	10,17	7,22	9,84
60	3	6,53	4,42	6,07	3,68
60	4	6,16	2,85	7,18	2,94
80	1	30,36	17,60	18,04	16,28
80	2	30,36	14,96	11,00	10,12
80	3	24,64	16,28	11,44	7,92
80	4	18,04	13,64	14,52	8,80
100	1	36,96	22,44	17,16	19,36
100	2	27,28	17,16	12,76	7,92
100	3	36,96	18,04	16,28	9,68
100	4	24,64	16,28	15,40	7,04
120	1	21,87	17,88	18,04	16,56
120	2	18,27	11,23	15,33	10,66
120	3	13,66	5,37	16,69	8,20
120	4	12,39	9,76	16,69	9,02
140	1	39,16	22,88	13,20	16,88
140	2	26,84	17,60	18,04	11,44
140	3	28,16	18,48	17,16	12,32
140	4	29,48	16,25	18,48	11,04
AR	1	8,86	12,79	5,82	5,82
AR	2	8,86	10,58	8,12	9,35
AR	3	4,69	4,69	4,97	4,78
AR	4	13,25	7,45	8,83	5,43

Apêndice 17. Concentrações de Carbono orgânico (%) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 1 a 3, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta					
		1 (30/04/2010)		2 (12/11/2010)		3 (20/05/2011)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Carbono orgânico (%)					
0	1	1,00	1,19	1,54	1,10	1,26	1,32
0	2	0,79	1,05	1,30	1,08	1,26	0,93
0	3	0,98	1,13	1,16	1,10	1,36	1,18
0	4	1,57	1,51	1,60	1,64	1,55	1,26
10	1	1,06	1,29	1,30	1,20	1,22	1,07
10	2	1,06	0,43	1,10	1,20	1,28	1,16
10	3	0,85	1,21	1,12	0,82	1,30	0,85
10	4	1,50	1,25	1,46	1,36	1,53	1,36
20	1	1,04	1,09	1,32	1,18	1,20	1,07
20	2	1,10	1,47	1,20	1,30	1,40	1,36
20	3	1,04	1,25	1,34	1,20	1,42	1,30
20	4	1,52	1,15	1,48	1,40	1,59	1,26
30	1	1,34	1,15	1,20	0,94	1,30	1,07
30	2	0,98	1,00	1,12	0,96	1,24	0,93
30	3	0,92	1,03	1,02	0,98	1,12	0,99
30	4	1,48	1,45	1,70	1,58	1,50	1,11
40	1	1,08	0,76	1,08	1,18	1,18	1,07
40	2	1,00	1,11	1,04	1,16	1,24	0,83
40	3	1,12	1,17	1,30	1,30	1,48	0,99
40	4	1,40	1,64	1,60	1,44	1,59	1,18
60	1	1,04	0,92	1,00	0,96	1,00	0,77
60	2	1,02	1,00	1,24	1,32	1,14	0,99
60	3	1,00	1,35	1,06	1,07	1,26	1,26
60	4	1,21	1,09	1,58	1,72	1,55	1,63
80	1	1,04	1,05	1,08	1,08	1,04	0,85
80	2	0,98	1,43	1,18	1,22	1,08	0,95
80	3	0,87	1,29	1,12	1,10	1,18	1,07
80	4	1,42	1,45	1,48	1,56	1,36	1,32
100	1	1,04	0,88	1,06	1,04	0,98	0,81
100	2	0,94	1,29	1,24	1,16	1,30	1,11
100	3	1,06	1,15	1,06	0,94	1,00	1,03
100	4	1,55	1,70	1,58	1,62	1,50	1,48
120	1	1,24	1,29	1,20	1,22	1,16	1,05
120	2	1,12	1,11	1,10	1,12	1,06	1,18
120	3	1,16	1,21	1,04	0,96	1,12	1,12
120	4	1,23	1,39	1,52	1,10	1,34	1,12
140	1	0,92	1,00	1,02	0,90	1,06	1,07
140	2	1,18	1,39	1,16	1,36	1,14	1,24
140	3	0,79	1,31	1,16	1,24	1,08	1,05
140	4	1,00	1,15	1,32	1,48	1,16	1,01
AR	1	0,96	0,70	1,04	1,04	1,00	0,99
AR	2	1,10	1,07	1,10	1,06	1,20	0,91
AR	3	0,92	1,25	1,36	1,06	1,46	1,24
AR	4	1,50	1,49	1,50	1,54	1,53	1,12

Apêndice 18. Concentrações de Carbono orgânico (%) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 4 a 5, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta			
		4 (14/09/2011)		5 (27/06/2012)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Carbono (%)			
0	1	1,15	1,15	0,94	0,83
0	2	1,55	1,08	1,06	0,81
0	3	0,56	1,04	1,02	0,81
0	4	1,90	1,57	1,43	1,05
10	1	1,27	1,23	1,14	0,99
10	2	1,41	1,06	1,06	0,85
10	3	1,45	0,94	1,02	0,69
10	4	1,49	1,19	1,28	0,97
20	1	1,51	1,27	1,08	0,83
20	2	1,62	1,33	1,12	1,07
20	3	1,58	1,15	1,12	0,77
20	4	1,82	1,35	1,41	1,09
30	1	1,51	1,17	0,98	0,83
30	2	1,72	1,04	0,91	0,81
30	3	1,53	0,94	0,92	0,77
30	4	1,94	1,53	1,49	1,19
40	1	1,29	1,06	1,10	0,87
40	2	1,35	1,12	1,02	0,85
40	3	1,39	1,41	1,08	0,89
40	4	1,80	1,59	1,47	1,23
60	1	1,27	1,00	0,92	0,59
60	2	1,29	1,21	1,14	0,81
60	3	1,55	1,29	1,18	0,95
60	4	1,86	1,63	1,45	1,35
80	1	1,43	1,08	1,10	0,79
80	2	1,62	0,94	1,08	0,99
80	3	0,27	1,15	1,08	0,95
80	4	1,49	1,35	1,35	1,09
100	1	1,39	1,04	1,02	0,75
100	2	1,47	1,31	0,98	0,95
100	3	1,43	0,98	1,06	0,71
100	4	1,64	1,61	1,59	1,27
120	1	1,37	1,17	1,20	0,81
120	2	1,58	1,21	1,20	0,95
120	3	1,94	1,19	1,10	0,91
120	4	1,25	1,23	1,20	0,91
140	1	1,25	0,94	0,98	0,61
140	2	1,45	1,39	1,31	1,03
140	3	1,15	0,96	1,28	0,89
140	4	1,66	1,51	1,66	1,19
AR	1	1,23	0,90	0,89	0,63
AR	2	1,47	1,12	0,94	0,79
AR	3	1,64	1,04	1,08	0,73
AR	4	1,72	1,57	1,33	1,23

Apêndice 19. Concentrações de Nitrogênio (%) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 1 a 3, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta					
		1 (30/04/2010)		2 (12/11/2010)		3 (20/05/2011)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Nitrogênio (%)					
0	1	0,08	0,09	0,08	0,08	0,09	0,09
0	2	0,08	0,09	0,08	0,07	0,10	0,08
0	3	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09
0	4	0,12	0,09	0,11	0,11	0,10	0,11
10	1	0,10	0,09	0,09	0,09	0,11	0,08
10	2	0,09	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08
10	3	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
10	4	0,10	0,08	0,11	0,08	0,13	0,10
20	1	0,09	0,08	0,10	0,09	0,09	0,09
20	2	0,09	0,10	0,09	0,11	0,09	0,09
20	3	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09	0,09
20	4	0,12	0,09	0,11	0,07	0,10	0,10
30	1	0,11	0,08	0,09	0,09	0,10	0,08
30	2	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,07
30	3	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07	0,08
30	4	0,12	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10
40	1	0,09	0,08	0,09	0,09	0,09	0,07
40	2	0,08	0,08	0,09	0,08	0,09	0,08
40	3	0,10	0,08	0,10	0,09	0,10	0,08
40	4	0,12	0,12	0,11	0,10	0,11	0,11
60	1	0,08	0,07	0,07	0,08	0,09	0,07
60	2	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09
60	3	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09
60	4	0,10	0,12	0,10	0,11	0,13	0,13
80	1	0,09	0,09	0,07	0,07	0,08	0,07
80	2	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08
80	3	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09
80	4	0,11	0,10	0,10	0,09	0,10	0,09
100	1	0,07	0,07	0,08	0,09	0,08	0,07
100	2	0,09	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09
100	3	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08
100	4	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,15
120	1	0,09	0,08	0,09	0,09	0,09	0,08
120	2	0,09	0,10	0,09	0,09	0,10	0,08
120	3	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
120	4	0,09	0,10	0,08	0,07	0,08	0,08
140	1	0,08	0,07	0,07	0,06	0,08	0,07
140	2	0,06	0,10	0,09	0,11	0,09	0,09
140	3	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08
140	4	0,10	0,11	0,09	0,10	0,10	0,10
AR	1	0,07	0,06	0,08	0,07	0,09	0,06
AR	2	0,08	0,06	0,08	0,07	0,09	0,07
AR	3	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,10
AR	4	0,11	0,11	0,11	0,09	0,11	0,10

Apêndice 20. Concentrações de Nitrogênio (%) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 4 a 5, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta			
		4 (14/09/2011)		5 (27/06/2012)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Nitrogênio (%)			
0	1	0,05	0,04	0,06	0,07
0	2	0,02	0,04	0,09	0,08
0	3	0,03	0,09	0,09	0,06
0	4	0,06	0,12	0,12	0,11
10	1	0,04	0,04	0,09	0,08
10	2	0,02	0,02	0,09	0,08
10	3	0,04	0,06	0,09	0,07
10	4	0,11	0,10	0,12	0,07
20	1	0,03	0,03	0,11	0,07
20	2	0,05	0,04	0,09	0,09
20	3	0,04	0,08	0,09	0,07
20	4	0,09	0,10	0,13	0,08
30	1	0,03	0,03	0,09	0,08
30	2	0,04	0,02	0,09	0,04
30	3	0,03	0,08	0,08	0,07
30	4	0,06	0,10	0,06	0,10
40	1	0,04	0,05	0,08	0,07
40	2	0,03	0,03	0,08	0,09
40	3	0,04	0,10	0,11	0,08
40	4	0,10	0,11	0,12	0,09
60	1	0,04	0,18	0,07	0,06
60	2	0,05	0,01	0,09	0,08
60	3	0,03	0,09	0,10	0,08
60	4	0,10	0,12	0,10	0,10
80	1	0,04	0,03	0,11	0,07
80	2	0,04	0,04	0,05	0,08
80	3	0,03	0,09	0,08	0,11
80	4	0,09	0,12	0,10	0,09
100	1	0,05	0,05	0,06	0,07
100	2	0,04	0,04	0,10	0,09
100	3	0,02	0,08	0,09	0,06
100	4	0,10	0,12	0,11	0,11
120	1	0,03	0,03	0,10	0,07
120	2	0,04	0,04	0,08	0,08
120	3	0,05	0,11	0,08	0,08
120	4	0,08	0,07	0,08	0,07
140	1	0,03	0,02	0,08	0,07
140	2	0,04	0,05	0,10	0,09
140	3	0,04	0,09	0,09	0,06
140	4	0,05	0,11	0,11	0,09
AR	1	0,03	0,01	0,08	0,06
AR	2	0,01	0,03	0,09	0,07
AR	3	0,03	0,08	0,10	0,07
AR	4	0,12	0,09	0,13	0,10

Apêndice 21. Concentrações de Manganês - KCl (mg.dm^{-3}) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 1 a 3, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta					
		1 (30/04/2010)		2 (12/11/2010)		3 (20/05/2011)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Manganês - KCl (mg.dm^{-3})					
0	1	120,56	85,36	77,76	76,80	94,75	78,74
0	2	37,00	25,00	43,20	28,80	57,53	55,33
0	3	37,00	15,00	41,28	34,08	42,30	27,66
0	4	19,00	14,00	28,80	24,48	32,15	17,02
10	1	132,00	55,44	82,56	63,36	93,06	76,61
10	2	54,56	46,64	43,68	39,36	52,45	34,05
10	3	26,00	19,00	39,36	33,60	49,07	29,79
10	4	18,00	5,00	19,68	12,00	28,76	10,64
20	1	93,28	95,04	84,48	85,44	99,83	87,25
20	2	21,00	18,00	34,56	32,64	37,22	29,79
20	3	22,00	18,00	33,60	37,92	35,53	27,66
20	4	16,00	8,00	16,80	13,92	23,69	12,77
30	1	77,44	74,80	61,44	70,56	67,68	68,10
30	2	60,72	39,60	45,60	41,28	59,22	31,92
30	3	20,00	16,00	41,28	33,60	35,53	25,54
30	4	30,00	12,00	30,24	19,20	49,07	10,64
40	1	90,64	99,44	64,32	81,60	81,22	89,38
40	2	36,96	56,32	47,04	45,12	49,07	44,69
40	3	17,00	11,00	25,44	23,52	25,38	21,28
40	4	19,00	7,00	23,52	12,00	20,30	14,90
60	1	58,08	70,40	54,24	58,56	74,45	68,10
60	2	16,00	23,00	35,52	39,84	40,61	34,05
60	3	15,00	26,00	39,84	37,92	40,61	19,15
60	4	2,00	12,00	28,80	30,24	35,53	23,41
80	1	26,40	83,60	45,60	63,36	52,45	72,35
80	2	1,00	18,00	27,36	27,84	32,15	29,79
80	3	17,00	17,00	26,40	33,12	35,53	25,54
80	4	20,00	12,00	25,92	20,64	25,38	17,02
100	1	37,84	52,80	33,60	51,36	77,83	68,10
100	2	1,00	22,00	24,96	37,44	37,22	31,92
100	3	10,00	22,00	31,20	43,20	30,46	42,56
100	4	10,00	11,00	25,44	31,20	32,15	27,66
120	1	8,80	97,68	22,08	47,04	94,75	55,33
120	2	2,00	14,00	23,52	26,88	37,22	29,79
120	3	6,00	17,00	26,40	33,12	27,07	25,54
120	4	15,00	5,00	21,60	14,40	45,68	21,28
140	1	1,76	33,44	21,12	39,84	43,99	42,56
140	2	3,00	19,00	24,00	33,12	22,00	36,18
140	3	4,00	21,00	18,72	26,40	22,00	19,15
140	4	16,00	14,00	21,60	22,56	22,00	14,90
AR	1	122,32	53,68	86,88	88,32	43,99	76,61
AR	2	44,88	26,40	32,64	28,80	40,61	21,28
AR	3	17,00	17,00	22,56	25,92	32,15	19,15
AR	4	8,00	7,00	9,60	12,96	13,54	10,64

Apêndice 22. Concentrações de Manganês - KCl (mg.dm^{-3}) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 4 a 5, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta			
		4 (14/09/2011)		5 (27/06/2012)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Manganês - KCl (mg.dm^{-3})			
0	1	126,78	82,71	7,42	6,55
0	2	86,03	58,02	9,89	10,30
0	3	86,03	43,90	8,65	8,89
0	4	43,02	25,09	14,83	6,08
10	1	117,73	88,20	11,95	13,10
10	2	70,18	38,81	10,30	8,89
10	3	83,77	32,14	12,36	6,08
10	4	24,90	10,58	10,71	6,08
20	1	115,46	87,42	9,89	12,64
20	2	65,66	41,16	5,77	5,15
20	3	56,60	39,98	7,83	7,96
20	4	20,38	9,80	5,36	7,49
30	1	110,94	68,60	2,88	2,81
30	2	72,45	38,42	4,94	9,83
30	3	72,45	47,43	11,95	6,55
30	4	31,70	16,46	7,00	5,62
40	1	95,09	73,70	9,89	7,02
40	2	76,98	53,70	5,77	7,02
40	3	40,75	25,87	5,77	4,21
40	4	31,70	18,82	7,42	6,08
60	1	92,82	57,23	2,06	2,34
60	2	67,92	46,65	7,42	4,68
60	3	52,07	41,94	3,30	2,81
60	4	38,49	25,48	4,94	4,68
80	1	81,50	56,06	2,88	7,02
80	2	52,07	33,32	7,42	6,08
80	3	63,39	42,73	8,24	7,49
80	4	33,96	22,74	5,77	3,74
100	1	76,98	61,94	3,30	5,15
100	2	49,81	41,94	2,47	3,74
100	3	70,18	41,94	4,94	6,55
100	4	36,22	23,52	4,12	5,62
120	1	61,13	52,92	0,41	0,94
120	2	43,02	32,14	2,06	1,87
120	3	58,86	41,16	2,88	4,68
120	4	33,96	19,60	1,24	2,81
140	1	56,60	54,10	1,24	5,15
140	2	67,92	42,73	4,94	4,68
140	3	45,28	29,40	3,30	5,15
140	4	43,02	27,83	7,42	5,15
AR	1	135,84	61,94	6,59	3,74
AR	2	56,60	23,52	9,48	7,02
AR	3	56,60	33,71	3,30	2,81
AR	4	13,58	13,33	1,24	2,81

Apêndice 23. Concentrações de Alumínio ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 1 a 3, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta					
		1 (30/04/2010)		2 (12/11/2010)		3 (20/05/2011)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Alumínio ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)					
0	1	0,20	1,82	0,14	0,14	0,20	0,15
0	2	0,78	1,76	0,61	0,05	0,71	0,76
0	3	1,17	1,17	0,80	0,85	0,81	0,76
0	4	1,56	2,54	0,99	1,99	1,01	0,96
10	1	0,20	0,20	0,05	0,05	0,00	0,15
10	2	0,20	0,20	0,09	0,09	0,00	0,15
10	3	0,20	0,98	0,33	0,52	0,50	0,76
10	4	0,98	3,12	0,19	1,13	0,71	0,76
20	1	0,20	0,20	0,09	0,19	0,10	0,25
20	2	0,20	0,59	0,24	0,43	0,30	0,76
20	3	0,59	0,98	0,33	0,33	0,20	0,35
20	4	0,59	2,93	0,43	0,33	0,60	0,66
30	1	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,15
30	2	0,20	0,20	0,09	0,24	0,40	0,55
30	3	0,20	0,49	0,09	0,33	0,10	0,45
30	4	0,39	2,34	0,52	0,66	0,50	0,96
40	1	0,20	0,20	0,00	0,00	0,10	0,05
40	2	0,20	0,20	0,00	0,09	0,00	0,15
40	3	0,39	1,17	0,09	0,14	0,10	0,45
40	4	0,39	2,44	0,14	0,61	0,30	0,96
60	1	0,20	0,20	0,00	0,05	0,20	0,05
60	2	0,20	0,98	0,00	0,14	0,00	0,55
60	3	0,59	1,17	0,05	0,19	0,00	0,25
60	4	0,20	0,78	0,14	0,57	0,10	1,46
80	1	0,20	0,20	0,05	0,05	0,00	0,05
80	2	0,20	0,49	0,05	0,09	0,10	0,25
80	3	0,20	1,37	0,05	0,38	0,00	0,45
80	4	0,20	1,95	0,09	0,33	0,00	0,86
100	1	0,39	0,20	0,05	0,00	0,30	0,05
100	2	0,29	0,59	0,05	0,09	0,20	0,15
100	3	0,20	1,17	0,00	0,09	0,00	0,25
100	4	0,20	2,34	0,05	0,33	0,00	0,66
120	1	0,20	0,20	0,05	0,05	0,30	0,15
120	2	0,49	0,29	0,00	0,09	0,00	0,25
120	3	1,37	0,39	0,05	0,24	0,00	0,25
120	4	0,29	0,78	0,00	0,19	0,00	0,66
140	1	0,39	0,20	0,00	0,05	0,00	0,05
140	2	0,10	0,10	0,05	0,00	0,10	0,25
140	3	0,49	0,29	0,00	0,19	0,00	0,66
140	4	0,39	1,37	0,05	0,24	0,00	0,15
AR	1	0,20	0,20	0,05	0,09	0,10	0,25
AR	2	0,00	0,39	0,05	0,14	0,20	0,35
AR	3	0,39	0,98	0,09	0,14	0,30	0,35
AR	4	0,29	2,34	0,05	0,38	0,00	0,55

Apêndice 24. Concentrações de Alumínio ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 4 a 5, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta			
		4 (14/09/2011)		5 (27/06/2012)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Alumínio ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)			
0	1	0,30	0,09	0,18	0,18
0	2	0,60	0,55	0,55	0,83
0	3	0,71	0,74	0,74	0,83
0	4	1,31	1,01	1,10	1,06
10	1	0,10	0,00	0,09	0,05
10	2	0,00	0,09	0,28	0,23
10	3	0,40	0,74	0,74	0,64
10	4	1,01	1,47	0,83	1,29
20	1	0,20	0,18	0,18	0,23
20	2	0,60	0,55	0,28	0,46
20	3	0,50	0,18	0,37	0,32
20	4	0,50	0,83	0,46	0,97
30	1	0,00	0,00	0,00	0,05
30	2	0,10	0,37	0,37	0,41
30	3	0,30	0,74	0,37	0,69
30	4	0,50	0,92	0,55	1,24
40	1	0,00	0,00	0,09	0,09
40	2	0,00	0,00	0,09	0,09
40	3	0,10	0,28	0,09	0,37
40	4	0,71	1,10	0,46	1,01
60	1	0,00	0,00	0,09	0,05
60	2	0,20	0,18	0,28	0,23
60	3	0,10	0,37	0,00	0,37
60	4	0,30	0,74	0,09	0,74
80	1	0,10	0,00	0,09	0,05
80	2	0,00	0,09	0,00	0,09
80	3	0,00	0,55	0,18	0,97
80	4	0,20	0,37	0,09	0,41
100	1	0,60	0,00	0,00	0,00
100	2	0,00	0,09	0,00	0,14
100	3	0,10	0,46	0,09	0,37
100	4	0,10	0,46	0,09	0,51
120	1	0,10	0,00	0,09	0,00
120	2	0,10	0,09	0,09	0,05
120	3	0,00	0,46	0,00	0,87
120	4	0,10	0,18	0,09	0,00
140	1	0,00	0,00	0,00	0,00
140	2	0,10	0,09	0,09	0,09
140	3	0,10	0,55	0,09	0,69
140	4	0,10	0,18	0,00	0,28
AR	1	0,10	0,09	0,09	0,14
AR	2	0,10	0,37	0,09	0,55
AR	3	0,20	0,46	0,09	0,28
AR	4	0,00	0,46	0,09	0,69

Apêndice 25. Concentrações de Zinco (mg.dm^{-3}) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 1 a 3, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta					
		1 (30/04/2010)		2 (12/11/2010)		3 (20/05/2011)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Zinco (mg.dm^{-3})					
0	1	1,08	1,12	0,52	1,66	1,81	1,27
0	2	0,83	0,68	0,42	2,02	1,70	1,32
0	3	1,04	0,47	0,29	1,66	1,56	0,78
0	4	1,15	2,59	0,71	1,48	1,68	1,12
10	1	1,55	1,80	0,97	1,94	2,04	1,47
10	2	1,15	0,94	0,62	2,16	1,99	1,29
10	3	1,08	0,58	0,57	1,87	1,68	0,77
10	4	1,08	0,65	0,31	1,08	1,79	0,59
20	1	1,58	1,12	0,84	2,74	1,87	1,40
20	2	1,30	1,22	0,66	2,48	1,89	0,31
20	3	1,40	0,58	0,63	2,12	3,25	1,12
20	4	1,04	0,65	0,39	1,30	1,48	1,12
30	1	1,80	1,40	1,05	3,06	2,78	1,90
30	2	1,22	1,04	0,60	2,23	2,12	1,23
30	3	1,44	0,58	0,69	1,98	1,71	1,34
30	4	1,30	0,50	0,90	1,33	2,02	0,85
40	1	1,94	1,26	1,74	4,57	2,33	1,58
40	2	1,66	0,97	0,99	3,74	2,39	1,44
40	3	1,48	0,40	0,83	2,23	2,23	1,09
40	4	1,66	0,68	0,67	2,52	2,07	0,95
60	1	2,27	1,26	2,42	4,00	3,15	1,65
60	2	2,99	2,12	1,51	4,54	3,36	2,52
60	3	1,91	0,76	1,37	1,98	2,68	1,55
60	4	2,09	1,01	1,33	2,09	2,23	1,58
80	1	2,70	1,33	1,89	2,88	2,97	1,75
80	2	2,63	1,04	1,81	3,17	2,52	1,11
80	3	2,23	0,97	0,98	3,06	2,49	1,51
80	4	1,84	0,97	1,40	2,99	2,75	1,02
100	1	3,10	1,37	2,58	3,92	3,05	1,57
100	2	2,99	0,86	1,76	4,28	3,61	1,32
100	3	2,81	1,04	1,51	3,46	3,20	1,46
100	4	2,23	0,94	1,55	3,13	2,87	1,29
120	1	3,74	1,33	2,67	4,46	3,66	2,35
120	2	2,41	1,01	1,64	4,61	3,20	1,64
120	3	2,81	0,79	2,27	1,87	3,18	1,06
120	4	2,88	0,94	1,41	3,02	3,37	1,13
140	1	3,92	1,73	3,07	3,02	3,48	1,67
140	2	4,28	1,98	2,94	6,30	4,10	1,99
140	3	3,02	0,97	2,18	2,81	3,63	0,85
140	4	3,46	0,68	3,22	2,99	3,69	1,71
AR	1	1,15	0,54	0,36	2,09	1,57	1,16
AR	2	0,83	0,50	0,43	1,84	1,73	0,98
AR	3	1,08	0,50	0,49	1,62	2,03	0,92
AR	4	1,01	0,50	0,35	1,08	1,47	0,45

Apêndice 26. Concentrações de Zinco (mg.dm^{-3}) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 4 a 5, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta			
		4 (14/09/2011)		5 (27/06/2012)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Zinco (mg.dm^{-3})			
0	1	1,34	1,01	0,90	0,68
0	2	1,49	0,90	0,72	1,05
0	3	1,68	0,05	0,81	0,51
0	4	2,27	0,16	1,01	0,93
10	1	1,60	1,14	1,36	1,12
10	2	1,51	0,53	0,98	0,56
10	3	1,79	0,11	0,72	0,41
10	4	2,22	0,19	0,77	0,34
20	1	1,45	1,29	1,14	0,73
20	2	1,60	0,54	0,99	0,73
20	3	2,33	0,16	0,98	0,56
20	4	2,33	0,15	0,88	0,44
30	1	1,94	1,63	1,75	0,95
30	2	1,47	0,78	0,74	0,56
30	3	2,14	0,64	0,92	0,61
30	4	2,51	0,07	1,34	0,49
40	1	2,01	0,88	1,60	0,85
40	2	1,99	0,49	1,23	0,59
40	3	4,28	0,69	1,07	0,46
40	4	2,83	0,31	1,18	0,49
60	1	2,31	1,78	1,90	1,02
60	2	3,84	0,80	1,90	1,49
60	3	2,87	0,15	1,20	0,68
60	4	3,97	0,58	1,78	0,81
80	1	2,46	0,84	1,82	0,66
80	2	2,83	0,26	2,08	0,85
80	3	3,07	0,15	1,32	0,54
80	4	4,71	0,58	1,49	0,54
100	1	2,74	1,03	2,08	1,00
100	2	2,57	0,44	1,66	0,83
100	3	3,30	0,30	1,88	0,78
100	4	4,77	0,42	1,75	0,71
120	1	3,09	1,14	2,34	0,95
120	2	2,42	0,64	1,55	0,98
120	3	3,39	0,92	1,44	0,73
120	4	4,67	0,82	1,47	0,78
140	1	2,96	2,41	1,49	0,68
140	2	3,46	0,76	2,91	1,15
140	3	5,38	0,16	2,04	0,95
140	4	4,49	0,44	2,82	0,68
AR	1	1,17	0,54	0,81	0,54
AR	2	1,19	1,06	0,94	0,41
AR	3	1,84	0,30	0,90	0,49
AR	4	2,22	0,15	0,72	0,46

Apêndice 27. Concentrações de Cobre (mg.dm^{-3}) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 1 a 3, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta					
		1 (30/04/2010)		2 (12/11/2010)		3 (20/05/2011)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Cobre (mg.dm^{-3})					
0	1	1,26	2,10	0,60	0,82	1,92	1,78
0	2	1,40	1,68	0,71	1,30	2,50	2,35
0	3	1,54	1,82	0,45	0,86	1,82	1,58
0	4	1,26	2,10	0,76	0,86	1,35	1,87
10	1	1,40	1,82	0,81	0,62	1,87	1,73
10	2	1,26	1,82	0,55	0,91	2,03	1,97
10	3	1,54	1,96	0,76	1,15	2,18	1,30
10	4	1,12	1,40	0,30	0,58	1,72	1,20
20	1	1,54	2,10	0,55	1,01	1,72	1,82
20	2	1,26	1,68	0,60	1,10	1,82	1,82
20	3	0,98	1,40	0,40	0,91	1,77	1,15
20	4	0,98	1,40	0,30	0,62	1,25	1,73
30	1	1,26	1,54	0,40	0,72	1,82	1,49
30	2	1,26	2,38	0,66	1,10	2,50	2,21
30	3	1,54	1,82	0,81	1,25	1,72	1,39
30	4	0,98	1,68	0,60	0,58	1,61	1,97
40	1	1,40	1,82	0,86	1,49	2,13	1,49
40	2	1,12	1,68	0,71	1,49	1,77	1,92
40	3	0,98	1,68	0,55	0,96	1,61	1,73
40	4	1,26	1,26	0,40	1,01	1,40	1,82
60	1	1,26	1,68	1,76	1,15	2,60	1,92
60	2	1,40	1,82	0,66	1,30	2,39	2,69
60	3	1,40	1,68	0,96	0,82	1,66	1,87
60	4	1,12	1,40	0,45	0,62	1,56	1,78
80	1	1,12	1,96	0,55	0,96	1,51	1,87
80	2	1,12	1,82	0,71	1,06	1,61	1,63
80	3	1,26	2,10	0,66	1,34	1,40	2,16
80	4	0,84	1,40	0,25	1,01	1,46	1,73
100	1	1,40	1,68	0,86	1,01	1,66	1,44
100	2	0,84	1,40	0,50	1,30	1,77	1,63
100	3	1,40	2,24	0,81	1,25	1,40	2,21
100	4	0,84	1,68	0,60	0,82	1,51	1,63
120	1	0,98	1,82	0,55	0,91	1,25	1,78
120	2	0,84	1,54	0,40	1,01	1,40	2,06
120	3	1,12	1,68	0,81	0,77	1,72	1,68
120	4	0,56	1,40	0,20	0,77	1,35	1,25
140	1	0,84	1,68	0,60	0,72	1,40	1,73
140	2	0,98	1,54	1,41	1,68	1,51	1,87
140	3	0,84	1,54	0,60	1,01	1,20	1,73
140	4	0,84	1,68	0,55	0,62	1,25	1,30
AR	1	1,54	1,96	0,55	0,86	2,03	1,97
AR	2	1,12	1,54	0,71	1,06	2,29	1,97
AR	3	1,26	1,26	0,55	0,67	1,66	1,30
AR	4	1,40	1,68	0,40	0,58	1,30	1,97

Apêndice 28. Concentrações de Cobre (mg.dm^{-3}) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 4 a 5, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta			
		4 (14/09/2011)		5 (27/06/2012)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Cobre (mg.dm^{-3})			
0	1	1,47	1,87	1,11	1,09
0	2	2,30	3,22	0,97	2,03
0	3	1,54	1,54	0,56	0,87
0	4	1,66	1,68	0,56	1,30
10	1	1,54	1,87	1,11	1,45
10	2	1,92	1,73	0,97	1,09
10	3	1,66	1,82	0,56	1,01
10	4	1,41	1,82	0,42	0,65
20	1	1,41	1,92	0,97	1,30
20	2	1,73	2,30	0,97	0,94
20	3	1,02	1,49	0,28	0,80
20	4	1,09	1,49	0,56	0,72
30	1	0,83	2,35	0,97	1,30
30	2	1,60	1,30	0,84	1,01
30	3	1,66	3,50	0,84	1,16
30	4	1,54	1,68	0,70	0,94
40	1	1,60	1,82	1,25	1,30
40	2	2,18	1,58	0,84	1,09
40	3	3,33	1,34	0,56	0,87
40	4	1,02	1,82	0,56	0,80
60	1	1,98	2,06	2,09	1,52
60	2	1,73	1,97	0,56	0,94
60	3	1,66	1,73	0,42	0,80
60	4	1,47	2,59	0,56	0,80
80	1	1,22	1,63	0,84	1,01
80	2	1,79	1,25	0,70	0,94
80	3	1,34	1,63	0,56	0,94
80	4	2,18	1,58	0,56	0,65
100	1	1,54	1,78	0,70	1,38
100	2	1,28	1,58	0,56	1,01
100	3	1,41	2,35	0,70	1,16
100	4	2,24	1,39	0,28	0,87
120	1	1,15	1,92	0,70	1,09
120	2	1,22	2,06	0,56	0,72
120	3	1,28	4,51	0,42	1,38
120	4	0,64	3,26	0,14	0,65
140	1	1,02	1,78	0,70	1,09
140	2	1,41	1,68	0,56	1,16
140	3	1,47	1,58	0,42	1,01
140	4	1,15	1,78	0,28	0,94
AR	1	1,41	1,78	0,97	1,23
AR	2	1,86	2,06	1,11	0,94
AR	3	1,41	1,44	0,42	0,72
AR	4	1,47	1,73	0,56	0,72

Apêndice 29. Concentrações de Ferro - HCl (mg.dm^{-3}) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 1 a 3, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta					
		1 (30/04/2010)		2 (12/11/2010)		3 (20/05/2011)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Ferro - HCl (mg.dm ⁻³)					
0	1	72,38	132,70	21,74	13,52	122,51	67,60
0	2	108,58	156,83	41,50	29,12	248,98	216,32
0	3	180,54	186,37	33,59	35,36	217,36	219,02
0	4	151,42	174,72	67,18	23,92	162,03	200,10
10	1	72,38	102,54	31,62	14,56	118,56	67,60
10	2	102,54	150,80	39,52	19,76	229,22	102,75
10	3	139,78	122,30	49,40	28,08	201,55	146,02
10	4	110,66	52,42	47,42	17,68	136,34	105,46
20	1	90,48	84,45	29,64	13,52	90,90	100,05
20	2	96,51	120,64	49,40	28,08	158,08	205,71
20	3	116,48	87,36	31,62	28,08	136,34	219,02
20	4	151,42	87,36	49,40	12,48	116,58	170,35
30	1	90,48	120,64	33,59	15,60	150,18	183,87
30	2	114,61	132,70	43,47	24,96	250,95	102,75
30	3	104,83	151,42	57,30	20,80	239,10	200,10
30	4	203,84	256,26	84,97	26,00	183,77	102,75
40	1	90,48	108,58	41,50	16,64	98,80	91,94
40	2	108,58	150,80	49,40	33,28	142,27	97,34
40	3	145,60	116,48	45,45	26,00	201,55	210,91
40	4	139,78	168,90	53,35	22,88	169,94	191,98
60	1	96,51	120,64	45,45	29,12	219,34	102,75
60	2	102,54	217,15	79,04	43,68	270,71	367,74
60	3	151,42	221,31	116,58	27,04	209,46	419,12
60	4	87,36	157,25	47,42	22,88	128,44	146,02
80	1	66,35	78,42	23,71	12,48	110,66	91,94
80	2	48,26	156,83	63,23	31,20	124,49	189,28
80	3	157,25	203,84	71,14	32,24	233,17	340,70
80	4	104,83	133,95	49,40	27,04	164,01	151,42
100	1	78,42	132,70	51,38	27,04	175,86	194,69
100	2	72,38	144,77	51,38	42,64	175,86	256,88
100	3	128,13	104,83	88,92	55,12	191,67	373,15
100	4	110,66	192,19	61,26	29,12	189,70	267,70
120	1	54,29	132,70	57,30	22,88	124,49	121,68
120	2	96,51	126,67	39,52	33,28	183,77	229,84
120	3	110,66	262,08	120,54	27,04	154,13	270,40
120	4	93,18	122,30	37,54	16,64	116,58	129,79
140	1	36,19	102,54	63,23	18,72	114,61	100,05
140	2	78,42	144,77	102,75	72,80	165,98	373,15
140	3	99,01	209,66	92,87	36,40	197,60	175,76
140	4	116,48	244,61	82,99	34,32	189,70	194,69
AR	1	84,45	66,35	29,64	13,52	122,51	62,19
AR	2	96,51	132,70	33,59	17,68	213,41	75,71
AR	3	139,78	151,42	43,47	16,64	193,65	221,73
AR	4	122,30	198,02	41,50	20,80	148,20	224,85

Apêndice 30. Concentrações de Ferro - HCl (mg.dm^{-3}) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 4 a 5, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta			
		4 (14/09/2011)		5 (27/06/2012)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Ferro - HCl (mg.dm^{-3})			
0	1	101,92	105,25	48,48	33,86
0	2	266,24	205,71	86,20	67,72
0	3	376,48	320,53	86,20	55,03
0	4	230,88	210,50	121,21	46,56
10	1	118,56	90,90	59,26	29,63
10	2	180,96	129,17	78,11	63,49
10	3	345,28	133,95	75,42	59,26
10	4	203,84	90,90	48,48	25,40
20	1	143,52	100,46	70,03	50,79
20	2	205,92	167,44	61,95	71,96
20	3	139,36	177,01	56,57	67,72
20	4	147,68	81,33	56,57	21,16
30	1	205,92	105,25	61,95	38,10
30	2	297,44	220,06	51,18	135,45
30	3	301,60	181,79	115,82	63,49
30	4	222,56	177,01	88,89	29,63
40	1	151,84	162,66	72,73	88,89
40	2	197,60	172,22	102,36	84,66
40	3	195,52	220,06	96,97	50,79
40	4	151,84	124,38	72,73	33,86
60	1	260,00	114,82	91,58	97,35
60	2	361,92	267,90	86,20	97,35
60	3	426,40	344,45	126,60	135,45
60	4	145,60	114,82	61,95	59,26
80	1	166,40	90,90	29,63	33,86
80	2	214,24	177,01	64,65	59,26
80	3	349,44	282,26	121,21	114,29
80	4	160,16	181,79	61,95	63,49
100	1	180,96	177,01	45,79	186,24
100	2	191,36	229,63	83,50	101,59
100	3	305,76	263,12	153,54	139,68
100	4	149,76	133,95	72,73	67,72
120	1	128,96	114,82	51,18	71,96
120	2	232,96	157,87	61,95	59,26
120	3	312,00	344,45	172,39	114,29
120	4	131,04	148,30	37,71	59,26
140	1	160,16	86,11	37,71	50,79
140	2	185,12	358,80	86,20	139,68
140	3	255,84	373,15	86,20	101,59
140	4	201,76	287,04	64,65	46,56
AR	1	210,08	66,98	64,65	29,63
AR	2	224,64	119,60	80,81	29,63
AR	3	222,56	220,06	164,31	55,03
AR	4	239,20	138,74	75,42	33,86

Apêndice 31. Concentrações de Manganês - HCl (mg.dm^{-3}) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 1 a 3, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta					
		1 (30/04/2010)		2 (12/11/2010)		3 (20/05/2011)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Manganês - HCl (mg.dm^{-3})					
0	1	66,92	56,27	65,34	72,16	107,01	73,08
0	2	32,60	23,85	29,04	31,68	68,55	48,40
0	3	36,04	27,52	27,10	34,32	45,98	40,66
0	4	22,88	14,07	23,72	15,84	29,26	23,72
10	1	94,38	83,18	67,76	69,52	115,79	73,57
10	2	38,32	30,58	32,43	40,92	90,29	43,08
10	3	36,04	28,13	36,30	36,52	57,68	25,17
10	4	17,73	6,73	9,68	7,04	28,01	14,52
20	1	80,65	50,76	74,54	85,36	99,07	79,86
20	2	30,32	33,64	28,07	35,20	46,82	10,65
20	3	38,90	31,19	26,62	38,28	46,82	36,30
20	4	16,59	7,34	12,10	6,16	28,84	21,30
30	1	70,93	65,44	74,05	71,72	123,31	88,09
30	2	38,90	33,03	30,98	41,36	77,33	29,52
30	3	46,90	21,41	38,24	29,48	61,45	25,17
30	4	25,74	15,90	30,98	11,00	37,20	19,36
40	1	101,82	69,11	97,77	94,60	88,62	79,86
40	2	49,19	37,31	46,95	62,48	70,64	63,89
40	3	26,88	20,79	24,68	19,80	51,83	33,88
40	4	23,45	11,01	15,97	16,72	34,69	23,23
60	1	86,37	58,71	80,34	80,08	124,15	75,99
60	2	41,76	29,97	37,75	38,72	70,64	55,18
60	3	33,75	34,86	47,43	25,96	56,85	60,50
60	4	28,60	18,35	32,91	16,72	47,23	27,10
80	1	83,51	64,22	88,57	70,84	104,08	81,80
80	2	36,04	27,52	49,85	40,48	58,52	42,11
80	3	40,61	28,13	35,33	37,40	58,52	52,27
80	4	27,46	12,84	33,40	16,72	48,07	20,81
100	1	101,82	67,89	104,54	77,00	128,74	95,83
100	2	43,47	26,91	45,98	47,96	76,49	51,79
100	3	49,19	26,91	49,37	50,16	54,34	53,72
100	4	31,46	13,46	32,91	22,44	57,27	31,46
120	1	97,24	70,33	98,74	87,56	132,51	98,25
120	2	30,32	28,13	40,17	50,16	78,58	55,18
120	3	38,90	27,52	61,47	21,56	53,09	32,43
120	4	37,75	13,46	34,85	23,76	65,63	23,23
140	1	77,22	53,21	108,90	55,44	116,20	98,25
140	2	54,34	37,31	58,56	55,44	59,77	60,98
140	3	41,18	25,69	54,69	26,40	56,43	22,75
140	4	46,33	18,35	69,70	28,16	45,98	18,88
AR	1	64,06	32,41	49,37	81,84	95,72	58,56
AR	2	30,89	17,74	31,94	29,48	58,94	26,62
AR	3	29,17	23,85	23,23	20,68	46,82	31,46
AR	4	17,73	11,62	9,68	7,92	28,42	7,26

Apêndice 32. Concentrações de Manganês - HCl (mg.dm^{-3}) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 4 a 5, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta			
		4 (14/09/2011)		5 (27/06/2012)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		Manganês - HCl (mg.dm^{-3})			
0	1	112,29	105,03	36,13	24,75
0	2	84,22	64,11	18,33	26,46
0	3	87,60	45,01	18,33	23,05
0	4	46,95	31,37	25,13	23,90
10	1	162,62	126,85	40,84	64,02
10	2	75,50	54,56	36,13	28,17
10	3	93,90	39,56	22,51	22,19
10	4	30,98	17,73	15,71	11,10
20	1	114,71	105,03	34,56	40,12
20	2	73,57	53,20	16,23	12,80
20	3	83,25	54,56	21,99	22,19
20	4	30,49	16,37	16,76	6,83
30	1	152,94	85,93	45,03	20,49
30	2	83,25	50,47	15,71	23,05
30	3	90,99	47,74	32,46	20,49
30	4	61,47	17,73	14,14	10,24
40	1	146,65	100,94	46,08	71,70
40	2	85,18	64,11	29,32	11,95
40	3	60,02	38,19	17,28	22,19
40	4	43,08	20,46	21,47	11,95
60	1	125,84	96,84	19,37	31,58
60	2	82,28	65,47	16,23	14,51
60	3	90,02	54,56	25,13	15,36
60	4	45,01	28,64	18,85	17,07
80	1	173,76	84,57	30,37	28,17
80	2	96,80	46,38	28,80	17,07
80	3	89,06	42,28	27,75	14,51
80	4	52,76	24,55	23,04	28,17
100	1	148,10	118,67	57,07	59,75
100	2	85,67	64,11	15,18	16,22
100	3	112,77	54,56	27,75	19,63
100	4	60,50	24,55	22,51	26,46
120	1	149,07	85,93	36,65	35,00
120	2	93,41	66,84	16,76	11,10
120	3	98,25	53,20	17,80	19,63
120	4	61,95	23,19	10,47	23,05
140	1	137,46	72,29	19,90	22,19
140	2	101,64	75,02	31,94	26,46
140	3	95,35	28,64	17,80	25,61
140	4	89,54	36,83	30,89	23,05
AR	1	167,95	68,20	35,08	15,36
AR	2	72,60	36,83	28,80	13,66
AR	3	75,50	54,56	27,75	16,22
AR	4	42,59	17,73	13,61	11,10

Apêndice 33. Concentrações de H + Al ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 1 a 3, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta					
		1 (30/04/2010)		2 (12/11/2010)		3 (20/05/2011)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		H+Al ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)					
0	1	2,64	2,05	3,22	2,99	2,21	2,50
0	2	3,38	2,86	3,83	4,67	3,16	3,52
0	3	4,40	2,27	3,83	5,17	3,74	4,61
0	4	5,80	4,11	4,55	4,53	4,46	4,39
10	1	1,98	0,88	2,26	3,70	1,71	2,43
10	2	1,98	1,61	2,36	2,77	1,78	2,50
10	3	3,23	2,05	2,76	3,06	2,50	3,67
10	4	4,92	4,18	4,19	5,13	3,67	4,32
20	1	2,64	2,20	2,36	3,27	2,43	2,80
20	2	2,79	2,64	3,01	4,42	2,94	3,09
20	3	3,60	2,05	2,50	3,06	2,43	3,52
20	4	4,77	4,04	2,36	4,45	4,10	4,03
30	1	1,83	1,39	1,90	3,52	0,98	2,21
30	2	2,35	2,05	2,90	3,77	2,65	3,38
30	3	1,76	2,35	2,36	2,88	1,71	3,81
30	4	4,77	3,96	4,19	4,45	4,03	4,68
40	1	1,61	1,61	1,72	3,42	1,42	2,50
40	2	1,54	1,54	2,15	2,95	1,63	2,58
40	3	3,38	2,86	2,40	3,09	2,29	3,38
40	4	4,62	4,04	3,76	4,53	3,23	4,46
60	1	0,59	1,10	0,72	3,09	2,29	1,71
60	2	1,69	2,94	1,97	4,06	1,63	3,30
60	3	2,94	2,86	2,40	3,09	2,21	3,81
60	4	3,67	4,18	3,33	4,53	3,01	4,90
80	1	0,88	1,39	1,54	2,09	0,76	2,00
80	2	0,88	2,35	0,61	3,70	0,91	2,94
80	3	2,57	2,57	1,97	3,13	1,78	3,45
80	4	3,30	3,96	1,37	3,99	2,36	3,88
100	1	0,59	0,59	0,72	2,81	1,49	1,78
100	2	0,51	2,27	1,22	3,92	0,91	2,87
100	3	0,66	2,49	1,32	2,16	0,83	3,16
100	4	3,23	4,26	2,76	4,38	2,00	4,46
120	1	0,66	1,39	0,54	2,63	1,20	1,34
120	2	0,88	1,98	1,43	3,06	0,62	2,65
120	3	1,91	2,35	1,32	3,27	1,20	3,52
120	4	2,35	2,94	1,10	3,24	1,78	3,09
140	1	0,07	0,29	0,36	2,63	0,54	1,27
140	2	0,73	1,61	1,11	3,56	0,54	3,16
140	3	1,61	2,20	1,25	3,09	1,13	3,81
140	4	1,98	3,23	1,68	3,24	1,34	3,38
AR	1	2,35	1,17	2,22	2,91	2,50	2,36
AR	2	2,27	2,49	2,11	3,67	2,00	3,09
AR	3	3,52	2,42	2,40	3,02	2,58	3,74
AR	4	3,74	4,33	2,18	3,81	1,56	3,59

Apêndice 34. Concentrações de H + Al ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) obtidas para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 4 a 5, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta			
		4 (14/09/2011)		5 (27/06/2012)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		H+Al ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)			
0	1	3,41	2,57	2,55	2,57
0	2	3,70	3,45	3,82	3,66
0	3	4,50	3,08	4,32	3,86
0	4	5,66	4,26	5,31	4,82
10	1	2,98	2,20	2,83	2,50
10	2	2,40	2,49	3,12	3,04
10	3	3,63	2,94	3,82	2,98
10	4	6,10	3,89	4,39	3,72
20	1	3,12	2,94	2,90	3,32
20	2	3,99	3,74	2,83	3,80
20	3	3,56	2,86	3,47	3,25
20	4	4,94	3,52	4,53	5,20
30	1	2,61	1,91	2,19	1,95
30	2	3,05	3,45	3,12	3,32
30	3	3,56	3,16	3,33	3,39
30	4	4,57	3,60	4,25	4,82
40	1	2,32	2,20	2,48	2,36
40	2	2,54	2,64	2,62	2,50
40	3	3,19	2,42	2,97	3,45
40	4	5,30	3,52	3,89	3,36
60	1	2,18	1,39	1,56	2,02
60	2	3,41	2,49	3,19	2,77
60	3	3,12	2,86	2,83	3,32
60	4	4,72	3,96	3,68	2,87
80	1	1,96	2,13	1,91	2,09
80	2	2,83	2,86	2,69	2,70
80	3	2,54	3,16	2,90	3,18
80	4	3,78	2,72	3,33	2,30
100	1	1,60	1,17	1,49	2,09
100	2	3,19	3,01	1,84	2,29
100	3	2,40	3,16	2,19	2,77
100	4	3,99	2,86	2,76	2,44
120	1	1,38	1,47	1,42	1,47
120	2	1,96	2,64	2,34	2,77
120	3	2,25	3,08	2,12	3,59
120	4	2,61	1,76	2,12	1,52
140	1	1,23	1,03	1,77	2,15
140	2	2,69	2,57	1,98	2,91
140	3	2,47	3,38	2,12	3,45
140	4	2,98	3,30	2,90	3,93
AR	1	2,61	1,83	2,83	2,22
AR	2	2,76	3,30	2,76	3,66
AR	3	3,48	2,64	2,97	2,63
AR	4	2,69	2,79	2,48	3,66

Apêndice 35. Valores de pH (H₂O) obtidos para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 1 a 3, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta					
		1 (30/04/2010)		2 (12/11/2010)		3 (20/05/2011)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		pH H ₂ O					
0	1	5,65	5,40	5,43	5,65	5,41	5,59
0	2	5,30	5,08	5,13	5,19	5,21	5,09
0	3	5,10	5,02	5,05	5,10	4,82	4,97
0	4	5,15	4,99	5,09	5,17	4,93	5,16
10	1	5,98	6,78	5,82	5,91	5,71	5,32
10	2	6,01	5,63	5,67	5,79	5,49	5,66
10	3	5,52	5,14	5,44	5,39	5,12	5,15
10	4	5,48	5,08	5,31	5,29	5,09	5,01
20	1	6,00	5,40	5,56	5,57	5,17	5,35
20	2	5,87	5,50	5,61	5,48	5,41	5,33
20	3	5,72	5,41	5,55	5,69	5,23	5,36
20	4	5,61	5,09	5,45	5,43	5,32	5,26
30	1	6,42	5,60	6,06	6,15	6,17	6,09
30	2	6,24	5,60	5,53	5,59	5,13	5,19
30	3	6,38	5,17	5,83	5,59	5,44	5,37
30	4	5,67	4,98	5,39	5,41	5,14	5,16
40	1	6,61	5,84	6,24	6,10	6,00	5,78
40	2	6,55	5,70	5,97	6,01	5,73	5,77
40	3	6,43	5,36	5,90	5,81	5,60	5,41
40	4	5,89	5,04	5,65	5,53	5,37	5,16
60	1	6,98	6,20	6,55	6,39	6,03	6,14
60	2	6,78	5,36	6,11	5,86	5,73	5,53
60	3	6,43	5,08	6,02	5,80	5,52	5,47
60	4	6,40	5,03	5,95	5,53	5,53	5,16
80	1	7,42	6,29	6,36	6,30	6,24	6,15
80	2	7,48	5,84	6,41	6,21	6,06	5,84
80	3	6,69	5,01	6,20	5,69	5,67	5,37
80	4	6,45	5,19	6,21	5,88	5,76	5,43
100	1	7,61	6,61	6,85	6,63	6,23	6,14
100	2	7,62	5,41	6,55	6,22	6,06	5,83
100	3	7,33	5,28	6,53	6,04	5,89	5,59
100	4	6,72	5,07	6,06	5,80	5,88	5,41
120	1	7,95	5,86	7,22	6,93	6,80	5,51
120	2	7,48	5,84	5,60	6,25	6,23	5,83
120	3	7,37	5,70	6,64	5,78	6,04	5,41
120	4	7,18	5,67	6,55	6,16	6,04	5,73
140	1	8,19	5,54	7,33	7,11	6,69	6,60
140	2	7,96	6,54	6,75	6,38	6,36	5,81
140	3	7,59	6,00	6,73	5,87	6,17	5,27
140	4	7,39	5,15	6,75	6,01	5,88	5,67
AR	1	5,49	5,46	5,80	5,74	5,09	5,37
AR	2	5,83	5,18	5,98	5,63	5,60	5,43
AR	3	5,63	5,18	5,87	5,57	5,22	5,26
AR	4	5,88	4,96	6,36	5,53	6,27	5,47

Apêndice 36. Valores de pH (H₂O) obtidos para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 4 a 5, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta			
		4 (14/09/2011)		5 (27/06/2012)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		pH H ₂ O			
0	1	5,17	5,66	5,24	5,37
0	2	5,08	5,27	5,04	5,11
0	3	4,74	4,94	5,00	5,05
0	4	4,78	5,01	4,82	5,06
10	1	5,67	5,83	5,73	5,87
10	2	5,56	5,81	5,39	5,51
10	3	5,10	5,22	5,08	5,20
10	4	4,72	5,07	5,06	5,12
20	1	5,38	5,43	5,44	5,49
20	2	5,01	5,08	5,38	5,29
20	3	5,07	5,37	5,23	5,37
20	4	5,25	5,23	5,19	5,21
30	1	5,78	6,02	5,94	5,84
30	2	5,58	5,49	5,31	5,34
30	3	5,60	5,10	5,31	5,14
30	4	5,23	5,15	5,20	5,14
40	1	5,94	6,02	5,84	5,97
40	2	5,69	5,72	5,65	5,75
40	3	5,63	5,55	5,72	5,58
40	4	5,06	5,15	5,25	5,19
60	1	6,31	6,59	5,86	5,97
60	2	5,47	5,47	5,22	5,60
60	3	5,50	5,35	5,74	5,39
60	4	5,26	5,19	5,53	5,26
80	1	6,02	6,02	6,14	5,95
80	2	5,82	5,61	5,70	5,78
80	3	5,62	5,26	5,73	5,22
80	4	5,42	5,45	6,07	5,46
100	1	6,54	6,50	6,26	6,08
100	2	6,01	5,70	5,76	5,85
100	3	5,81	5,27	5,99	5,44
100	4	5,56	5,45	5,86	5,22
120	1	6,53	6,45	6,06	6,00
120	2	6,03	5,89	5,43	5,73
120	3	5,92	5,26	5,84	5,18
120	4	6,00	5,86	6,02	5,77
140	1	6,63	6,47	6,05	6,21
140	2	5,70	5,73	5,97	5,97
140	3	6,05	5,24	5,83	5,25
140	4	6,00	5,66	5,94	5,61
AR	1	5,64	5,81	5,62	5,63
AR	2	5,69	5,47	5,57	5,29
AR	3	5,32	5,21	5,79	5,40
AR	4	6,15	5,55	5,83	5,18

Apêndice 37. Valores de pH (SMP) obtidos para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 1 a 3, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta					
		1 (30/04/2010)		2 (12/11/2010)		3 (20/05/2011)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		pH SMP					
0	1	6,35	6,34	6,59	6,43	6,20	6,38
0	2	6,21	5,91	6,39	6,18	6,05	5,96
0	3	6,04	6,14	6,24	6,26	5,34	5,38
0	4	5,87	5,79	6,17	6,06	5,74	5,79
10	1	6,44	6,73	6,91	6,68	6,34	6,48
10	2	6,43	6,49	6,86	6,72	6,33	6,33
10	3	6,38	6,16	6,47	6,39	6,04	6,03
10	4	6,05	5,74	6,30	6,01	5,72	5,74
20	1	6,46	6,37	6,70	6,53	6,14	6,27
20	2	6,37	6,35	6,64	6,39	6,10	6,14
20	3	6,27	6,25	6,51	6,48	6,16	6,17
20	4	6,13	5,57	6,24	6,12	5,94	5,86
30	1	6,57	6,62	6,93	6,83	6,61	6,59
30	2	6,53	6,39	6,75	6,41	6,11	6,13
30	3	6,48	6,14	6,62	6,36	6,35	6,14
30	4	6,16	5,76	6,39	6,11	5,93	5,81
40	1	6,73	6,44	7,08	6,80	6,47	6,45
40	2	6,66	6,49	6,90	6,66	6,45	6,42
40	3	6,58	6,03	6,77	6,51	6,28	6,12
40	4	6,22	5,82	6,49	6,07	6,09	5,70
60	1	6,93	6,62	7,20	6,95	6,65	6,66
60	2	6,78	6,13	6,91	6,57	6,42	6,22
60	3	6,74	6,15	6,69	6,48	6,31	6,18
60	4	6,57	5,74	6,65	6,10	6,07	5,32
80	1	7,10	6,35	7,06	6,88	6,76	6,54
80	2	7,10	6,44	7,08	6,70	6,59	6,36
80	3	6,78	5,89	6,89	6,37	6,45	6,14
80	4	6,53	5,94	6,79	6,28	6,33	6,00
100	1	7,18	6,78	7,33	7,07	6,60	6,68
100	2	7,21	6,27	7,11	6,74	6,65	6,35
100	3	7,02	6,06	7,09	6,50	6,72	6,28
100	4	6,45	5,66	6,70	6,31	6,37	5,81
120	1	7,30	6,62	7,37	7,04	6,95	6,81
120	2	7,11	6,38	7,20	6,87	6,70	6,43
120	3	7,05	6,07	7,08	6,30	6,68	6,14
120	4	6,97	6,22	7,04	6,54	6,52	6,23
140	1	7,50	7,01	7,44	7,24	7,00	6,81
140	2	7,47	6,59	7,17	6,72	6,81	6,33
140	3	7,20	6,22	7,16	6,55	6,73	6,03
140	4	7,10	5,91	7,09	6,33	6,69	6,17
AR	1	6,41	6,57	6,80	6,75	6,07	6,40
AR	2	6,55	6,29	6,87	6,62	6,32	6,27
AR	3	6,49	6,18	6,82	6,54	6,17	6,20
AR	4	6,43	5,67	6,77	6,19	6,60	6,12

Apêndice 38. Valores de pH (SMP) obtidos para todos os tratamentos com CCA, nas coletas de 4 a 5, nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20m.

Tratamento	Bloco	Coleta			
		4 (14/09/2011)		5 (27/06/2012)	
		0,00-0,10m	0,10-0,20m	0,00-0,10m	0,10-0,20m
		pH SMP			
0	1	6,00	6,34	6,19	6,70
0	2	5,75	6,09	5,83	6,09
0	3	5,71	5,95	5,77	6,19
0	4	5,57	5,78	5,54	5,97
10	1	6,29	6,36	6,18	6,68
10	2	6,32	6,34	6,11	6,75
10	3	5,93	6,01	5,84	6,29
10	4	5,68	5,63	5,71	5,83
20	1	6,09	6,12	6,13	6,52
20	2	5,95	6,01	6,04	6,29
20	3	6,10	6,25	5,96	6,50
20	4	5,98	5,84	5,74	5,98
30	1	6,33	6,53	6,37	6,78
30	2	6,23	6,12	6,02	6,41
30	3	6,24	5,98	6,00	6,16
30	4	5,91	5,77	5,77	6,00
40	1	6,41	6,47	6,29	6,74
40	2	6,34	6,44	6,21	6,70
40	3	6,31	6,14	6,14	6,33
40	4	6,04	5,77	5,76	5,95
60	1	6,57	6,74	6,46	6,68
60	2	6,19	6,24	5,91	6,30
60	3	6,13	6,23	6,15	6,39
60	4	5,81	5,90	5,91	5,96
80	1	6,49	6,36	6,33	6,90
80	2	6,50	6,30	6,21	6,55
80	3	6,33	6,01	6,12	6,02
80	4	6,12	6,10	6,06	6,27
100	1	6,74	6,64	6,52	6,82
100	2	6,45	6,33	6,40	6,45
100	3	6,40	6,09	6,33	6,38
100	4	6,09	5,91	6,20	6,14
120	1	6,68	6,67	6,60	6,93
120	2	6,56	6,38	6,34	6,59
120	3	6,46	6,05	6,31	6,18
120	4	6,43	6,28	6,52	6,46
140	1	6,80	6,64	6,68	6,92
140	2	6,35	6,33	6,22	6,41
140	3	6,41	5,97	6,33	6,15
140	4	6,32	6,10	6,18	6,05
AR	1	6,30	6,50	6,28	6,78
AR	2	6,36	6,20	6,01	6,37
AR	3	6,05	6,15	6,19	6,57
AR	4	6,32	6,07	6,28	6,11