

EFEITO DA CINZA DA CASCA DE ARROZ SOBRE ATRIBUTOS DE SOLO E VEGETAÇÃO EM CAMPO NATIVO NO BIOMA PAMPA – DOM PEDRITO/RS

EFFECT OF RICE HUSK ASH ON SOIL AND VEGETATION ATTRIBUTES IN NATIVE GRASSLANDS IN PAMPA BIOME – DOM PEDRITO /RS

Daniel Hanke

Doutor em Ciência do Solo (UFRGS)
Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)
Dom Pedrito – RS, Brasil
danielhanke@unipampa.edu.br

Guilherme Fernandes Pinto

Tecnólogo em Agronegócio (UNIPAMPA)
Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)
Dom Pedrito – RS, Brasil
guilhermepp@gmail.com

Shirley Grazieli da Silva Nascimento

Doutora em Agronomia (UFPEL)
Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)
Dom Pedrito – RS, Brasil
nascimento.shy@gmail.com

Mariana Rockenbach de Ávila

Doutora em Zootecnia (UFRGS)
Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)
Dom Pedrito – RS, Brasil
marianaravila@gmail.com

Milton Carlos Fábrica Martins Filho

Tecnólogo em Agronegócio (UNIPAMPA)
Engenho Coradini
Dom Pedrito – RS, Brasil
milton.martinsfilho@gmail.com

* **Recebido em: 12/11/2022**

* **Aceito em: 08/11/2023**

RESUMO

No processo do beneficiamento do arroz obtém-se como resíduo a casca do arroz (CA), que é utilizada, por algumas indústrias, como fonte de energia através de sua queima. Com o resultado dessa queima é produzido a cinza da casca do arroz (CCA) que caso seja destinada de forma irregular pode propiciar impactos ambientais. O presente estudo objetivou investigar o efeito da aplicação da cinza da CCA sobre atributos de solo sob campo nativo no Bioma Pampa, a fim de compreender os processos relacionados à reatividade desse material no solo, bem como sobre o desenvolvimento de plantas. A aplicação da CCA foi realizada em um Luvissole sob pastagem. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro tratamentos (5, 10 e 15 Mg CCA ha⁻¹) e quatro repetições, totalizando 16 parcelas. Cada parcela experimental foi

subdividida em duas subparcelas, sendo que uma das subparcelas recebem adubação nitrogenada ($15 \text{ kg de N ha}^{-1}$ – na forma de uréia), para fins de se avaliar eventuais efeitos sinérgicos da CCA com esse tipo de fertilizante. O solo foi coletado seis meses após a aplicação da CCA, sendo determinados atributos/parâmetros químicos, físicos, biológicos e físico-químicos de solo – nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-20 e 20-40 cm - e atributos de plantas coletadas nos tratamentos experimentais. Verificou-se que a CCA alterou alguns atributos de solo, sobretudo nas primeiras camadas, com o aumento da dosagem de CCA, não havendo efeito a nível de subparcela, com ou sem adição de ureia. Observou-se um aumento da matéria orgânica do solo, diminuição da acidez, aumento dos teores nutricionais das bases alcalinas – Ca^{+2} , Mg^{+2} , e K^{+} , e P, diminuição na densidade do solo e maior capacidade de retenção de água. Ocorreu um aumento significativo da biomassa microbiana e na razão C/N da biomassa microbiana. Para atributos de vegetação, foram observadas diferenças significativas sobre matéria seca do solo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina.

Palavras-chave: Resíduos Industriais; Cinza da casca do arroz; Fertilidade do solo.

ABSTRACT

In the rice processing process, the rice husk (CA) is obtained as a residue, is used by some industries as an energy source through its burning. As a result of this burning, the rice husk ash (CCA) is produced which, if it is destined in an irregular way, can provide environmental impacts. The present study aimed to investigate the effect of the application of rice husk ash on soil attributes under native fields in the Pampa Biome, in order to understand the processes related to the reactivity of this material in the soil, as well as on the development of plants. CCA was applied on soil (Luvisolo) under pasture. The experimental design was randomized blocks with four treatments (5, 10 e 15 Mg CCA ha^{-1}) and four replications, totaling 16 plots. Each experimental plot was subdivided into two subplots, with one of the subplots receiving nitrogen fertilizer ($15 \text{ kg of N ha}^{-1}$ – in the form of urea), in order to evaluate possible synergistic effects of CCA with this type of fertilizer. The soil was sampled six months after the CCA application, being subsequently determined chemical, physical, biological and physico-chemical soil attributes/parameters – in layers 0-5; 5-10; 10-20 and 20-40 cm - as well as plant attributes. The CCA provided alterations on some soil attributes, especially in the first layers of the same with the increase of the CCA dosage, with no effect at the level of subplot with or without addition of urea. An increase in soil organic matter, a decrease in acidity, an increase in the nutritional contents of alkaline bases - Ca^{+2} , Mg^{+2} , and K^{+} , and P, a decrease in soil density and greater water retention capacity. There was also a significant increase in microbial biomass and its C/N ratio. For vegetation attributes, significant differences were observed in soil dry matter, neutral detergent fiber, acid detergent fiber (FDA) and lignin.

Keywords: Industrial waste; Rice husk ash; Soil fertility.

1. INTRODUÇÃO

O arroz é um dos mais importantes cereais produzidos no Brasil. A rizicultura está presente, praticamente, em todas as regiões do país. Tendo grande aporte nutricional, o arroz é base na dieta alimentar da população brasileira e mundial, tendo seu consumo expandido em todas as classes sociais (GOMES; MAGALHÃES JÚNIOR, 2004).

A região sul do Brasil é onde está concentrada a maior produção de arroz de acordo com o Conab 2019, o estado do Rio Grande do Sul seguido por Santa Catarina e Tocantins é, atualmente, o maior produtor de cereal, responsável por cerca de 68% de toda a produção nacional. Características apresentadas, principalmente, na metade sul do estado, tais como relevo plano e solos argilosos com baixa condutividade hidráulica, facilitam o cultivo de arroz e a grande produção por área cultivada.

Dentre as particularidades do Rio Grande do Sul está o Bioma Pampa que se configura por possuir um clima temperado, com o predomínio de uma vegetação rasteira, composta por gramíneas de diferentes espécies como capim forquilha (*Paspalum notatum*), grama-tapete (*Axonopus affinis*) e entre outras. Bioma com grande biodiversidade, presente na metade meridional, restrito apenas a um único estado, ocupando 62,2% do mesmo (ECHER et al., 2015).

Nesta localidade (metade sul do estado) há grande número de indústrias beneficiadoras de arroz. Indústrias que devido ao processo de beneficiamento demandam elevado consumo de energia, colocando “em xeque” a admissão de novas fontes de energia para o seu funcionamento. A partir do beneficiamento do grão, tem-se como subproduto o excessivo volume de casca do arroz (CA). Material de alto poder calorífico, podendo ser aproveitado como fonte de energia através de sua queima, substituindo a lenha e outros tipos de fontes de energia empregada na geração de calor nos secadores de grão (CHANDRASEKHAR et al., 2003; GOMES; MAGALHÃES, 2004).

Como resultado da queima da casca do arroz é produzido a cinza da casca do arroz (CCA), denominada residual quando é obtida sem controle de temperatura e tempo de exposição, podendo representar até 20% do volume inicial de casca do arroz dependendo do sistema termoelétrico (POUEY, 2006). Caso seja destinado de forma irregular, a CCA pode causar impactos ambientais significativos como poluição do ar, assoreamento de rios (GOMES MAGALHÃES, 2004; GONÇALVES, BERGMANN, 2007; ISLABÃO et al., 2014).

Dentre as formas de utilização da CCA, destaca-se o setor da construção civil. O dióxido de Silício (SiO₂), mais conhecido como sílica, é um composto químico, existente na CCA que quando incorporado na composição do cimento, elaboração de tijolos, cerâmicas proporciona a esses materiais maior qualidade. Devido a sua vasta aplicabilidade nesse setor, o conhecimento de suas características é até hoje interesse de estudos para muitos pesquisadores. Em menor número de trabalhos de pesquisa, retratam a utilização da CCA como condicionador do solo para o desenvolvimento de plantas (DELLA et al., 2001; FOLETTTO et al., 2005; SILVA et al., 2008; ISLABÃO et al., 2013).

De alguma forma é necessário dar uma destinação a esse material, sendo na construção civil e como condicionador do solo, as duas principais atribuições do resíduo. Porém a CCA produzida, especialmente, em um Engenho localizado no município de Dom Pedrito - RS, não possui características importantes, como o teor de sílica, para que seja destinada à construção civil. Por isso, a alternativa que tem sido mais utilizada pela indústria é o descarte em áreas de agricultura, com o auxílio de alguns produtores rurais da região, que aplicam a CCA ao solo mesmo tendo pouco conhecimento/informação sobre o uso desse resíduo como condicionador do solo (ISLABÃO, 2013).

Alguns trabalhos mostram que a CCA exerce influência sobre propriedades de solo provocando alterações positivas em vários atributos pedogênicos, tais como: i) aumento da aeração; ii) aumento da capacidade de retenção de água; iii) elevação do pH; iv) aumento dos teores nutricionais e da capacidade de troca catiônica (CTC) e; ampliação dos estoques de matéria orgânica do solo (MOS) (GLASER et al., 2002; LEHMANN, 2007; VERHEIJEN et al., 2009; JEFFERY et al., 2011; SHACKLEY et al., 2012; FÁBRICA et al., 2020).

Na região da campanha trabalhos com esse foco são escassos, no município apenas um estudo foi desenvolvido (FÁBRICA et al., 2020). Mesmo assim, nesse estudo foi abordado uma área que já recebia CCA, e os critérios e doses de aplicação não foram controlados. Porém, o mesmo estudo mostrou que a CCA do Engenho, que cederá a mesma para o desenvolvimento dessa pesquisa, possui potencial para melhorar características de solo sob campo, refletindo no desenvolvimento de plantas. Sendo assim, justifica-se a relevância dessa pesquisa, a necessidade de investigar, experimentalmente, o efeito da CCA sobre atributos de solo, a fim

de ampliar os conhecimentos sobre a potencialidade desse material quando atribuído sob campo nativo.

A finalidade desse artigo é contribuir com o levantamento de informações sobre as modificações de atributos de solo em função da quantidade de CCA aplicada, com vistas a se poder, futuramente, determinar doses e parâmetros técnicos de aplicação desses materiais em sistemas de produção agropecuária na Campanha Gaúcha meridional. Apresenta-se aspectos referentes a alternativas para a correta destinação da CCA pelos produtores. Portanto, objetivou-se investigar o efeito da aplicação da cinza da casca de arroz sobre atributos de solo sob campo nativo no Bioma Pampa, a fim de se compreender os processos relacionados à reatividade desse material no solo, bem como sobre atributos de plantas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Universo amostral, amostragem e preparo das amostras

O trabalho foi desenvolvido na cidade de Dom Pedrito/RS, pertencente à mesorregião do Sudoeste Rio-grandense - microrregião da Campanha Meridional. O município situa-se entre as coordenadas: 30° 58' 58" S e 54° 40' 23" W.

O experimento foi instalado na Fazenda Escola da Universidade Federal do Pampa, campus Dom Pedrito ("Estância do Pampa") com acesso no Km 245 da BR 293 - Dom Pedrito/RS. O solo da área foi classificado como Luvisolo Háptico Pálico ebânico (EMBRAPA, 2018).

O delineamento experimental foi configurado em blocos ao acaso com quatro tratamentos (T = testemunha; T1 = 5 Mg de CCA ha⁻¹; T2 = 10 Mg de CCA ha⁻¹; T3 = 20 Mg de CCA ha⁻¹) e quatro repetições, totalizando 16 parcelas experimentais (25m² cada). Cada parcela foi dividida em duas sub parcelas, sendo que uma dessas recebeu adubação nitrogenada (15 Kg ha⁻¹ de N – na forma de uréia), a fim de investigar o efeito da interação entre a CCA e o nitrogênio no solo. Após seis meses da aplicação da CCA no solo foram coletadas em cada parcela e sub parcela amostras de solo, com ajuda de um trado calador, nas profundidades de 0 - 5 cm; 5 - 10 cm; 10 - 20 cm; 20 - 40 cm. Foram coletados quatro pontos por subparcela experimental, sendo estabelecida uma amostra composta para cada subparcela. Após, as amostras foram armazenadas e submetidas a devidas análises. A CCA que foi utilizada na propriedade é proveniente da queima da casca de arroz realizada pela Pequena Central Termoeletrica da empresa Engenho Coradini, Agroindústria Beneficiadora de Grãos. Atualmente. Algumas características do material são descritas a seguir: i) pH H₂O = 9,8; ii) teor de C e N = 8,1 e 0,18 %, respectivamente; iii) relação C/N = 45 e; iv) densidade aparente = 0,31 g cm⁻³ (FABRICA et al., 2020).

Para o feito da disposição de compreender a reatividade da CCA sobre as forrageiras presentes na área do estudo, foram realizados cortes na vegetação existente, no momento da coleta das amostras de solos, nas parcelas e sub parcelas. Posteriormente, as amostras da vegetação foram armazenadas em recipientes e submetidas a análises bromatológicas com o intuito de determinar os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina.

2.2. Determinação de atributos do solo e vegetação

O pH das amostras foi determinado em água destilada e solução de CaCl₂ (0,01 mol L⁻¹), (proporção amostra/extrator = 1:3). As formas trocáveis dos íons Ca⁺², Mg⁺² e Al⁺³ foram extraídas em solução de KCl (1 mol L⁻¹) e posteriormente determinadas por espectrometria de emissão atômica por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) (Perkin Elmer 7200) (EMBRAPA, 1997). O K⁺ trocável e o P foram extraídos por meio de solução de Mehlich-1 e determinados por fotometria de chama e colorimetria (UV-VIS), respectivamente. Com base

nesses resultados, foi calculada a soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação das bases nos sítios de troca dos coloides (V%) e a saturação dos sítios de troca pelo Al^{+3} trocável (m%) (EMBRAPA, 1997). Os teores de C orgânico e N total foram determinados por combustão seca, em analisador elementar CN (Vario El III). Por sua vez o C e N da Biomassa microbiana do solo (BM) foram determinados pela metodologia descrita pela Embrapa (2007).

A granulometria das amostras foi analisada após a dispersão das mesmas em solução de hidróxido de sódio ($NaOH$ 2 mol L^{-1}) por 12 horas, sendo o teor de argila determinado pelo método da Pipeta (EMBRAPA, 1997). A densidade do solo (D_s) foi calculada após completa secagem das amostras indeformadas (cilindros inoxidáveis) em temperatura de $105^{\circ}C$, dividindo-se a massa do solo seco pelo volume do cilindro. A densidade de partícula (D_p) foi determinada pelo método da saturação em álcool segundo o procedimento descrito por (EMBRAPA, 1997). Por meio dos valores de D_s e D_p foi calculada a porosidade total (EMBRAPA, 1997).

A capacidade de retenção de água (CRA) em amostras deformadas foi determinada pelo procedimento descrito a seguir. Aproximadamente 10 g de TFSA foram colocados sobre papel filtro acondicionado em funil de vidro e montado sobre frasco coletor previamente pesado. Em seguida serão adicionados, em pequenas porções, 100 g de água destilada, com massa exatamente determinada, na amostra. O funil foi coberto com filme plástico para se evitar perdas de água por evaporação. A amostra úmida foi deixada em repouso durante 12 horas. Após esse período, o frasco coletor foi pesado, sendo a CRA determinada pelo quociente entre a massa de água retida e a massa de solo seco (HANKE; DICK, 2017).

No que se refere aos atributos da vegetação para determinação da MS, realizou-se a pesagem das amostras in natura e após submetidas a estufa com circulação forçada de ar com temperatura de $60^{\circ}C$ por 72 horas. Após realizou-se processo de moagem e pesagem de aproximadamente 2g das amostras, retornando para a estufa a $110^{\circ}C$ por 8 horas, pesando a amostra novamente após retirada da estufa (autor). Para determinação de PB, pesou-se 0,2 g de amostra e as mesmas foram acondicionadas em tubo digestor com nitrogênio aquecido até atingir $350^{\circ}C$, foi adicionado 0,5 g de mistura catalítica e 5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Após atingir essa temperatura e a amostra apresentar coloração azul clara, adicionou-se 10 mL de água destilada, acoplando o aparelho destilador (EMBRAPA, 2017). A determinação foi realizada a partir de gravimetria. Os teores de FDN e FDA foram determinados conforme os procedimentos descritos em Berchielli et al (2001). Por sua vez, o teor de lignina foi determinado conforme a metodologia descrita por Van Soest (1963).

2.3. Tratamento de dados

Após a tabulação dos dados, os resultados foram submetidos à análise descritiva de média e desvio padrão para verificar-se a variabilidade natural das unidades amostrais em relação aos atributos avaliados. Para a comparação dos tratamentos foi realizado o cálculo dos parâmetros descritivos. Após verificada a normalidade dos dados pela aplicação do teste de Shapiro Wilk, os tratamentos foram comparados pela aplicação de Análise de variância (ANOVA) e, foi aplicado o teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) a fim de ranquear os tratamentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram¹ observadas diferenças significativas para os atributos químicos: pH H_2O , pH $CaCl_2$, C.E (Tabela 1). Mudança que pode influenciar em outros atributos presentes no solo,

¹ Para interpretação dos mesmos deve-se considerar a letra minúscula presente nas referidas tabelas como o feito da comparação entre os tratamentos, ou seja, TEST, 5 Mg de CCA ha^{-1} , 10 Mg de CCA ha^{-1} , 20 Mg de CCA ha^{-1} . A letra maiúscula representa a comparação entre as sub parcelas, ou seja, com e sem adição de uréia. Quando houver uma diferença maior entre os tratamentos, essa diferença será representada por letras a, b, c e d, sendo a **Revista Agropampa**, v. 1, n. 1, janeiro – junho / 2023 - ISSN: 2525-877X

principalmente, sobre a correção da acidez do mesmo (Islabão, 2013). Percebe-se também um aumento para os teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ e P (Tabela 2). Verificou-se diferença em parâmetros de fertilidade química como na capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva e potencial, na saturação de bases (V%), saturação por Al^{+3} (m%) e soma de bases (SB) (Tabela 3).

Com relação aos atributos físicos do solo houve alteração considerável na densidade (Ds), refletindo-se em um menor adensamento, essa alteração que, de acordo com Reinert et al (2008) pode influenciar positivamente no desenvolvimento de raízes da vegetação presente. Houve alterações também na umidade, capacidade de retenção de água (CRA), densidade da partícula (Dp), assim como teores de C e N (Tabela 4).

Tabela 1 - Dados médios referentes aos atributos químicos de solo das condições experimentais avaliadas

Table 1 - Average data related to soil chemical attributes of experimental conditions evaluated

Tratamento	Camada/parcela	Argila	pH H_2O	pH CaCl_2	C.E.
		g kg^{-1}			$\mu\text{s cm}^{-1}$
Test	0-5 cm	188 aA	5,1 cA	4,8 cA	0,22 cA
	0-5 cm (uréia)	187 aA	5,0 cA	4,8 cA	0,23 cA
5 Mg de CCA ha^{-1}	0-5 cm	182 aA	5,2 cA	4,9 cA	0,39 cA
	0-5 cm (uréia)	176 aA	5,1 cA	4,9 cA	0,46 cA
10 Mg de CCA ha^{-1}	0-5 cm	174 aA	5,3 bA	5,0 bA	0,59 bA
	0-5 cm (uréia)	174 aA	5,2 bA	5,0 bA	0,70 bA
20 Mg de CCA ha^{-1}	0-5 cm	204 aA	5,4 aA	5,1 aA	0,73 aA
	0-5 cm (uréia)	196 aA	5,4 aA	5,1 aA	0,86 aA
Test	5-10 cm	178 aA	5,1 cA	4,9 aA	0,23 dA
	5-10 cm (uréia)	182 aA	5,1 cA	4,9 aA	0,29 dA
5 Mg de CCA ha^{-1}	5-10 cm	193 aA	5,1 cA	5,0 aA	0,40 cA
	5-10 cm (uréia)	198 aA	5,1 cA	4,9 aA	0,34 cA
10 Mg de CCA ha^{-1}	5-10 cm	181 aA	5,3 bA	5,0 aA	0,45 bA
	5-10 cm (uréia)	178 aA	5,2 bA	5,0 aA	0,52 bA
20 Mg de CCA ha^{-1}	5-10 cm	181 aA	5,2 aA	5,0 aA	0,56 aA
	5-10 cm (uréia)	170 aA	5,2 aA	5,1 aA	0,69 aA
Test	10-20 cm	187 aA	5,0 aA	4,8 cA	0,33 dA
	10-20 cm (uréia)	189 aA	5,0 aA	4,8 cA	0,29 dA
5 Mg de CCA ha^{-1}	10-20 cm	189 aA	5,0 aA	4,9 bA	0,31 cA
	10-20 cm (uréia)	182 aA	5,1 aA	4,8 bA	0,22 cA
10 Mg de CCA ha^{-1}	10-20 cm	179 aA	5,1 aA	4,9 bA	0,29 bA
	10-20 cm (uréia)	177 aA	5,2 aA	4,8 bA	0,35 bA
20 Mg de CCA ha^{-1}	10-20 cm	164 aA	5,0 aA	4,9 aA	0,31 aA
	10-20 cm (uréia)	177 aA	4,9 aA	5,0 aA	0,47 aA
Test	20-40 cm	189 aA	5,1 aA	4,8 aA	0,24 dA
	20-40 cm (uréia)	184 aA	5,0 aA	4,8 aA	0,25 dA
5 Mg de CCA ha^{-1}	20-40 cm	189 aA	5,0 aA	4,7 aA	0,19 cA
	20-40 cm (uréia)	188 aA	5,0 aA	4,8 aA	0,25 cA
10 Mg de CCA ha^{-1}	20-40 cm	184 aA	5,0 aA	4,8 aA	0,23 bA
	20-40 cm (uréia)	194 aA	5,1 aA	4,8 aA	0,31 bA
20 Mg de CCA ha^{-1}	20-40 cm	207 aA	5,0 aA	4,8 aA	0,34 aA
	20-40 cm (uréia)	219 aA	5,0 aA	4,8 aA	0,30 aA

*Obs: CCA = cinza da casca de arroz; C.E. = condutividade elétrica do solo; letras minúsculas mostram a existência de diferença estatística significativa ou não entre os tratamentos experimentais – para cada profundidade

letra a com uma significância maior sobre b, c e d em subsequência, essa atribuição vale tanto para as devidas letras minúsculas e maiúsculas, conforme apontado em cada Tabela.

em separado; letras maiúsculas mostram a existência de diferença estatística significativa ou não entre as duas condições avaliadas na dimensão da subparcela (com aplicação ou não de uréia).

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

A maior parte desses atributos e parâmetros apresentaram variação mais expressiva (com variação significativa, $p < 0,05$), nas primeiras camadas do solo (Tabela 1, Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4). Esses resultados podem ser explicados pelo fato de que a cinza foi aplicada em superfície, não havendo incorporação dos materiais pirogênicos ao perfil. Dessa forma, o efeito de alteração dos constituintes da cinza no solo é resultado de sua incorporação progressiva ao perfil pelos seguintes processos: i) percolação de materiais por meio da estrutura dos bioporos e poros estruturais do perfil (a partir da locomoção dos organismos edáficos ou não) e; ii) dissolução das partículas de cinza e lixiviação de seus constituintes químicos e físicos.

Assim, a depender do nível de solubilidade da partícula e dos seus constituintes, a alteração dos atributos de solo ocorrerá em diferentes dinâmicas.

Foi observada uma melhoria dos atributos de fertilidade química do solo (Tabela 3), aumento dos teores de matéria orgânica no solo (MOS), dado os teores de C, elemento referência na composição da MOS (Tabela 4). A manutenção da MOS é imprescindível para a sustentabilidade do uso da terra, em razão dos múltiplos benefícios sobre o status de nutrientes, infringindo na composição geral do solo (TÓTOLA; CHAER, 2002).

Verificou-se também uma diminuição da acidez do solo, aumento dos teores nutricionais das bases alcalinas – Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} - e P (Tabela 2), e da fertilidade física (menor adensamento do solo e maior capacidade de retenção de água) com o aumento da dose de CCA (Tabela 4). Esses resultados ressaltam que, mesmo após um curto período da aplicação, a CCA é capaz de melhorar substancialmente características de solo, inclusive com aumento dos estoques de C e N. Resultados similares foram relatados nas pesquisas de (GAVIOLLI et al., 2007; NOLLA et al., 2010; DONEGA et al, 2007; SILVA et al, 2008) e também, dentro dessa mesma perspectiva, em área de pastagem, na mesma região do presente trabalho, por (FÁBRICA et al., 2020).

O aumento significativo da biomassa microbiana (CBM e NBM) também revela uma alteração da atividade biológica do perfil, que pode influenciar expressivamente na ciclagem de nutrientes e na promoção do crescimento de plantas (Tabela 5).

Tabela 2 - Dados médios referentes aos atributos físico-químicos de solo das condições experimentais analisadas

Table 2 - Average data related to physicochemical soil attributes of experimental conditions evaluated

Tratamento	Camada/parcela	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	P (Mehlich-1)	Al ⁺³	Al ⁺³ + H ⁺
		cmol _c dm ⁻³			mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	
Test	0-5 cm	8,6 cA	5,9 bA	1,4 cA	13 cA	0,3 aA	3,6 aA
	0-5 cm (uréia)	9,0 cA	6,3 bA	1,8 cA	21 cA	0,4 aA	2,1 aA
5 Mg de CCA ha ⁻¹	0-5 cm	9,6 cA	6,9 bA	2,4 cA	21 cA	0,2 aA	4,4 aA
	0-5 cm (uréia)	8,8 cA	6,1 bA	1,6 cA	22 cA	0,2 aA	3,2 aA
10 Mg de CCA ha ⁻¹	0-5 cm	8,6 dA	5,9 bA	3,3 bA	42 bA	0,2 aA	2,3 aA
	0-5 cm (uréia)	8,4 dA	5,7 bA	3,4 bA	40 bA	0,1 aA	2,5 aA
20 Mg de CCA ha ⁻¹	0-5 cm	12,5 aA	9,7 aA	5,3 aA	62 aA	0,1 aA	1,8 aA
	0-5 cm (uréia)	13,3 aA	10,5 aA	6,1 aA	50 aA	0,1 aA	2,1 aA
Test	5-10 cm	9,4 aA	6,7 aA	2,2 aA	19 cA	0,3 aA	3,3 aA
	5-10 cm (uréia)	9,2 aA	6,5 aA	2,0 aA	18 cA	0,3 aA	2,5 aA

5 Mg de CCA ha ⁻¹	5-10 cm	9,5 dA	6,8 aA	2,3 aA	31 bA	0,2 aA	2,8 aA
	5-10 cm (uréia)	7,7 dA	5,0 aA	0,5 aA	27 bA	0,3 aA	4,7 aA
10 Mg de CCA ha ⁻¹	5-10 cm	8,3 cA	5,6 aA	3,1 aA	52 aA	0,2 aA	2,1 aA
	5-10 cm (uréia)	9,5 cA	6,8 aA	2,9 aA	39 aA	0,2 aA	3,1 aA
20 Mg de CCA ha ⁻¹	5-10 cm	9,9 bA	7,2 aA	2,7 aA	32 aA	0,2 aA	2,3 aA
	5-10 cm (uréia)	8,2 bA	5,5 aA	3,1 aA	24 aA	0,1 aA	2,6 aA
Test	10-20 cm	10,4 aA	7,7 aA	3,2 aA	11 dB	0,4 aA	2,8 aA
	10-20 cm (uréia)	9,8 aA	7,1 aA	2,6 aA	21 dA	0,4 aA	4,2 aA
5 Mg de CCA ha ⁻¹	10-20 cm	8,0 bA	5,3 aA	0,8 aA	19 cB	0,4 aA	5,2 aA
	10-20 cm (uréia)	8,7 bA	6,0 aA	1,5 aA	25 cA	0,2 aA	4,2 aA
10 Mg de CCA ha ⁻¹	10-20 cm	7,2 dA	4,5 bA	2,1 aA	29 bB	0,3 aA	2,8 aA
	10-20 cm (uréia)	7,0 dA	4,3 bA	2,1 aA	34 bA	0,3 aA	2,7 aA
20 Mg de CCA ha ⁻¹	10-20 cm	7,4 cA	4,7 bA	2,1 aA	40 aA	0,2 aA	3,1 aA
	10-20 cm (uréia)	8,4 cA	5,7 bA	1,2 aA	27 aB	0,3 aA	2,8 aA
Test	20-40 cm	8,3 aA	5,6 aA	1,1 bA	18 cA	0,3 aA	5,2 aA
	20-40 cm (uréia)	9,5 aA	6,8 aA	2,3 bA	19 cA	0,4 aA	4,6 aA
5 Mg de CCA ha ⁻¹	20-40 cm	5,5 dA	2,7 bA	1,9 bA	31 bA	0,3 aA	3,9 aA
	20-40 cm (uréia)	9,0 dA	6,3 bA	1,8 bA	21 bA	0,2 aA	4,5 aA
10 Mg de CCA ha ⁻¹	20-40 cm	7,2 bA	4,5 bA	1,9 bA	37 aA	0,2 aA	3,3 aA
	20-40 cm (uréia)	8,8 bA	6,1 bA	1,6 bA	24 aA	0,3 aA	3,7 aA
20 Mg de CCA ha ⁻¹	20-40 cm	9,0 cA	6,3 bA	1,8 aA	33 bA	0,3 aA	3,4 aA
	20-40 cm (uréia)	6,8 cA	4,1 bA	2,4 aA	21 bA	0,3 aA	3,1 aA

*Obs: CCA = cinza da casca de arroz; Ca⁺², Mg⁺², K⁺ = teores trocáveis de Ca⁺², Mg⁺², K⁺ do solo; P (Mehlich-1) = teores de P extraído por solução de Mehlich-1; Al⁺³ = teores trocáveis de Al⁺³ do solo; Al⁺³ + H⁺ = componentes da acidez do solo; letras minúsculas mostram a existência de diferença estatística significativa ou não entre os tratamentos experimentais – para cada profundidade em separado; letras maiúsculas mostram a existência de diferença estatística significativa ou não entre as duas condições avaliadas na dimensão da subparcela (com aplicação ou não de uréia).

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Esses resultados reforçam a indução da CCA na elevação dos teores de CBM e NBM, atributos que estão associados a boa qualidade do solo (LONGO; RIBEIRO; MELO, 2011). Da mesma forma, o aumento da relação C/N BM nas maiores doses de CCA revela um predomínio da população de fungos (relação C/N BM maior do que “8”), que são organismos reconhecidos pela sua eficiência na ciclagem de materiais orgânicos, mantendo o equilíbrio entre populações de macro e microrganismos em um dado ecossistema (TÓTOLA; CHAER, 2002).

Tabela 3 - Dados médios referentes a parâmetros de fertilidade química do solo das condições experimentais avaliadas

Table 3 - Mean data referring to soil chemical fertility parameters of experimental conditions evaluated

Tratamento	Camada/parcela	CTC	CTC pot	V%	m%	SB
		efetiva				cmolc dm ⁻³
Test	0-5 cm	16,2 bA	19,6 bA	98 cA	2 cA	15,9 bA
	0-5 cm (uréia)	17,5 bA	19,3 bA	98 cA	2 cA	17,1 bA
5 Mg de CCA ha ⁻¹	0-5 cm	19,2 bA	23,3 bA	99 bA	1 bA	19,0 bA

10 Mg de CCA ha ⁻¹	0-5 cm (uréia)	16,7 bA	19,8 bA	99 bA	1 bA	16,5 bA
	0-5 cm	18,0 bA	20,2 bA	99 bA	1 bA	17,8 bA
	0-5 cm (uréia)	17,6 bA	20,1 bA	99 bA	1 bA	17,5 bA
20 Mg de CCA ha ⁻¹	0-5 cm	27,6 aA	29,3 aA	100 aA	0 aA	27,5 aA
	0-5 cm (uréia)	30,0 aA	32,0 aA	100 aA	0 aA	29,9 aA
Test	5-10 cm	18,6 aA	21,7 aA	98 aA	2 aA	18,3 aA
	5-10 cm (uréia)	18,0 aA	20,3 aA	98 aA	2 aA	17,7 aA
5 Mg de CCA ha ⁻¹	5-10 cm	18,8 aA	21,5 aA	99 aA	1 aA	18,6 aA
	5-10 cm (uréia)	13,5 aA	17,8 aA	98 aA	2 aA	13,2 aA
10 Mg de CCA ha ⁻¹	5-10 cm	17,2 aA	19,2 aA	99 aA	1 aA	17,0 aA
	5-10 cm (uréia)	19,5 aA	22,4 aA	99 aA	1 aA	19,3 aA
20 Mg de CCA ha ⁻¹	5-10 cm	20,1 aA	22,2 aA	99 aA	1 aA	19,9 aA
	5-10 cm (uréia)	16,9 aA	19,5 aA	99 aA	1 aA	16,8 aA
Test	10-20 cm	21,8 aA	24,2 aA	98 aA	2 aA	21,4 aA
	10-20 cm (uréia)	20,0 aA	23,7 aA	98 aA	2 aA	19,6 aA
5 Mg de CCA ha ⁻¹	10-20 cm	14,5 aA	19,3 aA	97 aA	3 aA	14,1 bA
	10-20 cm (uréia)	16,4 aA	20,4 aA	99 aA	1 aA	16,2 bA
10 Mg de CCA ha ⁻¹	10-20 cm	14,1 aA	16,6 aA	98 aA	2 aA	13,8 bA
	10-20 cm (uréia)	13,7 aA	16,1 aA	98 aA	2 aA	13,4 bA
20 Mg de CCA ha ⁻¹	10-20 cm	14,4 aA	17,3 aA	99 aA	1 aA	14,2 bA
	10-20 cm (uréia)	15,6 aA	18,1 aA	98 aA	2 aA	15,3 bA
Test	20-40 cm	15,3 aA	20,2 aA	98 aA	2 aA	15,0 aA
	20-40 cm (uréia)	19,1 aA	23,2 aA	98 aA	2 aA	18,6 aA
5 Mg de CCA ha ⁻¹	20-40 cm	10,4 aA	14,0 aA	97 aA	3 aA	10,1 aA
	20-40 cm (uréia)	17,3 aA	21,6 aA	99 aA	1 aA	17,1 aA
10 Mg de CCA ha ⁻¹	20-40 cm	13,8 aA	16,9 aA	99 aA	1 aA	13,6 aA
	20-40 cm (uréia)	16,8 aA	20,3 aA	98 aA	2 aA	16,5 aA
20 Mg de CCA ha ⁻¹	20-40 cm	17,4 aA	20,6 aA	98 aA	2 aA	17,1 aA
	20-40 cm (uréia)	13,6 aA	16,4 aA	98 aA	2 aA	13,3 aA

*Obs: CCA = cinza da casca de arroz; CTC efetiva = capacidade de troca catiônica obtida pela soma das bases trocáveis Ca⁺², Mg⁺² e K⁺ e o Al⁺³ trocável; CTC pot = capacidade de troca catiônica potencial, obtida pela soma das bases trocáveis Ca⁺², Mg⁺² e K⁺; Al⁺³ trocável e H⁺ (equivalente a CTC em pH 7,0); V% = saturação dos sítios de troca dos colóides do solo pelas bases trocáveis; m% = saturação dos sítios de troca dos colóides do solo pelo Al⁺³; letras minúsculas mostram a existência de diferença estatística significativa ou não entre os tratamentos experimentais – para cada profundidade em separado; letras maiúsculas mostram a existência de diferença estatística significativa ou não entre as duas condições avaliadas na dimensão da subparcela (com aplicação ou não de uréia).

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Tabela 4 - Dados médios referentes aos atributos físicos de solo e teores de C e N das condições experimentais avaliadas

Table 4 - Average data related to soil physical attributes and C and N contents of experimental conditions evaluated

Tratamento	Camada/parcela	Ds	Umidade	CRA	Dp	C	N
		kg dm ⁻³	%	g g ⁻¹	g cm ⁻³	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Test	0-5 cm	1,13bA	23 cA	0,4 cA	2,67 bA	9,2 cA	0,90 bA
	0-5 cm (uréia)	1,12bA	24 cA	0,4 cA	2,70 bA	9,9 cA	0,92 bA
5 Mg de CCA ha ⁻¹	0-5 cm	1,18bA	28 cA	0,4 cA	2,71 bA	9,0 cA	0,78 cA
	0-5 cm (uréia)	1,13bA	24 cA	0,5 cA	2,67 bA	10,3 cA	0,75 cA
10 Mg de CCA ha ⁻¹	0-5 cm	1,09 aA	36 bA	0,5 bA	2,6 bA	11,3 bA	0,8 bA
	0-5 cm (uréia)	1,08 aA	39 bA	0,6 bA	2,58 bA	12,0 bA	0,92 bA
	0-5 cm	1,06 aA	45 aA	0,6 aA	2,56 aA	14,1 aA	1,23 aA

20 Mg de CCA ha ⁻¹	0-5 cm (uréia)	1,09 aA	44 aA	0,7 aA	2,58 aA	13,4 aA	1,05 aA
Test	5-10 cm	1,16 aA	28 bA	0,3 cA	2,69 bA	10,3 dA	0,82 bA
	5-10 cm (uréia)	1,19 aA	29 bA	0,4 cA	2,69 bA	9,0 dB	0,75 bB
5 Mg de CCA ha ⁻¹	5-10 cm	1,23 aA	31 bA	0,4 bA	2,66 bA	9,4 cB	0,69 bB
	5-10 cm (uréia)	1,34 aA	28 bA	0,4 bA	2,68 bA	10,4 cA	0,82 bA
10 Mg de CCA ha ⁻¹	5-10 cm	1,13 aA	32 bA	0,4 bA	2,61 bA	10,4 bB	0,94 bB
	5-10 cm (uréia)	1,16 aA	35 bA	0,5 bA	2,63 bA	10,9 bA	0,98 bA
20 Mg de CCA ha ⁻¹	5-10 cm	1,12 aA	42 aA	0,5 aA	2,57 aA	14,5 aA	1,25 aA
	5-10 cm (uréia)	1,13 aA	36 aA	0,5 aA	2,60 aA	13,1 aB	1,12 aB
Test	10-20 cm	1,30 aA	31 aA	0,5 aA	2,67 aA	7,4 dA	0,50 cA
	10-20 cm (uréia)	1,33 aA	33 aA	0,5 aA	2,67 aA	7,8 dA	0,40 cB
5 Mg de CCA ha ⁻¹	10-20 cm	1,35 aA	39 aA	0,4 aA	2,69 aA	7,5 cA	0,59 bA
	10-20 cm (uréia)	1,30 aA	42 aA	0,4 aA	2,68 aA	8,3 cA	0,49 bB
10 Mg de CCA ha ⁻¹	10-20 cm	1,23 aA	37 aA	0,4 aA	2,67 aA	9,0 bA	0,88 aA
	10-20 cm (uréia)	1,31 aA	31 aA	0,4 aA	2,69 aA	7,8 bA	0,68 aB
20 Mg de CCA ha ⁻¹	10-20 cm	1,25 aA	35 aA	0,4 aA	2,62 aA	9,0 aA	0,80 aA
	10-20 cm (uréia)	1,24 aA	37 aA	0,4 aA	2,64 aA	10,3 aA	0,70 aB
Test	20-40 cm	1,38 aA	37 aA	0,5 aA	2,68 aA	7,2 dA	0,52 aA
	20-40 cm (uréia)	1,35 aA	29 aA	0,4 aA	2,70 aA	6,9 dA	0,29 aB
5 Mg de CCA ha ⁻¹	20-40 cm	1,29 aA	39 aA	0,4 aA	2,66 aA	7,4 cA	0,34 aA
	20-40 cm (uréia)	1,36 aA	40 aA	0,5 aA	2,67 aA	6,9 cA	0,28 aB
10 Mg de CCA ha ⁻¹	20-40 cm	1,33 aA	33 aA	0,3 aA	2,69 aA	8,2 bA	0,52 aA
	20-40 cm (uréia)	1,26 aA	40 aA	0,3 aA	2,70 aA	6,8 bA	0,42 aB
20 Mg de CCA ha ⁻¹	20-40 cm	1,31 aA	32 aA	0,5 aA	2,67 aA	7,9 aA	0,52 aB
	20-40 cm (uréia)	1,34 aA	36 aA	0,4 aA	2,70 aA	8,2 aA	0,60 aA

*Obs: CCA = cinza da casca de arroz; Ds = densidade do solo; umidade = umidade gravimétrica no momento da coleta; CRA = capacidade de retenção de água pelo solo; Dp = densidade de partícula ou densidade dos sólidos do solo; C = teor de carbono orgânico total do solo determinado por combustão seca; N = nitrogênio total do solo determinado por combustão seca; letras minúsculas mostram a existência de diferença estatística significativa ou não entre os tratamentos experimentais – para cada profundidade em separado; letras maiúsculas mostram a existência de diferença estatística significativa ou não entre as duas condições avaliadas na dimensão da subparcela (com aplicação ou não de uréia).

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Em geral, não houve efeito significativo a nível de subparcela nos atributos de solo (com e sem aplicação de ureia), sendo esse efeito basicamente observado nos atributos orgânicos e microbiológicos (Tabela 5). Esse dado sugere que o efeito da CCA é muito mais importante para a modificação dos atributos pedogenéticos do que a adubação nitrogenada (considerando-se, evidentemente, a dose utilizada).

Com relação aos atributos de vegetação, foram verificadas diferenças significativas para MS, FDN, FDA e lignina (Tabela 6).

Pode-se observar que com o aumento da dose de CCA houve um aumento da produtividade de (MS), o que se deve, possivelmente, às melhorias na fertilidade do solo (química, física e biológica). Em termos de PB não houve alteração tanto para feitos propiciados a partir da adição da CCA quanto para estudos de subparcelas.

Tabela 5 - Dados médios referentes a razão C/N do solo e atributos microbiológicos das condições experimentais avaliadas

Table 5 - Average data related to soil C/N ratio and microbiological attributes of experimental conditions evaluated

Tratamento	Camada/parcela	C/N	mg kg ⁻¹		C/N BM
			CBM	NBM	
Test	0-5 cm	10 aA	22,4 cA	5,4 cA	4 cA
	0-5 cm (uréia)	11 aA	23,7 cA	4,3 cB	6 cA
	0-5 cm	12 aA	32,8 cA	5,2 cA	6 bA

5 Mg de CCA ha ⁻¹	0-5 cm (uréia)	14 aA	35,2 cA	4,5 cB	8 bA
10 Mg de CCA ha ⁻¹	0-5 cm	14 aA	53,2 bA	6,3 bB	8 bA
20 Mg de CCA ha ⁻¹	0-5 cm (uréia)	13 aA	73,1 bA	8,8 bA	8 bA
	0-5 cm	11 aA	84,3 aA	8,3 aB	10 aA
Test	5-10 cm	13 aA	24,8 dB	4,3 dB	6 cA
	5-10 cm (uréia)	12 aA	31,6 dA	4,7 dA	7 cA
5 Mg de CCA ha ⁻¹	5-10 cm	14 aA	38,7 cB	4,9 cB	8 bA
	5-10 cm (uréia)	13 aA	44,9 cA	6,5 cA	7 bA
10 Mg de CCA ha ⁻¹	5-10 cm	11 aA	64,2 bB	7,0 abB	9 aA
	5-10 cm (uréia)	11 aA	82,4 bA	9,6 abA	9 aA
20 Mg de CCA ha ⁻¹	5-10 cm	12 aA	74,2 aB	7,6 abB	10 aA
	5-10 cm (uréia)	12 aA	82,3 aA	9,0 abA	9 aA
Test	10-20 cm	15 aA	39,8 dA	5,9 bB	7 bA
	10-20 cm (uréia)	20 aA	51,9 dA	10,5 bA	5 bA
5 Mg de CCA ha ⁻¹	10-20 cm	13 aA	43,8 cA	6,2 bB	7 bA
	10-20 cm (uréia)	17 aA	32,5 cA	6,4 bA	5 bA
10 Mg de CCA ha ⁻¹	10-20 cm	10 aA	38,3 bA	5,3 bB	7 bA
	10-20 cm (uréia)	11 aA	67,2 bA	9,5 bA	7 bA
20 Mg de CCA ha ⁻¹	10-20 cm	11 aA	66,5 aA	7,4 aB	9 aA
	10-20 cm (uréia)	15 aA	92,4 aA	10,8 aA	9 aA
Test	20-40 cm	14 aA	44,9 dA	9,5 aA	5 aA
	20-40 cm (uréia)	23 aA	50 dA	9,0 aA	6 aA
5 Mg de CCA ha ⁻¹	20-40 cm	21 aA	66,3 cA	9,0 aA	7 aA
	20-40 cm (uréia)	24 aA	72,2 cA	9,4 aA	8 aA
10 Mg de CCA ha ⁻¹	20-40 cm	16 aA	78,2 bA	10,4 aA	7 aA
	20-40 cm (uréia)	16 aA	62,1 bA	9,5 aA	7 aA
20 Mg de CCA ha ⁻¹	20-40 cm	15 aA	78,3 aA	8,7 aA	9 aA
	20-40 cm (uréia)	14 aA	53 aA	8,5 aA	6 aA

*Obs: CCA = cinza da casca de arroz; C/N = razão C/N da matéria orgânica do solo; CBM = C da Biomassa microbiana; NBM = nitrogênio da biomassa microbiana; C/N BM = razão C/N da biomassa microbiana; letras minúsculas mostram a existência de diferença estatística significativa ou não entre os tratamentos experimentais – para cada profundidade em separado; letras maiúsculas mostram a existência de diferença estatística significativa ou não entre as duas condições avaliadas na dimensão da subparcela (com aplicação ou não de uréia).

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Tabela 6 - Dados médios, em porcentagem, referentes aos atributos bromatológicos da vegetação nas condições experimentais avaliadas

Table 6 - Average data, in percentage, related to the bromatological vegetation attributes of experimental conditions evaluated

Tratamento	Subparcela	MS	PB	FDN	FDA	Lignina
		%				
Testemunha	sem uréia	35,3 bB	5,2 aA	50,1 cB	39,3 aB	3,9 cA
	com uréia	37,8 bA	7,2 aA	53,3 cA	42,3 aA	5,0 cA
5 Mg de CCA ha ⁻¹	sem uréia	35,0 bB	6,8 aA	50,5 cbB	37,4 aB	4,7 cbA
	com uréia	38,1 bA	7,5 aA	53,2 cbA	42,5 aA	5,1 cbA
10 Mg de CCA ha ⁻¹	sem uréia	35,6 bB	7,4 aA	51,8 abB	34,5 bB	5,3 abA
	com uréia	39,0 bA	6,6 aA	54,4 aBA	40,9 bA	5,3 abA
20 Mg de CCA ha ⁻¹	sem uréia	39,2 aB	7,8 aA	53,4 aB	32,3 cB	5,4 aA
	com uréia	42,6 aA	7,8 aA	55,2 aA	35,9 cA	5,8 aA

*Obs: CCA = cinza da casca de arroz; MS = matéria seca – vegetação do campo; PB = teor de proteína bruta da vegetação; FDN = teor de fibra em detergente neutro da vegetação; FDA = teor de fibra em detergente ácido da vegetação; Lignina = teor de lignina da vegetação; letras minúsculas mostram a existência de diferença estatística

significativa ou não entre os tratamentos experimentais; letras maiúsculas mostram a existência de diferença estatística significativa ou não entre as duas condições avaliadas na dimensão da subparcela (com aplicação ou não de uréia).

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

De outra forma, a maior dose de CCA (20 Mg de CCA ha⁻¹) resultou em aumento da proporção de carboidratos estruturais (principalmente relacionados à parede celular) e ligninas, ao passo que foi verificada uma diminuição da proporção de (FDA), no mesmo sentido. Estudos realizados por Oliveira et al., (2010) mostram que com o aumento dos teores de lignina na planta, os teores de FDA também correspondem com elevação. Portanto o comportamento da FDA dado esse trabalho torna-se inesperado à medida que a relação de FDA é uma forma de expressar a lignina. Esses resultados indicam que, não apenas sobre a quantidade de pastagem a aplicação da CCA apresenta efeito, mas também sobre sua composição bromatológica.

Preferencialmente, na apresentação dos resultados, devem ser feitos diálogos com o referencial teórico, de forma a justificar ou argumentar cada resultado.

4. CONCLUSÃO

A partir da realização do presente estudo pode-se obter uma maior compreensão sobre a devida reatividade da CCA no solo específico. Foi possível constatar que esse material, quando aplicado em solo, tem potencial para influenciar na composição do mesmo bem como sobre atributos de planta. Algumas diferenças significativas foram apontadas para atributos químicos, físicos, biológicos do solo e sobre atributos de plantas. Dado os tratamentos efetuados identifica-se que as alterações mais significativas sobre os atributos de solo caracterizaram-se nas primeiras camadas do mesmo e no geral não houve efeito significativo em dados avaliados sobre as subparcelas. Foram observadas alterações no pH H₂O, pH CaCl₂, C.E, da mesma forma para teores de Ca⁺², Mg⁺², K⁺ e P. Quanto a fertilidade química é possível verificar uma maior capacidade de troca catiônica (CTC) tanto para efetiva quanto para potencial.

Na avaliação dos resultados físicos nota-se que a CCA provocou um menor adensamento do solo e um aumentando a capacidade de retenção de água (CRA), e elevando os teores de C e N. Quanto a modificação dos atributos de planta, não houve alteração com relação a PB, porém foram verificadas, dado o aumento da dose de CCA, diferenças significativas para MS, que se deve possivelmente a melhora de alguns atributos químicos, físicos e físico-químicos do solo. Dentro dessa mesma perspectiva obteve-se um aumento da proporção de carboidratos estruturais (principalmente relacionados à parede celular) e ligninas, ao passo que foi verificada uma diminuição da proporção de (FDA), no mesmo sentido. Contudo, ainda são necessárias mais pesquisas para reforçar o entendimento da ação da CCA sobre o solo bem como sobre plantas e assim averiguar mais detalhadamente a que ponto a reatividade de material pode ser benéfica para a atividade desempenhada de acordo com a utilização do solo e/ou do manejo de forrageiras de uma determinada região.

REFERÊNCIAS

- AMICK, J. A. 1982. Purification of Rice Hulls as a Source of Solar Grade Silicon for Solar Cells. *Journal of the Electrochemical Society*, Nova Jersey, v. 129, n. 1, p. 864-866.
- BERCHIELLI, T. T.; SADER, A. P. O.; TONANI, F. L.; PAZIANI, S. F.; ANDRADE, P. Avaliação da determinação da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido pelo sistema ANKOM. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 30, n. 5, p.1572-1578, 2001.
- CHANDRASEKHAR, S.; SATYANARAYANA, K. G.; PRAMADA, P. N. & RAGHAVAN, P. 2003. Processing, properties and applications of reactive sílica from rice husk – an overview. *J. Mater. Sci.*, v. 38, p3159-3168.

- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. 2019. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v.7, Brasília, DF. CONAB, 11p.
- DELLA V. P. et al. 2001. 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.
- DELLA, V. P.; KUHN, I.; HOTZA, D. 2005. Reciclagem de Resíduos Agroindustriais: cinza de casca de arroz como fonte alternativa de sílica. *Cerâmica Industrial*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 22-25.
- DELLA V. P et al. 2006. Estudo comparativo entre sílica obtida por lixívia ácida da casca de arroz e sílica obtida por tratamento térmico da cinza de casca de arroz. *Quim. Nova*, Vol. 29, No. 6, 1175-1179.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. Manual de métodos e análise do solo. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Rio de Janeiro - RJ, 441p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2007. Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana (BMS-C). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Seropédica – RJ, 6p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2017. Análises bromatológicas para determinação da qualidade nutricional de forrageiras. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Campo Grande - MS, 138p.
- EMBRAPA -Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2018. Sistema brasileiro de classificação de solos (5 ed.). Brasília, Embrapa produção de informação, 436p,
- ECHER, R. et al. 2015 Usos da terra e ameaças para a conservação da biodiversidade do bioma Pampa, Rio Grande do Sul. *Revista Thema*, p. 04-13.
- FABRICA, M. C. et al. 2019. Efeito da aplicação da cinza da casca e arroz sobre atributos de solo sob pastagem. *Agroecossistemas*, v. 11, n. 2, ISSN online 2318-0188, Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v11i2.7483>>. Acesso em 02 Dez. 2020.
- FOLETTI, E. L. et al. Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz. *Química Nova*, v. 28, n.6, p.1055-1060, 2005.
- GAVIOLLI, T. O.; VOLK, L. B.; NOLLA, A. & DONEGA, M. A. Correção da acidez do solo, fertilização e crescimento do milho (*Zea mays* L.) submetido à aplicação de casca de arroz carbonizada. In: XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007, Gramado-RS. Anais... Porto Alegre, RS:UFRS, 2007.
- GAVA, G. P. Estudo Comparativo de Diferentes Metodologias para a Avaliação da Atividade Pozolânica. 1999. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.
- GOMES, A. S. & MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. Arroz Irrigado no sul do Brasil. Brasília, DF: Embrapa, 899 p, 2004.
- GONÇALVES, M. R. F. & BERGMANN, C. P. Thermal insulators made with rice husk ashes; Production and correlation between properties and microstructure. *Cons. Build. Mater.*, v.21, n.2, p.2059-2065, 2007.
- GLASER, B.; LEHMANN, J. & ZECH, W. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal: a review. *Biology and Fertility of Soils*, v.35, n.4, p.219-230, 2002.
- HANKE, D. & DICK, D. P. Aggregate stability in soil with humic and histic horizons in a toposequence under Araucaria forest. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v.41, n.2, p.1-18, 2017.
- ISLABÃO G. O. Uso da Cinza de Casca de Arroz como Corretivo e Condicionador do Solo. Tese (Doutorado em Ciências: Solos). Universidade Federal de Pelotas – RS, 2013.
- ISLABÃO G. O. et al. Rice husk ash as corrective of soil acidity. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v.38, n.2, p.934-941, 2014.

- JEFFERY, S. & VERHEIJEN, F.G.A.; VAN DER VELDE, M.; BASTOS, A.C. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.144, p.175-187, 2011.
- LEHMANN, J. Bio energy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v.5, n.7, p.381-387, 2007
- LIMA, R. L. S. S.; SEVERINO, L. S.; ALBUQUERQUE, R. C.; FERREIRA, G. B.; SAMPAIO, L. R.; BELTRÃO, N. E. M. Capacidade da cinza de madeira e do esterco bovino para neutralizar o alumínio trocável e promover o crescimento da mamoneira. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, 13(1):9-17, 2009.
- LONGO R. M.; RIBEIRO A. I. & MELO W. J. Recuperação de solos degradados na exploração mineral de cassiterita: biomassa microbiana e atividade da desidrogenase. *Revista Solos e Nutrição de Plantas. Bragantia, Campinas*, v. 70, n. 1, p.132-138, 2011
- MASULILI, A. & UTOMO, W. H.; MS, S. Rice Husk Biochar for Rice based cropping system in acid soil 1. The characteristics of rice husk biochar and its influence on the properties of acid sulfat e soils and rice growth in West Kalimantan, Indonésia. *Journal of Agriculture Science*, 2(1):39-47,2010.
- MOYIN-JESU E. I. Use of plant residues for improving soil fertilitu pod nutrientes root growth and pod weig ht of okra *Abelmoschus esculentum* L. *Bioresour. Tech.* 98: 2057-2064, 2007.
- NOLLA, A.; VOLK, L. B. S.; MUNIZ, A. S. & SILVA, T. R. B Correção da acidez do solo em profundidade através do uso de carbonatos, silicatos e casca de arroz em lisímeros. *Revista Cultivando o Saber*, 3(2):1-8, 2010.
- OLIVEIRA, LEANDRO BARBOSA D. et al. Produtividade, composição química e características agronômicas de diferentes forrageiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.12, p. 2604- 2610, 2010.
- POUEY, M. T. 2006. Beneficiamento da cinza de casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico. *Dissertação (doutorado em engenharia civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.*
- REINERT D. J. et al. 2008. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:1805-1816.
- TÓTOLA M. R. & CHAER G. M. 2002. Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. *Tópicos Ci. Solo*, 2: 195-276. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/285842908>>. Acesso em: 01/12/2020.
- SHACKLEY, S.; CARTER, S.; KNOWLES, T.; MIDDELINK, E.; HAEFELE, S. & HASZELDINE, S. 2012. Sustainable gasification-biochar systems? A case-study of rice-husk gasification in Cambodia, part II: Field trial results, carbon abatement, economic assessment and conclusions. *Energy Policy*, v.41, p.618-623.
- SILVA F.F.; BERTONHA, A.; FREITAS, P.S.L.; MUNIZ, A.S. & FERREIRA, R.C. 2008. Aplicação de cinza da casca de arroz e de água residuária de fecularia de mandioca na cultura de aveia. *R. Agroneg. Meio Amb.*, 1:25-36.
- VERHEIJEN, F.; JEFFERY, S.; BASTOS, A.C.; VELDE & M. VAN DER; DIAFAS, I. 2010. Biochar application to soils: a critical scientific review of effects on soil properties, processes and functions. Luxembourg: European Commission, 149p.
- VAN SOEST, P.J. 1963. Use of detergent in the analysis of fibrous feeds: preparation of fiber residues of low nitrogen content. *A.O.A.C.*, v.46, p.825, 1963.