



Atributos físicos e produtividade da cultura do feijão cultivado em Cambissolo Húmico corrigido superficialmente com dregs e calcário

Jackson Adriano Albuquerque⁽¹⁾; Maria Tereza Warmling⁽²⁾; Patricia Pértile⁽³⁾; Maria Izabel Warmling⁽⁴⁾; Dercílio Arcelino de Souza⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Professor, pesquisador; Universidade do Estado de Santa Catarina; Lages, Santa Catarina; Jackson.irai@gmail.com; ⁽²⁾ Doutoranda, Universidade do Estado de Santa Catarina; ⁽³⁾ Pós-Doutoranda, Universidade Federal de Santa Maria; ⁽⁴⁾ Mestranda, Universidade do Estado de Santa Catarina; ⁽⁵⁾ Graduando, Universidade do Estado de Santa Catarina.

RESUMO: Este trabalho objetivou verificar a viabilidade da utilização de um resíduo sólido alcalino da indústria de celulose (dregs) em solo ácido, em comparação ao calcário, em função dos atributos físicos do solo e da produtividade de culturas anuais (feijão). Os tratamentos foram aplicados em 2004 e 2006, sendo: testemunha (sem corretivo); doses de dregs correspondentes a 25, 50 e 100% da dose calculada para elevar o pH da camada de 0-10 cm para 6,0; e doses de calcário correspondentes a 50 e 100% da dose indicada pelo índice SMP. Em 2013, amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm para avaliação da porosidade total, macro e microporosidade, densidade do solo e capacidade de campo. Também foi avaliada a produtividade do feijão da safra 2013/2014. Em longo prazo as alterações proporcionadas no solo pela aplicação de dregs não modificaram os atributos físicos analisados, ao contrário do calcário, que diminuiu a densidade do solo e aumentou a macroporosidade na camada de 5-10 cm. Além disso, dregs e calcário nas maiores doses aplicadas aumentaram a produtividade de feijão. A aplicação de dregs em solos agrícolas pode ser considerada uma alternativa de correção do solo em função do aumento da produtividade de culturas mesmo em longo prazo.

Termos de indexação: resíduo, semeadura direta, feijão.

INTRODUÇÃO

A acidez do solo é o fator que mais limita a produtividade das culturas em várias partes do mundo, inclusive no Brasil (Fageria et al., 2007). Nesse sentido, a correção da acidez com calcário vem sendo utilizada e é eficaz para reduzir a acidez e aumentar a disponibilidade de nutrientes no solo nas camadas superficiais (Caires et al., 2005) e subsuperficiais em longo prazo (Ciotta et al., 2004).

Uma alternativa para a correção da acidez é a utilização de resíduos alcalinos da indústria de celulose como insumo agrícola de baixo custo (Cabral et al., 2008). Um dos principais resíduos sólidos inorgânicos alcalinos gerados no processo de produção da celulose é o dregs, que possui teores elevados de hidróxidos, carbonatos, sulfatos

(Almeida et al., 2007), calcita e gipsita (Martins et al., 2007), com características semelhantes aos calcários comerciais e alto poder corretivo de acidez (Pöykyö et al., 2006). Entretanto, o dregs é composto por alto teor de cálcio, baixo teor de magnésio e médio teor de sódio, fatores que podem prejudicar o crescimento das plantas (Almeida et al., 2007) e a qualidade física do solo (Albuquerque et al., 2002). Assim, se for adicionado em grandes quantidades eleva a relação Ca:Mg e induz à falta de magnésio às plantas em solos com baixa disponibilidade deste elemento, devido à competição existente entre cálcio e magnésio pelos sítios de adsorção do solo e absorção das raízes (Medeiros et al., 2008). Além disso, a adição de quantidades altas de sódio aumenta a dispersão dos colóides, com diminuição da estabilidade dos agregados do solo e da condutividade hidráulica (Agassi et al., 1981).

Mesmo com essas características, estudos têm concluído que a aplicação de dregs melhora a qualidade química do solo (Albuquerque et al., 2002; Almeida et al., 2008, Cabral et al., 2008), aumenta o crescimento (Jordan & Rodriguez, 2004) e a produtividade de culturas (Medeiros et al., 2009), com poucos prejuízos à qualidade física do solo. Entretanto, existem poucos trabalhos a respeito dos efeitos da aplicação superficial desse resíduo em médio e longo prazo, o que torna necessário avaliar a viabilidade de seu uso.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação superficial de dregs como corretivo, em comparação ao calcário, nos atributos físicos e na produtividade de culturas agrícolas cultivadas em solo ácido.

MATERIAL E MÉTODOS

O Experimento foi conduzido em Lages, SC. O clima da região é do tipo cfb segundo a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1.400 mm. O solo classificado como um Cambissolo Húmico aluminico (Embrapa, 2013).

O experimento foi implantado em junho de 2004, constituindo-se da aplicação superficial de doses de dregs e calcário dolomítico, em um delineamento experimental em blocos ao acaso com quatro repetições e parcelas de dimensão 8 x 8 m. Os tratamentos foram: testemunha/sem corretivo



(TEST); dregs na dose de 25% SMP (D25); dregs na dose de 50% SMP (D50); dregs na dose de 100% SMP (D100); calcário na dose de 50% SMP (C50) e calcário na dose de 100% SMP (C100). As doses 100% SMP (1 SMP) correspondem a necessidade de $10,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ de CaCO_3 indicada pelo método SMP para atingir $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 6,0 na camada de 0-10 cm, em função do pH_{SMP} inicial do solo (4,3) (CQFS-RS/SC, 2004). As doses foram distribuídas superficialmente em duas épocas, sendo metade da dose aplicada em junho de 2004 e metade em junho de 2006. O dregs utilizado foi proveniente de uma indústria de papel e celulose do município de Correia Pinto, SC, com umidade de 22%, valor de neutralização de 80% (Almeida et al., 2007), $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ (1:1 v/v) 10,7, 300 g kg^{-1} de Ca, 10 g kg^{-1} de Mg, 34 g kg^{-1} de Na, $2,3 \text{ g kg}^{-1}$ de K, $2,9 \text{ g kg}^{-1}$ de Fe, $4,0 \text{ g kg}^{-1}$ de Mn, 189 mg kg^{-1} de Zn, 61 mg kg^{-1} de Cu, $3,0 \text{ mg kg}^{-1}$ de Pb e $0,9 \text{ mg kg}^{-1}$ de Cd. O calcário comercial utilizado foi dolomítico, composto por 289 g kg^{-1} de Ca, 118 g kg^{-1} de Mg, $0,17 \text{ g kg}^{-1}$ de Na, e poder relativo de neutralização total considerado 100%. Após a primeira aplicação dos tratamentos, o experimento foi mantido com campo nativo até 2006. Após isso, foram cultivadas as seguintes culturas em sistema de semeadura direta no inverno e verão de cada ano: 2006, trigo e feijão; 2007, pousio e soja; 2008, trigo e feijão; 2009, cevada e soja; 2010, aveia preta e feijão; 2011 foi semeado trigo e soja, 2012 cevada e soja e 2013 pousio e feijão. Tratos culturais foram realizados conforme indicado para cada cultura. Para a quantificação da produtividade das culturas, coletou-se uma área padrão de 9 m^2 em cada parcela para o feijão.

Em maio de 2014 foram coletadas amostras de solo, com estrutura preservada para análises físicas. As amostras foram coletadas nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm sendo determinados e/ou calculados os seguintes atributos: porosidade total (PT), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), densidade do solo (DS) e capacidade de campo (CC). Em cada parcela foram coletadas duas amostras, por camada, com estrutura preservada em anéis metálicos (71 cm^3). As amostras foram saturadas e submetidas às tensões de 6 e 10 kPa em mesa de tensão de areia para determinação dos seguintes atributos: PT determinada pela diferença de umidade entre o solo saturado e o solo seco; Micro pela diferença de umidade entre o solo na tensão de 6 kPa e o solo seco; Macro através da diferença entre PT e Micro; e CC pela diferença de umidade entre o solo na tensão de 10 kPa e o solo seco (Embrapa, 1997). Realizadas essas determinações, as amostras foram secas em estufa a $105 \text{ }^\circ\text{C}$ para obtenção da DS pelo método do anel volumétrico conforme Blake & Hartge (1986). Os resultados foram submetidos à análise de

normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e de variância pelo teste F ($p < 0,05$). Os dados analisados atenderam à normalidade e as variáveis com diferença significativa pelo teste F foram submetidas à comparação de médias pelo teste Tukey ($p < 0,05$). Os dados foram analisados por camada de coleta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na camada 0-5 cm não houve diferenças nos atributos físicos do solo entre os tratamentos avaliados. Houve diferença apenas para macroporosidade (Macro) e densidade do solo (DS) na camada de 5-10 cm (Tabela 1). Neste mesmo experimento três meses após a aplicação da segunda metade das doses dos corretivos (setembro de 2006), Medeiros et al. (2009) encontraram diferença para DS entre os tratamentos na primeira camada para ambos os corretivos aplicados, variando de $1,19$ a $1,30 \text{ g cm}^{-3}$.

Na camada de 5-10 cm, a Macro foi maior no tratamento C100 ($0,16 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e menor nos demais (Tabela 1). A DS foi menor no C100 ($1,19 \text{ g cm}^{-3}$) não diferindo de D25 e D50 ($1,25$ e $1,28 \text{ g cm}^{-3}$ respectivamente), entretanto esses dois tratamentos também não diferem dos tratamentos Test, C50 e D100, com densidade de $1,30$, $1,29$ e $1,31 \text{ g cm}^{-3}$ respectivamente (Tabela 1). Ainda na camada de 5-10 cm as médias de Microporosidade, PT e CC não diferiram entre os tratamentos avaliados (Tabela 1).

Na última camada avaliada (10-20 cm) não houve diferenças entre os tratamentos. Um indicio da boa qualidade do solo são os valores de Macro, os quais estão acima do limite crítico de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ de porosidade com ar (Xu et al., 1992). Uma boa qualidade física do solo é importante para as trocas gasosas, a retenção de água e o desenvolvimento radicular das plantas. Na última camada avaliada a macroporosidade foi menor que o limite considerado crítico nos tratamentos Test, C50 e C100, embora não tenha sido observado diferenças significativa.

A produtividade do feijão na safra agrícola 2013/2014 diferiu entre os tratamentos, tendo os tratamentos C100 e D100 as maiores produtividades, ao contrário da testemunha, que obteve as menores produtividades (Figura 1a). Além disso, pode-se observar um aumento considerável na produtividade entre a testemunha e os tratamentos com corretivos, diferindo entre os tratamentos, embora os valores estejam abaixo bem da média esperada para a região (1.250 kg ha^{-1}). Esta baixa produtividade decorre da baixa precipitação que houve em determinados períodos da safra agrícola, conforme observado na figura 1(b). Em outros estudos que observaram maior produtividade de grãos nesta mesma área, não houve períodos de baixa precipitação (Almeida et al,



2007; Almeida et al, 2008; Medeiros et al, 2009). Com isso constata-se que, mesmo com falta de água, os corretivos favoreceram a produtividade de grãos.

CONCLUSÕES

A aplicação superficial da dose integral de calcário diminuiu a densidade do solo e aumentou a macroporosidade na camada de 5-10 cm.

Dregs e calcário nas doses aplicadas aumentaram a produtividade de feijão.

A aplicação de dregs em solos agrícolas, considerando a dose de 1 SMP na camada de 0-10 cm pode ser considerada uma alternativa de correção do solo em função da aumento da produtividade de culturas em longo prazo.

AGRADECIMENTOS

A CAPES, CNPq, FAPESC e a UDESC pelo apoio para o desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

AGASSI, M.; SHAINBERG, I. & MORIN, J. Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45: 848-851, 1981.

ALBUQUERQUE, J.A.; ARGENTON, J.; FONTANA, E.C.; COSTA, F.S. & RECH, T.D. Propriedades físicas e químicas de solos incubados com resíduo alcalino da indústria de celulose. *R. Bras. Ci. Solo*, 26, 1065-1073, 2002.

ALMEIDA, H.C.; SILVEIRA, C.B. DA.; CAMPOS, M.L. & ALMEIDA, D. Composição química de um resíduo alcalino da indústria de papel e celulose (dregs). *Quím. Nova*, 30, 1669-1672, 2007.

ALMEIDA, H.C.; ERNANI, P.R.; ALBUQUERQUE, J.A.; MACABÔ JUNIOR, J. & ALMEIDA, D. Influência da adição de um resíduo alcalino da Indústria de papel e celulose na lixiviação de cátions em um solo ácido. *R. Bras. Ci. Solo*, 32, 1775-1784, 2008.

BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A., (Ed.). *Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods. Part 1*, 2 ed. SSSA, p. 363-375, 1986.

CABRAL, F.; RIBEIRO, H.M.; HILÁRIO, L.; MACHADO, L. & VASCONCELOS, E. Use of pulp mill inorganic wastes as alternative liming materials. *Bioresource Technol.*, 99, 8294-8298, 2008.

CAIRES, E.F.; ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A. & BARTH, G. Surface application of lime for crop grain production under a no-till system. *Agron. J.*, 97, 791-798, 2005.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C. & ALBUQUERQUE, J.A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 28, 317-326, 2004.

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, p. 212, 1997.

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, p.306, 2013.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. & ZOBEL, R.W. Yield, nutrient uptake, and soil chemical properties as influenced by liming and boron application in common bean in a no-tillage system. *Commun. Soil. Sci. Plan.*, 38, 1637-1653, 2007.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/desviochuvaTrimestral>>. Acesso em 12 jun. 2015.

JORDAN, M. & RODRIGUEZ, E. Effect of solid residues from the cellulose industry on plant growth. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 167, 351-356, 2004.

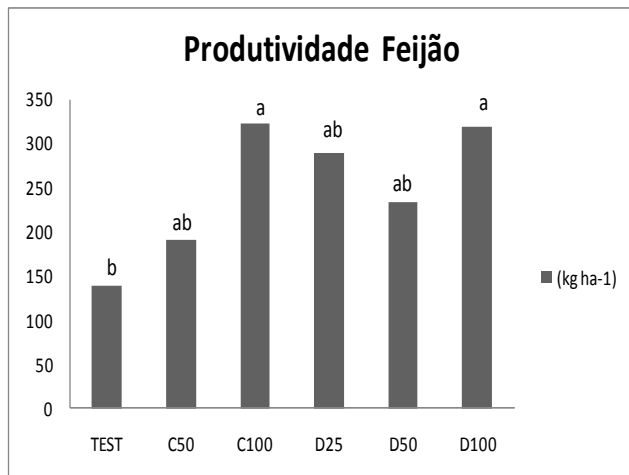
MARTINS, F.M.; MUNHOZ MARTINS, J.; FERRACIN, L.C. & DA CUNHA, C.J. Mineral phases of green liquor dregs, slaker, lime mud and Wood ash of a Kraft pulp and paper mill. *J. Hazard. Mater.*, 147, 610-617, 2007.

MEDEIROS J.C.; MAFRA A.L.; ALBUQUERQUE J.A.; ROSA J.D. & GATIBONI L.C. Relação cálcio: magnésio de corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico álico. *Semina: Ci. Agr.*, 19, 93-98, 2008.

MEDEIROS, J.C.; ALBUQUERQUE, J.A.; MAFRA, A.L.; BATISTELLA, F. & GRAH, J. Calagem superficial com resíduo alcalino da indústria de papel e celulose em um solo altamente tamponado. *R. Bras. Ci. Solo*, 33, 1657-1665, 2009.

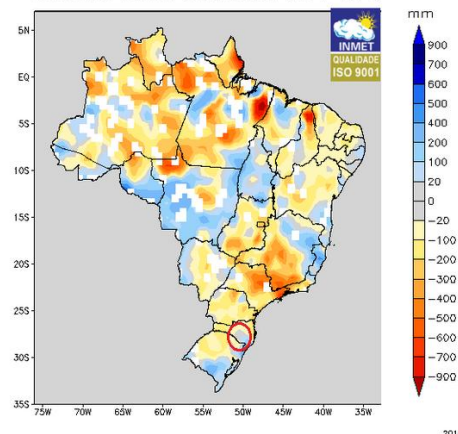
PÖÖYKIÖ, R.; NURMESNIEMI, H.; KUOKKANEN, T. & PERÄMÄKI, P. Green liquor dregs as an alternative neutralizing agent at a pulp mill. *Environ. Chem. Lett.*, 4, 37-40, 2006.

XU, X.; NIEBER, J.L. & GUPTA, S.C. Compaction effect on the gas diffusion coefficient in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:1743-1750, 1992.



(a)

Trimestre Dezembro de 2013, Janeiro, Fevereiro de 2014
Referência: Normal Climatológica (1961-1990)



(b)

Figura 1 – (a) Produtividade de feijão safra 2013/2014 em Cambissolo Húmico alumínico corrigido com doses de dregs e calcário em 2004 e 2006. Lages, SC, 2014. (b) Precipitação (mm) trimestral (Dezembro, Janeiro e Fevereiro) na safra 2013/2014, com enfoque para região de Lages (SC). Fonte: INMET, 2015

Legenda -TEST: testemunha; C50: calcário na dose de 50% SMP; C100: calcário na dose de 100% SMP; D25: dregs na dose de 25% SMP; D50: dregs na dose de 50% SMP; D100: dregs na dose de 100% SMP. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ($p < 0,05g$).

Tabela 1 - Macroporosidade (Macro), Microporosidade (Micro), Porosidade total (PT), capacidade de campo (CC) e Densidade do solo (Ds) de um Cambissolo Húmico corrigido com doses de dregs e calcário em 2004 e 2006. Lages, SC, 2014.

| Tratamentos | Macro | Micro | PT | CC | Ds |
|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | $m^3 m^{-3}$ | | | $g cm^{-3}$ | |
| Camada 0-5 cm | | | | | |
| Test | 0,13 ^{ns} | 0,40 ^{ns} | 0,53 ^{ns} | 0,37 ^{ns} | 1,31 ^{ns} |
| C50 | 0,14 ^{ns} | 0,43 ^{ns} | 0,57 ^{ns} | 0,39 ^{ns} | 1,33 ^{ns} |
| C100 | 0,13 ^{ns} | 0,40 ^{ns} | 0,53 ^{ns} | 0,38 ^{ns} | 1,18 ^{ns} |
| D25 | 0,14 ^{ns} | 0,39 ^{ns} | 0,53 ^{ns} | 0,36 ^{ns} | 1,20 ^{ns} |
| D50 | 0,12 ^{ns} | 0,43 ^{ns} | 0,55 ^{ns} | 0,40 ^{ns} | 1,22 ^{ns} |
| D100 | 0,14 ^{ns} | 0,42 ^{ns} | 0,56 ^{ns} | 0,39 ^{ns} | 1,22 ^{ns} |
| Camada 5-10 cm | | | | | |
| Test | 0,10 ^b | 0,41 ^{ns} | 0,51 ^{ns} | 0,38 ^{ns} | 1,30 ^a |
| C50 | 0,09 ^b | 0,43 ^{ns} | 0,52 ^{ns} | 0,40 ^{ns} | 1,29 ^a |
| C100 | 0,16 ^a | 0,39 ^{ns} | 0,55 ^{ns} | 0,37 ^{ns} | 1,19 ^b |
| D25 | 0,13 ^b | 0,40 ^{ns} | 0,53 ^{ns} | 0,38 ^{ns} | 1,25 ^{ab} |
| D50 | 0,11 ^b | 0,41 ^{ns} | 0,52 ^{ns} | 0,39 ^{ns} | 1,28 ^{ab} |
| D100 | 0,12 ^b | 0,42 ^{ns} | 0,54 ^{ns} | 0,39 ^{ns} | 1,31 ^a |
| Camada 10-20 cm | | | | | |
| Test | 0,09 ^{ns} | 0,42 ^{ns} | 0,51 ^{ns} | 0,39 ^{ns} | 1,35 ^{ns} |
| C50 | 0,09 ^{ns} | 0,43 ^{ns} | 0,52 ^{ns} | 0,40 ^{ns} | 1,32 ^{ns} |
| C100 | 0,09 ^{ns} | 0,41 ^{ns} | 0,50 ^{ns} | 0,39 ^{ns} | 1,33 ^{ns} |
| D25 | 0,10 ^{ns} | 0,41 ^{ns} | 0,51 ^{ns} | 0,39 ^{ns} | 1,35 ^{ns} |
| D50 | 0,11 ^{ns} | 0,42 ^{ns} | 0,53 ^{ns} | 0,39 ^{ns} | 1,28 ^{ns} |
| D100 | 0,11 ^{ns} | 0,39 ^{ns} | 0,50 ^{ns} | 0,36 ^{ns} | 1,28 ^{ns} |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre e ns não significativo si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)