

Influência de condicionadores na distribuição de poros em um ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso⁽¹⁾.

Valerio Ferreira Marcelo⁽¹⁾; Brivaldo Gomes de Almeida⁽²⁾; José Coelho de Araújo Filho⁽³⁾, Wagner Luiz da Silva⁽⁴⁾

¹ Doutorando Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco/Recife-PE, E-mail:valeriomarcelo@hotmail.com

² Professor, Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE;

³ Pesquisador, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/EMBRAPA;

⁴ Pesquisador Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE

RESUMO: A porosidade do solo é o total de vazios ocupados por ar e água. Existe uma grande discussão em torno da melhor classificação a ser empregada. O modo como os poros são distribuídos determinam a retenção de água, aeração e movimentação no perfil do solo. Há duas classificações de poros usualmente aplicadas, a detalhada e a simplificada. Os Tabuleiros Costeiros possuem camadas coesas de solo que promovem alterações no estado da água no solo e interfere no desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Identificar qual a classificação de poros que melhor se adapta sob ação de poliacrilamida e gesso compõe o objetivo deste estudo.

As amostras foram subdivididas em três tratamentos sendo T0 (Controle), T1 (Poliacrilamida), T2 (Poliacrilamida + Gesso) e realizados quatro repetições por tratamento. As médias foram submetidas à ANOVA e teste de Tukey, pelo aplicativo SAS. Na busca de melhorar as condições produtivas do solo, diversos condicionadores estão sendo pesquisados, entre os químicos a poliacrilamida e gesso. A distribuição de poros adotada não interfere na interpretação dos resultados, contudo a forma mais simplificada (macroporos e microporos) expressa melhor a análise distributiva dos poros.

Termos de indexação: Gesso, Tabuleiros Costeiro, poliacrilamida.

INTRODUÇÃO

Os primeiros condicionantes sintéticos utilizados no solo foram nos anos de 1950 e experimentados na agricultura nos anos 1960. Nos anos de 1980 surge uma nova geração de polímeros e copolímeros, os polímeros hidrotentores, promovendo a retomada aos experimentos.

No Brasil há carência de estudos com poliacrilamida no que diz respeito à concentração ideal e associação com outros condicionadores de solo, como gesso, e sua influência nos atributos físicos do solo, por exemplo a porosidade. Além disso, não há consenso na literatura sobre a melhor

proposta para quantificar os benefícios da aplicação de condicionadores na estrutura de solos via distribuição de seus tamanhos de poros.

Quanto ao tamanho, há na literatura uma diversidade de dimensões sugeridas para identificar suas classes. Da mesma forma, existe uma grande discussão em torno classificação mais adequada a ser empregada no estudo de degradação de solos e sua remediação. O modo como os poros são distribuídos determinam a retenção de água, sua movimentação no perfil do solo e aeração. Para a determinação da distribuição de poros em solos classificações de poros usualmente são adotadas duas classificações de tamanhos de poros: uma detalhada (macroporos, mesoporos, microporos e criptoporos); e outra simplificada (macroporos e microporos). A escolha das classes a serem usadas dependerá dos objetivos da pesquisa. De todo modo, o uso de uma determinada classificação deve ser definido pela sua sensibilidade em diagnosticar ou quantificar modificações nos diferentes tipos de poros de solos, devido aos impactos do manejo.

Para Amaro Filho et al. (2008) A porosidade do solo é o total de vazios ocupados por ar e água. Enquanto, Stefanoski et al. (2013) apresentaram a porosidade total e a infiltração como indicadores da qualidade do solo. Os estudos realizados por Santana et al. (2006), revelaram a macroporosidade como um atributo físico a ser considerado no estudo da coesão. Sabe-se que o caráter coeso está diretamente ligado à condição estrutural do solo: quando secos, são extremamente duros; e quando úmidos, sua estrutura torna-se muito instável, o que restringe o crescimento das plantas.

Uma escolha inadequada na forma de quantificar a redistribuição de poros após manejo levará a conclusões errôneas, da condição do solo com caráter coeso. Alternativas para minimizar os impactos negativos da coesão na estrutura física do solo, e desta sobre a produção agrícola têm sido propostas, como práticas mecânicas com subsolador e arado; ou condicionadores de baixo impacto, como gesso (CaSO₄ 2H₂O) e polímeros a base de poliacrilamida (PAM).

Diante do exposto, esse estudo objetiva identificar a classificação de poros que melhor avalia as prováveis modificações na distribuição dos poros de solos coesos sob ação de poliácridamida e gesso.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com solo da Estação Experimental de Itapirema, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco/IPA - Goiana/PE. A área é cultivada com cana-de-açúcar há dois anos, tendo como cultura anterior o coco. O horizonte coeso foi identificado como Bt1, na profundidade 48-70 cm, e o solo classificado como ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso abrupto.

As amostras foram coletadas em anéis volumétricos de aço (50 x 50 mm) inseridos no horizonte coeso, após remoção dos sobrejacentes.

As amostras de solo em anéis foram casualizadas e submetidas a três tratamentos: T0, tratamento com águas destilada (testemunha); T1, tratamento com polímero aniônico à base de poliácridamida (PAM) 100 mg kg⁻¹; e T2, tratamento com PAM (100 mg kg⁻¹) + Gesso (CaSO₄·2H₂O, P.A., 1,523 g L⁻¹). O PAM utilizado foi o "Superfloc A-130"; com alta massa molecular (15,0 Mg mol⁻¹) e 35% de densidade de carga (hidrólise). As quantidades de PAM e Gesso utilizadas nesse estudo foram baseadas nos trabalhos de Almeida (2008) e Andrade (2014).

Os condicionadores foram aplicados nas amostras por capilaridade na seguinte sequência: os anéis contendo as amostras de solo, foram postos para secar ao ar; em seguida, foram submetidos aos seus respectivos tratamentos. O nível da solução foi elevado, até 95% da altura dos anéis volumétricos por 48 horas. Na sequência, os conjuntos anel-amostra saturados com os tratamentos, foram postos para secar ao ar.

A classificação do tamanho dos poros foi realizada segundo Prevedello (1996), sendo o diâmetro dos poros (equação 1), calculado a partir da equação universal de capilaridade

$$d = [(4 \sigma \cos \alpha) (\rho g |\Psi|)] 10^6 \quad (1)$$

onde: d, é o diâmetro do poro (µm); σ, a tensão superficial da água à 20 °C (72,75 10⁻³ N m⁻¹); α, o ângulo de contato entre o menisco e a parede do tubo capilar, assumido como 0°; ρ, a densidade da água (1.000 kg m⁻³); g, a aceleração da gravidade (9,81 m s⁻²); e |Ψ|, o valor em módulo do potencial matricial (mca). Dessa forma, os diâmetros (∅) dos poros considerados inicialmente neste estudo são: macroporos, poros com ∅ > 300 µm; mesoporos, poros com ∅ entre 300 e 50 µm; microporos, poros com ∅ entre 50 e 0,2 µm e criptoporos, poros com ∅ < 0,2 µm

A porosidade total (P) foi determinada por meio da umidade volumétrica de saturação (equação 2), em que o volume de água de saturação equivale ao volume de poros.

$$P = \frac{V_{poros}}{V_{total}} \quad (2)$$

onde: P, é a porosidade total do solo (cm³ cm⁻³); V_{poros} é volume de poros (cm³) e V_{total}, o volume do solo (cm³).

Após saturação, as amostras foram submetidas à mesa de tensão ou câmara de Richards, sendo a cada equilíbrio da tensão/pressão aplicada as amostras eram pesadas e secas em estufa (24h, 105 °C). Desse modo, a macroporosidade foi quantificada após a aplicação do potencial matricial de 1 kPa, e calculada pela relação entre o volume de água contido entre a saturação e a tensão equilibrada a 1 kPa (volume de macroporos) e o volume do anel, conforme a equação (3).

$$\text{Macroporosidade} = \frac{V_{\text{macroporos}}}{V_{\text{total}}} \quad (3)$$

onde: Macroporosidade é expressa em cm³ cm⁻³; V_{macroporos}, é o volume de água drenado a partir da saturação e equilíbrio da tensão de 1 kPa, em cm³; e V_{total}, o volume do solo (cm³).

Após equilibrada a tensão de 1 kPa, a umidade nos mesoporos foi determinada após aplicação da tensão de 6 kPa, calculada conforme a equação (4).

$$\text{Mesoporosidade} = \frac{V_{\text{mesoporos}}}{V_{\text{total}}} \quad (4)$$

onde: Mesoporosidade, expressa em cm³ cm⁻³; V_{mesoporos}, é o volume de água drenado entre as tensões -de 1 kPa e 6 kPa, expressa em cm³; e V_{total}, o volume do solo (cm³).

A microporosidade foi obtida após o esvaziamento dos mesoporos e aplicação/equilíbrio da tensão de 1500 kPa, calculada conforme a equação (5).

$$\text{Microporosidade} = \frac{V_{\text{microporos}}}{V_{\text{total}}} \quad (5)$$

onde: Microporosidade, expressa em cm³ cm⁻³; V_{microporos} é o volume de água drenado da amostra após aplicação/equilíbrio das tensões de 6 e 1.500 kPa; e V_{total}, o volume do solo (cm³).

A criptoporosidade foi encontrada após o esvaziamento dos microporos, e obtenção da água contida nestes poros por meio da secagem em estufa (24h, 105°C), conforme a equação (6).

$$\text{Criptoporosidade} = \frac{V_{\text{criptoporos}}}{V_{\text{total}}} \quad (6)$$

onde: Criptoporosidade, expressa em cm³ cm⁻³; V_{criptoporos} é volume de água retirada da amostra após equilibrada a tensão de 1.500 kPa e secagem à estufa (24h, 105°C); e V_{total}, o volume total do anel (cm³).

Nos ensaios utilizou-se o delineamento em blocos casualizados. Foram realizadas quatro repetições por tratamento, totalizando 108 unidades. As médias foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e para os parâmetros que apresentaram diferenças significativas foi aplicado o teste de Tukey, por meio do aplicativo SAS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira abordagem sobre os efeitos da aplicação dos tratamentos na redistribuição dos tamanhos dos poros dos solos coesos será realizada utilizando-se a classificação de poros mais detalhada (Tabela 1).

Tabela 1 – Distribuição dos tamanhos de poros de solos coesos sob tratamento via classificação detalhada

Tratamento	Porosidade (%)				
	Macro	Meso	Micro	Cripto	Total
T0	4,18 A	4,54 A	9,65 A	11,71 A	30,00 A
T1	3,13 A	3,81 A	9,86 A	11,90 A	28,72 A
T2	4,33 A	4,71 A	9,82 A	11,40 A	30,42 A

Letras idênticas na mesma coluna não apresentam diferenças entre si pelo teste Tukey a 10% de probabilidade.

Há autores que classificam macroporos como poros com diâmetro maior que 300 μm , drenando água a 1 kPa (Reynolds et al., 2007), e incluem na classificação dos poros os mesoporos como uma classe intermediária e os criptoporos como uma subdivisão dos microporos (Klein & Libardi, 2002). Por outro lado, há autores que usam classificação mais simplificada, separando os poros em duas classes: macroporos, os poros com diâmetro (\varnothing) maior que 60 μm ; e microporos, os poros menores que 60 μm , como proposto por Kiehl (1979). De um modo geral, os poros do solo são separados em macroporos e microporos, usando-se o diâmetro de 50 μm como limite entre as duas classes (Richards, 1965; Bamberg et al., 2009). Adotando a classificação simplificada, os macroporos (soma de macro e mesoporos); e os microporos (soma de micro e criptoporos), observa-se que os condicionadores aplicados ao solo coeso não alteraram significativamente suas microporosidades (Tabela 2). Assim, como já observado em Santana et al. (2006), a microporosidade revelou-se um atributo menos indicativo para avaliar alterações no horizonte coeso sob condições contrastante (com e sem tratamento).

Tabela 2 – Distribuição dos tamanhos de poros de solos coesos sob tratamento via classificação simplificada

Tratamento	Tamanhos de Poros		
	Macroporos ¹	Microporos ²	Porosidade Total
T0	8,73 AB	25,24 A	33,97 A
T1	6,95 B	25,78 A	32,74 A
T2	9,06 A	24,99 A	34,05 A

¹Poros com diâmetro (\varnothing) > 50 μm . ² Poros com \varnothing < 50 μm . Letras idênticas na mesma coluna não apresentam diferença entre si pelo teste Tukey a 10% de probabilidade.

Já para a macroporosidade, nota-se diminuição na sua quantidade no solo sob tratamento apenas com PAM (T1). Os macroporos podem ser considerados como poros inter-agregados (Othmer et al., 1991) e, sendo assim, como o PAM diminuiu a macroporosidade, essa diminuição foi devido a redução entre os espaços dos agregados, aumentando a agregação do solo.

Nesse contexto, apesar da redução da macroporosidade (de 8,73 % no controle, para 6,95 % no T1), estes poros ainda estão em quantidades acima do limite crítico para o desenvolvimento de plantas, em garantia de aeração do sistema radicular e drenagem da água no solo, citado na literatura como sendo ≤ 4 % de macroporos (Drewry & Paton, 2005). A redução da macroporosidade pela ação do PAM não diminuiu a capacidade do solo em drenar o excesso de água, nem provavelmente prejudicará a proliferação de raízes, pois estão presentes no solo entre 5 e 10 %, conforme comentam Reynolds et al. (2009).

A aplicação dos condicionadores químicos no solo, não promoveu alterações na distribuição dos tamanhos de poros na forma mais detalhada de distribuição, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos (T1 e T2) em relação ao controle (T0), mesmo diminuindo o rigor estatístico, tendo-se $p < 0,10$. As alterações na porosidade só foram observadas para a macroporosidade quando aplicada a forma simplificada de distribuição. Os resultados aqui apresentados poderiam refletir uma melhor ação da PAM na redução da coesão, provavelmente devido ao número de aplicações dos tratamentos: no caso, apenas uma.

CONCLUSÕES

A poliacrilamida interferiu na distribuição dos macroporos na distribuição simplificada.

O estudo evidenciou que houve redução da macroporosidade quando comparados controle, poliacrilamida e poliacrilamida associada ao gesso na forma simplificada de distribuição de poros.

Quando quantificada da forma mais detalhada, a microporosidade não mostrou se um atributo indicado para avaliar alterações no horizonte coeso.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, B. G. Métodos alternativos de determinação de parâmetros físicos do solo e uso de condicionadores químicos no estudo da qualidade do solo, 105p, Tese Doutorado. ESALQ/USP. 2008.
- ANDRADE, K.R.; Atributos Físico-hídricos de Solos Coesos da Zona da Mata de Pernambuco sob Ação de Condicionadores Químicos. 2014. 115 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- AMARO FILHO, J.; ASSIS JÚNIOR, R.N.; MOTA, J.C.A. Física do solo: Conceitos e aplicações. Fortaleza: Imprensa universitária, 2008. 289p.
- BAMBERG, A. L.; TIMM, L. C.; PAULETTO, E. A.; PINTO, L. F. S.; NEBEL, A. L. C.; PANZIERA, W. Qualidade Físico-Hídrica do Solo e a Produção de Morango. In: TIMM, L. C.; TAVARES, V. E. Q. T.; REISSER JUNIOR, C.; ESTRELA, C. C. (Ed.). *Morangueiro Irrigado: aspectos técnicos e ambientais do cultivo*. 1ed. Pelotas, RS: Editora da UFPel, 2009, v. 1, p. 115-139
- DREWRY, J.J.; PATON, R.J. Soil physical quality under cattle grazing of a winter-fed brassica crop. *Australian Journal of Soil Research*, 43:525–531, 2005.
- KIEHL, E.J. Manual de edafologia. São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 262p.
- KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 26:857-867, 2002.
- OTHMER, H., DIEKKRUGER, B., KUTILEK, M. Bimodal porosity and unsaturated hydraulic conductivity. *Soil Science*, v. 52, p.139-150, 1991
- PREVEDELLO, C.L. Física do solo com problemas resolvidos. Curitiba, Saeafs, 1996. 446p.
- REYNOLDS, W.D.; DRURY, C.F.; YANG, X.M.; FOX, C.A.; TAN, C.S.; ZHANG, T.Q. Land management effects on the near-surface physical quality of a clay loam soil. *Soil & Tillage Research*. v. 96, p. 316–330. 2007.
- REYNOLDS, W.D.; DRURY, C.F.; TAN C.S.; FOX, C.A.; YANG, X.M. Use of indicators and pore volume-function characteristics to quantify soil physical quality. *Geoderma*. 152:252-63. 2009.
- RICHARDS, L.A. Physical conditions of water in soil. In: BLACK, C.A., ed. *Methods of soil analysis*. Part 1. Madison, American Society for Testing and Materials, 1965. 770p. (Agronomy, 9)
- SANTANA, M.B.; SOUZA, L.S; SOUZA, L.D.; FONTES, L.E.F. Atributos físicos do solo e distribuição do sistema radicular de citros como indicadores de horizontes coesos em dois solos de tabuleiros costeiros do estado da Bahia. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v.30, n.1, p. 1-12. 2006
- STEFANOSKI, D.C.; SANTOS, G.G.; MARCHÃO, R.L.; PETTER, F.A.; PACHECO, L.P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v.17,