

**AVALIAÇÃO DO ADENSAMENTO DE UM SOLO
CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR USANDO A
TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA**

Carlos Manoel Pedro Vaz
Silvio Crestana
Júlio César Martins de Oliveira
Klaus Reichardt



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária

Ministério da Agricultura e do Abastecimento

Rua XV de Novembro, 1452 - Caixa Postal 741 - CEP 13560-970 - São Carlos - SP

Telefone: (016) 274 2477 - Fax: (016) 272 5958

AVALIAÇÃO DO ADENSAMENTO DE UM SOLO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR, USANDO A TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

Carlos Manoel Pedro Vaz¹

Sílvio Crestana¹

Júlio César Martins de Oliveira²

Klaus Reichardt³

RESUMO

Neste trabalho foram caracterizados os perfis de densidades de 4 áreas pertencentes à Usina Capuava-Piracicaba/SP, com mata nativa e cana-de-açúcar cultivada por 16, 30 e 50 anos. As densidades médias entre a superfície e 60cm de profundidade aumentaram em 20%, 13% e 14%, nas áreas de 16, 30 e 50 anos, respectivamente. As maiores densidades foram encontradas na superfície do solo, nas áreas com cana, com valores de até 1,6 g/cm³, contra uma densidade média de 1,2 g/cm³, abaixo de 60 cm de profundidade. Os resultados apresentados mostraram que houve compactação devido ao uso intensivo de maquinários no cultivo da cana.

INTRODUÇÃO

A compactação do solo é consequência da ação de forças externas, que provocam um aumento da densidade num perfil vertical do solo (Gameda et al, 1985). Este fenômeno é muito conhecido pelos agricultores, principalmente aqueles que utilizam

¹ Físico, PhD, EMBRAPA/CNPDIA, Caixa Postal 741, CEP 13560-970, São Carlos-SP

² Físico, PhD, USP/CENA, Caixa Postal 96, CEP 13400-970, Piracicaba-SP

³ Eng. Agrônomo, PhD, USP/ESALQ/DFM, Caixa Postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba-SP

práticas agrícolas com alto grau de mecanização e seguramente causa alterações nas propriedades físicas do solo (Silva et al, 1985), produzindo, assim, um decréscimo na produção da cultura. Desta forma, após vários anos de manejo numa determinada área, poderá surgir uma compactação que afetará a dinâmica da água (Libardi et al, 1982) e a dinâmica de solutos (Landina & Klevensk, 1984), além de aumentar a obstrução ao desenvolvimento radicular e provocar má aeração do solo.

Segundo Dias Júnior & Pierce (1996), devido à intensificação do uso de sistemas de preparos conservacionistas do solo e do uso de equipamentos e maquinários agrícolas tem havido, atualmente, bastante interesse e preocupação por parte de pesquisadores e agricultores pelo tema da compactação do solo.

O objetivo deste trabalho foi utilizar a tomografia computadorizada de raios gama (Crestana & Cruvinel, 1996) para a determinação de perfis de densidade em áreas cultivadas com cana-de-açúcar por 16, 30 e 50 anos, de modo a verificar o efeito do uso da terra no adensamento do solo. A técnica da tomografia permite a obtenção de imagens de amostras indeformadas, mantendo intactas a estrutura e porosidade , com resolução de milímetros, de forma que o perfil de densidade seja determinado com precisão e resolução muito superiores aos métodos tradicionais.

MATERIAL E MÉTODOS

As áreas experimentais utilizadas pertencem a Usina Capuava, no município de Piracicaba-SP, situada a 10 Km da rodovia Piracicaba-Rio Claro. O solo é classificado como latossolo vermelho escuro (Cerri et al, 1991).

A área escolhida é caracterizada por um relevo plano (declividades menores que 1%) e as regiões de coleta situaram-se em locais próximos (distância entre pontos menores que 700 m). Foram escolhidas quatro situações distintas de uso de terra :

uma cobertura de vegetação nativa (floresta latifoliada tropical) e as outras 3 desmatadas e cultivadas continuamente com cana-de açúcar durante dezesseis, trinta e cinquenta anos.

A parcela cultivada por cinquenta anos foi desmatada manualmente. As primeiras arações e gradagens foram feitas com tração animal, sendo que, atualmente, as gradagens são feitas com tração mecânica.

Em cada uma das áreas foi aberta uma trincheira, sendo as amostras coletadas na forma de torrões. As amostras foram então parafinadas e transportadas até o laboratório para análise.

A tomografia proporciona uma imagem de uma seção transversa da amostra. Esta imagem é formada por uma matriz que associa tons de cinza a valores numéricos dos elementos da imagem, chamados de pixel. Estes valores numéricos de cada elemento da imagem são relacionados as Unidades Tomográficas (UT) e com parâmetros físicos do solo como densidade (D , g/cm^3) e umidade a base de volume (θ , cm^3/cm^3) ou a base de massa (u , g/g). No caso do solo utilizado obtivemos a seguinte relação, através de uma calibração prévia realizada, com o minitomógrafo do CNPDIA (Cruvinel, 1987, Cruvinel et al, 1990, Vaz et al, 1992 e Crestana et al, 1992):

$$UT = 7 + (345 + 197u)D$$

Neste caso as tomografias foram obtidas após a secagem das amostras em estufa a 105°C por 24h ($u = 0$) e portanto $UT = 7 + 345.D$.

RESULTADOS

A Figura 1a apresenta uma imagem tomográfica de uma amostra coletada na parcela de 50 anos de cultivo de cana, juntamente com o perfil de UT e de densidades obtidos desta amostra, conforme indicado. A resolução espacial da imagem é de 2 milímetros e, portanto, são obtidos dados, no perfil vertical, de 2 em 2 milímetros. Observa-se no caso específico desta amostra

uma diminuição das UT's e, portanto, das densidades ao longo da profundidade, até 6,2 cm.

As Figuras 2, 3, 4 e 5 mostram as imagens tomográficas das amostras coletadas na floresta e nas áreas com cultivo de cana por 16, 30 e 50 anos, respectivamente. Todas as imagens foram normalizadas, de modo que a tonalidade equivalente ao maior valor de UT e também de densidade (branco na escala de tonalidades) seja igual a 650 UT ou $1,86 \text{ g/cm}^3$.

Nas figuras 6, 7 e 8 são apresentados os perfis de densidade determinados para as parcelas de floresta e cana cultivada por 30 e 50 anos, respectivamente.

Nota-se na Figura 6, que na área de floresta, a densidade da região superficial é bastante baixa, devido ao acúmulo de raízes e material em decomposição. A densidade cresce da superfície para baixo e atinge um máximo ($1,3 \text{ g/cm}^3$) em aproximadamente 25 cm. A partir daí varia entre 1 e $1,2 \text{ g/cm}^3$.

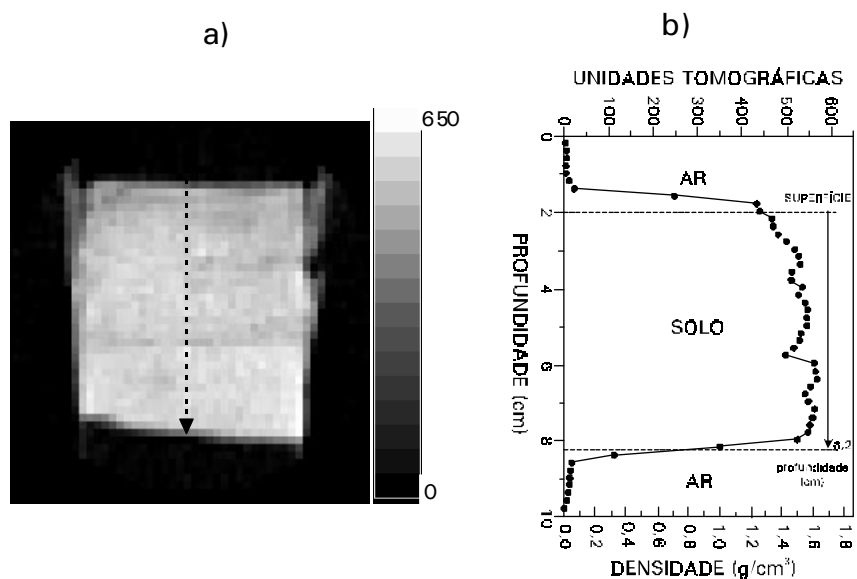


Figura 1. Imagem tomográfica (a) e perfil de densidades (b) de uma amostra coletada na área com 50 anos de cultivo de cana

Comparando os perfis das áreas cultivadas com a de mata nativa pode-se notar que existe uma diferença de densidade bastante acentuada na região superficial e uma diferença menos acentuada para regiões mais profundas. Isto leva-nos a concluir que a ação mecânica neste solo acarreta um adensamento da região superficial e também ao longo do perfil, embora com menor intensidade, como pode ser observado das Figuras 7, 8 e 9.

Visivelmente observam-se diferenças entre os perfis das áreas cultivadas. Aparentemente a área de 16 anos apresenta um maior adensamento do que as de 30 e 50 anos. Para melhor quantificar o adensamento ao longo do perfil, calculou-se a integral da curva da densidade no intervalo de 0 a 60 cm de profundidade (Tabela 1). Escolheu-se o limite de 60 cm, pois abaixo deste valor os perfis de densidade possuem valores muito próximos, em torno de $1,1 \text{ g/cm}^3$.

Tabela 1. Integral do perfil de densidade para as 4 áreas estudadas até 60 cm de profundidade

ÁREA	I (g/cm^2)	I / I ₀
Floresta	107,45 (I ₀)	1,00
cana 16 anos	128,94	1,20
cana 30 anos	121,42	1,13
cana 50 anos	122,73	1,14

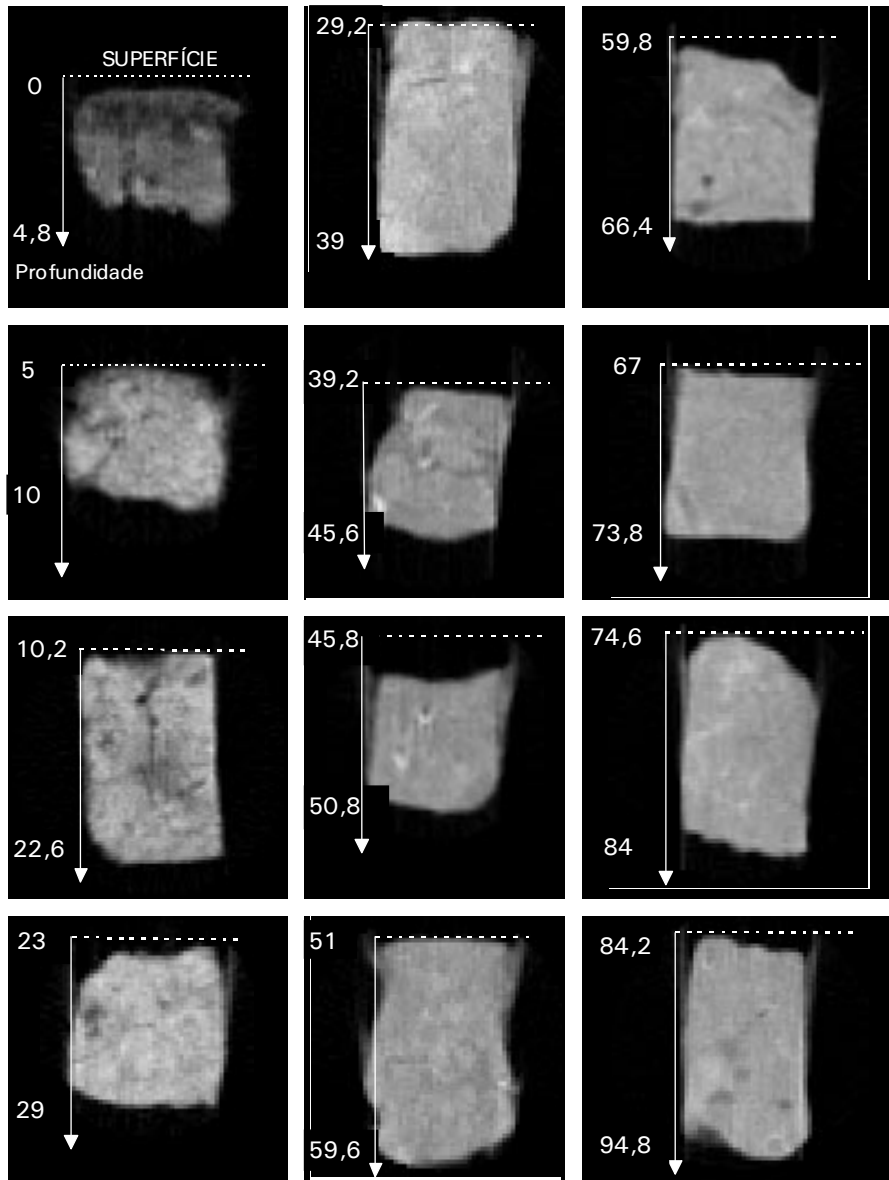


Figura 2. Imagens (seções transversais) dos torrões de solo coletados na trincheira da área de mata nativa

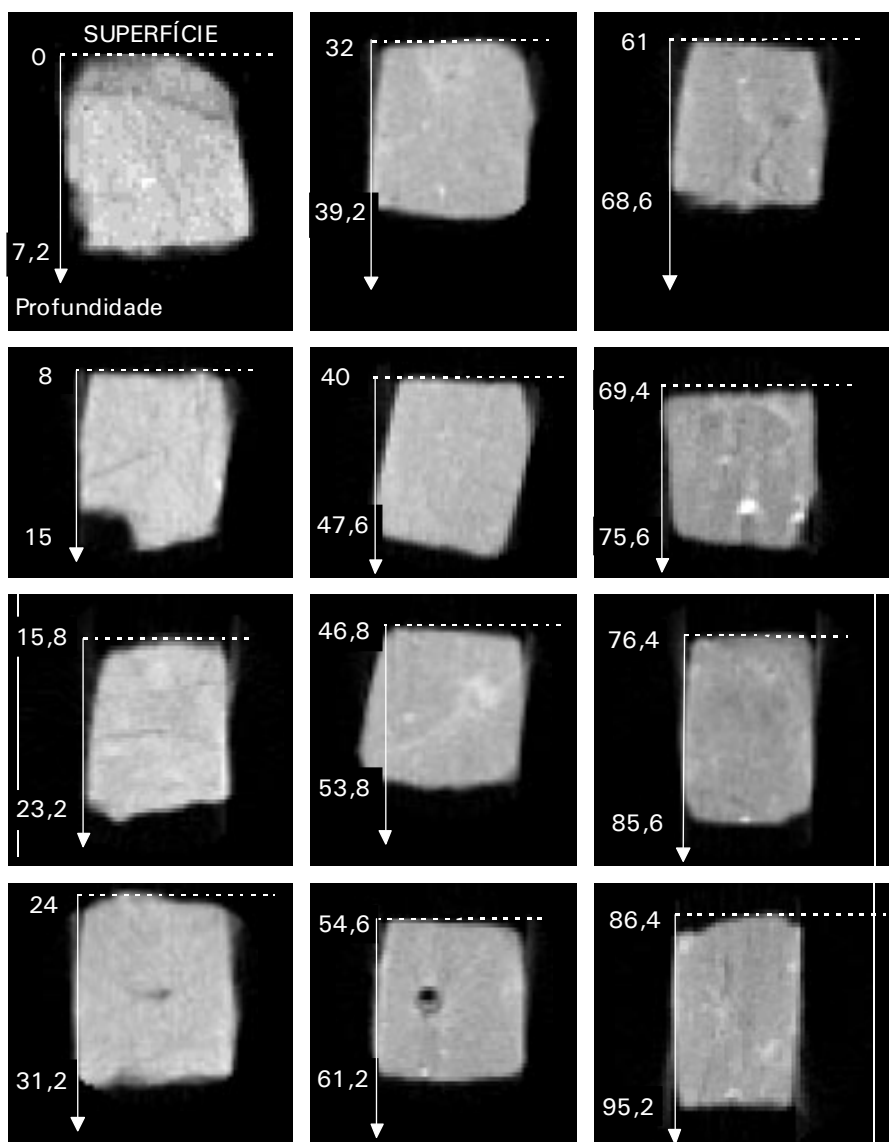


Figura 3. Imagens (seções transversais) dos torrões de solo coletados ao longo do perfil na área cultivada por 16 anos.

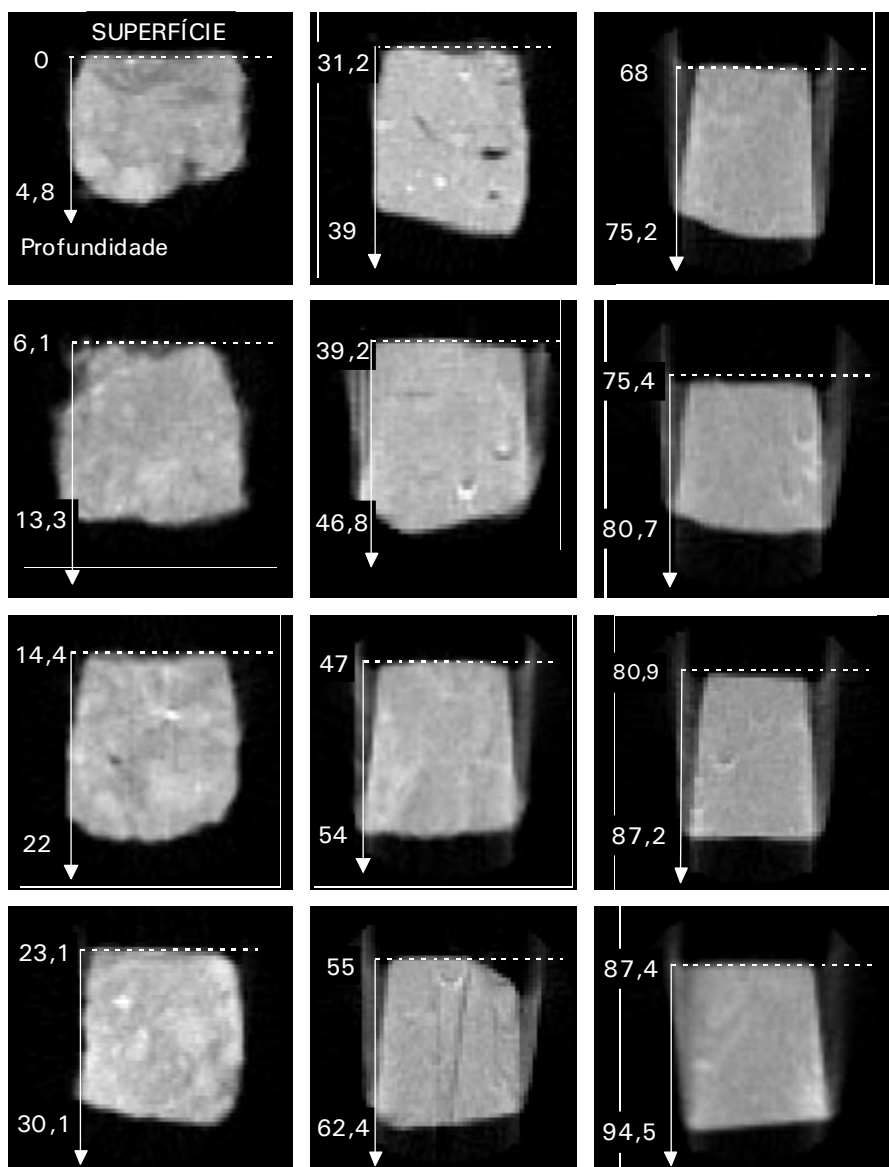


Figura 4. Imagens (seções transversais) dos torrões de solo coletados ao longo do perfil na área cultivada por 30 anos.

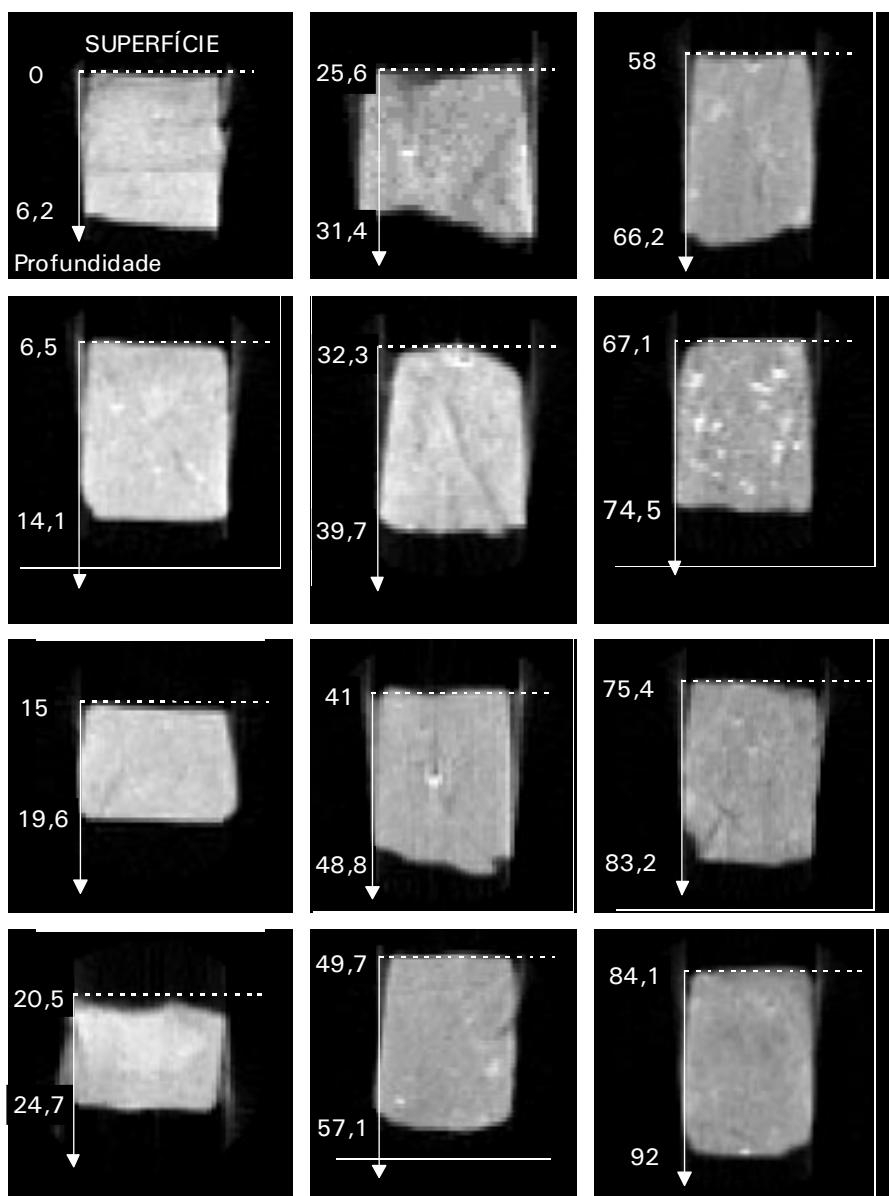


Figura 5. Imagens (seções transversais) dos torrões de solo coletados ao longo do perfil na área cultivada por 50 anos.

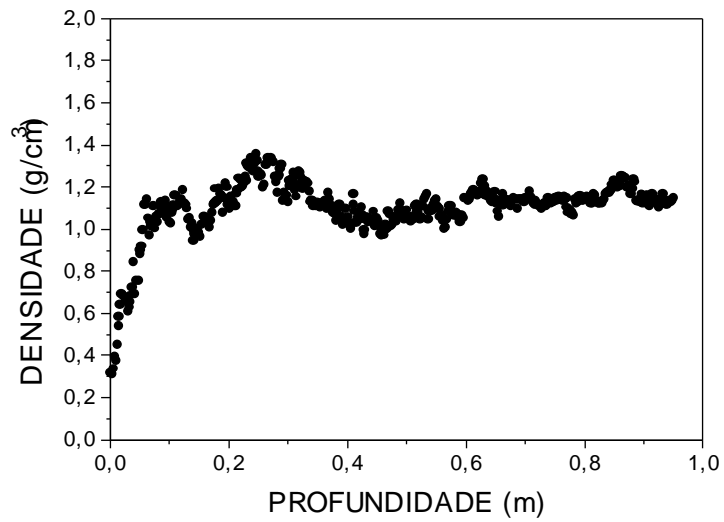


Figura 6. Perfil de densidades obtido das imagens dos torrões de solo coletados na área de floresta

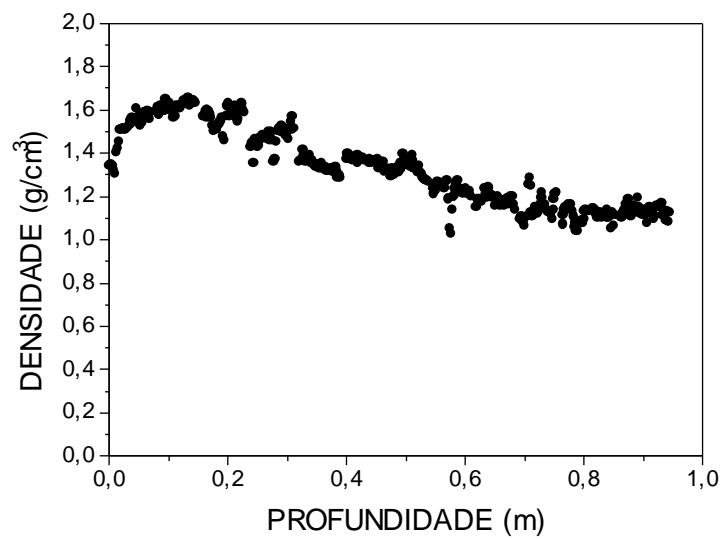


Figura 7. Perfil de densidades obtido das imagens dos torrões de solo coletados na área cultivada com cana por 16 anos

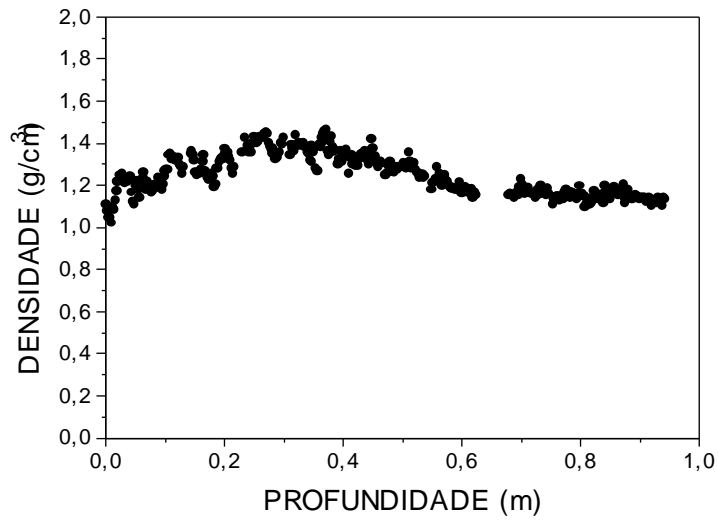


Figura 8. Perfil de densidades obtido das imagens dos torrões de solo coletados na área cultivada com cana por 30 anos

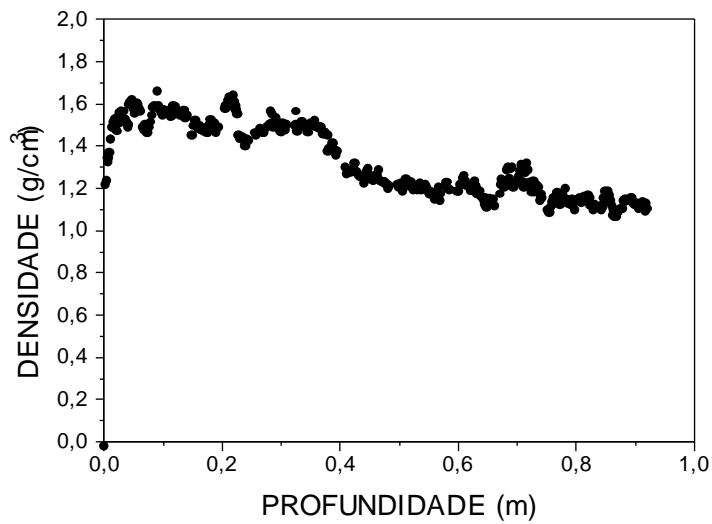


Figura 9. Perfil de densidades obtido das imagens dos torrões de solo coletados na área cultivada com cana por 50 anos

Com os dados da Tabela 1 verifica-se que até a profundidade de 60 centímetros, os perfis de 16, 30 e 50 anos apresentaram aumentos de densidade de 20%, 13% e 14%, respectivamente, relativos à área de floresta. Estes resultados permite-nos fazer algumas considerações sobre as possíveis causas desta sequência de adensamentos.

Em primeiro lugar, sabemos que a 30 anos e, mais ainda, a 50 anos, o nível de mecanização dessa cultura era muito pequeno e portanto, a agressão ao solo era bem menor. Portanto, aparentemente, os solos que passaram por uma fase inicial de manejo menos agressivo, apresentaram adensamentos menores ao longo do perfil, do que aquele que desde o início foi manejado com um alto grau de mecanização. Entretanto, devido ao limitado número de áreas experimentais e da própria questão da variabilidade espacial dos solos, tal conclusão não pode ser generalizada.

CONCLUSÕES

As alterações nos perfis de densidades causadas por ações mecânicas são significativas, caracterizando uma compactação, principalmente na região entre a superfície e 50 ou 60 cm de profundidade. Esta compactação foi identificada e quantificada devido ao detalhamento proporcionado pela técnica da tomografia computadorizada. Correlações definitivas entre a compactação e o tempo de uso da terra não foram possíveis de serem obtidas devido ao pequeno número de parcelas (16, 30, 50 e mata nativa) e aspectos como a variabilidade espacial dos solos. Entretanto, o estudo apresentado estabelece uma metodologia para se estudar o efeito da mecanização no adensamento do solo, em função do tempo de utilização.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dr. Paulo E. Cruvinel pela possibilidade do uso do minitomógrafo do CNPDIA e ao Eng. Lucio A. C. Jorge pelo uso do programa, feito em ambiente Khorus, que possibilitou a normalização das escalas de tons de cinza nas imagens tomográficas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CERRI, C.C.; FELLER, C.; CHAUVEL, A. Evolução das propriedades de um latossolo vermelho escuro após desmatamento e cultivo por doze e cinquenta anos com cana de açúcar. **Cah. ORSTON, série Pedológica**, v.26, n.1, p.37-50, 1991.
- CRESTANA, S.; CRUVINEL, P.E. Tomografia: do hospital à lavoura. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v.21, n.121, p.20-24, 1996.
- CRESTANA, S.; CRUVINEL, P.E.; VAZ, C.M.P.; CESAREO, R.; MASCARENHAS, S.; REICHARDT, K. Calibração e uso de um tomógrafo computadorizado em ciência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, p.161-167, 1992.
- CRUVINEL, P.E. **Minitomógrafo de raios-X e raios gama computadorizado para aplicações multidisciplinares**. Campinas: UNICAMP-FEE, 1987, 329p. Tese de Doutorado.
- CRUVINEL, P. E.; CESÁRIO, R.; CRESTANA, S.; MASCARENHAS, S. X- and gamma- rays computerized minitomograph scanner for soil science. **IEEE-Transactions on Instrumentation and Measurements**, v.39, n.5, p.745-750, 1990.
- DIAS JÚNIOR, M. S. & PIERCE, F. J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.175-182, 1996.
- GAMEDA, S.; RAGHAVAN, G.S.V.; MCKYES, E.; THERIAULT, R. A review of subsoil compaction and crop response. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL DYNAMICS, Auburn, Alabama, 1985. **Proceedings**. . . Auburn, USDA-ARS, 1985. v.5, p.970-978.

- LANDINA, M.M.; KLEVENSK, I.L. Effect of soil compactaion and composition of soil air. **Soviety soil science**, Washington, v.16, n.3, p.46-54, 1984.
- LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D.R.; JOSÉ, C.; BAZZA, M. An approximate method of estimating soil water diffusivity for different soil bulk densities. **Water Resources Research**, Washington, v.18, n.1, p.177-181, 1982.
- SILVA, A.P.; LIBARDI, P.; CAMARGO, O.A. A influência da compactação nas características físicas de dois latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v10, p.91-95, 1986
- VAZ, C.M.P.; CRESTANA, S.; REICHARDT, K. Tomografia Computadorizada na avaliação da compactação de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, p.153-159, 1992.