



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DO SOLO EM UM POMAR DE
CITROS CULTIVADO COM PLANTAS DE COBERTURA NAS
CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO RECÔNCAVO DA BAHIA.**

DREID DE CERQUEIRA SILVEIRA

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

ABRIL – 2009

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DO SOLO EM UM POMAR DE
CITROS CULTIVADO COM PLANTAS DE COBERTURA NAS
CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO RECÔNCAVO DA BAHIA**

DREID DE CERQUEIRA SILVEIRA

Engenheira Agrônoma
Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, 2006.

Dissertação submetida à Câmara de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. José Fernandes de Melo Filho

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2009

FICHA CATALOGRÁFICA

S587

Silveira. Dreid de Cerqueira.

Diagnóstico da qualidade do solo em um pomar de citros cultivado com plantas de cobertura nas condições ambientais do Recôncavo da Bahia. / Dreid de Cerqueira Silveira.- Cruz das Almas, BA, 2009.

60f il.

Orientador: José Fernandes de Melo Filho..

Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia..

1. Citros – qualidade de solo. 2. Citros – manejo de solo- Recôncavo da Bahia.. 3. I. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas. II. Título

CDD – 634.3

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DA ALUNA DREID DE CERQUEIRA SILVEIRA**

Prof. Dr. José Fernandes de Melo Filho
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da UFRB
(Orientador)

Prof. Dr. Washington Luiz Cotrin Duete
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da UFRB

Dr. José Eduardo Borges de Carvalho
Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical

Dissertação homologada pelo Colegiado de Curso de Mestrado em Ciências Agrárias em.....

Conferindo o Grau de Mestre em Ciências Agrárias em.....

“Seja forte não como as ondas que tudo destroem, mas como as rochas que a tudo resistem” (Autor desconhecido).

OFEREÇO E DEDICO

Pessoas essenciais na minha vida

Meus pais,

Luciano e Suely

Meu esposo,

Cláudio,

Meus irmãos,

Alysson e Graziele

Meus Sobrinhos,

Alex, Gustavo e Victor

Meus avós,

Vô Benedito e Vó Daza

Vó Amor e Vô Emídio

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela proteção, amor e iluminação que recebo a cada amanhecer. Acredito em ti senhor.

Ao meu grande amor, Cláudio Couto, pelo amor, dedicação, paciência, companheirismo e apoio, peça fundamental para continuar nessa trajetória.

Ao meu pai Luciano, pelo amor, preocupação e incentivo.

À minha querida mãe Suely, pelo exemplo de mulher, a qual a serenidade, calma e paciência habitam no seu eu e isso me faz acreditar no controle emocional da vida. Pelo caráter, incentivo, amor e dedicação que sempre teve comigo. E por fazer acreditar nos meus lindos sonhos.

Aos meus irmãos, Alysson (Guga) e Grazielle (Inhoa), pessoas especiais na minha vida. Pela amizade que temos um com o outro e pela confiança que depositam na minha pessoa.

Aos meus sobrinhos, Alex, Gustavo e Victor, amores da minha vida.

Aos meus avós, Benedito, Daza e Vó Amor, aos quais tenho um grande amor e respeito. São exemplos de luta, força e perseverança.

À D. Raimunda (*"in memorian"*), minha eterna sogra, pelo amor, atenção e dedicação.

Ao meu sogro Antônio Machado, à Rosane, à Joice, a Ricardo e a Jorge, pelo incentivo, apoio e atenção.

Ao grande Prof. José Fernandes de Melo Filho, exemplo profissional, capacitado no que faz, o qual seu reconhecimento é mérito e não sorte. Agradeço por todo apoio, ensinamentos, exigências e correções. Mas acima de tudo isso, a amizade, consideração e respeito. Meu grande conselheiro profissional.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, pela oportunidade de realização do curso.

A Lula Mascarenhas, por permitir a realização dessa pesquisa na sua bela e linda fazenda.

A José Augusto Sacramento, pelo apoio no laboratório e campo, e sua disponibilidade sempre em ajudar.

À Edvana Silveira, pelo apoio, amizade e carinho que recebi desde o início de toda essa trajetória.

Aos meus tios (a)s e primo (a)s, pelo apoio e incentivo.

À Mira, pela presença e orações em toda minha formação.

Aos colegas de Mestrado (2007/2008) pela convivência.

Aos grandes amigos (a)s, por sempre estarem presentes e pelas palavras de incentivo.

Ao CNPQ, pela concessão da bolsa de estudo.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para alcançar mais uma meta na minha vida.

Conto com vocês para a próxima caminhada!!!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	01
Capítulo 1	
ÍNDICE DE QUALIDADE DO SOLO PARA UM POMAR DE CITROS CULTIVADO COM FEIJÃO DE PORCO COMO PLANTA DE COBERTURA NO RECÔNCAVO DA BAHIA.....	07
Capítulo 2	
CARACTERIZAÇÃO DA RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO PARA UM ARGISSOLO AMARELO DISTROCOESO EM UM POMAR DE CITROS NO RECÔNCAVO BAIANO.....	37
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DO SOLO EM UM POMAR DE CITROS CULTIVADO COM PLANTAS DE COBERTURA NAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO RECÔNCAVO DA BAHIA.

Autora: Dreid de Cerqueira Silveira

Orientador: D.Sc. José Fernandes de Melo Filho

RESUMO: O solo é um meio natural, dinâmico, de grande importância para a vida na terra. Fonte básica e essencial para o sustento da humanidade possui funções ambientais e biológicas e, tratando-se da produção agrícola, funciona para: prover um meio para o crescimento vegetal e habitat para animais e microorganismos, regular o fluxo de água e fornecer nutrientes para as plantas. Sua capacidade para funcionar adequadamente no desempenho dessas e de suas outras funções é referida como “qualidade do solo”. Os objetivos desse trabalho foram diagnosticar a qualidade do solo e caracterizar a resistência à penetração em um pomar de citros cultivado com feijão de porco como planta de cobertura do solo nas condições ambientais do Recôncavo da Bahia. O modelo de avaliação do índice de qualidade do solo foi o proposto por Karlen & Stott (1994) e para a avaliação da resistência à penetração foi utilizada a metodologia descrita por Stolf et al. (1983). Os resultados encontrados demonstram que o índice global de qualidade do solo é ruim e indica sérias limitações do Argissolo Amarelo Distrocoeso à produção de citros, assim como o uso do feijão de porco como cobertura vegetal, ao contrário do esperado, não resultou em melhorias dos indicadores de qualidade, indicando que o tempo, as repetições e baixa quantidade de resíduos vegetais resultantes de sua execução não foram suficientes para alterar de forma positiva e melhorar a capacidade do solo para a produção vegetal. A resistência à penetração apresentou distribuição diferente da normal, elevado coeficiente de variação e forte correlação negativa com a umidade do solo, assim como os modelos testados apresentaram bom ajuste e foram adequados para descrever a relação entre umidade e resistência a penetração do solo, sendo o modelo exponencial o que apresentou os melhores índices de aferição para esta relação.

Palavras-chave: atributos do Solo, resistência à penetração, *citrus sinensis*.

DIAGNOSIS OF THE SOIL QUALITY IN A CITRUS ORCHARD CULTIVATED WITH GREEN COVER IN THE RECÔNCAVO BAIANO

Author: Dreid de Cerqueira Silveira

Adviser: Prof. Dr. José Fernandes de Melo Filho

ABSTRACT: The soil is a dynamic, natural body, with great importance for life in the earth. Basic and essential source for the humanity support, it has environmental and biological functions that provide a medium for plant growth, animal habitat and microorganisms regulate the water flow in the environment and provide nutrients for the plants. The capacity of the soil to function effectively in the performance of these and others functions is called "soil quality". The aims of this work were diagnostic the soil quality and characterize the soil resistance to root penetration in a citrus orchard cultivated with a green cover of pig beans (*Canavalia ensiformes*, L.) in the Recôncavo Baiano. It was used the soil quality index model proposed by Karlen & Stott (1994) and to evaluate the soil resistance to root penetration was used the methodology described by Stolf et al. (1983). The results showed that the global soil quality index is bad, indicating serious limitations for citrus production, as well as the use of a green cover of pig beans, contrary to the expected, its use didn't result in improvements of the soil quality indicators, demonstrated that the time of use, repetitions and the low quantity of vegetables residues weren't enough to improve the capacity of the soil to vegetable production. The soil resistance to root penetration presented a different distribution, a high variation coefficient and strong negative correlation with the soil water content. The models tested were well adjusted and adequate to describe the relation between the soil water content and soil resistance to root penetration. The exponential model showed the best index for this relation.

Key words: Soil attributes, resistance penetration, *citrus sinenses*.

INTRODUÇÃO

O solo é um meio natural dinâmico de grande importância para a vida na terra. Fonte básica e essencial para o sustento da humanidade possui funções ambientais e biológicas e, tratando-se da produção agrícola, funciona para prover um meio para o crescimento vegetal e habitat para animais e microorganismos, regular o fluxo de água e fornecer nutrientes para as plantas (LARSON e PIERCE, 1994). De acordo com Karlen et al. (1997) sua capacidade para funcionar adequadamente no desempenho dessas e de suas outras funções é referida como “qualidade do solo”.

Historicamente a qualidade do solo tem sido relacionada com a produtividade agrícola. Também não pode ser considerada uma idéia nova, pois critérios de seleção de solos e práticas de conservação e manutenção da sua produtividade já eram utilizadas no Império Romano (SINGER e EWING, 1999), assim como, também estão registrados em passagens bíblicas. Não obstante, somente no início dos anos de 1990 foram concebidas às primeiras definições e conceitos modernos para “qualidade do solo”.

Larson e Pierce (1991) a definem como “a capacidade do mesmo funcionar nos limites do ecossistema e interagir positivamente com o ambiente externo,” enquanto Doran e Parkin (1994) ampliaram o conceito, definindo-a como “a aptidão do solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado para sustentar a produtividade biológica, manter ou aumentar a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas, animais e dos homens”.

A necessidade de usar o solo cada vez mais intensivamente para atender a demanda de produção de alimentos e matérias primas para uso industrial, determinada pelo crescimento populacional da humanidade, resulta em substanciais alterações dos atributos do solo que estão relacionadas à sua qualidade, especialmente nas regiões tropicais e subtropicais, onde a exploração agrícola intensa provoca sérios problemas para a estrutura, a disponibilidade de água, a atividade biológica e a matéria orgânica do solo (CALDEIRA et al., 1997; TAVARES FILHO et al., 1999; ANDREOLA et al., 2000; SPERA et al., 2004). Por conta dessas e outras alterações existem atualmente no mundo uma quantidade significativa de terras degradadas.

Segundo a FAO (2002), a principal causa da degradação dos solos no mundo está relacionada ao uso e manejo. Para Singer e Ewing (1999) o solo é um recurso abundante, mas de suprimento finito e alguns de seus componentes não podem ser renovados na escala de tempo humana. Segundo esses autores somente 22% das terras do planeta são disponíveis para a agricultura, e, no presente, apenas 3% desse total têm alta capacidade para produção agrícola.

As estimativas atuais indicam que a degradação dos solos vem aumentando significativamente em todas as partes do mundo. Atualmente já estão degradadas em todo planeta mais de 20% das terras agrícolas, 30% das florestas e 10% das pastagens. Desse total, aproximadamente 22% das terras em processo de degradação estão nas zonas muito áridas e nas sub-úmidas secas e 78% em regiões úmidas (SINGER e EWING, 1999).

Por outro lado, a única possibilidade de aumento de produção agrícola na maioria das regiões do mundo é a intensificação do uso das terras já utilizadas, tanto em condições de sequeiro quanto sob irrigação (FAO, 2002). Essa possibilidade é preocupante e demanda a necessidade de utilização de técnicas sustentáveis para que os solos agrícolas do planeta possam ser utilizados permanentemente. Por isso, diagnosticar as causas de degradação e encontrar os meios para sua superação são etapas fundamentais para o uso sustentável e produtivo do solo.

O gênero citros é originário da Ásia e atualmente é encontrado em várias regiões do mundo (REZENDE et al., 2002). No Brasil encontraram condições favoráveis para seu desenvolvimento, o que possibilitou ao país tornar-se o maior produtor mundial de frutas cítricas, com uma área plantada de aproximadamente um milhão de hectares e produção de frutas superior a dezenove milhões de toneladas anuais (IBGE, 2006).

O maior produtor de citros do Brasil é o Estado de São Paulo, responsável por, aproximadamente, 80% da produção nacional e geração de mais de 500 mil empregos diretos e indiretos. Os Estados da Bahia e Sergipe são, respectivamente, o segundo e terceiro produtores de citros do Brasil. Juntos representam 8% da produção citrícola brasileira (AZEVEDO, 2007). Nestes Estados mais de 60% das propriedades produtoras de citros têm menos de 10 hectares (IBGE, 2003).

Na Bahia, a citricultura tem grande importância econômica e social. A sua principal zona de produção encontra-se na faixa litorânea, no ambiente dos Tabuleiros Costeiros, que segundo Cuenca (2001), exerce papel relevante no cenário econômico do Nordeste, pois, além de gerar emprego e renda para a maioria da população, contribui com parte expressiva da receita proveniente da atividade agropecuária.

Por outro lado, os solos coesos dos Tabuleiros Costeiros apresentam limitações para a citricultura, pois o restrito crescimento radicular em profundidade devido à presença de impedimentos físicos e químicos, associados à pobre aeração, ao baixo armazenamento de água no perfil e ao baixo suprimento em nutrientes resultam em baixa longevidade e produtividade dos citros cultivados neste ambiente (MAGALHÃES e REZENDE, 2005).

Segundo Rezende (2000), em média, os pomares cítricos instalados nos Tabuleiros Costeiros apresentam produtividade inferior a uma caixa (200 frutos) por planta/ano e vida útil de aproximadamente 10 a 12 anos. Essa produtividade é muito inferior a da região sudeste, cujos pomares produzem, em média, 2,2 caixas/planta/ano e chegam a 25 anos de vida útil.

Essas diferenças de produtividade dos citros entre as regiões sudeste e nordeste estão relacionadas às limitações impostas pelo ambiente natural, mas, certamente, também são influenciadas pelo nível tecnológico adotado, baseado predominantemente em tecnologias tradicionais (SOUZA et al., 2006). Portanto, o objetivo desse trabalho foi diagnosticar a qualidade do solo em um pomar de citros cultivado com feijão de porco como planta de cobertura do solo nas condições ambientais do Recôncavo da Bahia.

LITERATURA CITADA

ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.3 857-865, 2000.

AZEVEDO, L. C. L. Produção integrada de citros - BA. EMBRAPA/ CNPMF, 2007. Versão eletrônica. Disponível em:

<www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br> Acesso em novembro/2008.

- CALDEIRA, M.V.W.; SILVA, E.M.R. da; FRANCO, A.A.; ZANON, M.L.B. Crescimento de leguminosas arbóreas em respostas a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. **Ciência Florestal**, v.7, n.1, p.110, 1997.
- CUENCA, M.A.G. Importância econômica dos Tabuleiros Costeiros Nordestinos na agropecuária da região. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. 28p. (Série Documentos, 31).
- DORAN, J. W.; PARKIN, T.B. **Defining and assessing soil quality**. In: DORAN, J. W. et al. eds. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, Soil Science Society of America/ American Society of Agronomy, 1994. p.3-21. (SSSA Special Publication, 35).
- FAO. Organização das Nações Unidas para Agricultura e alimentação. Planificación del uso de la tierra enfocada al suelo y el agua: la experiencia de la fao en américa latina y el Caribe, 2002. Disponível em: <http://www.rlc.fao.org/es/tierra/pdf/planifi.pdf>. Acesso em dezembro/2008.
- IBGE. Valor da produção agrícola municipal, 2003. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> - Acesso em junho/2008.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Valor da produção agrícola municipal. Rio de Janeiro: IBGE - Sistema IBGE de recuperação automática—SIDRA. 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> - Acesso em dezembro/2008.
- KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G., HARRIS, R.F. e SCHUMAN, G.E.. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (A guest editorial). **Soil Science Society of American Journal**, n.61, p. 4-10, 1997.
- LARSON, W.E. e PIERCE, F.J. Conservation and enhancement of soil quality. In: INTERNATIONAL BOARD FOR SOIL RESEARCH AND MANAGEMENT, 12., 1991, Bangkok. **Proceedings...** Bangkok: [s.e.], v.2, 1991.
- LARSON, W.E. e PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J. W. et al. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, WI: **Soil Science Society of America**, 1994, p.37–52, (Special Publication, 35).

MAGALHÃES, A. F. de J. e REZENDE, J. de. O. R. Como melhorar a produção de citros nos solos coesos dos tabuleiros costeiros, 2005. Disponível em: <<http://www.nordeste rural.com.br/nordeste rural/matler.asp?newsId=2063>> Acesso em: novembro/2008.

REZENDE, J. O. Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros: limitações agrícolas e manejo. Salvador. SEAGRI- SPA, 2000. 117P. (Série estudos agrícolas, n.1).

REZENDE, J. O; MAGALHÃES, A.F. de J.; SHIBATA, R.T.; ROCHA, E.S.; FERNANDES, J.C.; BRANDÃO, F.J.C. e REZENDE, V.J.R.P. **Citricultura nos solos dos Tabuleiros Costeiros: análise e sugestões**. Salvador, Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária, 2002. 97p.

SINGER, M.J. e EWING, S. Soil Quality. In: SUMNER, M. E. (Ed.). **Handbook of soil science**. Boca Raton: CRC Press LLC, 1999. Section G, p.271-298.

SOUZA L.D.; RIBEIRO, L. da S.; SOUZA. L da S.; LEDO. C. A da S.; SOBRINHO. A.P. da C. Distribuição das raízes dos citros em função da profundidade da cova de plantio em Latossolo Amarelo dos Tabuleiros Costeiros 2006. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.1, p. 87-91, 2006.

SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.3, p.533-542, 2004.

TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M.F.; MEDINA, C.C; BALBINO, L.C; NEVES, C.S.V.J. Método do perfil cultural para avaliação do estado físico de solos em condições tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.2 p.393-399, 1999.

CAPÍTULO 1

ÍNDICE DE QUALIDADE DO SOLO PARA UM POMAR DE CITROS CULTIVADO COM FEIJÃO DE PORCO COMO PLANTA DE COBERTURA NO RECÔNCAVO DA BAHIA¹

¹ Artigo ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Brasileira de Ciência do Solo

ÍNDICE DE QUALIDADE DO SOLO PARA UM POMAR DE CITROS CULTIVADO COM FEIJÃO DE PORCO COMO PLANTA DE COBERTURA NO RECÔNCAVO DA BAHIA

Autora: Dreid de Cerqueira Silveira

Orientador: D.Sc. José Fernandes de Melo Filho

RESUMO: O citros é uma cultura perene que tem um importante papel econômico e social nos Tabuleiros Costeiros. Neste ambiente, são encontrados o segundo e terceiro produtores dessa fruta do Brasil, respectivamente, os Estados da Bahia e Sergipe, os quais representam 8% da produção citrícola nacional. No Recôncavo da Bahia, tradicional região produtora de citros no Estado predominam solos com caráter coeso o que exige o uso de técnicas de manejo do solo, a exemplo de leguminosas como planta de cobertura. O objetivo deste trabalho foi diagnosticar a qualidade do solo em um pomar de citros cultivado com feijão de porco como planta de cobertura no Recôncavo da Bahia. O estudo foi realizado no período de 2008, em um pomar comercial de citros sob cultivo de laranja 'Pêra' (*Citrus sinensis* Osb.) sob porta enxerto de limão cravo (*Citrus limonia* Osbeck) com feijão de porco (*Canavalia ensiformis* L.) nas entrelinhas das plantas, no município de Governador Mangabeira, região do Recôncavo do Estado da Bahia. Para determinação do índice de qualidade do solo utilizou-se o método proposto por Karlen & Stott (1994) e amostras foram coletadas em duas profundidades: 0 - 0,20 m; 0,20 - 0,40 m. Os resultados encontrados demonstram que o índice global de qualidade do solo é ruim e indica sérias limitações à produção de citros, assim como o uso do feijão de porco como cobertura vegetal, ao contrário do esperado, não resultou em melhorias dos indicadores de qualidade do solo, mostrando que o tempo, as repetições e baixa quantidade de resíduos vegetais resultantes de sua execução não foram suficientes para alterar de forma positiva e melhorar a capacidade do solo para a produção vegetal.

Palavras-chaves: tabuleiros costeiros, atributos do solo, *citrus sinensis*, leguminosas.

SOIL QUALITY INDEX TO CITRUS ORCHARD CULTIVATED WITH A GREEN COVER OF PIG BEANS (*CANAVALIA ENSIFORMES*, L.) IN THE RECÔNCAVO BAIANO

Author: Dreid de Cerqueira Silveira

Adviser: Prof. Dr. José Fernandes de Melo Filho

ABSTRACT: The citrus is a perennial tree crop with an important economic and social role in the Coastal Table Lands. In this environment are found the second and third producers of this fruit of Brazil, in the states of Bahia and Sergipe, respectively, which remain 8% of the national agribusiness of citrus. In the Reconcavo of Bahia predominates cohesive soils, so it's necessary to use soil management techniques, such as legumes as soil cover crop. The objective of this work was to diagnose the soil quality in a citrus orchard cultivated with a green cover of pig beans (*Canavalia ensiformes*, L.) in the Recôncavo Baiano. The study was carried out in 2008, in a citrus orchard with 'Pera' sweet orange (*Citrus sinensis* Osb.) budded on 'Rangpur' lime (*Citrus limonia* Osbeck) with a green cover of pig beans (*Canavalia ensiformes*, L.) between the planting lines of citrus, in Governador Mangabeira, in the Recôncavo region. The soil quality index was determinate by the model proposed by Karlen & Stott (1994) and the soil samples were collected in depths of 0 - 0,20; 0,20 - 0,40 m. The results showed that the global soil quality index is bad, indicating serious limitations for citrus production, as well as the use of a green cover of pig beans, contrary to the expected, its use didn't result in improvements of the soil quality indicators, demonstrated that the time of use, repetitions and the low quantity of vegetables residues weren't enough to improve the capacity of the soil to vegetable production.

Key words: Costal table lands, Soil attributes, *citrus sinenses*, leguminosae

INTRODUÇÃO

O citros é uma cultura perene que tem um importante papel econômico e social nos Tabuleiros Costeiros. Neste ambiente, são encontrados o segundo e terceiro produtores dessa fruta do Brasil, respectivamente, os Estados da Bahia e Sergipe, os quais representam 8% da produção citrícola nacional (Azevedo, 2007). Nestes Estados mais de 60% das propriedades produtoras de citros têm menos de 10 hectares (IBGE, 2003), o que determina sua importância para a geração de emprego e renda associada à pequena produção.

Os Tabuleiros Costeiros são formações terciárias, distribuídas por quase toda faixa litorânea do Brasil, com extensão entre os Estados do Amapá até o Rio de Janeiro e parte do vale do rio Paraíba do Sul no Estado de São Paulo, onde predominam os Latossolos e Argissolos Amarelos, os quais apresentam como característica o caráter coeso e como limitações: baixo teor de nutrientes, acidez em profundidade, elevada saturação de alumínio, baixa capacidade de troca catiônica, baixa saturação por bases, baixa capacidade de retenção de água e elevada resistência à penetração no horizonte coeso (Jacomine, 1996; Souza, 1996; Rezende et al., 2002). Estas condições indicam que os solos coesos apresentam, sob condição natural, baixo índice de qualidade para crescimento das plantas e produção vegetal, conforme verificaram Melo Filho et al. (2007). Outro aspecto desses solos refere-se ao efeito da camada coesa na dinâmica da água e sua disponibilidade para as plantas ao longo do ano. A ocorrência da coesão reduz os macroporos, principais condutores de água de um solo, o que dificulta o fluxo da água no perfil, determinando ciclos de secamento/molhamento, que resultam em deficiência hídrica em alguns períodos do ano ou saturação de água em outros (Cintra, 1997; Souza & Paiva, 2001). Esses aspectos, associados à ocorrência de vários períodos de estiagem ao longo do ano, em média cinco meses de poucas chuvas, tem acentuado a falta de água para as plantas, com prejuízo para a produtividade da cultura (Carvalho et al., 2002). Em adição a esta situação, o horizonte coeso, com alta densidade e resistência à penetração, impõem condições físicas inadequadas ao crescimento e desenvolvimento em profundidade do sistema radicular das plantas cítricas (Rezende, 2000; Santana et al., 2006).

Além do horizonte coeso, outro problema que os citricultores da Bahia e Sergipe enfrentam refere-se ao elemento natural ou inerente da qualidade do solo, a sua textura. Os solos dessa região apresentam alto teor de areia nos horizontes superficiais (Ribeiro, 1996). Por isso, de acordo com Cintra & Coelho (1987) é necessário, para a obtenção de produtividade adequada, a adoção de práticas culturais que permitam aumentar os teores de matéria orgânica e a capacidade de retenção de água dos solos coesos.

Para Souza (1996) a presença do horizonte coeso determina para o cultivo do citros a necessidade de técnicas de manejo diferentes daquelas tradicionalmente utilizadas em outras regiões e situações. Assim, são necessárias técnicas que possam criar as condições essenciais relativas à melhoria do armazenamento e disponibilidade de água e nutrientes e redução da resistência do solo à penetração radicular (Rezende, 2002). Duas alternativas de manejo que atendem as recomendações de Souza (1996) e Rezende (2002) são a subsolagem e o uso de leguminosas como planta de cobertura do solo.

As plantas de cobertura são relevantes para a manutenção ou melhoria dos indicadores químicos, físicos e biológicos de qualidade do solo para a produção agrícola. Trata-se de uma prática que consiste no emprego de espécies de diferentes famílias botânicas, nativas ou introduzidas, que cobrem o terreno em períodos de tempo ou durante todo ano, cujos efeitos são: a proteção do solo contra a erosão; adição de C e N; ciclagem de nutrientes, melhoria da qualidade estrutural do solo, aumento da produção e produtividade das culturas (Monegat, 1991; Ribeiro, 1999; Silva et al., 1999). Confirmando estas características, Malavolta (1967) registra que a vantagem do uso das leguminosas deve-se ao seu sistema radicular bastante ramificado e profundo, a grande quantidade de massa produzida por unidade de área, sua riqueza em elementos minerais, capacidade de mobilização dos nutrientes do solo e, principalmente, da possibilidade de aproveitamento do nitrogênio atmosférico.

O feijão de porco (*Canavalia ensiformis* L.) é um dos vegetais mais utilizados e com potencial para uso como planta de cobertura. Espécie leguminosa, originária da América tropical, herbácea, agressiva, de crescimento rápido, rústica, rasteira, de ciclo anual e bianual, é resistente às altas temperaturas e à seca. Assim como outras espécies do gênero das leguminosas é recomendada como adubo verde, para aumentar a fertilidade do solo e melhorar

as suas características físicas e biológicas. Segundo Carvalho et al., (1998) o sistema radicular do feijão-de-porco ao penetrar na camada coesa melhorou as propriedades físicas do solo permitindo maior aprofundamento do sistema radicular do citros, além de aumentar a infiltração e o armazenamento de água. Também favoreceu a melhoria dos percentuais de matéria orgânica no solo (Conceição et al., 2005).

O objetivo deste trabalho foi diagnosticar a qualidade do solo em um pomar de citros cultivado com feijão de porco como planta de cobertura no Recôncavo da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área e solo

O estudo foi realizado no período de abril a dezembro de 2008, em um pomar comercial de citros (Figura 1) localizado no município de Governador Mangabeira, região do Recôncavo do Estado da Bahia, cujas coordenadas geográficas são: 12° 36' 00" S, 39° 02' 00" W, altitude de 200 m e temperatura média anual de 25°C. O clima do local, segundo a classificação de thornthwaite, é do tipo úmido, com pluviosidade média anual de 1170 mm e variações entre 900 e 1300 mm, sendo os meses mais chuvosos de março a agosto e os mais secos, de setembro a fevereiro (Ribeiro, 1998). O solo do local foi classificado como Argissolo Amarelo Distrocoeso, há 5 anos sob cultivo de laranja 'Pêra' (*Citrus sinensis* Osb.) sob porta enxerto de limão cravo (*Citrus limonia* Osbeck) em espaçamento de 5,0 m entre as linhas e 3,0 m entre plantas na linha. A área possui 10 hectares cultivados com feijão de porco (*Canavalia ensiformis* L.) como planta de cobertura do solo nas entrelinhas das plantas, durante os anos de 2006 e 2007. O feijão de porco foi plantado de duas formas: em 2006 em covas espaçadas de 0,2 m x 0,4 m; em 2007 a lanço, utilizando-se, aproximadamente, 120 kg de sementes por hectare. Na implantação do pomar utilizou-se uma aração e uma gradagem para preparar o solo e calagem e adubação para correção do pH e deficiências nutricionais. O plantio foi feito em covas com dimensões de 0,4 m x 0,4 m x 0,3 m, adubadas com "super-simples" na dosagem média de 0,3 kg por cova. Para o cultivo e controle de plantas infestantes utilizou-se grade e roçadeira nos dois primeiros anos e, a partir do terceiro ano, apenas

roçadeira hidráulica tratorizada. A adubação de cobertura é feita com base em análise de solo e os adubos, na formulação comercial 11-08-08, são distribuídos na quantidade de 0,4 kg por planta, de maneira uniforme na projeção da copa, normalmente, entre os meses de maio a junho. Também se utiliza esterco curtido de frango na quantidade de 4,0 kg por planta/ano. A colheita, realizada duas vezes ao ano, nos meses de junho/julho e dezembro/janeiro, é manual com carregamento via trator circulando nas entrelinhas das plantas. A produtividade média do pomar é de 10 toneladas de frutos frescos por hectare/ano.

Coleta das amostras

As amostras foram coletadas nas entrelinhas das plantas, em delineamento inteiramente casualizado, em um transecto de 48 m, com pontos de coleta espaçados de 12 em 12 m, totalizando 5 pontos de amostragem na área estudada, conforme definido por Souza (2005). Em cada ponto foram coletadas, 5 amostras indeformadas para as análises físicas e 1 amostra deformada para as análises químicas, em duas profundidades: 0 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m. A coleta da amostra deformada foi realizada com trado pedológico, tipo sonda e as indeformadas com extrator de solo tipo Uhland em anéis com diâmetro de 5,1 cm, altura de 5,2 cm e volume de 106,18 cm³.



Figura 1. Aspecto geral do pomar e da área estudada.

Índice de qualidade do solo

O modelo utilizado para avaliar o índice de qualidade do solo foi o proposto por Karlen & Stott (1994) conforme descrito em Melo Filho et al. (2007). Foram avaliados 11 (onze) indicadores de qualidade: macroporosidade, densidade do solo, condutividade hidráulica no solo saturado, relação umidade volumétrica retida a 33 kPa/porosidade total (UV_{33kPa}/PT) e relação de água disponível/porosidade total (AD/PT), pH, resistência à penetração (RP_{100kPa}), capacidade de troca catiônica (CTC), percentagem de saturação por bases (V%), percentagem de saturação por alumínio (m%) e matéria orgânica (MO). Os métodos utilizados foram: porosidade total, macro e micro e densidade do solo (Embrapa, 1997); retenção de água em câmaras de pressão de Richards (Kiehl, 1979); condutividade hidráulica no solo saturado pelo método do permeâmetro de carga decrescente (Libardi, 2000); pH, capacidade de troca catiônica, saturação por bases e saturação por alumínio (Embrapa, 1997); e matéria orgânica pelo método de Walkley & Black, descrito em Raij & Quaggio (1983).

Para quantificar a resistência do solo à penetração utilizou-se o penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf, seguindo metodologia proposta por Stolf et al. (1983). Os dados experimentais de resistência à penetração foram obtidos em $Kgf\ cm^{-2}$ e depois multiplicados pela constante 0,098 para transformação em MPa, conforme Beutler et al. (2001). Objetivando padronizar as medidas de resistência a penetração para uma mesma umidade, neste caso retida na tensão de 100 kPa, medidas de resistência à penetração (RP) e umidade gravimétrica (Ug) foram coletadas durante 6 meses, entre junho e dezembro de 2008, abrangendo desde a época mais úmida até a mais seca, de maneira a obterem-se medidas para diversas umidades no solo. Os pares de dados foram plotados em um gráfico de RP x Ug e equações de regressão (Busscher et al., 1997) foram ajustadas, sendo possível obter-se o valor da RP para 100 kPa. O quadro 1 mostra o detalhamento das funções principais, indicadores, ponderadores e limites críticos utilizados na composição do índice de qualidade do solo para esta avaliação.

Os valores do IQS variam na escala de 0 – 1, sendo 0,5 o limite entre as classes, alta e baixa, de qualidade do solo. Segundo Karlen & Stott (1994) quando o resultado é acima de 0,5 o solo apresenta alta qualidade para a função

avaliada. Da mesma forma e ao contrário, quando o valor do IQS é menor do que 0,5 o solo apresenta limitações e baixa qualidade. Entretanto, os resultados foram enquadrados de acordo com a classificação proposta por Souza (2005), na qual para $\text{IQS} \leq 0,5$ = qualidade ruim; $0,5 < \text{IQS} \leq 0,7$ = qualidade regular; $0,7 < \text{IQS} \leq 1,0$ = qualidade boa.

Os valores dos indicadores de qualidade foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de t de “Student” a 5% de significância.

Quadro 1. Funções principais e indicadores físicos e químicos utilizados para avaliação da qualidade de um Argissolo Amarelo Distrocoeso cultivado com citros e feijão de porco como planta de cobertura do solo no Recôncavo da Bahia

Ponderadores das funções	Indicadores de qualidade (*)	Ponderadores dos indicadores	Limites críticos		Referências dos limites críticos
			Inferior	Superior	
Função crescimento radicular em profundidade (FCRP)					
0,40	RP _{100 kPa} (MPa)	0,40	2,00		Taylor et. al. (1966)
	MP (m ³ m ⁻³)	0,30	0,10	0,30	Carter (2002)
	Ds (kg dm ⁻³)	0,10	1,59		Souza et al. (2003)
	m (%)	0,20	50		Lepsch (1991)
Função condução e armazenamento de água (FAA)					
0,40	K _o (cm h ⁻¹)	0,20	2,00	20	Lepsch (1991)
	MP (m ³ m ⁻³)	0,20	0,10	0,30	Carter (2002)
	UV _{33kPa} /PT	0,30	0,55		Souza et al. (2003)
	AD/PT	0,30	0,125		Souza et al. (2003)
Função suprimento de nutrientes (FSN)					
0,20	pH em água	0,10	5,0	6,5	Alvarez et al. (1999)
	CTC (cmol _c dm ⁻³)	0,40	4,0		Lepsch (1991)
	V (%)	0,20	50		Lepsch (1991)
	MO (g kg ⁻¹)	0,30	15		Bahia (1989)

(*)RP_{100kPa} = resistência à penetração à 100kPa de tensão na umidade do solo; MP = macroporosidade do solo; Ds = densidade do solo; m = saturação por alumínio; K_o = condutividade hidráulica do solo saturado; UV_{33kPa}/PT = relação umidade volumétrica retida a 33 kPa/porosidade total; AD/PT = relação água disponível/porosidade total; CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases e MO = matéria orgânica. Fonte: Souza et. al. (2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios para os indicadores de qualidade avaliados neste estudo estão registrados por grupo de função no quadro 2.

Verificou-se que os valores do pH do solo indicam acidez fraca na profundidade de 0 - 0,20 m e média na de 0,20 - 0,40 m e estão próximos do ideal para o citros, ou seja, em torno de 6,0 segundo Alvarez (1999). De acordo com Tomé Junior (1997) essa diferença de pH em profundidade é comum para solos agrícolas que recebem periodicamente calagem, o que realmente acontece na área avaliada, tendo em vista que o produtor realizou aplicações regulares de calcário durante os três primeiros anos de implantação da cultura, nas seguintes dosagens: no primeiro ano 2,5 t/ha, no segundo ano 1,8 t/ha e no terceiro 1,0 t/ha. Nesse caso o sistema de distribuição superficial do corretivo juntamente com a incorporação leve com grade contribuiu para a concentração dos efeitos do calcário na superfície justificando as diferenças encontradas.

De forma diferente do pH a saturação por bases (V%) foi praticamente igual nas duas profundidades. Os valores encontrados são elevados e estão acima de 50%, conferindo o caráter eutrófico a essa área conforme Tomé Júnior (1997). Outro aspecto importante relacionado à saturação de bases e ao pH são os valores encontrados para saturação de alumínio (m%), cujo índice foi zero, indicando que os sítios de troca estão, em sua maioria, ocupados com nutrientes úteis como cálcio (36%), magnésio (26%) e potássio (3%). No entanto, é importante registrar o desequilíbrio da relação cálcio/magnésio, bastante diferente da condição considerada ideal (Lopes & Guidolin, 1989), o que, possivelmente, deve-se às características do calcário utilizado na área, sempre dolomítico. Outra característica importante desta área de produção deve-se a presença de sódio (Na) entre os sais presentes no solo, cuja saturação detectada foi de 0,26%, e cuja ocorrência pode ter como fonte o esterco de frango utilizado para adubação orgânica no pomar, o qual contém sódio em sua composição básica.

Os valores da matéria orgânica (Quadro 2) apresentaram-se, nas duas profundidades avaliadas, abaixo do limite crítico de 15 g kg^{-1} , estabelecido para este indicador. Apesar do uso das leguminosas, os resultados encontrados ficaram abaixo do conteúdo médio da matéria orgânica registrado por Silveira (2007) para uma área de mata natural localizada em condições edáficas e

climáticas semelhantes àquela deste estudo. Os resultados também contradizem estudos realizados por Conceição et al., (2005); Carvalho et al., (2006) e Auler et al., (2008), os quais verificaram que a presença de leguminosas como cobertura vegetal, na entrelinha de citros, aumentou o teor de matéria orgânica no solo, melhorando a contribuição desse indicador para o índice de qualidade do solo. De acordo com Tomé Júnior (1997), baixos teores de matéria orgânica no solo estão associados à textura arenosa, baixa CTC e elevado potencial para lixiviação de bases. Nesta área observa-se que a presença do feijão de porco não contribuiu para elevar o teor de matéria orgânica. Considerando-se a textura franco-arenosa (Quadro 3) e a baixa CTC (Quadro 2) pode-se inferir que o solo desta área apresenta também elevado potencial para perdas de nutrientes por lixiviação, o que exige cuidados especiais quanto a aplicação de nutrientes e corretivos na mesma, assim como o uso mais intensivo de plantas que possam ciclar os nutrientes diminuindo as possíveis perdas de nutrientes por lixiviação.

Quadro 2. Valores médios dos indicadores de qualidade para um Argissolo Amarelo Distrocoeso cultivado com citros e feijão de porco como planta de cobertura do solo no Recôncavo da Bahia

Profundidade	Funções principais											
	Suprimento de nutrientes				Crescimento radicular em profundidade				Condução e armazenamento de água			
	pH	CTC	V	MO	*m	Ds	RP _{100kPa}	MP	UV _{33kPa} /PT	AD/PT	K ₀	MP
m	-	cmol _c dm ⁻³	%	g kg ⁻¹	%	g cm ⁻³	MPa	m ³ m ⁻³	-	-	cm h ⁻¹	m ³ m ⁻³
0,0 - 0,20	6,14a	3,87a	64,80a	10,76a	0,0	1,57a	1,98a	0,22a	0,29a	0,04a	29,82a	0,22a
0,20 - 0,40	5,78b	3,61a	64,40a	8,95a	0,0	1,61a	2,17a	0,20a	0,41b	0,05b	23,40a	0,20a

RP_{100kPa} = resistência à penetração a 100kPa de tensão na umidade do solo; MP = macroporosidade do solo; Ds = densidade do solo; m% = saturação por alumínio; K₀ = condutividade hidráulica do solo saturado; UV_{33kPa}/PT = relação umidade volumétrica retida a 33 kPa/porosidade total; AD/PT = relação água disponível/porosidade total; CTC = capacidade de troca catiônica; V% = saturação por bases e MO = matéria orgânica. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de t de "Student" ao nível de 5% de probabilidade. *Igualdade sem comparação estatística

Os valores médios encontrados para CTC foram baixos e estatisticamente iguais nas duas profundidades (Quadro 2). Segundo Araújo et al., (2007) a matéria orgânica e a CTC apresentam uma correlação positiva e nos solos tropicais, com predominância de argilominerais de baixa atividade, esta relação assume fundamental importância para o comportamento químico do solo, tendo em vista que a fração orgânica contribui com a maior proporção das cargas negativas, conforme também registram Silva & Resck (1997). Essa correlação pode ser observada nos resultados apresentados nos quadros 2 e 3, os quais registram predominância de areia na matriz do solo e baixo teor de matéria orgânica, gerando, conseqüentemente, baixa proporção de cargas negativas, o que resulta em uma baixa CTC e elevado potencial de perdas por lixiviação. Carvalho (2008) quando estudou qualidade de solo em um sistema tradicional de citros nas condições ambientais dos Tabuleiros Costeiros também verificou que a CTC e a matéria orgânica foram baixos e limitantes a produção da cultura. Outras limitações de natureza química também foram identificadas por Coelho et al. (1993) e Sacramento (2004) quando realizaram um diagnóstico sobre as condições nutricionais de pomares cítricos na Bahia, o que indica a necessidade da realização de estudos atuais com maior abrangência espacial para que se possa confirmar esta tendência em relação aos pomares críticos nesta zona do Recôncavo da Bahia.

Quadro 3. Classe textural para duas profundidades de um Argissolo Amarelo Distrocoeso cultivado com citros e feijão de porco como planta de cobertura do solo no Recôncavo da Bahia

Profundidade	Areia	Silte	Argila	Classe Textural
m	g kg ⁻¹			
0,0 - 0,20	809,22	55,81	134,97	Franco arenosa
0,20 - 0,40	789,40	30,96	179,64	Franco arenosa

Os valores encontrados para densidade do solo foram estatisticamente iguais, mas diferiram em relação ao limite crítico de 1,59 kg dm⁻³ estabelecido por Souza et al. (2003). Nas duas profundidades avaliadas foram altos, sendo inferior

ao limite crítico em 0 – 0,20 m e superior em 0,20 - 0,40 m. Tendo em vista o uso de plantas de cobertura, este resultado está relacionado com a presença do horizonte coeso, com o baixo teor de matéria orgânica e com a composição textural das camadas de solo estudadas, cuja relação pode resultar em valores elevados de densidade do solo, conforme demonstrado por Paiva (1997) em solos de tabuleiro quando verificou elevado valor de densidade do solo em um Argissolo Acinzentado sem coesão, de textura areia franca a franco-arenosa em comparação com um Latossolo Amarelo Argissólico e um Argissolo Amarelo, ambos coesos e de textura média a argilosa. Essas relações também podem ser confirmadas quando se comparam os valores desta avaliação com aqueles encontrados por Carvalho (2008) para um pomar de citros sob sistema tradicional de manejo e uso intensivo de máquinas agrícolas. Nesse caso, a explicação deve-se a influência da textura do solo, cujo teor de areia apresentou-se 10% superior nesta área de estudo.

O valor médio da porosidade total (Quadro 4) na profundidade de 0 - 0,20 m ficou acima de 35%, limite inferior estabelecido por Kiehl (1979) para solos com textura semelhante ao deste estudo e na profundidade de 0,20 - 0,40 m ficou abaixo desse limite. A porosidade regula as relações entre as fases, sólida, líquida e gasosa dos solos, assim, quanto menos poroso for o solo, maior será sua resistência mecânica à penetração das raízes. Estudos demonstram que quanto maior a percentagem de macroporos, mais o solo pode ser explorado pelas plantas, aumentando a área de atuação do sistema radicular (Wang et al., 1986; Longsdon et al., 1993; Timlim et al., 1994). Também facilita o movimento de solutos, da água e do ar (Beven & Germann, 1982). No entanto, o conhecimento da porosidade total de um solo não constitui uma informação muito precisa para caracterizar suas propriedades físico-hídricas. Por isso, é de grande importância também se conhecer a distribuição da macro e microporosidade (Kiehl, 1979). Os valores médios encontrados da macroporosidade para as duas profundidades estão dentro dos limites críticos estabelecidos por Carter (2002). Porém, ao se observar os valores encontrados para a microporosidade verifica-se que os mesmos são menores do que aqueles encontrados para a macroporosidade. Essa predominância dos macroporos indica que o solo da área em estudo apresenta-se bem drenado e arejado, entretanto, com menor capacidade de retenção de água, o que reflete no percentual de água disponível (Quadro 4), que

se apresenta baixo e é uma limitação a produção agrícola. Esta condição também gera duas conseqüências para a produtividade do citros. Primeiro: facilita a ocorrência de vários períodos de estresse hídrico durante o ano e, segundo: possibilita, em função da relação resistência à penetração versus umidade, variações significativas na resistência à penetração do solo, que pode alcançar valores acima de 30 MPa nas épocas mais secas do ano, conforme verificado no mês de novembro de 2008 na área de estudo.

Quadro 4. Distribuição da porosidade e índice de disponibilidade de água para um Argissolo Amarelo Distrocoeso cultivado com citros e feijão de porco como planta de cobertura do solo no Recôncavo da Bahia

Profundidade	PT	MP	MI	AD
m	%			
0,0 - 0,20	36,77	22,25	14,52	0,037
0,20 - 0,40	33,30	20,34	12,96	0,046

PT = porosidade total; MP = macroporosidade; MI = microporosidade; AD = água disponível.

As diferenças de porosidade entre as profundidades do solo estão coerentes. Diminuem em profundidade e com o aumento da densidade. Também concordam com resultados de Alvarenga et al. (1996) e Merotto Jr. & Mundstock (1999), mas neste caso deve-se destacar que, conforme seria esperado, não verificou-se a tendência ideal para a microporosidade (Quadro 4), cuja explicação pode-se atribuir mais uma vez a influência da textura do solo. No entanto, deve-se registrar o aumento da percentagem de água disponível na camada 0,20 – 0,40 m em relação à camada superior (0 - 0,20 m), o que ocorreu, não pelo aumento da microporosidade, mas certamente pela diminuição do diâmetro médio dos poros, determinada pelo aumento da densidade e conseqüente aumento da sua capacidade de reter água, o que, neste caso, acaba sendo benéfico para a cultura do citros pela maior oferta de água para seu metabolismo, conforme se pode absorver das discussões de Klein & Libardi (2000).

O solo é o reservatório natural de água para as plantas e como regulador do fluxo hídrico executa uma das suas funções mais importantes para a produção vegetal. Seu desempenho para esta função é determinado por suas características intrínsecas, a exemplo da textura, da estrutura, teor de argila e matéria orgânica e por todas as práticas de manejo que afetem a porosidade quanto a sua continuidade, distribuição e diâmetro. A interação entre esses fatores é bastante complexa e muito difícil de ser prevista. Por outro lado, diversos estudos mostram que existe uma forte relação entre condições climáticas, combinação enxerto/porta-enxerto, características hídricas do solo e fatores relacionados ao manejo do pomar com a produtividade, vigor das plantas e qualidade dos frutos em citros, que por ser uma espécie perenifólia, requer níveis contínuos de umidade no solo, além de condições adequadas de drenagem, porosidade e permeabilidade (Oliveira, 1991; Ortolani et al., 1991; Cintra et al., 2000). Nesse contexto, as relações (UV_{33kPa}/PT) e (AD/PT) são dois indicadores que possibilitam verificar o grau de eficiência do solo para prover as melhores condições de saturação efetiva na capacidade de campo e quanto a eficiência da oferta de água prontamente disponível para uso pelo vegetal. Nesta avaliação verificou-se que estes indicadores são diferentes estatisticamente em profundidade e nos dois casos bastante limitantes quanto ao atendimento das necessidades da cultura do citros. A primeira relação (UV_{33kPa}/PT), que define a saturação efetiva do solo quando na capacidade de campo, apresentou valores muito inferiores ao limite crítico e mostra que nesta condição a percentagem de poros ocupados com água é muito pequena. Considerando-se que nas condições dos Tabuleiros Costeiros 90% do sistema radicular do citros se encontram na profundidade de 0,0 – 0,40 m (Cintra et al., 1999; Souza et al., 2004) pode-se perceber a grande dificuldade de disponibilização de água para as plantas cítricas, mesmo quando o solo está na sua máxima capacidade de oferta.

O volume de poros ocupados com água a ser disponibilizada para as plantas (AD/PT) também se constitui em uma limitação à produção agrícola. Neste estudo os valores determinados confirmam a baixa eficiência deste solo em manter e disponibilizar a água disponível para as plantas por períodos mais longos de tempo. Neste caso, pode-se supor que as plantas dependem muito do fornecimento continuado de água para que possam manter níveis de produtividade elevados e estão sujeitas a muitos eventos de estresse hídrico.

A condutividade hidráulica saturada (K_0) (Quadro 2) apresenta grau de permeabilidade rápida segundo a classificação de Lepsch (1991). De acordo com Ribeiro et al., (2007) os sistemas de manejo que resultam em menores densidades encontram-se associados a maiores níveis de porosidade e condutividade hidráulica saturada, mas neste caso o grau de permeabilidade encontrado é mais uma limitação à produção do citros tendo em vista que a água infiltrada passa rapidamente pelo sistema solo/planta sem atender a necessidade do citros quando não há o fornecimento de água da chuva, limitando a função do solo como regulador do fluxo de água. Nesta situação, conforme registra Cintra (1997) e ao contrário do pensamento geral, a presença da camada coesa seria um fator positivo como facilitador da disponibilidade de água para as plantas, tendo em vista que o gradiente de condutividade hidráulica para essa camada em relação à camada superior (Paiva et al., 2000) contribuiria para manter por mais tempo um volume de água disponível para as plantas durante o período sem recarga. Outro aspecto que merece ser registrado quanto a isto se refere ao uso da subsolagem nesta condição. Prática bastante recomendada para romper a camada coesa, aumentar a infiltração de água e melhorar o desenvolvimento do sistema radicular do citros (Dias, 2006), neste caso não seria a melhor solução tendo em vista as limitações apresentadas pelo agrossistema avaliado decorrentes da elevada permeabilidade, baixa capacidade de retenção e disponibilidade de água para as plantas, condições que demandam a presença de uma camada de solo que impeça a rápida drenagem da água infiltrada e garanta sua disponibilidade por mais tempo conforme indica Cintra (1997).

A resistência à penetração (RP) é um dos indicadores de qualidade física do solo que melhor se relaciona com o crescimento do sistema radicular das plantas. Varia positivamente com a densidade do solo (D_s) e negativamente com o conteúdo de água do solo (θ), cuja descrição matemática estabelece a curva de resistência do solo à penetração. A RP também é considerada como o fator mais limitante ao crescimento do sistema radicular das plantas e o mais sensível indicador do estado de compactação de um solo (Rosolem et al., 1999; Roque et al., 2008). Neste estudo a resistência do solo à penetração apresentou valores muito próximos do limite crítico de 2 MPa, nas duas profundidades, sendo um pouco menor na profundidade 0 – 0,20 m e um pouco maior na profundidade 0,20 – 0,40 m (Quadro 2). Essa condição certamente foi determinada pelo

sistema de manejo utilizado na área, baseado no uso de grade para tratamentos culturais e trânsito de máquinas intensivamente nos três primeiros anos de implantação do pomar, o que resulta em alterações nas propriedades físicas do solo, como aumento da densidade, diminuição da taxa de infiltração de água, tamanho de agregados e volume de macroporos e, conseqüentemente, aumento da resistência à penetração (Cavenage et al., 1999; Beutler et al., 2001; Lima et al., 2005). Nestas condições e níveis de resistência do solo à penetração de raízes pode-se inferir que as plantas de citros encontram limitações à expansão do sistema radicular, o que está de acordo com os resultados de Rezende (2000) e Rezende et al. (2002). Por outro lado, a compreensão dessas relações pode ser melhor visualizada observando-se as curvas e os modelos ajustados à relação $RP \times \theta$. As curvas de RP para as duas profundidades avaliadas estão na figura 2a. Sua análise revela que os valores de RP aumentam à medida que a umidade gravimétrica do solo diminuiu, sendo normal essa relação existente entre elas conforme Orlando et al. (1998), no entanto, deve-se registrar que esse processo se dá muito rapidamente, devido a baixa retenção de água, predominância de areia na fração mineral e elevada permeabilidade. Verifica-se também uma pequena diferença entre as profundidades, sendo a RP maior na camada de 0,20 – 0,40 m. Esses resultados estão relacionados com a textura (Quadro 3), com a densidade do solo (Quadro 2) e a possível presença da camada coesa. Outro aspecto interessante é que as curvas de resistência desta área apresentam comportamento bem diferente daquele encontrado por Carvalho (2008) em uma área de citros em sistema tradicional de manejo (Figura 2b). Neste caso e ao contrário dos registros de Carvalho (2008) percebe-se que quando a umidade do solo é maior os valores de RP tendem a ser diferentes entre as profundidades e menores na camada com maior conteúdo de areia, 0 – 0,20 m.

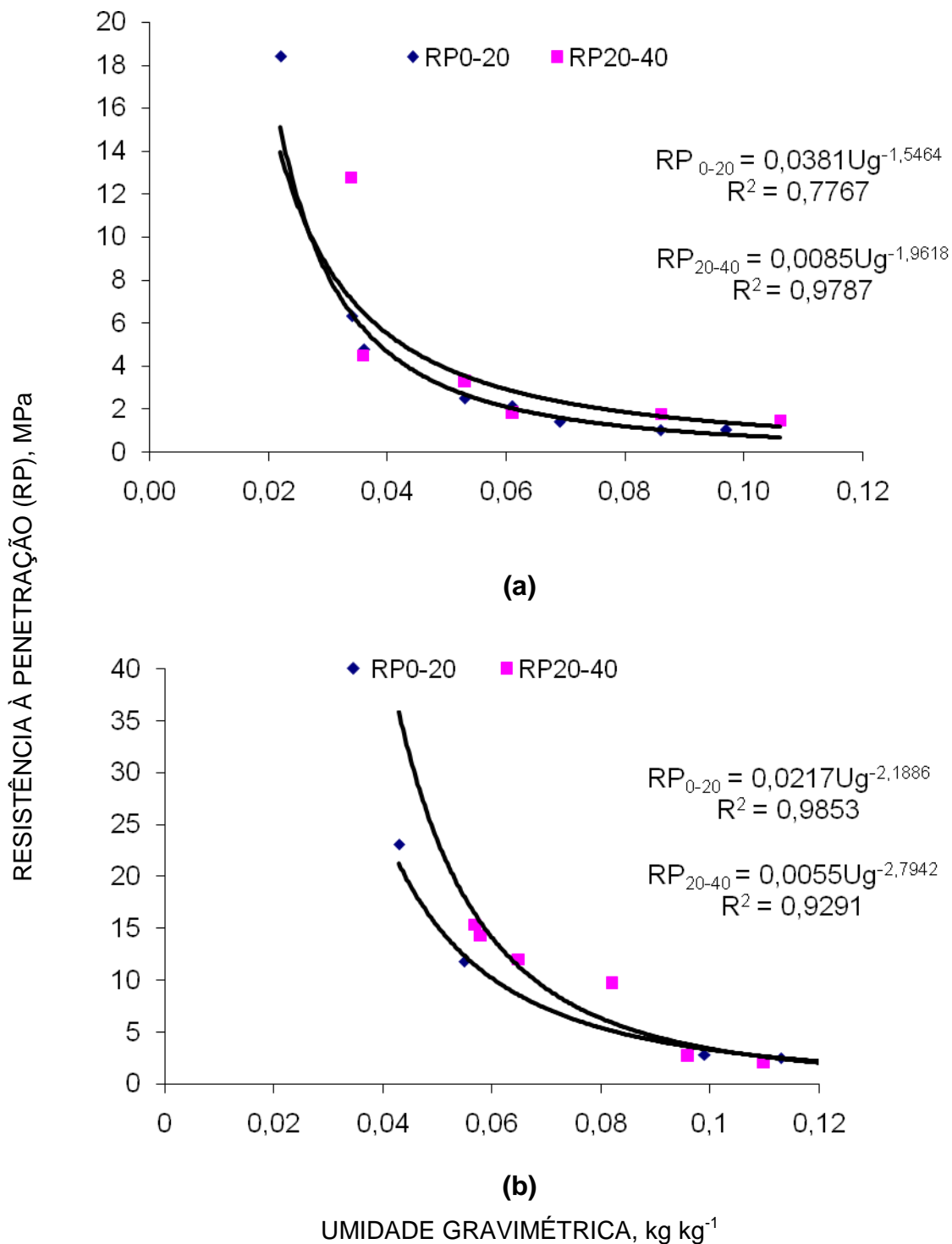


Figura 2. Curvas de resistência à penetração para duas áreas de citros sob diferentes sistemas de uso e manejo. a) Argissolo Amarelo Distrocoeso cultivado com citros e feijão de porco como planta de cobertura do solo e b) Latossolo Amarelo em sistema tradicional de uso e manejo. Figura b: Fonte Carvalho (2008).

Quadro 5. Índice de qualidade para um Argissolo Amarelo Distrocoeso cultivado com citros e feijão de porco como planta de cobertura do solo no Recôncavo da Bahia

Profundidade (m)	Funções principais			IQS
	Suprimento de nutrientes	Crescimento radicular em profundidade	Condução e armazenamento de água	
0,0 – 0,20	0,279a	0,106a	0,102a	0,490a
0,20 – 0,40	0,284a	0,114a	0,087a	0,485a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de t de “Student” ao nível de 5% de probabilidade.

Os índices de qualidade do solo determinado pelo método de Karlen & Stott (1994) para este estudo estão apresentados no quadro 5. Verifica-se que os valores encontrados são muito baixos assim como não houve diferença estatística entre as profundidades avaliadas. De acordo com os critérios de Souza (2005) a qualidade do solo nessa área, tanto para o índice global quanto para as funções são ruins e muito limitantes a produção agrícola (Quadro 5). Verifica-se que o feijão de porco como plantas de cobertura do solo não conseguiu melhorar os indicadores matéria orgânica e CTC relativos à função suprimentos de nutrientes, o que contradiz a conclusão de Auler et al. (2008), que ao avaliar o efeito de plantas de cobertura observaram significativas melhorias nos indicadores químicos de qualidade do solo cultivado com citros, especialmente em relação aos teores de carbono orgânico, pH, V% e CTC. Esta contradição certamente foi determinada por aspectos relativos ao sistema de cultivo da leguminosa, cuja densidade de plantas, repetições de cultivo e baixa quantidade de resíduos vegetais não foram suficientes para alterar de forma positiva as propriedades físicas do solo, parâmetros fundamentais para que esses efeitos se concretizem, conforme bem descrevem Silva et al. (1999).

Quadro 6. Indicadores de produtividade em um pomar de citros e feijão de porco como planta de cobertura do solo no Recôncavo da Bahia

Características do fruto					
Sistemas de manejo		Comprimento	Diâmetro		Peso
		_____ cm _____			Kg
Com	planta de cobertura	7,36a	7,49a		0,23a
Sem	planta de cobertura	6,64b	6,73b		0,17b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de “Student” ao nível de 5% de probabilidade.

Diferentemente do esperado, os resultados encontrados para os índices de qualidade nesta área são muito inferiores àqueles observados por Carvalho (2008) quando avaliou o índice de qualidade em um pomar de citros sob uso e manejo tradicional. Quanto às funções principais, mesmo com nível tecnológico mais baixo, os índices encontrados por Carvalho (2008) foram também superiores. Por outro lado, contraditoriamente, os indicadores de produtividade do citros, comprimento, peso e diâmetro do fruto na área com uso de plantas de cobertura (Quadro 6) apresentaram-se superiores e com diferenças estatísticas ao da área sob plantio tradicional e sem cobertura (Carvalho, 2008). Muito embora esta comparação possa, inicialmente, indicar a inexistência de correlação entre o índice de qualidade do solo e a produção do citros, pode-se inferir que isso não é uma verdade e atribuir-se tais resultados ao uso e aplicação de adubos foliares, conforme é feito regularmente para suprir possíveis deficiências nutricionais das plantas e ao uso da cobertura vegetal na área em estudo, conforme também verificaram Carvalho et al. (2002) e Carvalho et al. (2003).

CONCLUSÃO

O índice global de qualidade do solo é ruim (IQS < 0,5) e indica sérias limitações do Argissolo Amarelo Distrocoeso à produção de citros, assim como o uso do feijão de porco como cobertura vegetal, ao contrário do esperado, não resultou em melhorias dos indicadores de qualidade do solo, indicando que o tempo, as repetições e baixa quantidade de resíduos vegetais resultantes de sua execução não foram suficientes para alterar de forma positiva e melhorar a capacidade do solo para a produção vegetal.

As limitações identificadas mostram a necessidade de melhorias nos indicadores de qualidade do solo relacionados ao armazenamento e disponibilidade de água para as plantas, recomendando-se o uso continuado de plantas de cobertura que possam ciclar intensivamente nutrientes, adicionar matéria orgânica ao solo e produzir massa vegetal suficiente para a geração de cobertura morta durante o ciclo produtivo do citros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A.J. Crescimento de raízes de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. R. Bras. Ci. Solo, 20:319-326, 1996.
- ALVAREZ V.V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B. & LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVARES V., V.H., eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.J. & LACERDA, M.P.C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob Cerrado nativo. R. Bras. Ci. Solo, 31:1099-1108, 2007.
- AULER, P.A.M.; FIDALSKI, J.; PAVAN, M.A. & NEVES, C.S.V.J. Produção de laranja “pera” em sistemas de preparo de solo e manejo nas entrelinhas. R. Bras. Ci. Solo, 32:363-374, 2008.

- AZEVEDO, L.C.L. Produção Integrada de citros - Ba (2007). Disponível em: <<http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em 20 nov. 2008.
- BAHIA. COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. Manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia. 2.ed. Salvador, CEPLAC/EMATERBA/EMBRAPA/EPABA /NITROFÉRTIL, 1989. 173 p.
- BEUTLER, A.N.; SILVA, N. L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.N.; PEREIRA FILHO, I.A. Resistência a penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho Distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. R. Bras. Ci. Solo, 25:167-177, 2001.
- BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; SILVA, A.P.; ROQUE, C.G. & FERRAZ, M.V. Compactação do solo e intervalo hídrico ótimo na produtividade do arroz sequeiro. Pesq. Agropec. Bras., 39:575-580, 2004.
- BEVEN, K.J.; GERMANN, R.F. Macropores and water flow in soils. Water Resour. Res., 18:1311-1325, 1982.
- BUSSCHER, W.J.; BAUER, P.J.; CAMP, C.R. & SOJKA, R.E. Correction of cone index for soil water content differences in a coastal plain soil. Soil Till. Res., 43:205-217, 1997.
- CARTER, M.R. Quality, critical limits and standardization. In: LAL, R. ed. Encyclopedia of Soil Science. New York, Marcel Dekker, 2002. p.1062 –1065.
- CARVALHO, J.E.B. de; SOUZA, L.S.; SOUZA, L.D. Manejo de cobertura vegetal com leguminosas enel control integrado de malesas em citros. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE COBERTURA DE LEGUMINOSAS EM CULTIVOS PERMANENTES, Santa Bárbara Del zulia, Venezuela, 1998. *Compendio*. Santa Bárbara del Zulia, Facultad de Agronomia de La Universidad del Zulia, 1998. p.108-130.
- CARVALHO, J.E.B. de; SOUZA, L.S.; CALDAS, R.C.; ANTAS, P.E.U.T.; ARAÚJO, A.M.A.; LOPES, L.C.; SANTOS, R.C.; LOPES, N.C.M. & SOUZA, A.L.V. Leguminosa no controle integrado de plantas daninhas para aumentar a produtividade da laranja-'Pêra'. Rev. Bras. Frutic., 24:82-85, 2002.

- CARVALHO, J.E.B. de; SANTOS, R.C. dos & ARAÚJO, A.M.A. Produção Sustentável de Citros. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2003. 4p. (Comunicado Técnico 84).
- CARVALHO, J.E.B. de; DIAS, R.C. dos & MELO FILHO, J.F. Produção integrada de citros x convencional - impacto sobre a qualidade do solo. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. 4p. (Comunicado Técnico 118).
- CARVALHO, L.L. Diagnóstico da qualidade do solo em dois sistemas tradicionais de uso e manejo: citros e mandioca. Cruz das Almas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2008. 61p. (Dissertação de Mestrado).
- CAVENAGE, A.; MORAES, M.L.T.; ALVES, M.C.; CARVALHO, M.A.C.; FREITAS, M.L.M.; BUZETTI, S. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes culturas. R. Bras. Ci. Solo, 23:997- 1003, 1999.
- CINTRA, F.L.D., & COELHO, Y. da S. Caracterização física do solo em pomares da região do Recôncavo baiano. Rev. Bras. Frutic., 9: 27-35, 1987.
- CINTRA, F.L.D. Disponibilidade de água no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro. Piracicaba, ESALQ, 1997. 90p. (Tese de Doutorado).
- CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L.; JORGE, L.A. de C. Distribuição do sistema radicular de porta-enxertos de citros em ecossistema de Tabuleiro Costeiro. Rev. Bras. Frutic., 21:313-317, 1999.
- CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L. & SAAD, A.M. balanço hídrico no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro. R. Bras. Eng. Agric. Ambiental, 4:23-28, 2000.
- COELHO, Y.S.; MAGALHÃES, A. F.; CINTRA, F.L.D. Levantamento nutricional de pomares cítricos na Bahia: II - Características químicas e físicas dos solos. Rev. Bras. Frutic., Cruz das Almas - BA, 15:67-74, 1993.
- CONCEIÇÃO P.C.; AMADO T.J.C.; MIELNICZUK J. & SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. R. Bras. Ci. Solo, 29:777-788, 2005.

- DIAS, R.C. dos S. Qualidade do solo e desenvolvimento radicular de citros em Latossolo Amarelo coeso sob diferentes sistemas de manejo. Cruz das Almas, Universidade Federal da Bahia, 2006. 54p. (Dissertação de Mestrado).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FAO. Organização das Nações Unidas para Agricultura e alimentação. QUARTERLY BULLETIM OF STATISTICS. Rome, v.12, n.3/4, 1999. 152p.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. Valor da produção agrícola municipal. 2003. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 15 jul. 2008.
- JACOMINE, P.K.T. Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, Cruz das Almas, 1996. Anais. Aracaju, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1996. p.13-26.
- KARLEN, D.L. & STOTT, D.E. Afrmework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J.W., COLEMAN, D.C., BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.53-57. (Special publication, 35).
- KIEHL, E.J. Manual de edafologia. São Paulo, Agronômica “Ceres”, 1979. 262p.
- KLEIN, V.A. & LIBARDI, P.L. Faixa de umidade menos limitante ao crescimento vegetal e sua relação com a densidade do solo ao longo do perfil de um Latossolo roxo. Ciênc. Rural, 30:959-964, 2000.
- LEPSCH, I.F. Manual de levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175 p.
- LIBARDI, P.L. Dinâmica da água no solo. 2. ed. Piracicaba, O autor. 2000, 509 p.

- LIMA, H.V. de; LIMA, C.L.R. de; LEÃO, T. P.; COOPER, M.; SILVA, A.P. da E ROMERO, R. E. Tráfego de máquinas agrícolas e alterações de bioporos em área sob pomar de laranja. R. Bras. Ci. Solo, 29:677-684, 2005.
- LONGSDON, S.D.; McCOY, E.L.; ALLMARAS, R.R.; LINDEN, D.R. Macropores characterization by indirect methods. Journal of Soil Science, 155:316-24, 1993.
- LOPES, A.S. & GUIDOLIN, J.A. Interpretação de análise do solo: conceitos e aplicações. 3.ed. São Paulo, ANDA, 1989. 64p.
- MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: adubos e adubação. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1967. 606p.
- MONEGAT, C. Plantas de cobertura do solo. 2.ed. Chapecó, Ed do autor, 1991. 337p.
- MELO FILHO, J.F. de; SOUZA, A.L. V. & SOUZA, L.da S. Determinação do índice de qualidade subsuperficial em um Latossolo Amarelo Coeso dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural. R. Bras. Ci. Solo, 31:1599-1608, 2007.
- MEROTTO J.R., A. & MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as affected by soil strength. R. Bras. Ci. Solo, 23:197-202, 1999.
- OLIVEIRA, J.B. de. Solos para citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, J.; POMPEU JÚNIOR, J.; AMARO, A.S. eds. Citricultura brasileira, 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. p.196-227.
- ORLANDO, R.C.; VIEIRA, L.B.; BARBOSA, J.A. Análise de variabilidade do índice de cone para diferentes níveis de teor de água do solo, Poços de Caldas, MG, 1998. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas, MG. Anais. Lavras, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p.268-270.
- ORTOLANI, A.A.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; ALFONSI, R.R. Agroclimatologia e o cultivo dos citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, J.; POMPEU JÚNIOR, J.; AMARO, A.S. eds. Citricultura brasileira, 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v.1, p.153-195.

- PAIVA, A.Q. Dinâmica da água em uma toposseqüência de solos de tabuleiros do Estado da Bahia e sua implicação no crescimento da laranjeira. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1997. 74p. (Dissertação de Mestrado).
- PAIVA, A. de Q.; SOUZA, L. da S.S.; RIBEIRO, A.C. & COSTA, L.M. da C. Propriedades físico-hídricas de solos de uma toposseqüência de tabuleiro do estado da Bahia. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35:2295-2302, 2000.
- RAIJ, B.V. & QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agronômico, 1983. 31 p.
- REZENDE, J.O. Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros: limitações agrícolas e manejo. Salvador. SEAGRI- SPA, 2000. 117p. (Série estudos agrícolas, n.1)
- REZENDE, J.O; MAGALHÃES, A.F. de J.; SHIBATA, R.T.; ROCHA, E.S.; FERNANDES, J.C.; BRANDÃO, F.J.C. & REZENDE, V.J.R.P. Citricultura nos solos dos Tabuleiros Costeiros: análise e sugestões. Salvador, Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária, 2002. 97p.
- RIBEIRO, L.P. Gênese, evolução e degradação dos solos amarelos coesos dos tabuleiros costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 1., Aracaju, 1996. EMBRAPA-CAPTC/EMBRAPA-CNPMF/EAUFBA/IGUFBA, 1996. p.27-35.
- RIBEIRO, L.P. Os Latossolos Amarelos do Recôncavo Baiano: gênese, evolução e degradação. Salvador, Seplantec, 1998. 99 p.
- RIBEIRO, P.A. Utilização de leguminosas na produção de biomassa e como fonte de nutrientes em um Podzólico Vermelho Amarelo no município de Alagoinha PB. Universidade Federal da Paraíba, 1999. 57p. (Dissertação de Mestrado).
- RIBEIRO, K.D.; MENEZES, S. M.; MESQUITA, M. da G. B. de F. & SAMPAIO, F. de M. T. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras - MG. *Ciênc. Agrotéc.*, 31:1167-1175, 2007.
- ROQUE, M.W.; MATSURA, E.E.; SOUZA, Z.M. de; BIZARI, D.R.; SOUZA, A.L. Correlação linear e espacial entre resistência à penetração do solo ao penetrômetro e a produtividade do feijoeiro irrigado. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:1827-1835, 2008.

- SACRAMENTO, R.V.O. Avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional dos pomares cítricos nos municípios de Muritiba e Governador Mangabeira – Ba. Cruz das Almas, BA Universidade Federal da Bahia, 2004. 161p. (Dissertação de Mestrado).
- ROSOLEM, C.A.; FERNANDEZ, E.M.; ANDREOTTI, M. & CRUSCIOL, C.A.C. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. *Pesq. Agropec. Bras.*, 34:821-828, 1999.
- SANTANA, M.B; SOUZA, L. da 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. *R. Bras. Ci. Solo*, 30:1-12, 2006.
- SEI - SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA, 1997. Disponível em: http://www.sei.ba.gov.br/side/frame_tabela.wsp?tmp.volta=sg6&tmp.tabela=t78 Acesso em: 03/01/2009.
- SILVA, J.E. & RESCK, D.V.S. Matéria orgânica do solo In: VARGAS, M.A.T. & HUNGRIA, M., eds. *Biologia dos solos dos cerrados*. Planaltina, Embrapa, 1997. p.465-524.
- SILVA, J.A.A.; DONADIO, L.C. & CARLOS, J.A.D. Adubação verde em citros. Jaboticabal, UNESP/FUNEP/EECB, 1999. 35p. (Boletim Citrícola, 9).
- SILVEIRA, E.C.P. Qualidade do solo em dois sistemas de uso e manejo no ambiente dos Tabuleiros Costeiros do Recôncavo Baiano. Cruz das Almas, BA Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2007. 89p. (Dissertação de Mestrado).
- SOUZA, L.S. Uso e manejo dos solos coesos dos tabuleiros costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, Cruz das Almas, 1996. *Anais*. Aracaju, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1996. p.36-75.
- SOUZA, L. da S.; PAIVA, A. de Q. Variação do potencial total da água em uma topossequência de solos de tabuleiro, durante dois anos. *Pesq. Agropec. Bras.*, 36:349-355, 2001.

- SOUZA, L.S.; SOUZA, L.D.; SOUZA, L.F. da S. Indicadores físicos e químicos de qualidade do solo sob o enfoque de produção vegetal: estudo de caso para citros em solos coesos de Tabuleiros Costeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 29., 2003. Palestras. Ribeirão Preto /SP: Agromidia, 2003. CD-ROM.
- SOUZA, L.D.; CUNHA SOBRINHO, A.P. da; RIBEIRO, L. da S.; SOUZA, L. da S.; LEDO, C.A. da S. Avaliação de plantas cítricas, em diferentes profundidades de plantio, em Latossolo Amarelo dos Tabuleiros Costeiros. Rev. Bras. Frut., 26:241-244, 2004.
- SOUZA, A.L.V. Avaliação da qualidade de um Latossolo Amarelo Coeso argissólico dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural. Cruz das Almas – BA, Universidade Federal da Bahia, 2005. 95p. (Dissertação de Mestrado).
- STOLF, R.; FERNANDES, J. & FURLANI NETO, V.L. Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar – Stolf. Revista STAB: açúcar, álcool e subprodutos, Piracicaba, 1:3 – 11, 1983.
- TAYLOR, H.M.; ROBERTSON, G.M. & PARKER, J.J. Soil strength root penetration for medium to coarse textured soil materials. Soil Sci. Soci. Am. J., 102:18-22, 1966.
- TAYLOR, H.M. & RATLIFF, L.F. Root elongation rates of cotton and peanuts as a function of soil strength and soil water content. Soil Scienc., 100:113-119, 1969.
- TIMLIM, D.J.; AHUJA, L.R.; ANKENY, M.D. Comparison of three field methods to characterize apparent macro pore conductivity. Soil Sci. Soci. Am. J., 58:278-84, 1994.
- TOMÉ JÚNIOR, J.B. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba, Agropecuária, 1997. 247p.
- WANG, J.; HESKETH, J.D.; WOOLLEY, J.T. Preexisting channels and soybean rooting patterns. Soil Sci., 141:432-437, 1986.

CAPITULO 2

CARACTERIZAÇÃO DA RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO PARA UM ARGISSOLO AMARELO DISTROCOESO EM UM POMAR DE CITROS NO RECÔNCAVO DA BAHIA²

² Artigo ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Brasileira de Ciência do Solo

CARACTERIZAÇÃO DA RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO PARA UM ARGISSOLO AMARELO DISTROCOESO EM UM POMAR DE CITROS NO RECÔNCAVO DA BAHIA

Autora: Dreid de Cerqueira Silveira

Orientador: D.Sc. José Fernandes de Melo Filho

RESUMO: As condições físicas do solo afetam direta e indiretamente a produção vegetal e a qualidade ambiental. Por isso, solos com bom índice de agregação e bem manejados funcionam adequadamente para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Essa é uma condição dinâmica, dependente das características pedogenéticas do solo e fortemente influenciada pelas condições de uso e manejo. Para a qualidade física, a resistência do solo à penetração é considerada como o parâmetro mais adequado para expressar o grau de compactação do solo e, conseqüentemente, a facilidade de penetração das raízes. Por isso, sua quantificação representa um importante indicativo da dinâmica de crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas. O objetivo deste trabalho é caracterizar a resistência à penetração em um pomar comercial de citros sob cultivo com plantas de cobertura na região do Recôncavo da Bahia. O estudo foi realizado em um pomar comercial de laranja 'Pêra' (*Citrus sinensis* Osb.) sob porta enxerto de limão cravo (*Citrus limonia* Osbeck) com feijão – de – porco (*Canavalia ensiformis* L.) nas entrelinhas das plantas, no município de Governador Mangabeira – BA. Para determinação da resistência do solo à penetração utilizou-se um penetrômetro de impacto e as medidas foram feitas em duas profundidades: 0 - 0,20 m; 0,20 - 0,40 m. Os resultados demonstram que a resistência à penetração do Argissolo Amarelo Distrocoeso foi alta, resultando em sérias limitações para as plantas mesmo quando o conteúdo de água no solo foi elevado, apresentou distribuição diferente da normal, elevado coeficiente de variação e forte correlação negativa com a umidade do solo. Os modelos testados apresentaram bom ajuste, sendo o modelo exponencial o que apresentou os melhores índices de aferição para a relação umidade versus resistência à penetração.

Palavras-chaves: compactação do solo, qualidade do solo, plantas de cobertura.

CHARACTERIZATION OF THE SOIL RESISTANCE TO ROOT PENETRATION TO YELLOW ARGISSOL IN A CITRUS ORCHARD IN THE RECÔNCAVO BAIANO.

Author: Dreid de Cerqueira Silveira

Adviser: Prof. Dr. José Fernandes de Melo Filho

ABSTRACT: The soil physical conditions affect directly and indirectly the plant production and the environmental quality. That's why, soils with a good index of aggregation and well management work well, providing the development of the plant root system. It's a dynamic condition, related with the soil pedogenesis characteristics, so influenced by the use and management conditions. The Soil resistance to root penetration to the physical quality is the main parameter to express the soil compaction degree. So, it's important to quantify this parameter to the dinamic of the growing and development of plants root system. The aim of this work was to characterize the soil resistance to root penetration in a citrus orchard cultivated with a green cover of pig beans (*Canavalia ensiformes*, L.) in the Recôncavo Baiano Region. The study was carried out in a commercial citrus orchard with 'Pera' sweet orange (*Citrus sinensis* Osb.) budded on 'Rangpur' lime (*Citrus limonia* Osbeck) with a green cover of pig beans (*Canavalia ensiformes*, L.) between the planting lines of citrus, in Governador Mangabeira - BA, in the Recôncavo Region. The soil resistance to root penetration was determinated using the impact penetrometer in depths of 0 - 0,20 m; 0,20 - 0,40 m. The results show that the soil resistance to root penetration to Cohesive yellow argissol was high, resulting in serious limitations to the plants, even when the soil water content was high. It presented a different distribution, a high variation coefficient and strong negative correlation with the soil water content. The models tested were well adjusted and adequate to describe the relation between the soil water content and soil resistance to root penetration. The exponential model showed the best index for relation between humidity and soil resistance to root penetration.

Key words: Soil compaction, soil quality, green cover.

INTRODUÇÃO

As condições físicas do solo afetam direta e indiretamente a produção vegetal e a qualidade ambiental. Por isso, solos com bom índice de agregação e bem manejados funcionam adequadamente para manter o balanço equilibrado de ar e água, a ciclagem de nutrientes e o desenvolvimento do sistema radicular das plantas (Arshad et al., 1996; Reynolds et al., 2002). Essa é uma condição dinâmica, dependente das características pedogenéticas do solo e fortemente influenciada pelas condições de uso e manejo (Larson & Pierce, 1994; Tormena et al., 2002; Norfleet et al., 2003). Sua quantificação pode ser feita utilizando-se de um conjunto de indicadores de natureza diversa e várias técnicas de avaliação, dentre as quais se podem citar as regressões lineares e múltiplas, funções de pedotransferência, índices múltiplos baseados em limites críticos e funções padronizadas e análises estatísticas de componentes principais (Larson & Pierce, 1994; Karlen & Stott, 1994; Shukla et al., 2004). Por outro lado, também existe um número muito grande de indicadores utilizados para aferição das diversas funções associadas à qualidade do solo. Para a qualidade física, a resistência do solo à penetração é considerada como o parâmetro mais adequado para expressar o grau de compactação do solo e, conseqüentemente, a facilidade de penetração das raízes. Por isso, sua quantificação representa um importante indicativo da dinâmica de crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas (Stolf et al., 1983; Tormena & Roloff, 1996; Pereira et al., 2002; Mercante et al., 2003).

Segundo Pedrotti et al. (2001) a resistência à penetração serve para descrever a resistência física que o solo oferece a algo que tenta se mover através dele. Está diretamente correlacionada com vários atributos e condição do solo, como textura, densidade, matéria orgânica e, principalmente, a umidade (θ) no momento da determinação (Busscher et al., 1997; Stolf et al., 1983). Também pode ser influenciada pela coesão (Giarola et al., 2001).

A coesão é um atributo diagnóstico utilizado no sistema brasileiro de classificação de solos para discriminar Latossolos Amarelos com horizontes pedogenéticos subsuperficiais, AB e ou BA, entre ,03 e 0,7 m da superfície do solo, adensados, que são muito duros a extremamente duros quando secos, passando a friáveis ou firmes quando úmidos (Embrapa, 2006). Suas principais

características são a densidade alta, baixa permeabilidade e elevada resistência à penetração quando secos (Cintra et al., 1997; Giarola et al. 2001; Libardi & Melo Filho, 2001). Por estas características o horizonte coeso funciona como uma forte limitação para a produção agrícola (Rezende, 2000). Nestas condições o sistema radicular das plantas sofre modificações morfológicas e fisiológicas, as quais dependem da espécie ou cultivar (Larson & Allmaras, 1971; Müller et al., 2001). Para o citros Cintra et al., (1999), Santana (2003) e Souza et al. (2008) observaram limitações ao desenvolvimento das raízes em profundidade e Carvalho et al. (2001) efeitos adversos na produtividade e na longevidade das plantas.

Em função desta diversidade de relações e influências, diversos modelos já foram testados para descrever a relação entre os atributos do solo a resistência à penetração de raízes, dentre os quais, aqueles definidos pela densidade e umidade do solo são os principais (Busscher et al., 1997; Pereira et al., 2002; Patrizzi et al., 2003); Essas relações já estão bem descritas na literatura para as mais diversas condições de solos e sistemas de uso e manejo (Tormena & Roloff, 1996; Busscher et al., 1997; Minatel et al., 2006; Fernandes et al., 2007). Por outro lado, esses parâmetros, pela facilidade de determinação e forte correlação, são utilizados para realizar inferências sobre as condições físicas do solo em relação aos valores críticos de resistência mecânica ao crescimento das raízes, possibilitando a adoção de estratégias de manejo para minimizar esses efeitos (Imhoff et al., 2000), sendo por isso, uma importante ferramenta de aplicação prática.

O citros é uma planta de fácil adaptação a vários tipos de solo, porém exige boa porosidade, permeabilidade e facilidade para expansão do seu sistema radicular (Oliveira 1991). Condições nem sempre encontradas nas condições edafoclimáticas dos Tabuleiros Costeiros (TC), na qual e por consequência o citros apresenta sistema radicular superficial e baixa longevidade (Cintra et al., 1999; Rezende, 2000; Carvalho et al., 2001; Souza et al., 2004; Souza et al., 2008).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo caracterizar a resistência à penetração em um pomar comercial de citros sob cultivo com plantas de cobertura em um Argissolo Amarelo Distrocoeso na região do Recôncavo da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área e solo

O estudo foi realizado no período de abril a dezembro de 2008, em um pomar comercial de citros localizado no município de Governador Mangabeira, região do Recôncavo do Estado da Bahia, cujas coordenadas geográficas são: 12° 36' 00" S, 39° 02' 00" W, altitude de 200 m e temperatura média anual de 25°C. O clima do local, segundo a classificação de thornthwaite, é do tipo úmido, com pluviosidade média anual de 1170 e variações entre 900 e 1300 mm, sendo os meses mais chuvosos de março a agosto e os mais secos, de setembro a fevereiro (Ribeiro, 1998). O solo do local foi classificado como Argissolo Amarelo Distrocoeso, há 5 anos sob cultivo de laranja 'Pêra' (*Citrus sinensis* Osb.) sob porta enxerto de limão cravo (*Citrus limonia* Osbeck) em espaçamento de 5,0 m entre as linhas e 3,0 m entre plantas na linha, onde se plantou o feijão de porco (*Canavalia ensiformis* L.) como planta de cobertura do solo nas entrelinhas do pomar, durante os anos de 2006 e 2007. O feijão de porco foi plantado de duas formas: em 2006, em covas espaçadas de 0,2 m x 0,4 m; em 2007, a lanço, utilizando-se, aproximadamente, 120 kg de sementes por hectare. Na implantação do pomar utilizou-se uma aração e uma gradagem para preparar o solo e calagem e adubação para correção do pH e deficiências nutricionais. O plantio foi feito em covas com dimensões de 0,4 m x 0,4 m x 0,3 m, adubadas com "super-simples" na dosagem média de 0,3 kg por cova. Para o cultivo e controle de plantas infestantes utilizou-se grade e roçadeira nos dois primeiros anos e, a partir do terceiro ano, apenas roçadeira hidráulica tratorizada. A adubação é feita com base em análise de solo e os adubos, na formulação comercial 11-08-08, são distribuídos na quantidade de 0,4 kg por planta, de maneira uniforme na projeção da copa, normalmente, entre os meses de maio a junho. Também se utiliza esterco curtido de frango na quantidade de 4,0 kg por planta/ano. A colheita, realizada duas vezes ao ano, nos meses de junho/julho e dezembro/janeiro, é manual com carregamento via trator circulando nas entrelinhas das plantas. A produtividade média do pomar é de 10 toneladas de frutos frescos por hectare/ano.

Coleta das amostras

As medidas de resistência à penetração foram realizadas em duas camadas, 0 – 0,20 m; 0,20 – 0,40 m, no período compreendido entre julho a dezembro de 2008, cuja composição granulométrica está no quadro 1. Para tanto, se estabeleceu no pomar um transecto de 48 metros de comprimento no qual a cada doze metros identificou-se um ponto de amostragem, totalizando 5 pontos permanentes nos quais as avaliações foram realizadas durante o período do estudo.

Quadro 1. Composição granulométrica para duas profundidades de um Argissolo Amarelo Distrocoeso cultivado com citros e feijão de porco como planta de cobertura do solo no Recôncavo da Bahia

Profundidade	Areia	Silte	Argila	Classe Textural
m	g kg ⁻¹			
0,0 - 0,20	809,22	55,81	134,97	Franco arenosa
0,20 - 0,40	789,40	30,96	179,64	Franco arenosa

Resistência à penetração

Os penetrômetros utilizados para a avaliação da compactação são denominados em função do princípio de penetração. Assim, são chamados de estáticos, quando uma haste é pressionada contra o solo em velocidade constante e a RP é registrada em um dinamômetro e, de dinâmicos, quando a penetração da haste no solo resulta do impacto de um peso de massa M, que cai em queda livre de uma altura constante (Stoff, 1991). Nos dois casos a base da haste possui um cone com dimensões específicas determinada pelo padrão ASAE (1999). No penetrômetro de impacto a penetração da haste é proporcionada pela queda livre, de uma altura constante (h) de um corpo metálico de massa M, na qual cada impacto corresponde a um deslocamento x, o qual é transformado, através de equações específicas, em pressão de penetração do cone, índice de cone ou resistência à penetração, conforme descrito em Stoff (1991). Segundo este autor o melhor modelo matemático para transformação dos resultados do

índice de penetração do cone para penetrômetros dinâmicos é aquele denominado de “fórmula dos holandeses”, a qual pode ser expressa como:

$$IC = \left(\frac{Mg+mg}{A} \right) + \left[\left(\frac{M}{M+m} \right) x \left(\frac{Mg \times h}{A \times K} \right) \right] \quad (1)$$

Onde: IC = índice de cone (kg cm^{-2}); A é a área da base do cone (cm^2); M é a massa metálica que provoca o impacto (Kg); m é massa dos demais componentes do aparelho (kg), excluindo-se M; Mg e mg são os pesos das massas consideradas (kgf); h é a altura de queda do peso metálico M; x é a penetração unitária determinada por cada impacto (cm).

O equipamento utilizado para medir resistência à penetração vertical (RP) foi o penetrômetro de impacto modelo comercial IAA/PLANALSUCAR/Stolf, segundo a metodologia descrita por Stolf et al. (1983). O penetrômetro de cone, também denominado de penetrômetro dinâmico (Figura 1), é um equipamento largamente utilizado em aplicações agrícolas para detectar camadas compactadas de solo. Apresenta como vantagens sua facilidade e velocidade do uso, baixo custo e forte relação com as condições físicas do solo para o crescimento do sistema radicular das plantas, além da possibilidade de medidas diretas de campo com grande número de repetições (Gerard et al., 1982, Tormena & Roloff, 1996; Hakansson e Voorhees, 1998, Herrick & Jones, 2002, Nayme et al., 2006). Sua desvantagem é a dependência de outros atributos do solo a exemplo da umidade no momento da medida, textura, densidade do solo, estrutura, matéria orgânica, presença de pedras, mineralogia da argila e sistemas de uso e manejo (Gerard et al., 1982; Neiro et al., 2003).



Figura 1. Penetrômetro de impacto utilizado para medir a resistência à penetração do solo.

Os resultados obtidos em impactos / dm^1 foram convertidos em resistência dinâmica por meio da fórmula (Stolf, 1991):

$$RP = 5,6 + 6,89 (N) \quad (2)$$

Onde: RP é a resistência à penetração em kgf cm^{-2} e N é o número de impactos do peso metálico. Os resultados são obtidos em Kgf cm^{-2} e depois multiplicados pela constante 0,0980665 para transformação em MPa, conforme Beutler et al. (2001).

Após cada medida de resistência à penetração (RP) e nas mesmas profundidades coletaram-se amostras deformadas de solo para a determinação da umidade gravimétrica (U_g) correspondente, conforme Embrapa (1997). Os pares de dados foram plotados em um gráfico de RP x U_g e equações de regressão foram ajustadas, utilizando-se o software Table Curve 2D (Jandel, 1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros da estatística descritiva para a resistência à penetração do Argissolo Amarelo Distrocoeso considerando-se o conjunto completo das

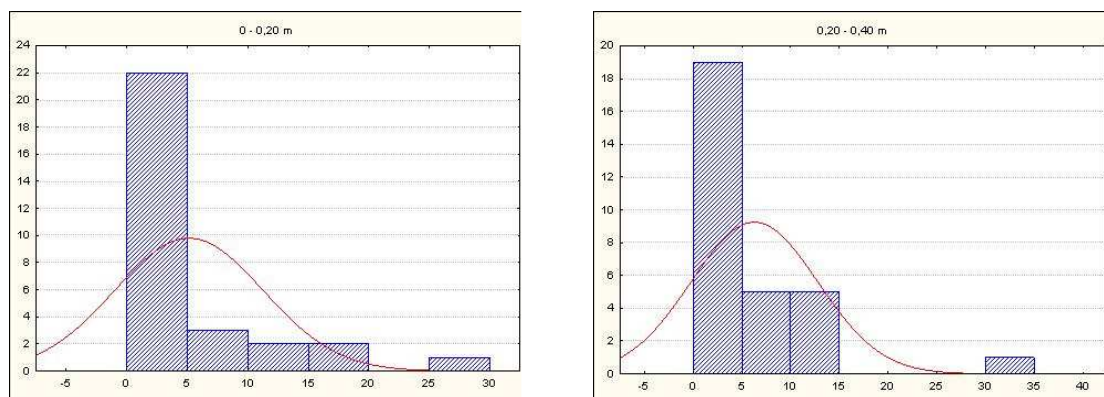
observações nos cinco pontos de coleta, entre os meses de junho a dezembro de 2008, encontram-se no quadro 2. Analisando-o verifica-se que os valores observados apresentam diferenças importantes entre as profundidades avaliadas, mas nos dois casos os valores médios são muito altos (Arshad et al., 1996) e estão muito acima do limite crítico de 2,5 MPa (Camargo & Alleoni, 1997) indicando que as plantas cítricas do pomar avaliado encontram limitações físicas ao desenvolvimento do seu sistema radicular durante parte significativa do ano. No entanto, deve-se considerar que a resistência à penetração possui uma relação potencial com a umidade do solo (Busscher et al., 1997), o que pode explicar os valores encontrados para a amplitude e coeficiente de variação, tendo em vista que pequenas alterações no conteúdo de água determinam grandes variações na grandeza dependente, ou seja, a resistência à penetração. A textura desses solos com predominância de areia e rápida permeabilidade possibilita uma variação muito rápida da umidade, transferindo esta característica para resistência a penetração.

Quadro 2. Estatística descritiva para a resistência do solo à penetração em duas profundidades em um Argissolo Amarelo Distrocoeso cultivado com citros e feijão de porco como planta de cobertura do solo no Recôncavo da Bahia

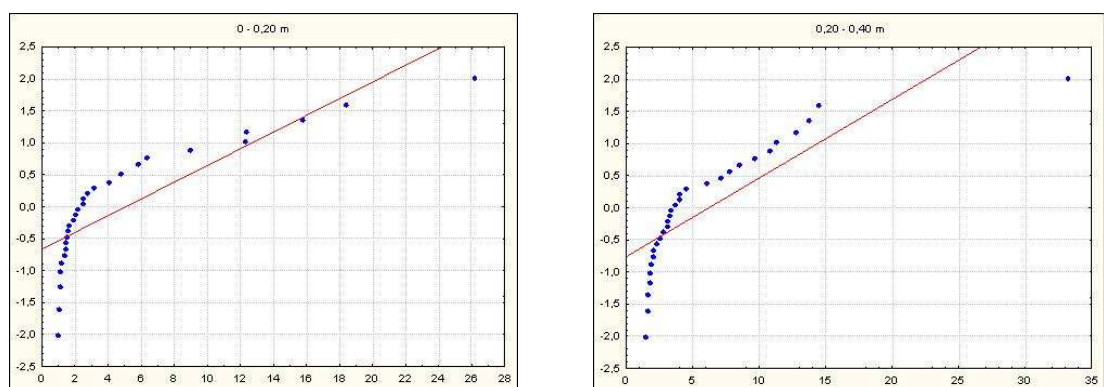
Prof.	n	Valor		Amplitude	CV	Assimetria	Curtose	
		Média	mínimo					máximo
m		MPa			%			
0,0 - 0,20	30	5,07	1,01	26,17	25,16	120,48	2,11	4,31
0,20- 0,40	30	6,22	1,51	33,18	31,67	104,00	2,75	9,81

Os valores da assimetria e curtose sugerem que a distribuição da resistência à penetração não é normal. A normalidade da distribuição é a premissa básica para a aplicação da maioria dos testes de significância e das técnicas de correlação e regressão (Ivo & Fonteles Filho, 1997), o que determina a necessidade de atenção quanto a este aspecto quando se compara ou modela dados desta natureza. Indica também a validade da média como medida de tendência central de um conjunto de dados. Neste caso, as indicações dos

valores de assimetria e curtose quanto à distribuição, podem ser confirmadas pelos histogramas de frequência, reta de probabilidade de Henry (Figura 2), assim como, pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S), cujos valores de “p-value” indicaram que a distribuição não é normal, o que também confirma os resultados da avaliação visual e critério de similaridade entre média, moda e mediana. Percebe-se também que a distribuição da RP é perturbada pelos valores mais elevados (Figura 2), os quais considerando-se as características da variável em estudo não podem ser considerados como atípicos e desprezados quando se estuda o fenômeno. A consequência deste resultado é a impossibilidade de uso da média como valor representativo do conjunto de dados, implicando em uma interpretação mais segmentada quando se pretende determinar valores médios de resistência à penetração em uma área agrícola, a exemplo de separação em período úmido e período seco. Seguindo este critério observa-se (Figura 3) que no período mais úmido (junho a setembro) o valor médio de resistência à penetração foi de 1,47 MPa em 0 - 0,20 m e 2,66 MPa em 0,20 – 0,40 m, foi bem menor que nos meses mais secos, de outubro a dezembro, quando alcançou valores de 8,67 MPa em 0 - 0,20 m e 9,77 MPa em 0,20 – 0,40 m. A mesma tendência de diferenças ocorreu em relação ao coeficiente de variação (CV) que foi de 29,3% em 0 - 0,20 m e 48,32% em 0,20 – 0,40 m no período mais úmido e bem maior no período seco, quando os valores alcançaram 81,01% em 0 - 0,20 m e 77,85% em 0,20 – 0,40 m.



(a)



(b)

Figura 2. Histogramas de frequência (a) e reta de probabilidade de Henry (b) para a resistência à penetração de um Argissolo Amarelo Distrocoeso cultivado com citros e feijão de porco como planta de cobertura do solo.

O teor de umidade afeta a coesão entre as partículas do solo (Beltrame et al., 1981). Assim, quando o solo está seco ou apresenta baixo conteúdo de água, suas partículas minerais apresentam-se mais próximas e difíceis de serem separadas por qualquer força externa, justificando-se os valores encontrados no mês de novembro. Em dezembro verificou-se uma significativa redução dos valores de RP, determinada pelo aumento da umidade do solo causado por uma chuva que ocorreu pouco antes da amostragem (Figura 3).

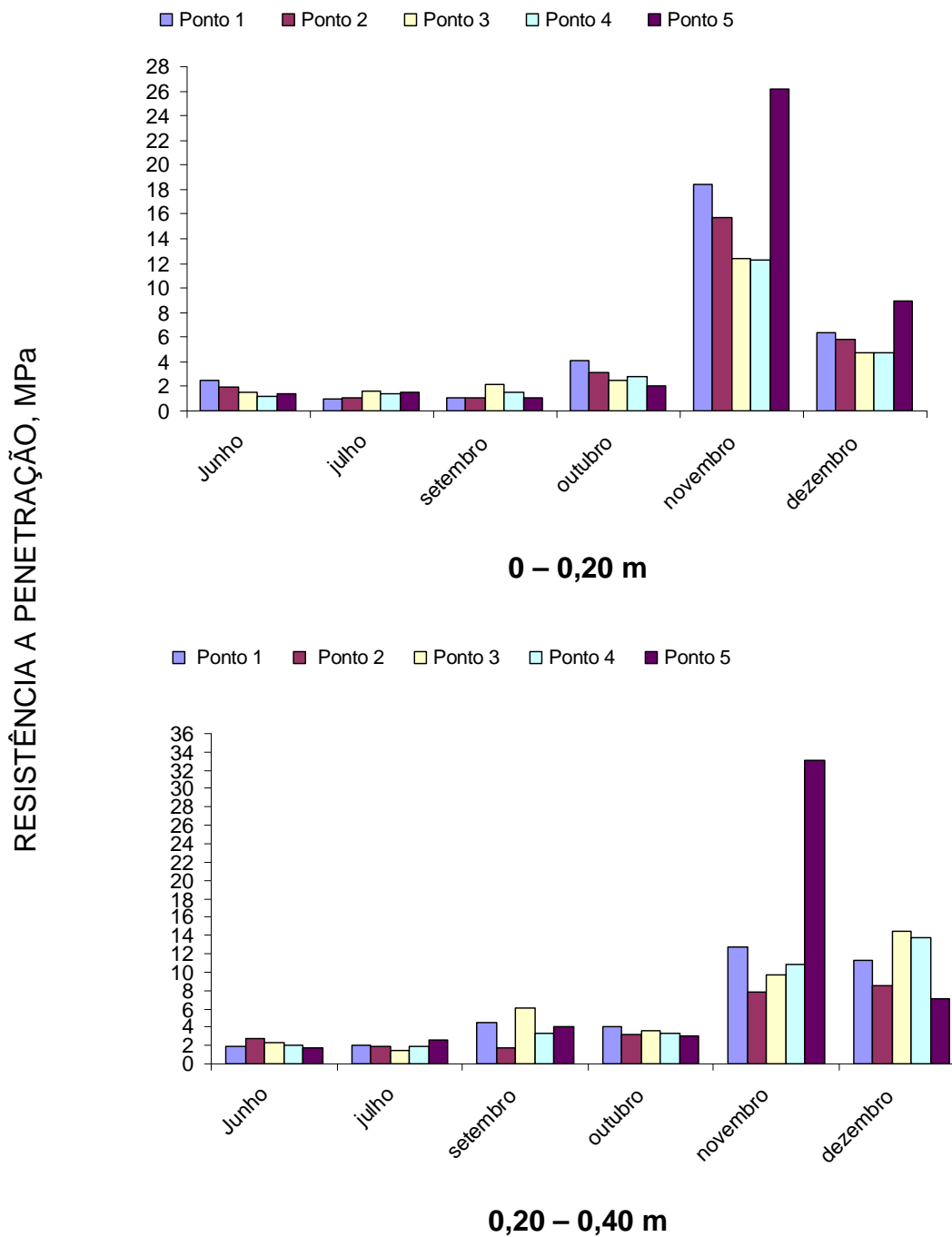


Figura 3. Variação temporal da resistência à penetração para um Argissolo Amarelo Distrocoeso cultivado com citros e feijão de porco como planta de cobertura do solo.

O quadro 3 mostra os parâmetros obtidos e as respectivas equações e as figuras 4 e 5 os diagramas de dispersão para os modelos ajustados. Os valores permitem afirmar que a resistência à penetração foi significativamente relacionada com a umidade do solo, sendo negativamente influenciada pela mesma para todos os modelos testados, os quais revelaram-se significativos (Teste $F_{\alpha=0,05}$) e representativos (r^2), sendo os exponenciais aqueles que apresentaram os maiores valores de r^2 nas duas profundidades. A correlação pode ser descrita como inversa moderada (Ivo & Fonteles Filho, 1997) e o fato de todos os modelos apresentarem-se significativos dificultam a indicação de um deles como o ideal, mesmo porque o modelo exponencial difere daquele encontrado por Busscher et al. (1997), que ao discutirem a correlação entre o índice de cone e o conteúdo de água no solo verificaram que o modelo potencial foi o mais adequado para modelar essa relação. Observa-se também que o modelo potencial tende a superestimar a resistência à penetração em relação ao exponencial, nas duas profundidades (Quadro 4).

Quadro 3. Modelos matemáticos ajustados ($\alpha = 0,05$) para a relação entre resistência à penetração (MPa) e umidade no solo (kg kg^{-1}) em um Argissolo Amarelo Distrocoeso cultivado com citros e feijão de porco como planta de cobertura do solo no Recôncavo da Bahia

Modelo	Equação	r^2	F
0 – 0,20 m			
Exponencial 1	$RP = 26,90 \exp^{\frac{-Ug}{0,024}}$	0,790	94,12
Exponencial 2	$RP = 0,75 + 27,28 \exp^{\frac{-Ug}{0,022}}$	0,761	121,58
Potencial 1	$RP = -12,85 + 5,14 Ug^{-0,392}$	0,750	36,10
Potencial 2	$RP = 0,13 Ug^{-1,098}$	0,689	55,59
0,20 – 0,40 m			
Exponencial 1	$RP = 25,47 \exp^{\frac{-Ug}{0,027}}$	0,740	142,65
Exponencial 2	$RP = 0,97 + 27,52 \exp^{\frac{-Ug}{0,022}}$	0,750	73,69
Potencial 1	$RP = -7,22 + 2,42 Ug^{-0,521}$	0,704	58,11
Potencial 2	$RP = 0,17 Ug^{-1,050}$	0,662	98,33

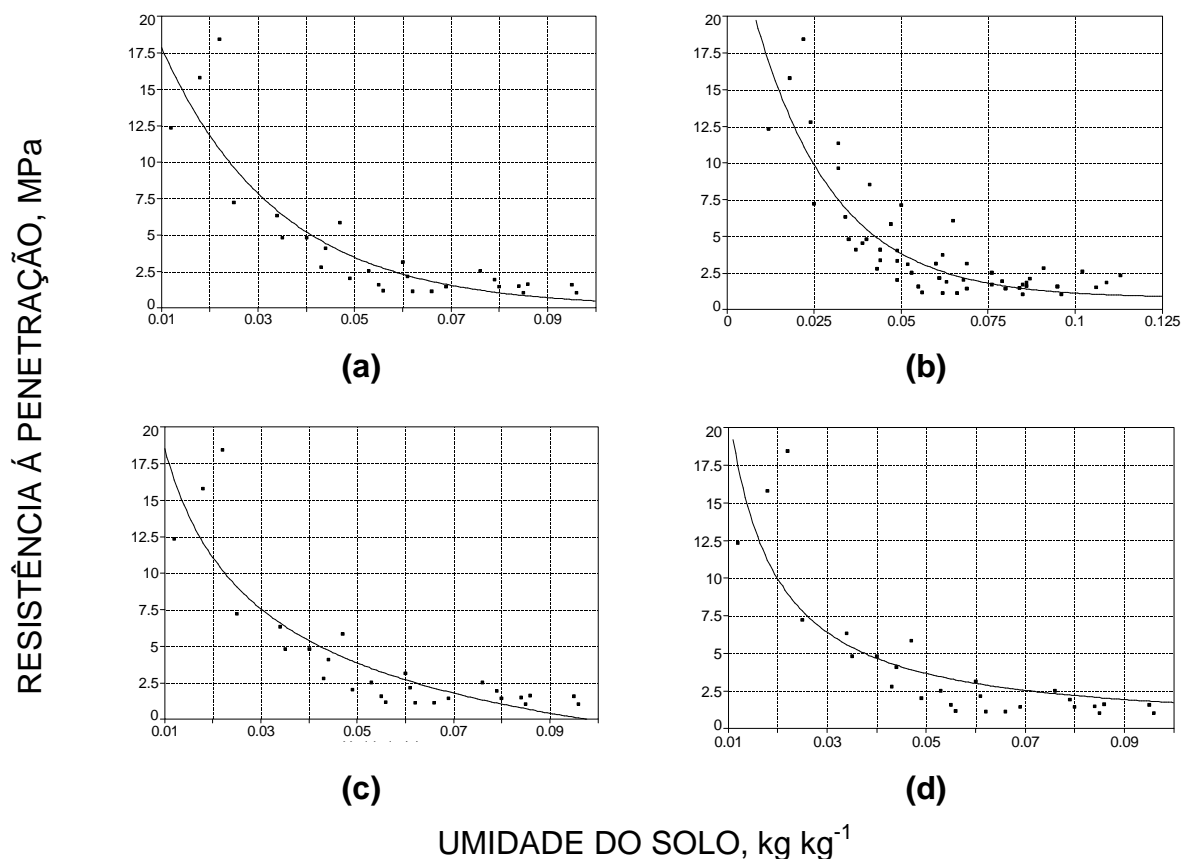


Figura 4. Curvas de ajuste da relação umidade do solo versus resistência à penetração para a profundidade de 0 - 0,20 m de um Argissolo Amarelo cultivado com citros e feijão de porco como planta de cobertura do solo no Recôncavo da Bahia. (a) Exponencial 1; (b) Exponencial 2; (c) Potencial 1 e (d) Potencial 2.

Valores entre 2 a 2,5 MPa têm sido indicados como os limites críticos de resistência à penetração para a maioria dos vegetais. Assumindo-se o valor de 2,5 MPa como o limite crítico ao crescimento das raízes (Camargo & Alleoni, 1997), pode-se, a partir dos modelos ajustados, fazer uma série de inferências sobre a dinâmica da resistência à penetração durante o processo de secamento do solo. Assim, estimou-se para todos os modelos o valor da RP para os valores de tensão da água no solo correspondente: a) 0,01 MPa, capacidade de campo; b) 0,08 MPa, correspondente ao limite de sensibilidade para uso de tensiômetros no campo (Libardi, 2000); c) 0,10 MPa, umidade crítica de manifestação do valor crítico de 2,0 MPa para a maioria dos solos (Giarola et al., 2001); e d) 1,5 MPa,

correspondente ao ponto de murcha permanente. Os resultados dessas estimativas estão apresentadas no quadro 4.

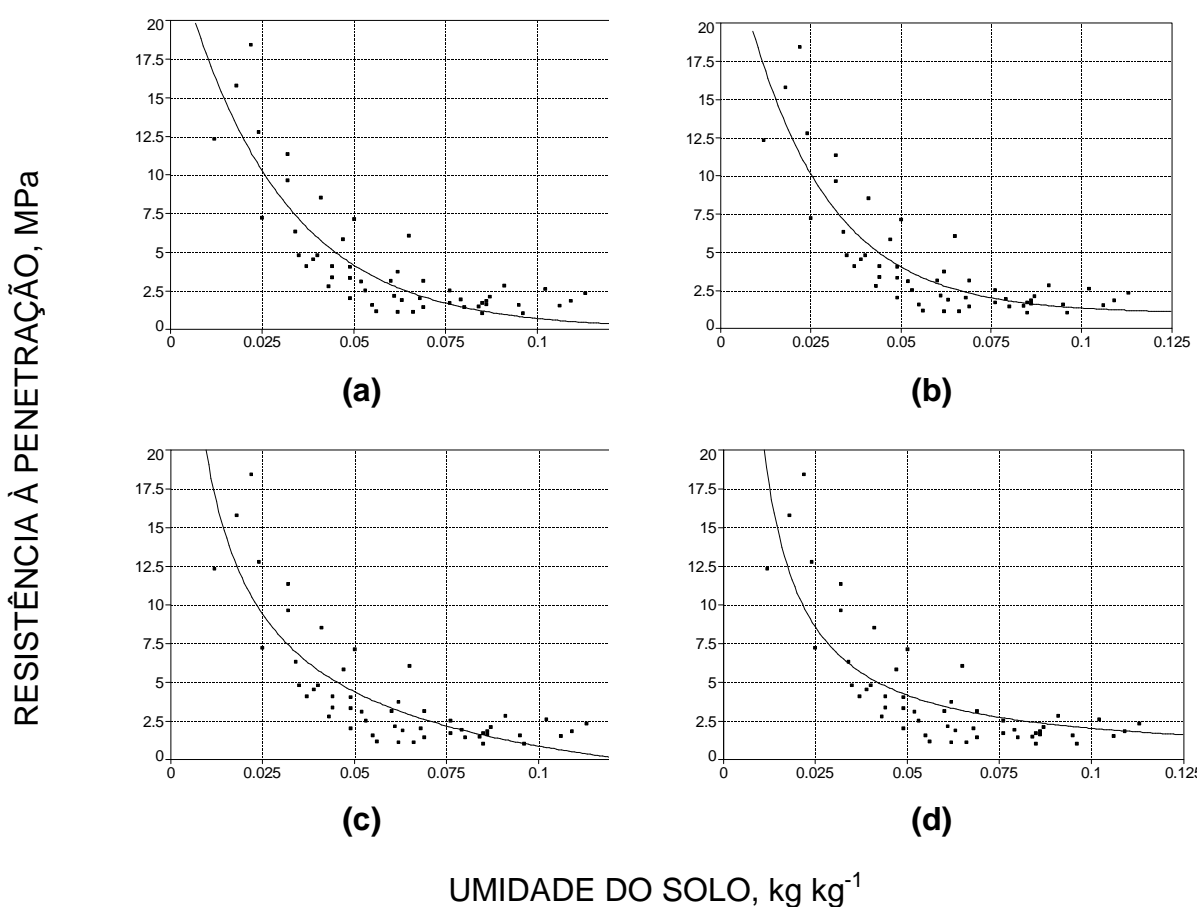


Figura 5. Curvas de ajuste da relação umidade do solo versus resistência à penetração para a profundidade de 0,20 – 0,40 m de um Argissolo Amarelo Distrocoeso cultivado com citros e feijão de porco como planta de cobertura do solo. (a) Exponencial 1; (b) Exponencial 2; (c) Potencial 1 e (d) Potencial 2.

Analisando-se o quadro 4, verifica-se que os modelos estimaram valores próximos para a RP para os quatro conteúdos de umidade considerados nesta simulação. Com o secamento do solo, observa-se aumento acentuado da resistência à penetração. Outro aspecto importante é que mesmo na capacidade de campo o Argissolo Amarelo Distrocoeso apresenta valores de RP acima de 2,5 MPa, considerado alto por Arshad et al. (1996) e que apresentam algumas limitações ao crescimento das raízes das plantas (Camargo & Alleoni, 1997). Quando a tensão da água atinge 0,08 MPa, limite da sensibilidade dos tensiômetros no campo, o valor da RP já é considerado muito alto (Arshad et al.,

1996), proporcionando sérias limitações ao crescimento das raízes, mesmo quando o conteúdo de água no solo não é limitante. Essa realidade é acentuada pela rapidez com que esses solos perdem água, tendo em vista sua elevada permeabilidade e textura franco arenosa, pouco eficiente na retenção de água. Do ponto de vista prático esses resultados são indicadores da necessidade de uso de técnicas para a manutenção da umidade no solo próxima a capacidade de campo como prática de manejo para o controle da resistência do solo à penetração.

Quadro 4. Valores de referência para resistência à penetração em quatro níveis de tensão da água (MPa) no solo segundo quatro modelos matemáticos de ajuste da relação umidade (kg kg^{-1}) versus resistência à penetração (MPa) em um Argissolo Amarelo Distrocioso cultivado com citros e feijão de porco como planta de cobertura do solo

Modelo	Tensão da água no solo			
	0,01	0,08	0,10	1,5
	MPa			
	0 – 0,20 m			
$RP = 26,90 \exp^{\frac{-Ug}{0,024}}$	2,25	4,41	4,43	4,47
$RP = 0,75 + 27,28 \exp^{\frac{-Ug}{0,022}}$	2,58	4,54	4,56	4,60
$RP = -12,85 + 5,14 Ug^{-0,392}$	2,69	4,73	4,75	4,78
$RP = 0,13 Ug^{-1,098}$	2,88	4,07	4,08	4,10
	0,20 – 0,40 m			
$RP = 25,47 \exp^{\frac{-Ug}{0,027}}$	2,42	3,55	3,58	5,30
$RP = 0,97 + 27,52 \exp^{\frac{-Ug}{0,022}}$	2,50	3,42	3,44	5,38
$RP = -7,22 + 2,42 Ug^{-0,521}$	2,95	3,94	3,96	5,48
$RP = 0,17 Ug^{-1,050}$	3,07	3,70	3,72	4,58

CONCLUSÃO

A resistência à penetração do Argissolo Amarelo Distrocoeso apresentou distribuição diferente da normal, elevado coeficiente de variação e forte correlação negativa com a umidade do solo.

Os modelos testados apresentaram bom ajuste e foram adequados para descrever a relação entre umidade e resistência a penetração do solo, sendo o modelo exponencial o que apresentou os melhores índices de aferição para esta relação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARSHAD M.A.; LOWERY, B. & GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W. & JONES, A.J., eds. Methods for assessing of soil quality. Madison: Soil Science Society of American/American Society of Agronomy, 1996. p.123-141. (SSSA Special Publication, 49).
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. ASAE S313.3: soil cone penetrometer. St. Joseph: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 1999. p.834.
- BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C. & PEREIRA FILHO, I.A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. R. Bras. Ci. Solo, 25:167-177, 2001.
- BELTRAME, L.F.S; GONDIN, L.A.P & TAYLOR, J.C. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. R. Bras. Ci. Solo, 5:145-149, 1981.
- BUSSCHER, W.J.; BAUER, P.J.; CAMP, C.R. & SOJKA, R.E. Correction of cone index for soil water content differences in a coastal plain soil. Soil Till. Res., 43:205-217, 1997.
- CAMARGO, O.A. & ALLEONI, L.R.F. Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132p.

- CARVALHO, J.E.B.; PAES, J.M.V. & MENEGUCCI, J.L.P. Manejo de plantas daninhas em citros. Informe Agropecuário, 22:61-70, 2001.
- CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L. & SILVA, A.P. Tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil: Uma análise dos efeitos do regime hídrico e da presença de camadas coesas dos solos. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 18:81-95, 1997.
- CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L. & JORGE, L.A. de C. Distribuição do sistema radicular de porta-enxertos de citros em ecossistema de Tabuleiro Costeiro. Rev. Bras. Frut., 21:313-317, 1999.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.
- FERNANDES, J.C.; RODRIGUES, J.G.L.; GAMERO, C.A.; ACOSTA, J.J. B. & LANÇAS, K.P. Resistência do solo à penetração em diferentes sistemas de manejo e Velocidades de semeadura no desenvolvimento de um cultivar de Triticale. Energ. Agric., 22:55-64, 2007.
- GERARD, C.J., SEXTON, P. & SHAW, G. Physical factors influencing soil strength and root growth. Agronomy Journal. 74:875–879. 1982.
- GIAROLA, N.F.B.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.; SOUZA, L.S. & RIBEIRO, L.P.; Similaridades entre o caráter coeso dos solos e o comportamento Hardsetting: Estudo de caso. R. Bras. Ci. Solo, 25:239-247, 2001.
- HAKANSSON, I. & VOORHEES, W.B. Soil compaction. In: LAL, R., BLUM, W.H., VALENTINE, C., STEWART, B.A. eds. Methods for Assessment of Soil Degradation. CRC Press, Boca Raton, 1998. p.167–179.
- HERRICK, J. E & JONES, T.L. A dynamic cone penetrometer for measuring soil penetration resistance. Soil Sci. Soci. Am. J., 66:1320–1324, 2002.

- IMHOFF, S.; SILVA, A.P. & TORMENA, C.A. Aplicações da curva de resistência controle da qualidade física de um solo sob pastagem. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35:1403-1500, 2000.
- IVO, C.T.C. & FONTELES FILHO, A.A. Estatística pesqueira: aplicações em engenharia de pesca. Fortaleza, Tom Gráfica e Editora, 1997.193p.
- JANDEL SCIENTIFIC. Table Curve: curve fitting software. Corte Madera, CA: Jandel Scientific, 1991. 280p.
- KARLEN, D.L. & STOTT, D.E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J.W., COLEMAN, D.C., BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.53-57. (Special publication, 35).
- LARSON, W.E. & ALLMARAS, R.R. Management factors and natural forces as related compaction. In: *Compaction of agricultural soils*. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, 1971. p.367-427.
- LARSON, W.E. & PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J. W., JONES, A. J. eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, WI: Soil Science Society of America, 1994, p.37–52, (Special Publication, 35).
- LIBARDI, P. L. Dinâmica da água no solo. 2. ed. Piracicaba, O autor. 2000, 509p.
- LIBARDI, P.L. & MELO FILHO, J.F. de. Influência dos horizontes coesos na dinâmica da água no solo. In: *WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS*, 2001, Aracaju. Coesão em solos dos Tabuleiros Costeiros. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. p.193-208..
- MERCANTE, E.; URIBE-OPAZO, M. A. & SOUZA, E. G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:1149-1159, 2003.
- MINATEL, A.L.G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F. & NATALE, W. Efeitos da subsolagem e da adubação verde nas propriedades físicas do solo em pomar de citros. *Eng. Agríc.*, 26:86-95, 2006

- MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G. & ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:531-538, 2001.
- NAIME, J.M. de; JUNIOR, J.F; RABELO, L.M. & VAZ, C.M.P. Penetrômetro dinâmico automatizado – versão eletrônica. São Carlos, Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2006. (Boletim Técnico, 79)
- NEIRO, E. da S.; MATA, J. de D.V. da; TORMENA, C.A.; GONÇALVES, A.C.A.; PINTRO, J. C. & COSTA, J. M. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho distroférico, com rotação e sucessão de culturas, sob plantio direto. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 25:19-25, 2003.
- NORFLEET.M.L.; DITZLER, C.A.; PUCKETT, W.E.; GROSSMAN, R.B. & SHAW, J.N. Soil quality and its relationship to pedology. *Soil Sci.*, 168:149-155, 2003.
- OLIVEIRA, J. B. Solos para citros. In: RODRIGUEZ, O., VIÉGAS, F., POMPEU JR., J. & AMARO, A. A., eds. *Citricultura Brasileira*. Campinas, Fundação Cargill, 1991. p.196-227.
- PATRIZZI, V.C.; VAZ, C.M.P.; IOSSI, M.F. & PRIMAVESI, O. Modelamento do efeito da umidade e densidade na resistência à penetração dos solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003, Ribeirão Preto. *Anais. Ribeirão Preto – SP: SBCS/UNESP, 2003. 1CD-ROM.*
- PEDROTTI, A.; PAULETTO, E.A. & CRESTANA, S. Resistência mecânica à penetração de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:521-529, 2001.
- PEREIRA, J.O.; SIQUEIRA, J.A.C.; URIBE-OPAZO, M.A. & SILVA, S. de L. Resistência do solo à penetração em função do sistema de cultivo e teor de água do solo. *R. Bras. Eng. Agric. Ambiental*, 6:171-174, 2002.
- REZENDE, J.O. Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros: limitações agrícolas e manejo. Salvador, SEAGRI-SPA, 2000. 117p. (Série Estudos Agrícolas, 1)

- REYNOLDS, W.D.; BOWMAN, B.T.; DRURY, C.F.; TAN, C.S. & LU, X. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. *Geoderma*, 110:131-146, 2002.
- RIBEIRO, L.P. Os Latossolos Amarelos do Recôncavo Baiano: gênese, evolução e degradação. Salvador, Seplantec, 1998. 99 p.
- SANTANA, M.B. Atributos físicos do solo e distribuição do sistema radicular de citros como indicadores da coesão em dois solos dos Tabuleiros Costeiros do Estado da Bahia. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 76p. (Dissertação de Mestrado)
- SHUKLA, M.K.; LAL, R. & EBINGER, M. Soil quality indicators for reclaimed mine soils in southeastern Ohio. *Soil Sci.*, 169:133-140, 2004.
- SOUZA, L.D.; SOUZA, L. da S. & LEDO, C.A. da S. Disponibilidade de água em pomar de citros submetido a poda e subsolagem em Latossolo Amarelo dos Tabuleiros Costeiros. *Rev. Bras. Frut.*, 26:69-73, 2004.
- SOUZA, L.S.; SOUZA, L. D.; PAIVA, A.Q.; RODRIGUES, A.C.V. & RIBEIRO, L. S.. Distribuição do Sistema Radicular de Citros em uma Toposeqüência de Solos de Tabuleiro Costeiro do Estado da Bahia. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:503-513, 2008.
- STOLF, R.; FERNANDES, J. & URLANI NETO, V.L. Recomendação para o uso do penetrômetro de impacto - modelo IAA/Planalsucar - Stolf. São Paulo: MIC/IAA/PNMCA-Planalsucar, 1983. 8p. (Série penetrômetro de impacto - Boletim n.1).
- STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 15:229-35, 1991.
- TORMENA, C.A. & ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 20:333-339, 1996.
- TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C. & COSTA, A. C. S. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. *Sci. Agríc.*, 59:795-801, 2002.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preocupação com a qualidade do solo é antiga. Desde o Império Romano, os agricultores já se preocupavam com a qualidade do solo, conservação e a melhoria da produtividade das culturas. Porém, a necessidade de usar o solo cada vez mais intensivamente, para atender a demanda de alimentos e matéria-prima para uso industrial, devido ao crescimento populacional da humanidade, determinou o surgimento de preocupações com as conseqüências das alterações negativas provocadas pelos diversos sistemas de uso e manejo do solo. Com isso, a necessidade de diagnosticar as causas da degradação e os meios para solucioná-los aumentaram. Estabelecer um índice de qualidade do solo é uma das maneiras encontradas para minimizar essa degradação, pois além de fornecer de forma quantitativa a sua qualidade, detecta exatamente quais são os indicadores limitantes, fornecendo informações para que se possam aplicar técnicas específicas e adequadas para a superação das limitações. Serve também como elemento de avaliação da sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

Na região do Recôncavo Baiano a cultura do citros tem uma grande importância econômica. Porém, os citricultores enfrentam problemas relacionados à longevidade e a produtividade da cultura, principalmente quanto às limitações determinadas pelas características pedogenéticas dos solos coesos. Nesse contexto, o uso de técnicas e práticas de manejo aplicadas são as chaves para o sucesso desta atividade produtiva na região. Sendo assim, a relação qualidade do solo e práticas de manejo é um fato, uma necessidade e não um mito.