

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS**

**VARIABILIDADE E DISTRIBUIÇÃO DA RESISTÊNCIA DO SOLO À
PENETRAÇÃO EM LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO**

David Santana Miranda

Cruz das Almas – BA

Julho– 2019

VARIABILIDADE E DISTRIBUIÇÃO DA RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO EM LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO

DAVID SANTANA MIRANDA

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Colegiado de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Dr. Luciano da Silva Souza
UFRB

Cruz das Almas – BA

Julho– 2019

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO DE DAVID SANTANA MIRANDA**

Prof. Dr. Luciano Silva Souza
UFRB

Prof. Dr. Bruno Laecio da Silva Pereira
FACEMP – Santo Antônio de Jesus - BA

Prof. MSc. José Renato Oliveira Mascarenhas
IF Baiano, Campus Alagoinhas – BA

Cruz das Almas – BA

Julho– 2019

AGRADECIMENTOS

A Deus, agradeço por me conduzir pela mão.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), por oferecer-me a oportunidade de realizar o curso de Graduação em Agronomia.

Ao professor Dr. Luciano Silva Souza, pela orientação segura, pela vivência enriquecedora e pelo empenho na concretização deste trabalho.

Ao professor MSc. José Renato Oliveira Mascarenhas, pelas contribuições, ensinamentos partilhados e pela convivência fraternal.

Aos amigos, pelo companheirismo e pelo aprendizado mútuo em todas as situações do convívio diário.

Aos meus familiares pelo apoio e entusiasmo.

A todos os funcionários do Laboratório de Física do Solos da UFRB – Cruz das Almas, pelas contribuições.

VARIABILIDADE E DISTRIBUIÇÃO DA RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO EM LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO

RESUMO – Com o aumento da mecanização nas práticas agrícolas, resultando em alta compactação do solo, que somada com a camada coesa presente nos Tabuleiros Costeiros, resulta em uma alta resistência do solo à penetração (RP) limitando o crescimento radicular. O presente trabalho objetivou avaliar a variabilidade RP, utilizando – se o penetrômetro de impacto modelo Stolf, com a finalidade de gerar mapas de distribuição espacial e estimar o número mínimo de pontos amostrais para determinar a RP, em Latossolo Amarelo distrocoeso, situado no Campo Experimental do Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnológico (NBIO) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), localizado em Cruz das Almas – Ba. Foi analisada uma área de 4.000 m², determinando a RP em uma grade de amostragem de 10 x 10 m nas profundidades de 0,0 – 0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, totalizando 55 pontos. Em seguida, a RP foi corrigida para U de 100 KPa, recomendada para solos coesos. Com isso aplicou-se a análise estatística, tendo como resultados o coeficiente de variação (CV), usado como base para calcular o número mínimo de pontos amostrais necessários para avaliar a RP, nas percentagens de variação de 5, 10, 15, 20, 25 e 30% em torno da média, e para o nível de 5% de probabilidade. A variabilidade da RP do solo, foi muito alta na área avaliada, para todas as profundidades avaliadas com base no CV. Os sistemas de manejo adotado na área, influenciaram nos atributos físicos do solo, resultando num aumento da densidade, com conseqüente redução do volume de macroporos e aumento dos microporos na profundidade de 0,20-0,40 m. Sendo a granulometria mais um indicador da coesividade do solo. A partir dos dados de RP plotados nos mapas para as profundidades de 0-0,10 m, 0,10-0,20 m, 0,20-0,30 m e 0,30–0,40 m é possível promover uma melhor visualização do grau de compactação da área e determinar práticas de manejo que possibilite uma redução na RP. A melhor representatividade do mínimo dos pontos de RP do solo para as profundidades avaliadas, ocorreu de 16 a 26 para um erro aceitável de 10 %.

Palavras-chave: Compacidade do solo. Adensamento. Tabuleiros Costeiros.

VARIABILITY AND SPATIAL DISTRIBUTION OF SOIL RESISTANCE TO PENETRATION IN DISTROCOESO YELLOW LATOSOLL

ABSTRACT – With the increase of mechanization in agricultural practices, resulting in high soil compaction, which added to the cohesive layer present in Coastal Trays, results in a high soil penetration resistance (RP) limiting root growth. The present work had objective to evaluate the PR variability, using the Stolf impact penetrometer, with the purpose of generating spatial distribution maps and estimating the minimum number of sampling points to determine the PR, in a Distrocoeso Yellow Latosol, located in the Experimental Field. of the Center for Genetic and Biotechnological Improvement (NBIO) of the Federal University of Recôncavo da Bahia (UFRB), located in Cruz das Almas-Ba. An area of 4,000 m² was analyzed, determining the PR in a 10 x 10 m sampling grid at depths of 0.0-0.10, 0.10-0.20, 0.20-0.30 and 0, 30-0.40 m, totaling 55 points. Then PR was corrected to 100 KPa U, recommended for cohesive soils. Thus, the statistical analysis was applied, resulting in the coefficient of variation (CV), used as a basis to calculate the minimum number of sampling points needed to evaluate the PR, in the variation percentages of 5, 10, 15, 20, 25 and 30% around the average, and for the 5% probability level. Soil PR variability was very high in the evaluated area for all depths with base on CV. The management systems adopted in the area influenced the physical attributes of the soil, resulting in an increase of density, with consequent reduction of macropore volume and increase of micropores in the depth of 0.20-0.40 m. Being the granulometry another indicator of the cohesiveness of the soil. From the PR data plotted on the maps for the depths of 0-0.10 m, 0.10-0.20 m, 0.20-0.30 m and 0.30–0.40 m it is possible to promote a better visualization of the degree of compaction of the area and determine management practices that enable a reduction in PR. The best representatives of the minimum soil PR points for the evaluated depths occurred from 16 to 26 for an acceptable error of 10%.

Keywords: Soil compactness. Density. Coastal boards.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	08
2. MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1 Processamento dos dados	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
5. CONCLUSÕES	17
6. REFERÊNCIAS	17

1. INTRODUÇÃO

Os Tabuleiros Costeiros são formações terciárias presentes desde o Amapá até o Rio de Janeiro, referem-se a planícies litorâneas com elevação média de 200 m acima do nível do mar, onde predominam Argissolos e Latossolos Amarelos distróficos ou álicos (JACOMINE, 1996).

Esses solos têm como características pedogenéticas a presença de horizontes subsuperficiais coesos, situados geralmente entre profundidades de 0,15-0,30 m e 0,80-0,90 m, que dificultam a dinâmica da água no perfil do solo, assim como também a sua armazenagem, além de diminuir o volume de exploração do solo pelas raízes. Isso provoca redução na absorção de nutrientes e, principalmente, de água pelas plantas, processo também denominado de adensamento (REZENDE, 2000).

A resistência a penetração (RP) é um atributo físico do solo que pode ser agravado pela contínua mobilização do solo, bem como o tráfego de veículos cada vez mais pesados em condições adversas de umidade, resultam em maior possibilidade de ocorrência de compactação ao longo do tempo de cultivo, fazendo com que as plantas possam ter seu desenvolvimento limitado (CAVALCANTI, 2018).

A RP do solo é um fator limitante ao crescimento do sistema radicular, interferindo no desenvolvimento em comprimento, diâmetro das raízes e crescimento radicular, o que impacta diretamente no crescimento das plantas (FREDDI *et al.*, 2007).

No entanto, a resistência dos solos medida por penetrômetros está correlacionada com os atributos físicos do solo como a densidade do solo, porosidade do solo, textura, estrutura do solo sendo todos influenciados pelo teor de umidade. Por isso, é necessário que sejam feitas medidas da umidade do solo durante a determinação da resistência. Entretanto, grande parte dos trabalhos para estudo da compactação dos solos, se baseiam em curvas de compactação determinadas em laboratório, uma vez que a técnica de penetrometria convencional não dispõe de métodos para a obtenção simultânea da resistência e umidade (MANIERI, 2005).

Assis *et al.* (2014), adotaram a seguinte classificação para a RP: baixa – 0,1 a 1,0 MPa; moderada, 1,0 a 2,0 MPa; alta, 2,0 a 4,0 MPa; muito alta, 4,0 a 8,0 MPa; e extremamente alta, acima de 8,0 MPa. Além disso, notaram que valores acima de

2,0 MPa em campo já se tornavam empecilho no crescimento radicular das culturas, considerando a profundidade de 0,1 a 0,5 m.

Borges *et al.* (1999), ao estudarem Latossolo Amarelo álico cultivado com banana, observou uma maior proporção de macroporos na superfície e, a partir do horizonte AB, diminuiu sensivelmente a quantidade de poros de aeração, além do aumento da microporosidade; admitindo-se, portanto, adensamento, já que a densidade do solo atingiu $1,62 \text{ kg dm}^{-3}$ em razão da presença do horizonte coeso (17-42 cm).

De acordo Cacian (2015), a dificuldade para se obter representatividade em amostras de solo para determinar seus atributos físicos ocorre devido à desuniformidade espacial dos seus valores, o que é conhecido como variabilidade espacial do solo. A variabilidade espacial encontrada em solos pode ser atribuída à ação dos fatores de formações ativos (clima e organismos), sobre o material de origem durante a pedogênese (processo de formação de solo). Para Rodrigues (2002) a variabilidade espacial é uma técnica de levantamento dos atributos físicos dos solos e da cultura, adotado para aferir, o quanto realmente essas variações no solo afetam essa produtividade ou sua qualidade. Entre diversas maneiras destacam-se a amostragem de solo em malha (gride).

Em seu estudo Mion *et al.* (2012) notaram que a RP na camada de 0,20 – 0,30 m apresentou um coeficiente de variação CV elevado, 63% em relação à média, mostrando uma distribuição com alta heterogeneidade dos dados. Já Passos e Carvalho *et al.* (2002) obtiveram como resultado para a profundidade de 0,15 – 0,20 m, assim como o maior foi de 109,54%, para a RP na profundidade de 0 a 0,05 m.

Frente aos estudos já realizados e as peculiaridades detectadas em solo do Recôncavo Baiano, com o seu impedimento físico nas camadas sub – superficiais, agravado pelo manejo inadequado realizado nas práticas agrícolas, sendo caracterizado um processo de adensamento ou compactação, percebe – se a necessidade do diagnóstico físico, buscando assim um parecer da situação atual do solo, para que dessa forma seja realizada a tomada de decisão para o melhor manejo da área (SOUZA *et al.*, 2016).

Portanto, está pesquisa objetivou avaliar a variabilidade RP, utilizando – se o penetrômetro de impacto modelo Stolf, com a finalidade de gerar mapas de

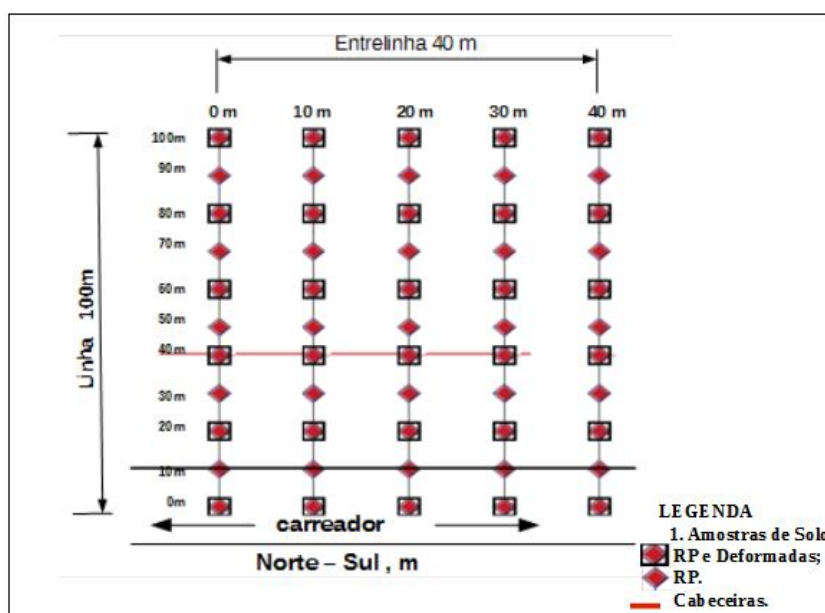
distribuição espacial e estimar o número médio de pontos amostrais para determinar a RP em uma área, em Latossolo Amarelo Distrocoeso.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Campo Experimental do Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnológico – N BIO da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, localizada em Cruz das Almas-BA, o município apresenta clima úmido a subúmido, relevo plano suave a ondulado característico dos Tabuleiros Costeiros (EMBRAPA, 1993).

Determinou – se a RP em Latossolo Amarelo distrocoeso nas profundidades de 0-0,10 m, 0,10-0,20 m, 0,20-0,30 m e 0,30-0,40m, em uma área de 4.400 m² (110 m x 40 m), a cada dez metros no sentido leste-oeste, formou-se linhas de 110 m de comprimento e espaçamento de 10 m adotado no sentido norte-sul, totalizando 55 pontos (**Figura 1**). Para aferir tais atributos foi utilizado penetrômetro de impacto modelo Stolf que expressa, por meio de penetração de uma haste metálica, valores em centímetros na barra graduada que compõe o instrumento.

Figura 1. Esquema de amostragem de solo e teste de RP avaliada a campo em área de Latossolo Amarelo Distrocoeso em Cruz das Almas, BA, em quatro profundidades 0,0 – 0,10 m, 0,10 – 0,20 m, 0,20 – 0,30 m e 0,30 – 0,40 m.



Para a determinação da umidade gravimétrica (%), ou seja, a relação entre a massa da água e a dos sólidos nela contidos, realizou-se amostragens em intervalos de 20 m (**Figura 1**), havendo coletas de amostra deformada com uso do

trado holandês de 0-0,20 e 0,20-0,40. Essas amostras foram colocadas em latas de alumínio com tampa e imediatamente acondicionadas em uma caixa de isopor para minimizar a perda de umidade.

No Laboratório de Física do Solo da UFRB, as amostras de cada horizonte foram pesadas em balança analítica e colocadas em estufa de ventilação forçada a 105 °C por 24 h. Quando secas as amostras foram pesadas novamente, sendo a diferença entre as duas pesagens, a massa de água. Logo, a umidade gravimétrica (U) em porcentagem foi calculada pela equação Eq. 1:

$$u = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: m1 = massa do solo úmido e m2= massa do solo seco.

Em seguida os dados de U foram tabeladas, para as referidas profundidades de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m. Sendo expressos na **Tabela 1** as U mínimas e máximas

Tabela 1. Mínimas e máximas encontradas para umidade gravimétrica (%), nas profundidades de 0-0,20 m e 0,20-0,40m.

Profundidade (m)	Umidade gravimétrica (%)	
	Mínima	Máxima
0 – 0,20	3,56	10,77
0,20 – 0,40	3,63	12,50

Para a determinação do número mínimo de pontos amostrais da RP nas diferentes profundidades de 0,0 – 0,10 m, 0,10 – 0,20 m, 0,20 – 0,30 m, 0,30 – 0,40 m, tomou – se como base o CV.

Determinou-se a densidade do solo (Ds) em amostras indeformadas, coletando uma amostra para cada profundidade 0–0,20 m e 0,20–0,40 m., utilizando anéis volumétricos, conforme procedimento descrito em EMBRAPA (2017). O volume de poros total (VPT), macroporosidade e microporosidade foram analisadas conforme procedimento descrito em EMBRAPA (2017).

2.1 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Considerando que a avaliação da RP e da umidade foram feitas em várias etapas, o primeiro procedimento foi corrigir os dados de RP medidos para a umidade de referência de 100 KPa, na qual ocorre mais clara manifestação de coesão, utilizando as seguintes equações desenvolvida por Santos (2015):

$$RP_{100kPa} = 3045,70 \times Ug^{3,7824} \times RP_{medida}, \text{ para a profundidade de } 0-0,10 \text{ m (Eq. 2)}$$

$$RP_{100kPa} = 6116,39 \times Ug^{4,1676} \times RP_{medida}, \text{ para as profundidades de } 0,10-0,20, \\ 0,20-0,30 \text{ e } 0,30-0,40 \text{ m} \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que:

Ug = umidade gravimétrica do solo no momento da determinação da RP;

RP_{medida} = resistência do solo determinada em campo.

Os dados de RP obtidos na profundidade de 0-0,10 m, foram corrigidos para umidade de 100 KPa adotando a Eq.1. Já para os dados de RP coletados no intervalo de profundidade de 0,10-0,20 m, utilizou-se a Eq.2.

Os dados de RP corrigidos foram analisados por meio de análise estatística descritiva, calculando-se a média, mediana, CV, mínimo, máximo e amplitude, utilizando o programa SAS (SAS INSTITUTE, 2004).

Os CV foram classificados como baixo (<10 %), médio (10-20 %), alto (20-30 %) e muito alto (> 30 %), de acordo com Gomes (1984).

Em seguida, com base no coeficiente de variação, foi calculado o número mínimo de pontos amostrais necessários para avaliar a RP (Eq.4) em uma área, para as percentagens de variação de 5, 10, 15, 20, 25 e 30% em torno da média, e para o nível de 5% de probabilidade, conforme a equação seguinte (CLINE, 1944):

$$n = \left(\frac{t_{\alpha.CV}}{D} \right)^2 \quad (\text{Eq.4})$$

onde: t_{α} é o valor do teste t de Student para o nível de probabilidades α , CV é o coeficiente de variação, em percentagem, e D é a diferença em torno da média, em percentagem.

Foram construídos mapas de distribuição espacial da RP na área avaliada, por profundidade, utilizando o programa Surfer 7.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise estatística descritiva da RP com intuito de avaliar a variabilidade desse atributo físico do solo, em uma área de Latossolo Amarelo distrocoeso, encontram – se na **Tabela 2**. Percebe – se grande variação da RP na área amostrada, com coeficientes de variação (CV) 98,5 a 157,4 %, considerados muito altos (GOMES, 1984), demonstrando a grande heterogeneidade da área quanto à RP, ao observar os altos coeficientes de variação, devido à grande amplitude dos valores.

Tabela 2. Análise estatística descritiva para dados de resistência do solo à penetração avaliada em campo em área de Latossolo Amarelo Distrocoeso em Cruz das Almas, BA, corrigida para a umidade de referência de 100 kPa.

Profundidade	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Amplitude	CV
----- m -----	----- MPa -----					%
0-0,10	0,85	0,46	0,02	5,08	5,06	128,4
0,10-0,20	1,02	0,42	0,02	9,23	9,21	157,4
0,20-0,30	1,71	0,84	0,04	7,80	7,76	117,8
0,30-0,40	1,56	1,00	0,03	6,25	6,22	98,5

A profundidade de 0,10–0,20 m destaca – se com maior amplitude e maior CV nos dados (**Tabela 2**), podendo ser justificado tanto pela camada coesa presente nos Tabuleiros Costeiros como pelo manejo excessivo do solo na área. De acordo com Rezende (2000), os solos de Tabuleiros Costeiros têm como característica, a presença de horizontes subsuperficiais coesos, situados geralmente entre as profundidades de 0,15-0,30 m.

Os maiores CV estão no intervalo de 0 – 0,30 m de profundidade, sendo o perfil de 0,10 – 0,20 m, com maior valor de 157,8% (**Tabela 2**). Carvalho *et al.* (2002) em estudo similar avaliando Latossolo Vermelho Distrofíco, encontrou o menor coeficiente de variação foi de 4,37%, para a microporosidade, na profundidade de 0,15 a 0,20 m, e CV de 51,52%.

Nota-se na **Tabela 2**, valores médios de RP maiores que 2 MPa, sendo importante lembrar que RP acima desse valor é considerada na literatura como fator limitante para o desenvolvimento de plantas agrícolas (TAYLOR *et al.*, 1966).

Na **Tabela 3**, é demonstrado para a profundidade de 0,20 – 0,40 m, valores de microporos de 18,4% e 9,9% para macroporos. O valor alto de microporos refletem em alta RP devido ao adensamento das partículas do solo. Os resultados corroboram as observações feitas por Borges *et al.* (1999) em solo cultivado com banana, que perceberam maior proporção de macroporos na superfície e, a partir do horizonte AB, diminuiu sensivelmente a quantidade desses poros, além do excesso de microporos; admitindo – se, portanto, a presença de compactação ou adensamento, comprovado pelo aumento na RP do solo.

Tabela 3. Análise física para as profundidades de 0 – 0,20 m e 0,20 – 0,40 m de um Latossolo Amarelo distrocoeso, em Cruz das Almas-BA.

Profundidade	Ds	Map	Mip	VTP
-----m-----	g.dm ⁻³	-----%-----		
0 – 0,20 m	1,70	13,38	18,81	32,19
0,20 – 0,40 m	1,75	10,90	19,30	30,20

DS = Densidade do solo; Map.= Macroporosidade; Mip.= Microporosidade; VTP = Valor Total de Porosidade.

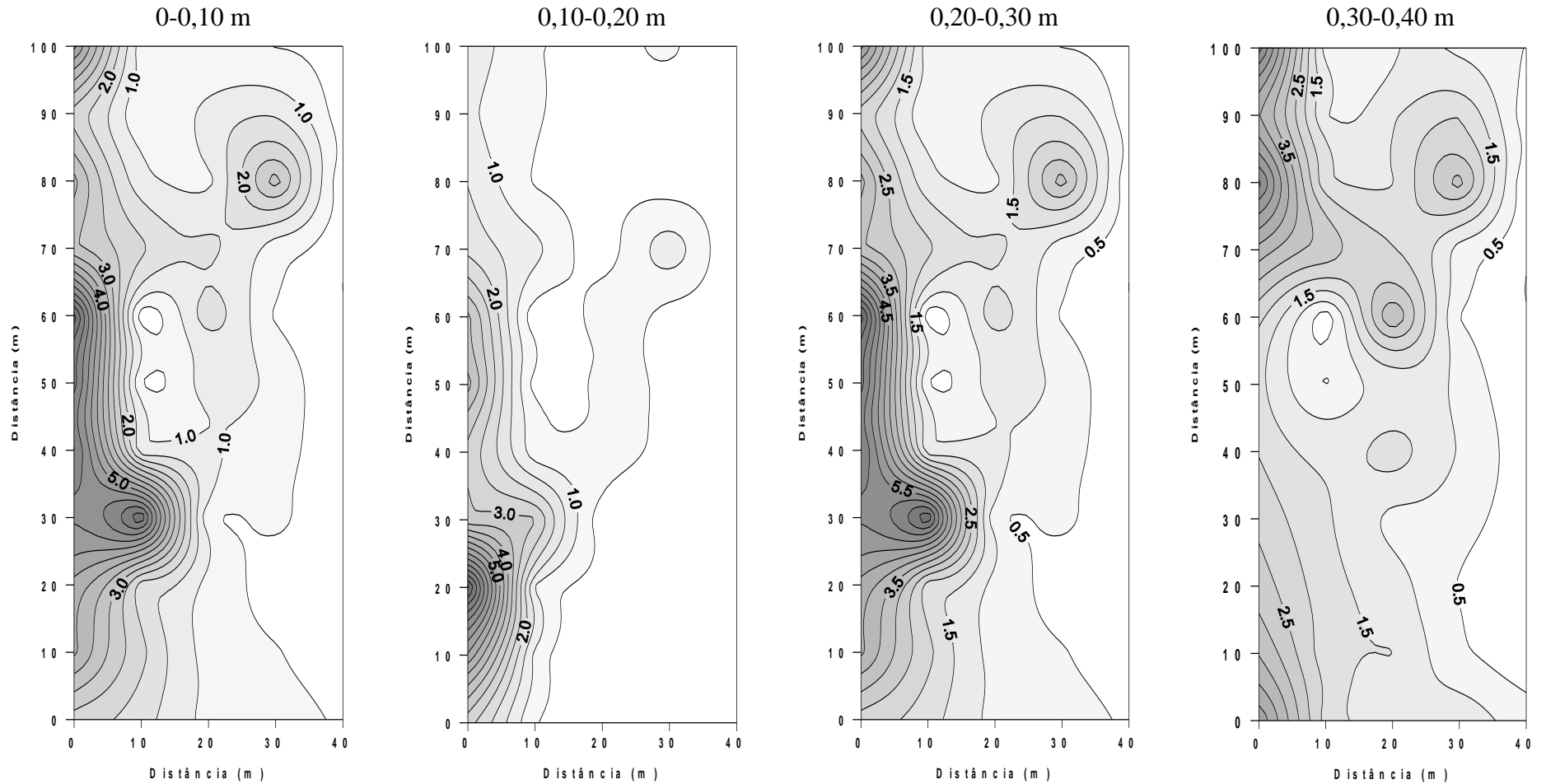
Tabela 4. Análise granulométrica para as profundidades de 0 – 0,20 m e 0,20 – 0,40 m de um Latossolo Amarelo distrocoeso, em Cruz das Almas, BA.

Profundidade	Areia	Silte	Argila	CT
-----m-----	-----%-----			-----
0 – 0,20 m	65,8	13,1	21,1	Franco-argilo-arenosa
0,20 – 0,40 m	57,7	15,0	27,3	Franco-argilosa

O aumento na concentração de argila da de 21,1% na profundidade de 0-0,20 m para 27,3% de 0,20-0,40 m, corrobora para o aumento da RP e caracterização da camada coesa presente nos Tabuleiros Costeiros (**Tabela 4**). Silva *et al.* (2005) afirmaram que preenchimento e obstrução dos poros destas camadas subsuperficiais ocasiona um arranjo mais compacto de partículas, aumentando o adensamento e conseqüentemente a RP.

O aumento da densidade Na **Figura 3** são expostos mapas de distribuição da RP na área avaliada e nas profundidades de 0-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m. São visíveis os elevados valores de RP variando de 5 MPa às máximas de 9 MPa, sendo que solos com tal característica são classificados como não agricultáveis. Esses valores são vistos no intervalo de 0-0,20 m, nas zonas de tráfegos de máquinas, intituladas vulgarmente por produtores rurais de “cabeceiras” (**Figura 1**), identificadas no presente experimento na faixa de 20 m a 35 m de distância do portão de entrada da área. Valores altos de 6 MPa se estendem até os 60 m, situação também notada no carreador e suas margens situado a 10m de distância da entrada do campo experimental.

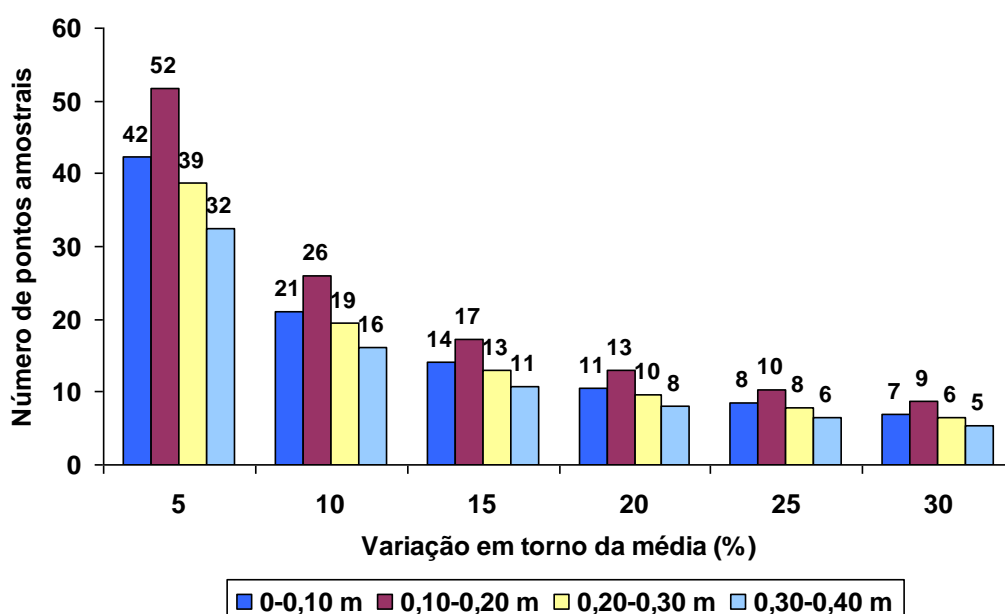
Figura 3. Distribuição da resistência do solo à penetração avaliada em campo em área de Latossolo Amarelo Distrocoeso em Cruz das Almas, BA, na unidade de referência de 100 kPa, em quatro profundidades, de 0 – 0,10, 0,10 – 0,20 m, 0,20 – 0,30 e 0,30 – 0,40 m.



Já na camada de 0,20 – 0,30 m (**Figura 3**), percebem – se elevados valores de RP que devem estar relacionados com o processo endógeno de adensamento nos Latossolos dos Tabuleiros Costeiros. Por outro lado, na zona que compreende o centro a partir dos 65 m distanciado da entrada da área do plantio, valores de 0,5 MPa são frequentes, o que demonstra baixa RP. Também notado por Silva *et al.* (2004) o menor estado de compactação foi encontrado no centro do cultivo, com RP variando entre 0,58 a 0,88MPa.

Na **Figura 4** é demonstrado o número mínimo de pontos amostrais para a determinação da RP, nas camadas de 0 – 0,10 m, 0,10 – 0,20 m, 0,20 – 0,30 m e 0,30 – 0,40 m, com variação de 5%, 10 %, 15 %, 20 %, 25 % e 30 %. Para a camada de 0 – 0,10 m, o ideal seria a amostragem de 42 pontos, sendo admitido uma margem de erro de 5 %. Considerando – se como aceitável uma percentagem de variação de 10 % em torno da média, o número mínimo de amostras seria de 21, 26, 19 e 16, respectivamente nas profundidades de 0 – 0,10, 0,10 – 0,20, 0,20 – 0,30 e 0,30 – 0,40 m. Admitindo uma margem de erro de 30 %, poderia ser realizadas até 7 medições para a profundidade de 0 – 0,10 m e 5 para o intervalo de 0,30 – 0,40 m. No caso de trabalho em propriedade rural, uma amostragem menos intensiva, com menor custo, talvez seja mais apropriada (TAVARES FILHO & RIBON, 2008).

Figura 4. Número mínimo de pontos amostrais necessários para avaliar a resistência do solo à penetração em campo, em uma área de Latossolo Amarelo distrocoeso em Cruz das Almas, BA, para as percentagens de variação de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 % em torno da média ($p \leq 0,05$), em quatro profundidades.



Também é notado na **Figura 4** um número elevado de 52 pontos amostrais necessários para determinar a RP nas profundidades de 0,20–0,30 m, para erro aceitável de 5%. Validando a ideia da camada coesa presente nos Latossolos dos Tabuleiros Costeiros. A característica também notada por Beutler *et. al.* (2001), nos sistemas de manejo do solo por plantio direto e convencional (aração e gradagem), foi verificado um gradiente crescente de RP com o aumento da profundidade, atingindo a máxima de RP 1,4 MPa a 0,15–0,30 m, para os sistemas de plantio direto com cultivo contínuo de milho e rotação de milho e feijão.

A redução do número mínimo de pontos amostrais para RP de 0,30–0,40 m é justificado pela baixa interferência antrópica nessa profundidade. Segundo a Araújo *et al.* (2002), em estudo avaliando a RP em diferentes profundidades, notou baixa RP na profundidade de 0,20–0,40 m, indicando baixa interferência das ações antrópicas neste perfil.

5. CONCLUSÕES

1. A variabilidade da RP do solo, foi muito alta na área avaliada, para todas as profundidades com base no CV.

2. Os sistemas de manejo adotado na área, influenciaram nos atributos físicos do solo, resultando num aumento da densidade, com conseqüente redução do volume de macroporos e aumento dos microporos na profundidade de 0,20-0,40 m. Sendo a granulometria mais um indicador da coesividade do solo.

3. A partir dos dados de RP plotados nos mapas para as profundidades de 0-0,10 m, 0,10-0,20 m, 0,20-0,30 m e 0,30–0,40 m é possível promover uma melhor visualização do grau de compactação da área e determinar práticas de manejo que possibilite uma redução na RP.

4. A melhor representatividade do número mínimo dos pontos amostrais para determinar a RP do solo para as profundidades avaliadas, ocorreu de 16 a 26 pontos amostrais para um erro aceitável de 10 %.

6. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. O.; MENDONÇA, L. A. R.; FEITOSA, J. V.; ROMÃO, M. R. O.; ARAÚJO, S. A. M.; SIMPLÍCIO, A. A. F.. **Avaliação da resistência a penetração de solos submetidos a manejo florestal de vegetação nativa na chapada do**

araripe. In: Congresso brasileiro de águas subterrâneas, 2010, Juazeiro do Norte. São Luís, MA: Universidade Federal do Maranhão, 2010. p.10. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/23075/15191>>.

Acesso em: 13 jul. 2019.

ASSIS, E. B.; NUNES, M. C. M.; SERAFIM, M.; BARELLI, A. A.; SANTINO JUNIOR, S. **Resistência à penetração em argissolo vermelho amarelo sob pousio e diferentes culturas de cobertura.** 19. ed. Goiânia: Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, 2014.1668p. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014b/AGRARIAS/resistencia%20a%20penetracao.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2019.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, 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.** Rev.: Ciência do Solos, v. 25, n. 167-177, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v25n1/18.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2019.

BORGES, A. L.; KIEHL, J. C.; SOUZA, L. S. **Alteração de propriedades físicas e atividade microbiana de um latossolo amarelo álico após o cultivo com fruteiras perenes e mandioca.** Revista Brasileira: Ciência dos Solos, v. 23, n. 10191025, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v23n4/30.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2019.

CANCIAN, L. C. **Variabilidade espacial da resistência a penetração, granulometria e umidade do solo.** 2015. 59 p. Tese (Agricultura e Ambiente) - Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, RS, 2015. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/ppgaaa/images/Luciano_Campos_Cancian.pdf>. Acesso em: 22 maio 2019.

CAVALCANTI, R. Q. **Atributos físicos e mecânicos do solo sob contínuo de cana-de-açúcar em Tabuleiro Costeiro.** 2018. 59p. Dissertação (Engenharia Agrícola)- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2018.

CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L. **Caracterização física de uma classe de solo do ecossistema do tabuleiro costeiro.** Piracicaba, SP: Scientia Agricola, v. 55, n. 3, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-0161998000300004>. Acesso em: 20 maio 2019.

CLINE, M.G. **Principles of soil sampling.** Soil Science, Baltimore, v. 58, p. 275-288, 1944.

TEXEIRA, C. P.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; WENCESLAU GERALDES TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo** – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p. il. color. ISBN 978-85-7035-771-7.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA–EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical. **Levantamento detalhado dos solos do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, Bahia**. Rio de Janeiro, 1993. 126p. (EMBRAPA.CNPMP. Boletim de Pesquisa, 7).

FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; ARATANI, R. G.; LEONEL, C. L. Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho. R. Bras. Ci. Solo, 31:627-636, 2007.

GOMES, F.P. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. Piracicaba: Potafos, 1984. 160p.

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.

MANIERI, J. M. **Utilização de um penetrômetro de impacto combinado com sonda de tdr para medidas simultâneas de resistência e de umidade do solo na avaliação da compactação em cana-de-açúcar**. 2015. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agrônomo, Campinas, 2015. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/dissertacoes/pb1803103.pdf>>. Acesso em: 21 jul. 2019.

MION, R. L.; NASCIMENTO, E. M. S.; SALES, F. A. L.; SILVA, S. F.; DUARTE, J. M. L.; SOUSA, B. M. Variabilidade espacial da porosidade total, umidade e resistência do solo à penetração de um Argissolo amarelo. **Samina**, v. 33, p. 2057-2066, 2012.

CARVALHO, M. P.; SORATTO, R.P.; FREDDI, O. S. **Variabilidade espacial de atributos físicos em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico sob preparo convencional em Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul**. Maringá, v. 24, n. 5, p. 1353-1361, 2002.

REZENDE, J. O. **Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros: limitações agrícolas e manejo**. Salvador, SEAGRI-SPA, 2000. 117p. (Série Estudos Agrícolas, 1).

- RODRIGUES, J. B. T. **Variabilidade espacial e correlações entre atributos de solo e produtividade na agricultura de precisão**. 2002. 126p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2002. Disponível em: <https://epositorio.unesp.br/bitstream/andle/1144990599/rodrigues_bt_me_botfca.pdf;jsessionid=F3AA0A52604E14C872A040641714B065?SEQUENCE=1>. Acesso em: 05 jun. 2019.
- SANTOS, E. B. Correção da resistência à penetração para umidades de referência em solos coesos de Tabuleiros Costeiros do Estado da Bahia. Cruz das Almas: Universidade Federal da Bahia Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2015. 32p.
- SAS INSTITUTE Inc. SAS/STAT user's guide. 4.ed. Raleigh: SAS Institute Inc., 2004. v. 9, 846p.
- Silva, A. J. N.; Cabeda, M. S. V.; Lima, F. W. F. Efeito de sistemas de uso e manejo nas propriedades físico-hídricas de um Argissolo Amarelo de tabuleiro costeiro. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, p.833-842, 2005.
- SILVA, V. R. da; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. **Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em plantio direto**. Ciência Rural, Santa Maria, v.34, n.2, p.399-406, mar-abr, 2004. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/cr/v34n2/a10v34n2.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2019.
- SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S.; LEDO, C. A. S.; CARDOSO, C. E. L. Distribuição de raízes e manejo do solo em cultivo de mamão nos Tabuleiros Costeiros. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.51, n.12, p.1937-1947, dez. 2016.
- TAVARES FILHO, J.; RIBON, A. A. (Comp.). **Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho**. Rev. Bras. Ci. Solo, Online, v. 32, n. 487494, p.487-494, set. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n2/03.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2019.
- TAYLOR, H.M.; ROBERSON, G.M.; PARKER JR., J.J. Soil strength-root penetration relations to medium to coarse-textured soil materials. Soil Science, Baltimore, v. 102, p. 18-22, 1966.