



## Avaliação da Qualidade Física de um Latossolo Amarelo sob cultura de Cana de Açúcar no Nordeste do Amazonas <sup>(1)</sup>.

**Fabiola Esquerdo de Souza<sup>(2)</sup>; Gilvan Coimbra Martins<sup>(3)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da FAPEAM

<sup>(2)</sup> Bolsista de Iniciação Científica - Programa PAIC/FAPEAM – pela Embrapa Amazônia Ocidental; Manaus/ AM; [fabiolesquerdodesouza@gmail.com](mailto:fabiolesquerdodesouza@gmail.com); <sup>(3)</sup> Pesquisador; Embrapa Amazônia Ocidental (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária); Manaus/ AM; [gilvan.martins@cpaa.embrapa.br](mailto:gilvan.martins@cpaa.embrapa.br)

**RESUMO:** Os indicadores de qualidade física do solo é avaliado pela densidade, umidade e resistência a penetração do solo, fatores que auxiliam no desenvolvimento e na produção das culturas. O estudo objetivou avaliar a qualidade utilizando indicadores como densidade, umidade e resistência a penetração em solo de cultura de cana de açúcar. Observaram-se maiores valores de resistência a penetração para o sistema linha, entrelinha e floresta a partir de profundidade de 0,5 a 0,15 m, alcançando o valor de 3,0 MPa. A densidade entre linha e linha não houve variação significativas pela análise estatística. Os ambientes campo (linha e entrelinha) e floresta revelou diferenças com a probabilidade de significância menor que 0,001. Os indicadores de qualidade do solo neste trabalho apresentou maior desempenho na distinção entre os ambientes estudados, contribuindo desta forma para o monitoramento do solo. Entre os três indicadores utilizados o que houve uma diferença significativa foi a resistência a penetração e a umidade do solo, já a densidade não houve variação entre as linhas e entrelinhas.

**Termos de indexação:** indicador de qualidade do solo, densidade, umidade.

### INTRODUÇÃO

A mecanização agrícola tem aumentado nas últimas décadas por facilitar o trabalho do homem ao campo, começando desde o preparo até a colheita da cultura (Centurion e Dematte, 1992). As condições físicas do solo são alteradas pela mobilização mecânica, devido a preparação do solo como defensivos químicos e incorporação de insumos para o estabelecimento, crescimento e produtividades das culturas (Soler, 2013).

Para Fidalski (2009) os indicadores de qualidade física do solo é avaliada pela densidade, umidade e resistência a penetração do solo, fatores que auxiliam no desenvolvimento e na produção das culturas. A disponibilidade de água, ar e pela resistência a penetração do solo são qualidades físicas do solo que facilitam o crescimento das

plantas devido ao crescimento das raízes (Euriel M. Romero et al, 2014).

De acordo com Furlani et al (2005) afirma que os diferentes métodos de preparo do solo ocorrem para agilizar o melhor desenvolvimento das culturas, porem usadas de forma inadequada e sob intensivo cultivo do solo provocando as perdas na qualidade física do solo, limitando desta forma a produção das culturas.

A produção de cana de açúcar está estimada em 0,12% na Região Norte em relação as Regiões do Brasil, isso indica que a distribuição mix do Amazonas é destinada a açucareiro, na maior parte de sua produção de cana de açúcar. Com uma área plantada de 3,58 mil/ha, sua produtividade é de 72.100 kg/ha chegando sua produção total a 258,10 mil/t sendo que 153,57t são destinado ao açúcar e 104,53 ao etanol no Estado do Amazonas. (IBGE, 2015).

A área de agricultura vem sendo usada para o cultivo de cana de açúcar desde a década de 70, com a área de 4 mil hectares para este cultivar, a maior parte de sua produção é destinada ao açúcar e o restante vai para a produção de outros produtos. Com o passar dos anos a área vem diminuindo sua produtividade, gerando perda na economia da Empresa e do Estado.

Diante disto, objetivou-se o presente estudo para avaliar a qualidade do solo utilizando os indicadores como densidade, umidade e resistência a penetração em solo de cultura de cana de açúcar.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na fazenda Agropecuária Jayoro, localiza-se na BR – 174, km 120, no município de Presidente Figueiredo, no Nordeste do Amazonas e Norte de Manaus (p01° 56' 32" S, 60° 02' 39" W). O solo analisado é um Latossolo Amarelo (Martins et al., 2000). A região apresenta temperatura média anual de 27 °C e a precipitação média de 2.975 mm. O clima segundo a classificação climática de Köppen é Afi (quente e úmido).



### Avaliação das propriedades físicas do solo

O grau de compactação do solo foi avaliado em sistemas de agricultura (linha e entrelinha) e floresta do seu entorno, foi analisada a resistência a penetração, a densidade, umidade do solo.

### Resistência à Penetração do Solo

Na análise do experimento foi utilizado um penetrômetro eletrônico digital (PenetroLOG) da marca Falker, é um instrumento destinado a agricultura de precisão que permite a obtenção de dados numéricos precisos a compactação das diferentes camadas do solo. O penetrômetro expressa como índice de cone, a relação entre a força exercida para fazer o cone metálico penetrar no solo e sua área basal (Bradford, 1986).

Os locais escolhidos para analisar a resistência a penetração do solo foi de forma aleatória dentro da área de cultivo da cana de açúcar. Foram avaliados três formas de amostras, na linha da cultura, em espaçados na entrelinha da cultura e em área de floresta, cada uma com 6 pontos, amostrando um total de 18 pontos amostrais. A resistência a penetração foi avaliada nas profundidades de : 0,00 a 0,5; 0,5 a 0,10; 0,10 a 0,15; 0,15 a 0,20; 0,20 a 0,25; 0,25 a 0,30; 0,30 a 0,35; 0,35 a 0,40; 0,40 a 0,45; 0,45 a 0,50m.

Para avaliar os dados coletados no campo foram transformados em Resistência a Penetração (RP = Kgf/cm<sup>2</sup>) conforme a seguinte equação 1 descrita por STOLF (1991).

$$RP \text{ (Kgf/cm}^2\text{)} = 5,6 + 6,89 \times N$$

Onde:

$$N \text{ (impactos/dm)} = [\text{N}^\circ \text{ de Impactos/Penetração (cm)}] \times 10$$

Logo após os valores dos dados foram convertidos para Mega Pascal (Mpa) no qual é a unidade internacional de medida, utilizando -se o meio de multiplicação, como mostra a seguir (STOLF, 1991).

$$RP \text{ (MPa)} = 0,0980665 \times \text{Kgf/ cm}^2$$

Para uma melhor compreensão e interpretação dos resultados obtidos, foi realizado um gráfico de resistência a penetração do solo com a profundidade para cada área de estudo, conforme a (Figura 01).

### Densidade e Umidade do solo

Na determinação da densidade e umidade do solo, foram coletadas seis amostras por tratamento com auxílio de um trago na coleta das amostras indeformadas, nas profundidades de 0,5 a 0,10 m. As amostras foram embaladas em sacos plásticos e encaminhada ao Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Ocidental, onde foi realizado as pesagem e análise para a determinação do teor de densidade e umidade do solo.

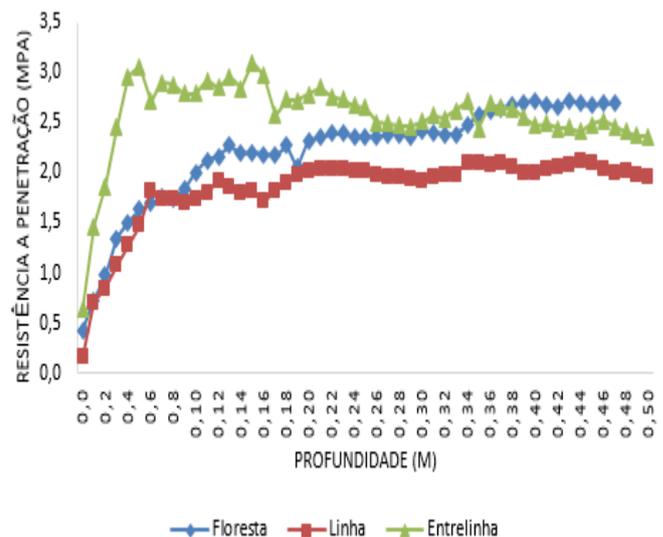
Os dados da densidade e da umidade foram interpretados para cada área de estudo, no entanto caracterizando assim o estado de compactação dos solos.

Os resultados dos dados foram submetidos a análise de variância e teste de médias comparada ao teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o sistema computacional ASSISTAT, versão 7.4 beta.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar a Resistência a Penetração do Solo como mostra a (Figura 1), verifica-se que as áreas de Linha e Floresta são próxima a 0,10 m sendo que a partir deste ponto a linha oferece menor resistência devido ao preparo do sulcro de plantio. Já em relação a entrelinha do campo de cana de açúcar apresenta maior resistência quando comparada as linhas e a floresta ao entorno, principalmente aos 0,30 m superficiais. Isso ocorre devido ao tráfego de tratores em época de tratos culturais na área. E nos pontos de 0,5 e 0,15 cm da Entrelinha apresentam valores superiores as demais áreas, cujo o valor ultrapassa a 3,0 MPa mostrando desta forma o início de compactação. Segundo Torres & Saraiva (1999), os valores de resistência a penetração em torno de 3,5 a 6,5 MPa são consideradas como valores capazes de causar problemas para o desenvolvimento da planta.

**Figura 01.** Resistência a Penetração do Solo avaliada com o penetrômetro de impacto, em diferentes profundidades em solo de floresta e solo de agricultura da Agropecuária Jayoro, município de Presidente Figueiredo - AM.



Para o parâmetro de densidade do solo foram analisados na linha e entrelinha da cana de açúcar



como mostram as **Tabela 1** e **Tabela 2**. Como se pode observar não houve variação significativa pelas análises estatísticas nos dados comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Streck et al (2004), afirma que a compactação do solo eleva os valores de densidade do solo e aumenta a resistência à penetração do solo.

**Tabela 1** - Densidade do solo comparando linha e entrelinha no solo de cana de açúcar.

Densidade – (kg/m <sup>3</sup> )		
Profundidade	Linha	Entrelinha
0,05 – 0,10 m	1040	1080
0,05 – 0,10 m	1000	1160
0,05 – 0,10 m	1040	1060
0,05 – 0,10 m	1060	920
0,05 – 0,10 m	1140	1000
0,05 – 0,10 m	1050	1080

**Tabela 2** - Análise Estatística de Densidade

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	1	75.00000	75.00000	0.0170 ns
Resíduo	10	44150.00000	4415.00000	
Total	11	44225.00000		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)  
ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
1	10	0.001	0.016988	0.8987

Médias de tratamento

1	1055.00000 a	nr = 6
2	1050.00000 a	nr = 6

$dms = 148.17339 \times \text{RaizQuadrado} (1/nr1 + 1/nr2)$   
Onde nr1 e nr2 são os números de repetições de duas médias comparadas

nr = número de repetições do tratamento

MG = 1.05250 CV% = 6.31

Ponto médio = 1.04000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade  
Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.95225	0.67001	Sim

FV = Fonte de variação GL = Grau de liberdade  
SQ = Soma de quadrado QM = Quadrado médio  
F = Estatística do teste F MG = Média geral  
CV% = Coeficiente de variação em %

dms = Diferença mínima significativa

Com o objetivo de analisar as associações entre os ambientes foi verificado através de técnicas de estatística (**Tabela 3** e **Tabela 4**), o que possibilitou a classificação com eficiência dos resultados obtidos para as áreas estudadas. Pela análise discriminante, explica que na linha e entrelinha não houve diferenças significativas entre si ao nível de 5%, porém aos ambientes campo (linha e entrelinha) e floresta revelou diferenças, com a probabilidade de significância menor que 0,001. O resultado mostra que este indicador é sensível ao impacto do uso do solo, ou seja, a umidade apresentou-se como um bom indicativo para diagnosticar a ocorrência de alterações nas estruturas do solo. Segundo Cavalcante (2010), indica que o porte das espécies vegetais, o espaçamento entre elas influenciam os parâmetros de evotranspiração que afeta diretamente a umidade do solo.

**Tabela 3** - Umidade do solo comparado a agricultura (linha e entrelinha) e floresta.

Umidade – (%)			
Profundidade	Linha	Entrelinha	Floresta
0,05 – 0,10 m	16,6	20,2	12,7
0,05 – 0,10 m	12,4	16,8	14,6
0,05 – 0,10 m	18,3	17,6	10,5
0,05 – 0,10 m	16,6	18,7	12,5
0,05 – 0,10 m	18,2	17,5	10,4
0,05 – 0,10 m	17,1	19,4	15,8

**Tabela 4** – Análise Estatística de Umidade

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	98.44333	49.22167	13.4188 **
Resíduo	15	55.02167	3.66811	
Total	17	153.46500		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)  
ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
2	15	6.3589	13.4188	0.0004

Médias de tratamento

1	16.53333 a
2	18.36667 a
3	12.75000 b

dms = 2.86954

MG = 15.88333 CV% = 12.06  
Ponto médio = 15.30000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem

estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade Normalidade dos dados (alfa = 5%)

-----  
Teste (Estatística) Valor p-valor Normal Shapiro-Wilk (W) 0.91806 0.11945 Sim  
-----

FV = Fonte de variação GL = Graus de liberdade  
SQ = Soma de quadrado QM = Quadrado médio  
F = Estatística do teste F MG = Média geral  
CV% = Coeficiente de variação em %  
dms = Diferença mínima significativa

Os indicadores de qualidade física do solo neste trabalho apresentam maior desempenho na distinção das linhas, entrelinhas e floresta, contribuindo desta forma para o monitoramento do solo.

### CONCLUSÕES

Puderam ser extraídas deste trabalho as seguintes conclusões:

O solo da entrelinha da área de cana de açúcar apresentou maiores valores de resistência a penetração comparando com a linha e a floresta, onde os valores mais críticos foram encontrados na profundidade de 0,5 a 0,10 m;

Não houve grandes diferenças entre linha e entrelinha da área de agricultura em relação a densidade do solo;

Já em relação a umidade do solo, a área de agricultura apresentou maior umidade, devido a precipitação direta no solo estocando mais água no solo agricultável do que na floresta.

### AGRADECIMENTOS

A Fazenda Agropecuária Jayoro pela possibilidade de coleta de dados nas dependências de suas áreas de cultivo;

A FAPEAM pela concessão da bolsa;

A Embrapa Amazônia Ocidental pela estrutura e conhecimento e ao Ms. Gilvan Coimbra Martins pela orientação e ensino.

### REFERÊNCIAS

BRADFORD, J. M. Penetrability. In: KLUTE, A. (Ed.) Methods of soil analysis, physical, chemical and mineralogical methods. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p.463 – 478.

CALVALCANTE, R. B. L. Planejamento de Povoamento de Eucalipto com Condicionantes Hidrológicos: um estudo de caso em Eldorado do Sul/RS. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS. 2011. p.102.

CENTURION, J. F.; DEMATTE, J. L. I. Sistemas de Preparo de Solos de Cerrado: Efeitos nas propriedades físicas e na cultura do milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 27:315 – 324, 1992.

FIDALSKI, J. Física do Solo: Texto elaborado para Capacitação do Programa Paraná Fértil (Instituto EMATER) e Curso de Atualização de Conhecimento em Ciência do Solo (IAPAR). Paranaíba – PR, 2009. Disponível em : < [http://www.iapar.br/arquivos/File/zip\\_pdf/aso/jonezfidalski/fisicadosolo](http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/aso/jonezfidalski/fisicadosolo) < acessado em 23 de março de 2015.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P. Avaliação de semeadora – adubadora de precisão trabalhando em três sistemas de preparo do solo. Engenharia Agrícola, v.25, n.2, p. 458 – 464, 2005.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em: < <http://www.cidades.ibge.gov.br/conab2014> >. Acesso em 23 de março de 2015.

MARTINS, G. C.; TEIXEIRA, W. G.; SOUZA, A. C. G.; MACEDO, R. S. Resistência a penetração em cultivos de guaraná sob latossolo amarelo na Amazônia Central. Disponível em : < <http://www.alice.cnptia.embrapa.br> >. Acesso em 25 de março de 2015.

ROMERO, E. M.; RUIZ, H. A.; FERNANDES, R. B. A.; COSTA, L. M. Condutividade hídrica, porosidade, resistência mecânica e intervalo hídrico ótimo em latossolo artificialmente compactados. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V.18, n.10, p. 1004, 2014.

SOLER, M. A. Estrutura e agregação do solo sob diferentes sistemas de manejo do solo comparado ao campo nativo. Dissertação de Mestrado II. Capítulo 1, p. 1, 2013.

STOLF, R.; MURAKAMI, J. H.; BRUGNARO, C.; SILVA, L. G.; SILVA, L. C. F.; MARGARIDO, L. A. C. Nota: Penetrômetro de impacto Stolf – Programa Computacional de Dados em Excel – UBA, Revista Brasileira de Solo, 38:774-782, 2014.

STRECK, C.A. REINERT, D. J. REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causado pelo tráfego induzido em trator em plantio direto. Ciência Rural. 34:755-760. 2004.

TORRES, E. & SARAIVA, O.F. Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja. Londrina, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 1999. 58p. (Circular Técnica, 23). Disponível em < <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/.../circTec23>>. Acesso em 23 de março de 2015.