



DESENVOLVIMENTO DE SENSORES DE UMIDADE ACOPLADOS A PENETRÔMETRO DE IMPACTO PARA DIAGNÓSTICO DE COMPACTAÇÃO EM PROPRIEDADES RURAIS

Eduardo Cividini¹ ; Érika Andressa Silva²

INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma extensão territorial significativa, a qual pode ser comparada com a de um continente. Por esse e outros motivos o setor do agronegócio possui grande importância na economia nacional, tendo uma média entre os anos de 1995 a 2021, de 23% de participação no PIB brasileiro (CASTRO, 2024). Para alcançar uma produção de qualidade e em quantidade satisfatória, vários são os fatores que devem ser monitorados e manipulados, como as características químicas, físicas e biológicas do solo que estão diretamente relacionadas ao desenvolvimento das culturas de interesse econômico. Dentre estas inúmeras características, destaca-se a física do solo, em que a compactação é tratada com grande relevância, já que a mesma pode limitar drasticamente o crescimento radicular, e por consequência o desenvolvimento como um todo da planta (SÁ; SANTOS JUNIOR, 2005).

A compactação do solo nada mais é do que o aumento da densidade aparente e redução da macroporosidade do solo. Este fenômeno pode ter diversas causas, como intenso tráfego de máquinas ou animais, e muitas vezes não tem a atenção que deveria, tendo em vista seu poder de redução de produtividade (MARASCA et al., 2011).

Em áreas de plantio convencional é muito comum a compactação superficial, que pode ser causada por tráfego de máquinas ou selamento superficial (REIS, 2023). O uso de implementos como grades e arados é comumente utilizado neste sistema de plantio, e esses podem causar o adensamento de camadas que recebem o peso dos mesmos, este fenômeno é conhecido como pé-de-grade

¹Aluno do Instituto Federal Catarinense, Campus Videira, Curso de Bacharelado em Agronomia, E-mail: eduardocividini05@gmail.com

² Professora Orientadora do Instituto Federal Catarinense, Campus Videira, Curso de Bacharelado em Agronomia, E-mail: erika.silva@ifc.edu.br



(REICHERT et al., 2007). Já em cultivos que fazem uso do plantio direto, as raízes encontram maior dificuldade de crescimento entre 8 a 15 cm de profundidade, em contra partida locais com pastagem a camada de maior compactação normalmente se localiza em até 10 cm, devido ao pisoteio dos animais (REIS, 2024).

Tendo em vista a magnitude dos prejuízos potenciais que a compactação do solo pode gerar, o presente estudo tem como objetivo monitorar um indicador de compactação do solo, a resistência a penetração, em propriedades rurais na região de Videira SC, para que assim se possa melhorar a eficiência e assertividade da utilização dos recursos, e conseqüentemente extrair produtividades melhores e mais rentáveis das áreas de cultivo.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo foi desenvolvido no município de Videira, que fica localizado no meio oeste catarinense, e possui clima temperado, e altitude média de 750 m acima do nível do mar. Para realizar a coleta de dados foram selecionadas 9 propriedades rurais com áreas de pastagens, nas quais foram escolhidos ao acaso no mínimo 3 pontos em cada, para coleta de dados de resistência a penetração (RP) e umidade.

O método mais comumente utilizado para mensurar o nível de compactação do solo é através da RP, a qual aponta valores de forças necessárias para realizar a penetração de uma haste nas camadas de solo. Para isso se usa um instrumento conhecido por penetrômetro de impacto (STOLF, 2014). Essa ferramenta possui uma haste pontiaguda graduada e com comprimento total de 60 cm, e os impactos são causados pela força de um bloco metálico de massa conhecida, e este cai sobre a haste, a qual exerce pressão sobre o solo. E com os valores de penetração a cada impacto, é possível obter dados de RP a partir de cálculos.

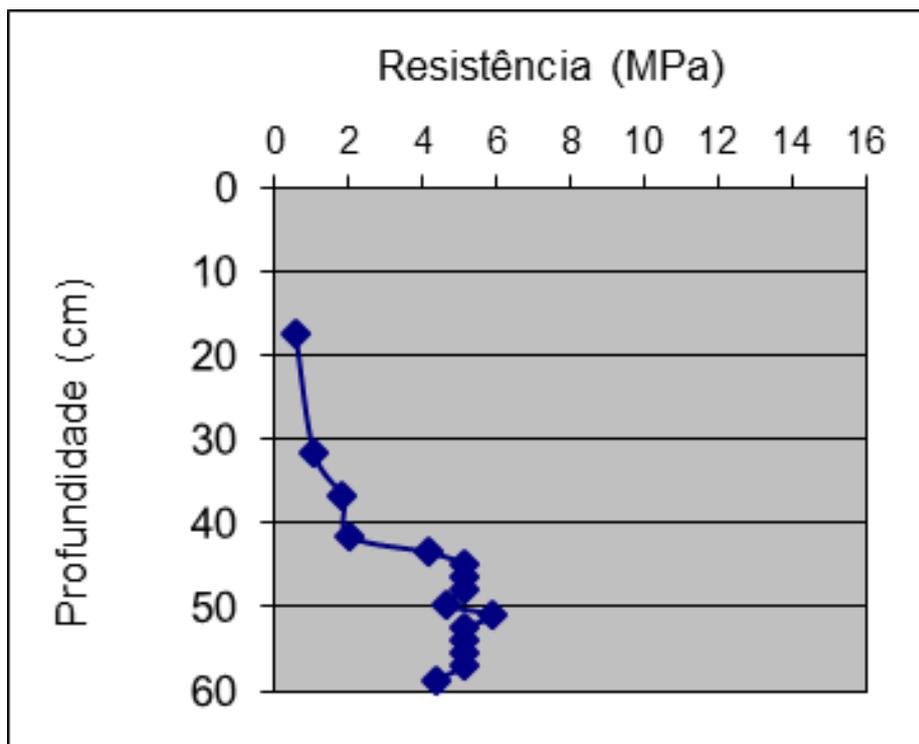
Para realizar a coleta de dados de umidade foi feito uso de um sensor ligado a uma placa de Arduino, o que possibilitou maior agilidade e eficiência no processo de recolhimento de dados, já que esta ferramenta pode ser utilizada no campo, diferente do modo tradicional que faz uso da estufa em laboratório, necessitando assim de maior tempo para obtenção de resultados.



Após ter-se a posse de todos os dados iniciou-se o processo de planilhamento, organização e seleção. Realizou-se a escolha de 2 pontos por propriedade, sendo excluídas repetições com valores inconsistentes e fora de padrão. Como causa destas anomalias pode-se citar a presença de rochas no solo, o que é muito frequente na região, devido existir a predominância de solos do tipo cambissolos, os quais são pedregosos em seu estado natural.

Para o cálculo de resistência a penetração contou-se com a planilha de Stolf (STOLF, 2014), a qual além de desenvolver os cálculos, gera gráficos de RP em função da profundidade (gráfico 1), tornando assim mais visível o nível de compactação de cada camada de forma individual.

Gráfico 1 – Resistência a penetração em função da profundidade



Em seguida com o uso de programas estatísticos se fez análises de variância e aplicação do teste de Scott Knott (5%), considerando variação e interação das variáveis deste estudo, para posterior interpretação dos resultados obtidos. Portanto, considerou-se delineamento inteiramente casualizado, com 2 repetições x 9 propriedades e 3 camadas de solo (20, 40, 60 cm), num total de 54 informações de RP.



RESULTADOS E DISCUSSÕES

Não houve interação significativa entre propriedades e profundidades, portanto, a seguir são apresentados os valores médios de RP em função da profundidade do solo (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores médios de RP para as camadas de 20, 40 e 60 cm

Camada (cm)	RP média (MPa)
20	1,989 b
40	2,714 a
60	3,148 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%).

Verificaram-se menores valores de RP na camada de 20 cm, ficando assim notável uma maior compactação nas camadas de 40 e 60 cm (Tabela 1). Quando se compara valores de RP observados nesse trabalho com a literatura disponível (Tabela 2), percebe-se que os valores se encontram na classe considerada alta.

Tabela 2 – Classificação da resistência a penetração

Classe	Resistência a penetração (MPa)
Extremamente baixa	< 0,01
Muito baixa	0,01 a 0,1
Baixa	0,1 a 1,0
Moderada	1,0 a 2,0
Alta	2,0 a 4,0
Muito alta	4,0 a 8,0
Extremamente alta	> 8,0

Adaptadas de Soil Survey Staff (1993), citado por CAMPOS 2015.



Na tabela 3 são apresentados os valores médios de RP para cada propriedade estudada, além dos valores médios de umidade do solo obtidos no momento dos ensaios.

Tabela 3 – Dados médios de umidade e RP para cada propriedade.

Propriedade	Umidade (%)	RP média (MPa)
4	21,78	1,513c
3	16,45	1,695c
2	18,38	1,695c
7	21,92	2,610b
9	27,50	2,632b
8	17,83	2,697b
5	21,20	3,045b
6	21,83	3,318b
1	20,03	4,348 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%).

Como as propriedades estão em ordem crescente pelo valor de RP, fica fácil visualizar que a propriedade de número 1 é a que apresenta maior compactação. Além disso, quando se relacionam os valores de RP da tabela 3 com as classes da tabela 2, nota-se que apenas as propriedades 4, 3 e 2 se encaixam na classe de compactação moderada, enquanto as propriedades 7, 9, 8, 5 e 6 encontram-se com nível de compactação alto. Por fim, a propriedade 1 apresenta-se com compactação considerada de nível muito alto.

Outro parâmetro monitorado a campo, como já mencionado, foi a umidade, que é de suma importância neste tipo de estudo, pois solos com menor teor de água acabam por ter uma maior RP. Porém, quando se observam os valores de umidade (Tabela 3), nota-se pequena variação entre eles, não sendo possível estabelecer uma relação entre os valores de RP e o percentual de água no solo.

Altos níveis de compactação reduzem a macroporosidade do solo, o que resulta em menor disponibilidade de oxigênio, água e nutrientes para as plantas. Em



contrapartida, o sistema radicular demanda maiores quantidades de energia para romper a camada compactada, e, na maioria dos casos, apresenta crescimento reduzido (REICHERT et al., 2007). Em situações em que as raízes são menores, a planta fica mais suscetível a déficit hídrico e nutricional, além de maior risco de acamamento. Esse conjunto de fatores acarreta uma redução significativa no potencial produtivo das plantas, muitas vezes tornando a produção vegetal inviável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados obtidos, conclui-se que os solos analisados apresentam um alto índice de compactação, necessitando de intervenções para reduzir os impactos desse fenômeno na produtividade e, conseqüentemente, na rentabilidade das áreas em questão. Como pode-se observar na tabela 1, os maiores níveis de resistência à penetração encontram-se nas camadas de 20 a 60 cm, o que implica a necessidade de realizar práticas mais severas, como, por exemplo, o uso de subsolador, que age sobre camadas mais profundas. Essas ações devem ser priorizadas nas propriedades 7, 9, 8, 5, 6 e 1, já que estas se encontram em situações mais críticas quando comparadas com as demais propriedades analisadas.

Um fator que pode ser apontado como causa dessa maior compactação em camadas subsuperficiais é o uso frequente de implementos que têm como objetivo revolver a parte superficial do solo. No entanto, essas máquinas causam compactação nas camadas que recebem o peso dos mesmos, resultando no chamado pé-de-grade.

Em suma, é de extrema importância o monitoramento de índices que indicam o nível de compactação do solo, já que o SOLO é um dos recursos mais importantes do setor agrícola mundial. E sua qualidade está diretamente ligada ao potencial produtivo, o que impacta a segurança alimentar. Pois, a manutenção da qualidade física dos Solos evita a necessidade de uso de novas áreas, trazendo inúmeros benefícios para a sociedade como um todo.

REFERÊNCIAS

.



FICE
13ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

29 E 30 DE AGOSTO



CAMPOS, Adriano Gonçalves de et al. **Resistência à penetração como indicadora de alterações estruturais no solo decorrentes de implementos para manejo do solo.** Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/138563/1/Resistencia-penetracao.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2024.

CASTRO, Nicole Rennó. **AFINAL, QUANTO O AGRONEGÓCIO REPRESENTA NO PIB BRASILEIRO?** Disponível em: <https://cepea.esalq.usp.br/br/opiniao-cepea/afinal-quanto-o-agronegocio-representa-no-pib-brasileiro.aspx>. Acesso em: 24 jul. 2024.

MARASCA, I.; OLIVEIRA, C.; GUIMARÃES, E.; CUNHA, J.; ASSIS, R.; PERIN, A.; MENEZES, L. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e do teor de água em sistema de plantio direto na cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 27, n. 2, p. 239-246, 2011.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Tópicos em ciência do solo**, v. 5, p. 49-134, 2007.

REIS, Josimar Vieira dos. **Compactação do solo: quais os tipos e efeitos.** Disponível em: <https://nutricaodesafras.com.br/compactacao-do-solo>. Acesso em: 24 jul. 2024.

SÁ, M. A. C.; SANTOS JUNIOR, J. D. G. Compactação do solo: consequências para o desenvolvimento vegetal. **Planaltina: Embrapa-Cerrados**, 26p, 2005.

STOLF, R. Penetrômetro de impacto Stolf – Programa computacional de dados em Excel-VBA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Araras, v. 38, p. 774-782, 2014.