



## **Avaliação de resistência do solo à penetração ao longo do tempo em um sistema agroflorestal**

*Evaluation of soil resistance to penetration over time in an agroforestry system*

PAULINO, Janaina<sup>1</sup>; RODRIGUES, Vitória Roque<sup>2</sup>, ARAÚJO, Handrey Borges<sup>3</sup>, FELIPE, Rafaella Teles Arantes<sup>4</sup>, FAVARO, Natalia Gazzolla<sup>5</sup>, BARBOSA, Thauany Gabriella Martins<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso, eng\_janaina@yahoo.com.br; <sup>2</sup> Universidade Federal de Mato Grosso, vitrdgs@gmail.com; <sup>3</sup> Universidade Federal de Mato Grosso, handreyba@gmail.com; <sup>4</sup> Universidade Federal de Mato Grosso, rtafelipe83@gmail.com, Universidade Federal de Mato Grosso, gf24natalia@gmail.com; Universidade Federal de Mato Grosso, gabimartins790@gmail.com

### **RESUMO EXPANDIDO**

#### **Eixo Temático: Manejo de Agroecossistemas**

**Resumo:** A resistência do solo à penetração indica possíveis restrições ao crescimento saudável de plantas e está ligada ao manejo do solo. Sistemas Agroflorestais possuem características sustentáveis e conservacionistas, aliando produção agrícola e conservação de recursos naturais. O presente estudo teve por objetivo avaliar e comparar as alterações de resistência à penetração no solo ao longo do tempo em um Sistema Agroflorestal localizado em Sinop - MT. Foram realizadas coletas de dados em três épocas diferentes em diferentes profundidades. Para a determinação de resistência à penetração utilizou-se um penetrômetro de impacto - Stolf. Houve diferença significativa a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Wilcoxon-Mann-Whitney quando comparado o solo antes e após a inserção do sistema agroflorestal, bem como quando comparada às diferentes profundidades. A implantação do sistema agroflorestal influenciou na redução de resistência à penetração ao longo do tempo para o solo em análise.

**Palavras-chave:** agroecologia; conservação do solo; compactação do solo.

#### **Introdução**

O solo é o sustentáculo da vida e todos os organismos terrestres dele dependem direta ou indiretamente. Sendo assim, a produtividade dos sistemas e processos que utilizam os solos, sofrem influência direta de sua qualidade. O tipo de manejo adotado pode influenciar negativamente nas condições físicas de um solo e prejudicar o desenvolvimento do sistema radicular da planta. Com o aumento constante da produção, elevam-se a intensidade do tráfego de máquinas e tratores alterando a estrutura do solo, deixando-o compactado e comprometendo a produção agrícola. A compactação acarreta aumento da densidade e da resistência do solo à penetração e redução da macroporosidade ou porosidade de aeração (GENRO JUNIOR et al., 2004). Resistência do solo à penetração é um parâmetro que simula o impedimento do crescimento de raízes. Dentre as propriedades físicas afetadas pela compactação, a resistência à penetração é uma das mais estudadas, sendo



investigada através da penetrometria (BEUTLER et al., 2007). O penetrômetro de impacto, lançado em 1982, tornou-se popular entre os agricultores por meio de publicações técnicas que abordavam aspectos práticos, ou seja, características do equipamento e da operação (STOLF et al., 1983), possui baixo custo e fácil manuseio, já que todo o seu desenvolvimento foi pensado justamente para ser acessível aos produtores. Dentro do processo de preparação do solo para a realização do plantio, existem meios que podem reduzir o impacto causado, usando vias mais sustentáveis para conservar os recursos naturais. Essas práticas denominadas agroecológicas visam manter o equilíbrio dos agroecossistemas e promover mudanças sociais e ecológicas a fim de garantir uma agricultura com base sustentável. A preocupação com a qualidade do solo tem crescido na medida em que seu uso e mobilização intensiva pode resultar na diminuição de sua capacidade em manter uma produção biológica sustentável. O manejo adequado, além de proporcionar estabilidade de produção, diminuir os gastos com insumos e com as demais perdas causadas pela erosão, melhora a renda dos agricultores, fixa o homem no campo e melhora a qualidade de vida das comunidades devido a preservação do ambiente. Objetivou-se então, verificar o efeito da implantação de um sistema Agroflorestal na resistência do solo à penetração ao longo do tempo e classificar a área de estudo de acordo com seu grau de resistência à penetração.

## Metodologia

O estudo foi realizado na Unidade de Aprendizagem em Sistema Agroflorestal de base agroecológica “Dona Dora”, situada na UFMT campus de Sinop, com dimensão de aproximadamente 1000 m<sup>2</sup>, cujas coordenadas geográficas são: Latitude: 11° 52' 23" Sul, Longitude: 55° 29' 54" Oeste, altitude de 371 m. A temperatura média anual é de 25,58°C e segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, definido como tropical quente e úmido, com duas estações bem definidas: uma chuvosa de outubro a abril e outra seca de maio a setembro (SOUZA et al., 2013). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico. Inicialmente parte da área era ocupada por uma horta desativada, vegetações espontâneas, e as culturas de pitanga (*Eugenia uniflora*) e goiaba (*Psidium guajava*) que foram mantidas no SAF, porém a maior parte da área era composta por solo sem cobertura (Figura 01). Para implantação do SAF, foi realizada a limpeza da área com a retirada de entulhos e uma passagem do Motocultivador. Ao longo das análises de RP do presente trabalho, foram inseridas diversas culturas como: Abóbora Moranga, Abobrinha, Açaí, Alface, Algodão, Amora, Banana BRS Princesa, Banana Prata, Couve, Eucalipto, Mamão, Mandioca, Maracujá, Margaridão, Nabo Forrageiro, Pimenta Biquinho, Pimenta Malagueta e Pitaya. Os dados foram obtidos em novembro de 2019 antes da implantação do SAF (que ocorreu no mesmo mês), em abril de 2020 depois da implantação do sistema, e em junho de 2021, totalizando três coletas de dados de resistência à penetração. Nas Figuras 1 (A, B e C) é possível visualizar as imagens aéreas de como era a área antes e 20 meses após a implantação do SAF. Os pontos onde realizou-se as coletas foram definidos de forma a representar a área total. As medidas de resistência à penetração foram realizadas em quatro profundidades do



solo, sendo elas de 0 a 10, de 10 a 20, de 20 a 30, e de 30 até 40 cm. Utilizou-se o penetrômetro de Stolf (IAA/Planalsucar) para obter os dados a campo e seguiu-se a metodologia descrita por Stolf et al. (1983). A penetração da haste do aparelho no solo foi transformada em resistência à penetração, através da fórmula dos "holandeses", utilizada por STOLF. A calibração do equipamento foi realizada resultando na Eq 1, onde N representa o número de impactos/diferença de distância em cm.

$$RP \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = 3,88 + 8,55 * N \text{ (Eq.1)}$$

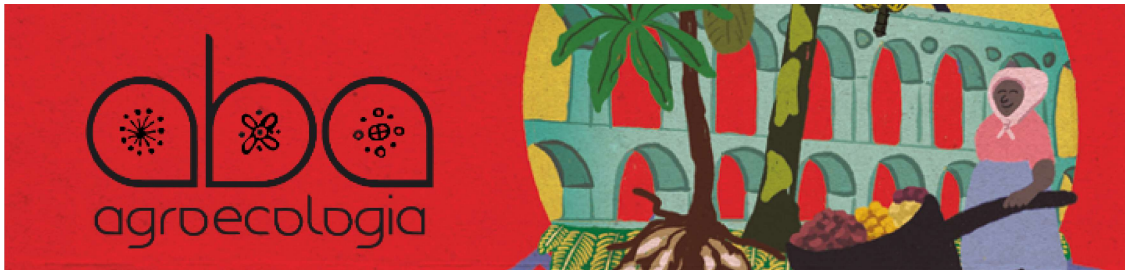


Figura 1. Imagens aéreas antes da implantação do SAF (A); na data da implantação (B) e próximo a terceira coleta (C).

Após cada medição de resistência à penetração, retiram-se amostras deformadas do solo para determinar a umidade em base de massa, conforme Embrapa (1997). Devido ao fato de a área apresentar diferenças aparentes de um ponto a outro, para a visualização geral dos dados utilizou-se o teste não paramétrico para amostras independentes Wilcoxon-Mann-Whitney, com o auxílio do software R (R CORE TEAM, 2013). Para a geração de mapas utilizou-se o Sistema de Informações Geográficas (SIG) ArcGis 10.3, onde através das coordenadas geográficas pôde-se localizar os pontos exatos das coletas.

## Resultados e Discussão

A umidade gravimétrica (Ug) encontrada na área no momento dos testes foi de 37,28% 41,62% e 48,06% respectivamente para coleta 1, 2 e 3. Com os resultados obtidos através do penetrômetro de impacto, pôde-se observar uma diminuição de RP ao longo do tempo. A análise estatística definiu que houve diferença significativa entre as coletas, onde a primeira média de RP é maior que a segunda, e esta maior que a terceira, tendência observada nas quatro profundidades estudadas, como é possível observar na Figuras 2. Também houve diferença estatística quando se compara uma mesma profundidade entre coletas, exceto na profundidade de 40 cm entre coletas 2 e 3. Nota-se que ao longo do tempo, há redução tanto da RP como na amplitude de RP nas diferentes coletas realizadas, também é possível observar uma grande diferença nas camadas superficiais (até 30cm) da primeira coleta para as outras duas. Esse fato pode ser atribuído ao SAF por fornecer condições para um sistema com maior cobertura do solo. Souza e Alves (2001) trabalhando com Latossolo Vermelho Distrófico, concluíram que diferentes formas de uso e manejo do solo promoveram alterações no movimento da água no solo e na resistência do



solo à penetração, portanto quando adotados cultivo mínimo ou direto, mantém-se biomassa no solo e pouco ou nenhum uso de máquinas, a RP diminui quando comparado a um solo com vegetação espontânea.

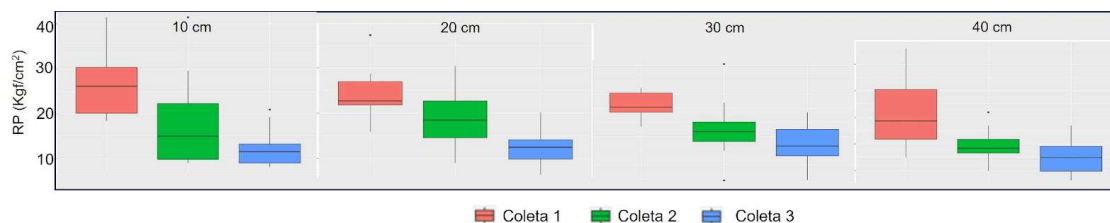


Figura 2. BoxPlot para as três coletas de RP para as profundidades de 10, 20, 30 e 40 cm

A área em estudo apresentou RP média de 22,99 Kgf/cm<sup>2</sup>, 16,89 Kgf/cm<sup>2</sup> e 12,61 Kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente para cada coleta de dados. A primeira e segunda coleta apresentou valores elevados e considerados impeditivos em determinados pontos (41,5 Kgf/cm<sup>2</sup>) classificados como média restrição ao crescimento de plantas, já a terceira coleta não apresenta valores impeditivos mediante a literatura observada. É importante ressaltar que os valores de resistência que impedem o crescimento radicular variam muito com a cultura e solo analisados. Sene et al. (1985) observou que valores de RP acima de 61,182 Kgf/cm<sup>2</sup> dificultam o desenvolvimento vegetal; Canarache (1990) sugeriu um valor de resistência de 25,49 Kgf/cm<sup>2</sup> e considerou impeditivo para diversas culturas; já para Torres e Saraiva (1999) considera-se entre 35,68 e 61,182 Kgf/cm<sup>2</sup> uma resistência impeditiva para a maioria das espécies, sendo assim o valor que é impeditivo para uma cultura pode não ser para outra. A partir da interpolação das coordenadas geográficas e das resistências do solo à penetração, gerou-se um mapa de RP da área de estudo para as diferentes profundidades. A análise estatística verifica diferenças significativas de uma análise para outra, e os mapas permitem então, a visualização geral de áreas de maior resistência. É importante observar a diferença nas camadas de 10 cm e 20 cm que apresentam uma diminuição de resistência à penetração ao longo do tempo maior e mais nítida. Com o mapa da média de RP de todas as coletas (Figura 3) fica visível que as áreas de menor resistência à penetração coincidem com a área que possui maior volume de plantas e maior cobertura do solo com serrapilheiras, bem como maior quantidade de matéria orgânica no solo (análise de campo). Souza & Alves (2003) relatou em seu trabalho que a área superficial específica do solo é aumentada com a presença de matéria orgânica, o que ocasiona um acréscimo na retenção de água no solo, e resulta em maiores teores de água no solo. A presença de maior biomassa promove sua cobertura, e maior teor de matéria orgânica, promovendo alguns benefícios como maior drenagem, maior infiltração e armazenagem de água no solo, maior aeração e assim interferindo diretamente na resistência mecânica do solo à penetração (SUZUKI & ALVES 2006). Sistemas de manejos que priorizam a permanência de cobertura vegetal no solo são descritos como favoráveis para o produtor e para o meio ambiente por efeitos observados de menor perdas de solo, água e nutrientes por erosão, conseqüentemente maior infiltração de água (LIMA et al., 2007) maior atividade biológica e ciclagem de



nutrientes (BERNARDES et al., 2020), entre outros que conseqüentemente geram impacto positivo na produção vegetal. Por meio do trabalho desenvolvido observou-se uma mudança física de resistência do solo à penetração na área de estudo de antes para após a implantação do SAF, corroborando com Brito (2010) e essa mudança pode estar associada aos efeitos da presença da diversidade de plantas com mínima intervenção relatados pelos autores mencionados anteriormente.

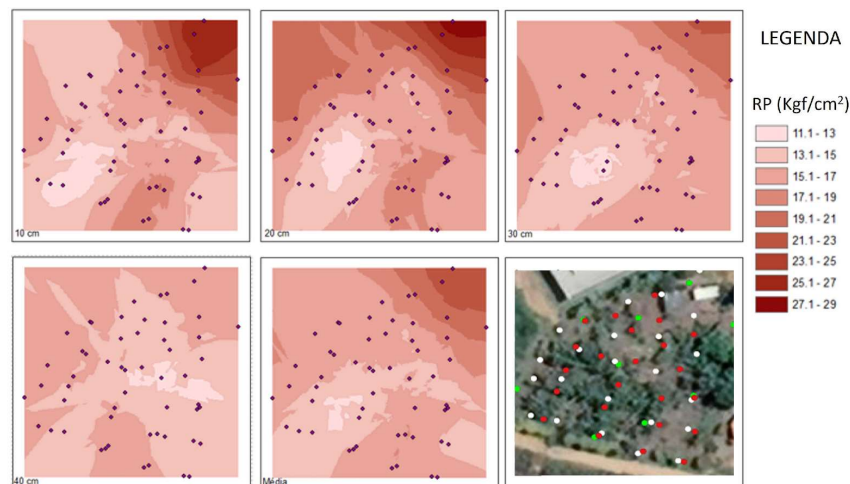


Figura 3. Distribuição espacial média das três coletas da RP nas profundidades de 10, 20, 30 e 40 cm, e pontos de realização dos testes na primeira (vermelho), segunda (branco) e terceira (verde) coletas.

## Conclusões

Observou-se a diferença significativa da redução da resistência do solo à penetração antes e após a implantação do sistema agroflorestal para a área de estudo.

Observou-se que com o tempo, houve redução da resistência do solo à penetração e que aos 20 meses após a implantação do Sistema Agroflorestal, os valores encontrados estavam dentro do mencionado na literatura por não dificultar o desenvolvimento de grande parte das culturas.

Foi identificado pela distribuição espacial que áreas com maior cobertura vegetal, tanto por plantas quanto serrapilheira, apresentaram valores menores de resistência à penetração.

## Agradecimentos

À PROCEV/UFMT e PROPeq/UFMT. Ao Programa REM-MT (Chamada 03/2020), pelo apoio financeiro e concessão de bolsas ao Projeto Gaia - Rede de cooperação para sustentabilidade. À FAPEMAT (Edital 005/2022).



## Referências bibliográficas

BERNARDES, Tatiely G; SILVA, Andriely P O; SILVA, Wandson M da; SILVA, Maria J; MESQUITA, Marcos A M. Biomassa seca de adubos verdes cultivados em sistema agroflorestal. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

BEUTLER, Amauri N; CENTURION, José F; SILVA, Alvaro P. Comparação de penetrômetros na avaliação da compactação de Latossolos. **Engenharia Agrícola**, v.27, p.146-151, 2007.

CANARACHE, A. Penetr – a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.16, n.1, p.51-70, 1990.

GENRO JUNIOR, S.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.477-484, 2004.

LIMA, Sandra S; LEITE, Fernando C; OLIVEIRA, Francisco C; CASTRO, Antonio A J F; COSTA, Daniela B; GUALTER, Regia M R. Teores de nutrientes da serapilheira e do solo sob sistema agroflorestal em área de transição no norte do Piauí. In: **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 1034-1037, 2007.

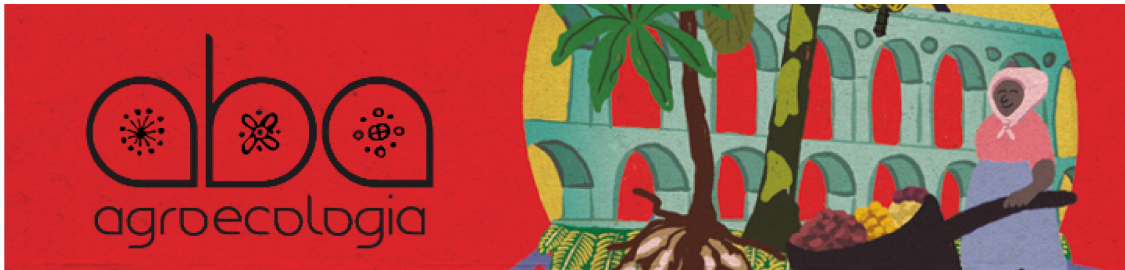
Statistical analysis were carried out using R 4.1.0 (R Core Team, 2021), the *rstanarm* (v2.13.1; Gabry & Goodrich, 2016) and the *report* (v0.2.0; Makowski, Patil, & Lüdecke, 2019) packages.

SENE, M; VEPRASKAS, M J; NADERMAN, G C; DENTON, H P. Relationships of soil texture and structure to corn yield response to subsoiling. **Soil Science Society of America Journal**, v. 49, n. 2, p. 422-427, 1985.

SOUZA, Adilson P; MOTA, Luan L; ZAMADEI, Tamara; MARTIN, Charles C; ALMEIDA, Frederico T; PAULINO, Janaina. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013.

SOUZA, Zigomar, M; ALVES, Marlene, C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. **AGRIAMBI**, v.7, n.1, p.18-23, 2003.

STOLF, Rubsmar; FERNANDES, José; FURLANI NETO, Victório L. **Recomendação para o uso do penetrômetro de impacto - modelo IAA/Planalsucar - Stolf**. São Paulo, MIC/IAA/ PNMCA-Planalsucar, 1983. 8p.



SUZUKI, Luis E A S; ALVES, M C. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. **Bragantia**, v. 65, p. 121-127, 2006.

TORRES, Eleno; SARAIVA, Odilon F. Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja. **Embrapa Soja**, Londrina 1999. 58p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 23).