

## **Avaliação de qualidade do solo no sistema ILPF (URTP Embrapa Milho e Sorgo)**



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Milho e Sorgo  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA  
E DESENVOLVIMENTO  
245**

**Avaliação de qualidade do solo no sistema  
ILPF (URTP Embrapa Milho e Sorgo)**

*Manoel Ricardo de Albuquerque Filho  
João Herbert Moreira Viana  
Eliane de Paula Clemente*

**Embrapa Milho e Sorgo**  
Sete Lagoas, MG  
2022

**Esta publicação está disponível no endereço:**  
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

**Embrapa Milho e Sorgo**  
Rod. MG 424 Km 45  
Caixa Postal 151  
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG  
Fone: (31) 3027-1100  
Fax: (31) 3027-1188  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

Comitê Local de Publicações  
da Unidade Responsável

Presidente  
*Maria Marta Pastina*

Secretário-Executivo  
*Elena Charlotte Landau*

Membros  
*Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso Campanha, Roberto dos Santos Trindade e Maria Cristina Dias Paes.*

Revisão de texto  
*Antonio Claudio da Silva Barros*

Normalização bibliográfica  
*Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)*

Tratamento das ilustrações  
*Márcio Augusto Pereira do Nascimento*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*Márcio Augusto Pereira do Nascimento*

Foto da capa  
*Manoel Ricardo de Albuquerque Filho e Eliane de Paula Clemente Almeida*

**1ª edição**  
Publicação digital (2022): PDF

#### **Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Milho e Sorgo

---

Albuquerque Filho, Manoel Ricardo de.

Avaliação de qualidade do solo no sistema ILPF (URTP Embrapa Milho e Sorgo) / Manoel Ricardo de Albuquerque Filho, João Herbert Moreira Viana, Eliane de Paula Clemente Almeida. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2022.

PDF (26 p.) : il. color. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154 ; 245).

1. Manejo do solo. 2. Resistência do solo. 3. Penetração. 4. Sistema de cultivo. I. Viana, João Herbert Moreira. II. Almeida, Eliane de Paula Clemente. III. Título. IV. Série.

CDD (21.ed.) 631.4

## Sumário

---

|   |    |
|---|----|
| Resumo .....  | 5  |
| Abstract .....  | 6  |
| Introdução.....   | 7  |
| Material e Métodos.....   | 9  |
| Resultados e Discussão .....                                      | 15 |
| Evidências de degradação ou conservação da estrutura do solo..... | 20 |
| Conclusões.....   | 24 |
| Agradecimentos.....   | 24 |
| Referências.....  | 24 |

# Avaliação de qualidade do solo no sistema ILPF (URTP Embrapa Milho e Sorgo)

---

Manoel Ricardo de Albuquerque Filho<sup>1</sup>

João Herbert Moreira Viana<sup>2</sup>

Eliane de Paula Clemente<sup>3</sup>

**Resumo** - Os níveis de resistência à penetração do solo e a qualidade da estrutura na camada superficial foram avaliados na Unidade de Referência em sistema ILPF e no cerrado adjacente, na Fazenda Experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG. O trabalho foi realizado utilizando-se um penetrógrafo eletrônico para avaliar a resistência do solo à penetração até 60 cm de profundidade e o DRES - Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo para a camada de 0 a 20 cm de profundidade. Não houve diferença estatística entre a resistência à penetração no cerrado e no sistema ILPF. A camada de maior resistência no ILPF se localiza mais próxima à superfície e com densidade um pouco mais elevada, mas abaixo do limite de impedimento ao crescimento de raízes e infiltração de água no solo. O DRES mostrou que o ILPF e o cerrado pouco diferiram quanto à qualidade estrutural do solo, mostrando que é um sistema conservacionista eficiente e que deve ser amplamente adotado em solos brasileiros.

**Termos para indexação:** DRES, resistência de solo, penetrometria

---

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, doutor em Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, doutor em Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo

<sup>3</sup> Engenheira Florestal, doutora em Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Solos

## Soil Quality Evaluation in the ILPF System (Embrapa Maize and Sorghum Referential Unity on Research and Technology - RURT)

---

**Abstract-**The levels of resistance to soil penetration and the quality of the structure in the surface layer were evaluated in the Reference Unit of *Integrated Crop-Livestock-Forestry system* (ICLF) and in the adjacent cerrado area, at the Experimental Farm of Embrapa Maize and Sorghum, in Sete Lagoas, state of Minas Gerais, Brazil. The work was carried out using an electronic penetrometer to evaluate the resistance of the soil to penetration up to 60 cm of depth and the DRES - Rapid Diagnosis of Soil Structure for the layer from 0 cm to 20 cm of depth. There was no statistical difference between resistance to penetration in the cerrado and in the ICLF system. The layer of greater resistance in ICLF system is located closer to the surface and with a slightly higher density, but below the limit of impediment to root growth and water infiltration into the soil. The DRES showed that the ICLF system and the cerrado differed little in terms of soil structural quality, showing that it is an efficient conservation system and that it should be widely adopted in Brazilian soils.

**Index terms:** DRES, soil resistance, penetrometry

## Introdução

---

Manejos inadequados dos sistemas de produção agrícola podem acarretar degradação dos solos, refletidos em seus atributos, comprometendo este componente essencial para uma produção sustentável (Muniz et al., 2011). A aferição da sustentabilidade dos sistemas necessita de parâmetros capazes de avaliar a efetividade para promover benefícios e subsidiar a escolha dos manejos a serem adotados (Rodrigues et al., 2010). A utilização de sistemas ILPF tem sido relatada como eficiente estratégia de manejo, ao promover benefícios para o solo, aferidos através de seus atributos físicos, químicos e biológicos (Costa et al., 2015a).

Segundo Albuquerque et al. (1995), existem dois aspectos pelos quais a estrutura do solo pode ser analisada, sendo elas “avaliação de parâmetros relacionados à forma da estrutura, como densidade do solo e porosidade, e avaliações de parâmetros relacionados à estabilidade da estrutura”. Esta última, por sua vez, aumenta quanto maior a quantidade de matéria orgânica presente no solo. Isto permite melhor estabilidade aos agregados que são formados (Costa et al., 2004).

Há métodos utilizados para medir e estudar a estrutura e outras características do solo que, no entanto, levam tempo para serem elaborados em laboratórios, além dos gastos com diversos materiais de coleta e ademais, como mostrador de profundidade, trados, dentre outros (Silva et al., 2012). A busca por processos rápidos e de baixos custos é uma alternativa perante a esta problemática. A resistência do solo à penetração é um método subjetivo de avaliação da qualidade física do solo, especialmente relacionada à permeabilidade e ausência de camadas adensadas ou compactadas que podem indicar a degradação física da estrutura do solo (Silva et al., 2003; Cherubin et al., 2011). O método é simples e de fácil interpretação, a exemplo do Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES). É uma avaliação rápida, pouco evasiva na área de coleta, e uma tecnologia que pode ser facilmente ensinada para pequenos e grandes agricultores na ajuda do manejo do solo em si. Ela também pode sugerir formas de uso mais sustentável do solo.

O estudo, à medida que subsidia estratégias de manejo do solo que possibilitem promover a sustentabilidade de sistemas ILPF de produção agropecuária, contribui diretamente para as metas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). A agricultura Sustentável e a Fome Zero, almejadas no ODS 2, têm suas bases necessariamente atreladas ao uso sustentável e melhoria da qualidade do solo. Além disso, sendo o solo um importante reservatório de carbono e água, a associação de sistema ILPF com técnicas para maior infiltração de água e crescimento radicular elevam o potencial de dreno do solo, agindo contra a mudança climática global. Uma das metas do ODS 13, integrando solos e sistemas de produção para reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e às catástrofes naturais, também é contemplada aqui.

Este trabalho visou avaliar a qualidade física do solo sob sistema ILPF estabelecido na Embrapa Milho e Sorgo, e compará-lo a um cerrado de referência, para levantar os impactos do manejo adotado na estrutura e resistência à penetração, por meio de métodos práticos.

O estudo, à medida em que subsidia estratégias de manejo do solo que possibilitem promover a sustentabilidade de sistemas ILPF de produção agropecuária, contribui para o cumprimento de Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). A Agricultura Sustentável e a Fome Zero, almejadas no ODS 2, por meio da meta 2.4, preconizam os sistemas sustentáveis de produção de alimentos para, “Até 2030, garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo”. Além disso, sendo o solo um importante reservatório de carbono e água, a associação de sistema ILPF com técnicas para maior infiltração de água e crescimento radicular eleva o potencial de dreno do solo. Portanto, o trabalho colabora para atingir, até 2030, a meta 2.4, no esforço para fortalecer a capacidade de adaptação às mudanças climáticas globais, assim como a meta 13.1 do ODS 13, integrando solos e sistemas de produção para “reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a



riscos relacionados ao clima e às catástrofes naturais em todos os países”.

## Materiais e Métodos

O trabalho foi realizado na URTP (Unidade de Referência Tecnológica e de Pesquisa) em ILPF da Fazenda Experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG, sobre um Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) (Santos et al., 2018), textura argilosa e relevo suave ondulado. A URTP está situada na latitude de  $19^{\circ}29'10''$  S e longitude de  $44^{\circ}10'77''$  W, a 708 m de altitude e clima do tipo Aw, com estação seca de maio a outubro e úmida de novembro a abril (Köppen, 1931). A vegetação é de Cerrado Subcaducifólio e Floresta Estacional Semidecidual de transição para Cerrado (Costa et al., 2015b).

A parcela ILPF da URTP ocupa seis hectares, dividida em quatro glebas com idades diferentes de plantio. A amostragem foi concentrada nas duas glebas mais antigas (A e B de 2009), além de três áreas de cerrado nativo, próximas da área experimental, usadas como referência (Figura 1).



**Figura 1.** Pontos de coleta de dados (destacados em branco) na parcela ILPF e do cerrado de referência.

A resistência do solo à penetração foi medida por meio de um penetrógrafo eletrônico Falker, do tipo penroLOG, modelo PLG 2040. Foram avaliados quinze pontos amostrais determinados por caminhada em ziguezague no eucalipto (*Eucalyptus sp.*). Foram feitas três medidas de resistência, realizadas em um raio de um metro, em cada ponto amostral, e no centro de cada conjunto de três medidas foi retirada uma amostra deformada de solo para determinação de umidade gravimétrica, nas profundidades de 0 a 20 cm, 20 a 40 cm, e 40 a 60 cm. A umidade gravimétrica foi medida nas amostras retiradas por tradagem, pesadas úmidas e secas em estufa a 105 °C (Teixeira et al., 2017). Os dados de resistência de solo, em função da profundidade, foram ajustados por meio de um modelo não linear do tipo Beta (Figura 2), com parâmetros descritos na Tabela 1. O ajuste foi feito por meio de pacotes para ajuste de modelos não lineares do sistema R (R Core Team, 2019).

$$Y = d \left\{ \left( \frac{X - X_b}{X_o - X_b} \right) \left( \frac{X_c - X}{X_c - X_o} \right)^{\frac{X_c - X_o}{X_o - X_b}} \right\}^b$$

**Figura 2.** Modelo Beta ajustado aos dados de resistência de solo.

**Tabela 1.** Interpretação dos parâmetros do modelo Beta ajustado aos tratamentos.

| Parâmetro      | Interpretação                                    |
|----------------|--|
| b              | parâmetro de forma                               |
| D              | nível máximo para a variável de resposta         |
| X <sub>b</sub> | nível de limiar mínimo                           |
| X <sub>c</sub> | nível de limiar máximo                           |
| X <sub>o</sub> | abscissa no nível máximo da variável de resposta |

Foi utilizado o método DRES nas áreas amostradas com o objetivo de qualificar a estrutura da camada superficial do solo, baseado em características detectadas visualmente nos primeiros 25 cm (Figura 3a). Abriram-se minitrincheiras de 40 cm de comprimento, 30 cm de largura e 30 cm de profundidade, com o auxílio de enxadão e pá de corte, sendo feita a remoção das amostras perpendicularmente às linhas de cultivo, evitando a quebra da superfície das duas paredes de maior comprimento para não influenciar na análise das amostras. Em seguida, foi realizada a remoção do bloco com 10 cm de espessura, 20 cm de largura e 25 cm de profundidade (Figura 3b), sendo retirado da parede de maior comprimento e menos danificada, utilizando-se uma pá de corte reta. O bloco foi colocado em uma bandeja plástica de 25 cm de largura, 50 cm de comprimento e 15 cm de altura, para se realizar a fragmentação do bloco do centro para as laterais da bandeja, aplicando-se força com as mãos para o rompimento dos blocos para identificar pontos de menor coesão na amostra.

Foram avaliadas oito minitrincheiras no Sistema ILPF e três no cerrado e as avaliações nas amostras constaram da observação de tamanho e forma dos agregados e torrões, presença ou não de feições de compactação ou outra modalidade de degradação do solo, forma e orientação das fissurações, rugosidade das faces de ruptura, resistência à ruptura, distribuição e aspecto do sistema radicular, e evidências de atividade biológica (Ralisch et al., 2017). A partir desses critérios, foi atribuído uma pontuação de 1 a 6, onde “6” é indicativo de melhor condição estrutural, e “1” representa o solo totalmente degradado, seguindo dois critérios: presença de feições de degradação ou conservação/recuperação da estrutura na camada de solo e proporção visual da ocorrência (em volume) dos diferentes tamanhos de agregados após a manipulação da amostra. A partir das notas de cada camada, calculou-se a qualidade estrutural do solo da amostra e da gleba.

Foram utilizadas as notas para calcular o índice de qualidade estrutural do solo da amostra (IQEA) e o índice de qualidade estrutural do solo (IQES), de acordo com as equações a seguir:

$$\text{IQEA} = [(E_{c1} * Q_{ec1}) + (E_{c2} * Q_{ec2}) + (E_{c3} * Q_{ec3})] / E_{total}$$

Onde:

IQEA: índice de qualidade estrutural do solo da amostra;

Ec: espessura da camada em centímetros;

Qec: nota de qualidade estrutural de cada camada;

Etotal: espessura ou profundidade total da amostra.

$$\text{IQES} = (\text{IQEA1} + \text{IQEA2} + \dots + \text{IQEA}_n) / n$$

Onde:

IQES: índice de qualidade estrutural do solo na gleba avaliada;

n: número total de amostras.



(a)







**Figura 3.** Coleta de torrões nos primeiros 25 cm do solo.

## Resultados e Discussão

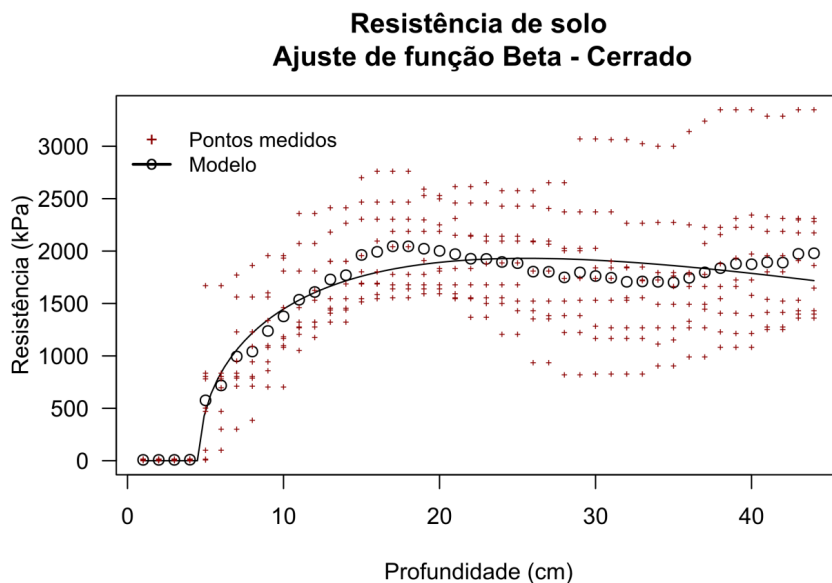
Os resultados dos testes de resistência de solo indicam que, nas condições de umidade da época do teste, não houve diferença estatisticamente significativa entre os pontos avaliados no cerrado e no sistema ILPF.

Na Figura 3, pode ser observado que a resistência no cerrado aumenta a partir de 5 cm até atingir um patamar a partir de cerca de 18 cm, com valores próximos de 2 MPa, que se mantêm constantes na profundidade avaliada. O ajuste do modelo indica uma resistência máxima de 1,9 MPa a cerca de 26 cm de profundidade (Tabela 2). O cerrado apresentou valores de umidade de solo estatisticamente inferiores nas três camadas medidas (Tabela 3). As regressões ajustadas entre a umidade e a resistência de solo (Figuras 5 a 7 e Tabela 4) indicam que apenas na camada inferior (50 cm) houve correlação significativa entre os dois, e, possivelmente, a maior resistência do cerrado em profundidade está relacionada à menor umidade.

O valor da resistência de solo no sistema ILPF se comportou de maneira similar (Figura 5), com um patamar atingido um pouco mais raso que no cerrado (~12 cm), e uma pequena tendência de redução em profundidade. O ajuste do modelo indicou uma resistência máxima de 2,2 MPa a cerca de 19 cm de profundidade (Tabela 2).

O ajuste dos modelos apresentou coeficientes de parâmetros significativos estatisticamente menores que 0,1%, exceto para o parâmetro de profundidade máxima ( $X_c$ ). A comparação entre os modelos mostra que não há diferença estatística pelo teste F entre os modelos ajustados para o cerrado e para o sistema ILPF. Isso indica que os dois têm comportamento semelhante, e que o sistema ILPF não afetou negativamente essa característica física do solo, comparado ao cerrado nativo.

Os valores de resistência de solo em ambas as áreas se encontram abaixo do valor tradicionalmente considerado limitante para o crescimento de raízes (2 Mpa) (Debiasi et al., 2008), indicando que não são esperados problemas no desenvolvimento de culturas na área do ILPF.



**Figura 4.** Resistência de solo no cerrado, com modelo Beta ajustado.



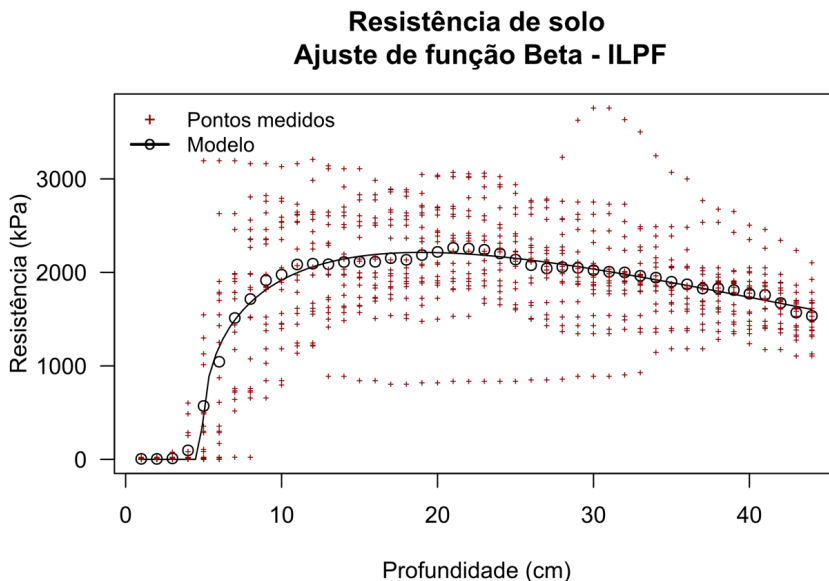


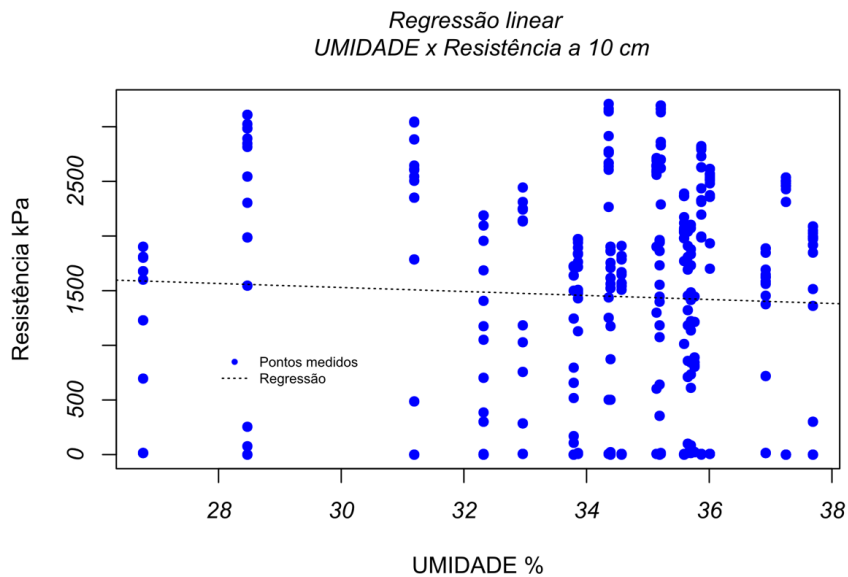
Figura 5. Resistência de solo no ILPF, com modelo Beta ajustado.

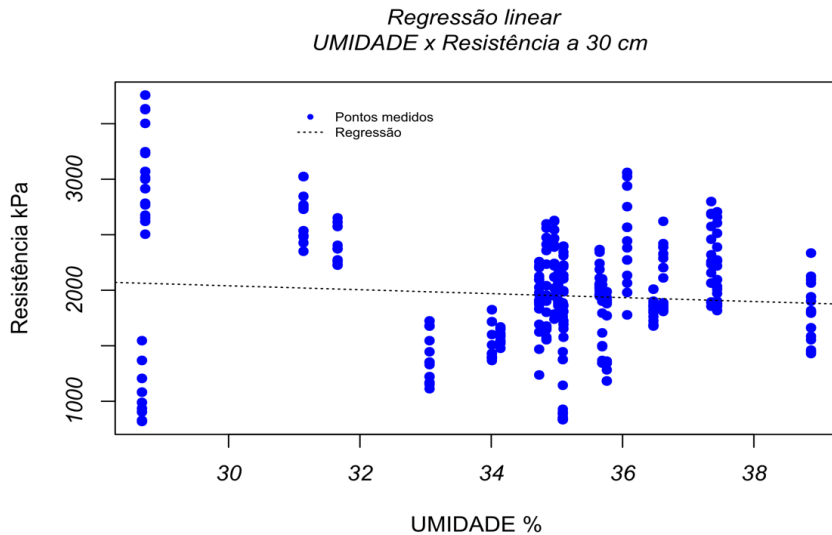
Tabela 2. Comparativo dos modelos ajustados aos tratamentos.

| Todos        |                       |                    |         |         |     |                      |
|--------------|-----------------------|--------------------|---------|---------|-----|----------------------|
| Parâmetro    | Coefficiente Estimado | Erro Padrão        | valor t | valor p |     | Erro Padrão residual |
| <b>b</b>     | 0.407                 | 0.0423             | 96.427  | 0.0000  | *** | 531.1                |
| <b>d</b>     | <b>2112.0</b>         | 247.997            | 851.606 | 0.0000  | *** |                      |
| <b>Xb</b>    | 4.79                  | 0.1280             | 374.411 | 0.0000  | *** |                      |
| <b>Xo</b>    | <b>20.4</b>           | 0.5234             | 390.687 | 0.0000  | *** |                      |
| <b>Xc</b>    | 557.9                 | 6.757.653          | 0.8255  | 0.4092  |     |                      |
| Cerrado      |                       |                    |         |         |     |                      |
| <b>b</b>     | 0.469                 | 0.0894             | 52.507  | 0.0000  | *** | 507.8                |
| <b>d</b>     | <b>1931.0</b>         | 377.111            | 512.051 | 0.0000  | *** |                      |
| <b>Xb</b>    | 4.59                  | 0.3827             | 120.027 | 0.0000  | *** |                      |
| <b>Xo</b>    | <b>25.6</b>           | 16.095             | 158.907 | 0.0000  | *** |                      |
| <b>Xc</b>    | 13669.3               | 135.874.018        | 10.060  | 0.3150  |     |                      |
| ILPF         |                       |                    |         |         |     |                      |
| <b>b</b>     | 0.372                 | 0.0574             | 64.769  | 0.0000  | *** | 521.4                |
| <b>d</b>     | <b>2214.1</b>         | 301.286            | 734.877 | 0.0000  | *** |                      |
| <b>Xb</b>    | 4.87                  | 0.1056             | 461.161 | 0.0000  | *** |                      |
| <b>Xo</b>    | <b>18.9</b>           | 0.7716             | 245.596 | 0.0000  | *** |                      |
| <b>Xc</b>    | 238.4                 | 3.947.040          | 0.6039  | 0.5460  |     |                      |
| Teste F      |                       |                    |         |         |     |                      |
|              | Soma de quadrados     | Graus de liberdade |         |         |     |                      |
| <b>Todos</b> | 346054306             | 1188               |         |         |     |                      |
| Cerrado      | 100834320             | 352                |         |         |     |                      |
| ILPF         | 100834320             | 352                |         |         |     |                      |
| p tabelado   | <b>0.316</b>          |                    |         |         |     |                      |

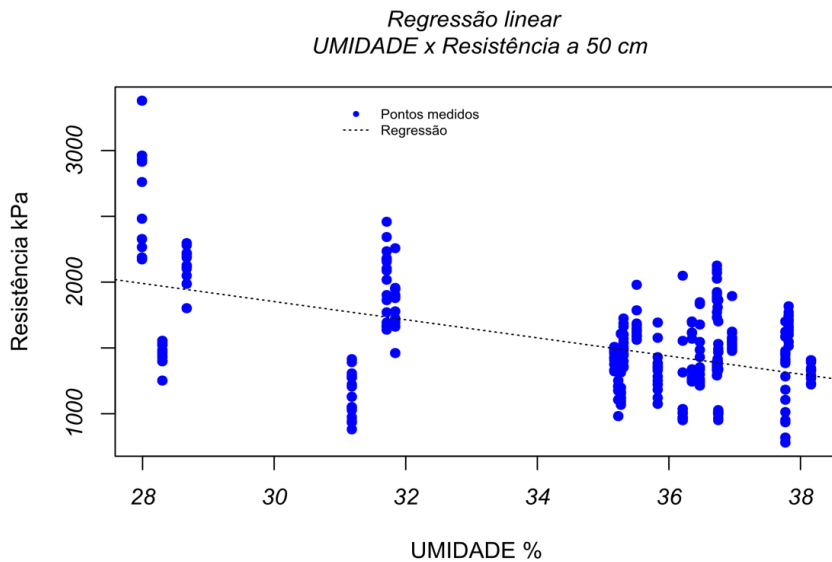
**Tabela 3.** ANOVA da umidade em função do tratamento.

|       |            | Graus de liberdade | Soma de quadrados | Quadrado médio | Valor F | Probab. Valor p>F |     |
|-------|------------|--------------------|-------------------|----------------|---------|-------------------|-----|
| 10 cm | Tratamento | 1                  | 515               | 515            | 91.54   | 0.0000            | *** |
|       | Resíduo    | 438                | 2464              | 5.6            |         |                   |     |
| 30 cm | Tratamento | 1                  | 832.3             | 832.3          | 183.1   | 0.0000            | *** |
|       | Resíduo    | 438                | 1990.8            | 4.5            |         |                   |     |
| 50 cm | Tratamento | 1                  | 2771              | 2770.6         | 828.6   | 0.0000            | *** |
|       | Resíduo    | 438                | 1464              | 3.3            |         |                   |     |
|       |            | UMIDADE            | Grupo             |                |         |                   |     |
| 10 cm | ILPF       | 34.7               | A                 |                |         |                   |     |
|       | Cerrado    | 31.6               | B                 |                |         |                   |     |
| 30 cm | ILPF       | 35.1               | A                 |                |         |                   |     |
|       | Cerrado    | 31.1               | B                 |                |         |                   |     |
| 50 cm | ILPF       | 35.6               | A                 |                |         |                   |     |
|       | Cerrado    | 28.3               | B                 |                |         |                   |     |

**Figura 6.** Resistência de solo em função da umidade para a profundidade de 10 cm, com modelo linear ajustado.



**Figura 7.** Resistência de solo em função da umidade para a profundidade de 30 cm, com modelo linear ajustado.



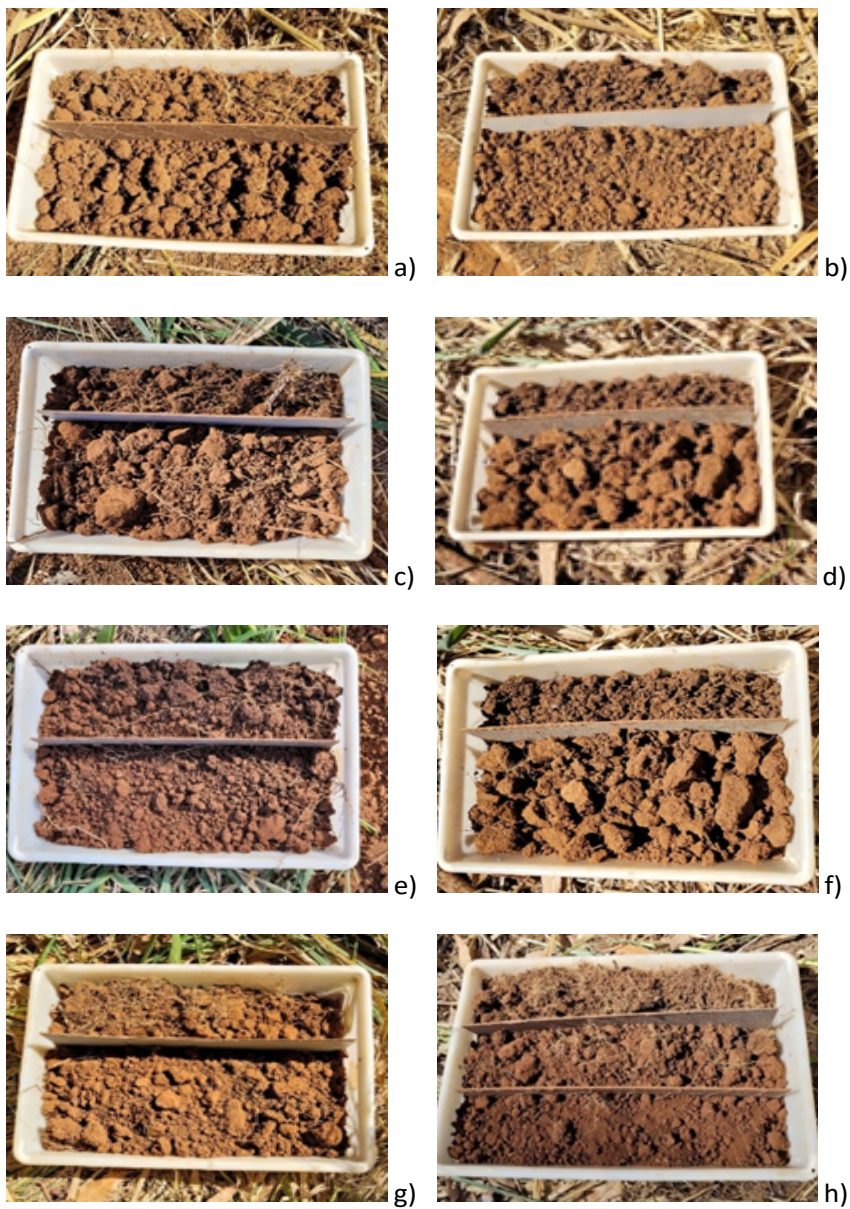
**Figura 8.** Resistência de solo em função da umidade para a profundidade de 50 cm, com modelo linear ajustado.

**Tabela 4.** Regressão linear da umidade x resistência de solo.

| Profundidade | Parâmetro            | Coefficiente Estimado | Erro Padrão             | valor t | Probab. Valor p>t |     |
|--------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|---------|-------------------|-----|
| 10 cm        | Intercepto           | 2078.6                | 633.5                   | 3.3     | 0.0011            | **  |
|              | Umidade              | 18.3                  | 18.4                    | 1.0     | 0.3208            |     |
| 30 cm        | Intercepto           | 2571.0                | 353.4                   | 7.3     | 0.0000            | *** |
|              | Umidade              | 17.7                  | 10.2                    | 1.7     | 0.0832            | .   |
| 50 cm        | Intercepto           | 3919.6                | 185.6                   | 21.1    | 0.0000            | *** |
|              | Umidade              | 68.9                  | 5.3                     | 12.9    | 0.0000            | *** |
|              | Erro Padrão residual | Graus de liberdade    | R <sup>2</sup> ajustado | Valor F |                   |     |
| 10 cm        | 1005                 | 438                   | 0.0000                  | 0.99    |                   |     |
| 30 cm        | 541.4                | 438                   | 0.0046                  | 3.02    |                   |     |
| 50 cm        | 347.3                | 438                   | 0.2741                  | 166.70  |                   |     |

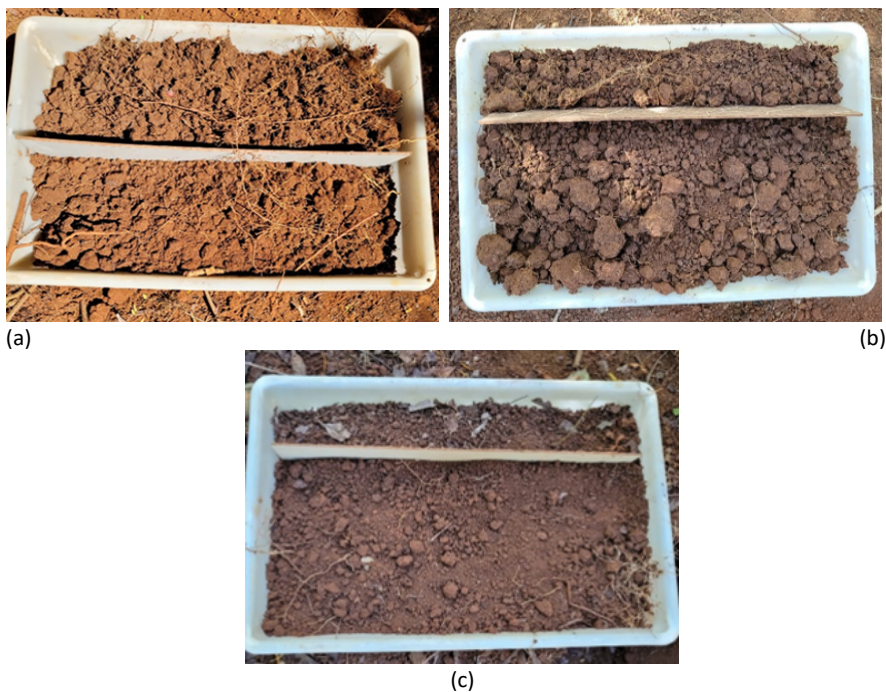
## Evidências de degradação ou conservação da estrutura do solo

Os solos das oito áreas amostradas pouco se diferenciaram quanto a evidências de conservação/recuperação. Foi observado que o sistema conservacionista avaliado, o ILPF, manteve boas características estruturais do solo, observando-se presença de matéria orgânica, de raízes superficiais, e nos agregados com características grumosas, apresentando o solo menor grau de compactação, e ainda uma transição gradual entre suas camadas, havendo evidências de atividades biológicas (Figuras 9a a 9h).



**Figura 9.** Amostras referentes ao Sistema ILPF, sendo a) Perfil 2, b) Perfil 3, c) Perfil 6, d) Perfil 8, e) Perfil 9, f) Perfil 11, g) Perfil 12 e h) Perfil 13.

As áreas de cerrado tiveram pouca diferenciação das áreas de ILPF, sendo a cor do solo a diferença mais significativa observada. No cerrado, o solo se apresentou mais escuro, com maior quantidade de raízes e estrutura com menos blocos, com um aspecto mais granular (Figura 10a a 10c).



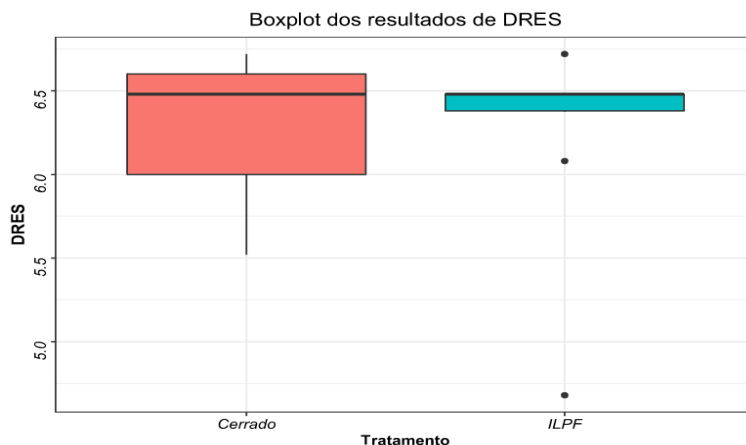
**Figura 10.** Amostras referentes ao Cerrado, sendo a) Perfil 2, b) Perfil 4 e c) Perfil 7.

Os valores obtidos nas áreas estudadas variaram de 4 a 6, indicando serem solos de boa qualidade estrutural. Apenas o perfil ILPF 9 obteve nota inferior a 6, que é a nota máxima de qualidade do solo. As demais notas foram as máximas, tanto para os Sistema ILPF quanto para o cerrado. Isso indica que uma das formas de solucionar o problema do uso intensivo do solo é através do manejo sustentável e usos de sistemas conservacionistas, como o ILPF, que fornece maté-

ria orgânica (MO) e substâncias orgânicas ao solo, como exsudatos de raízes, biomassa radicular e foliar, ácidos orgânicos, dentre outros. Sendo assim, exercem influência na melhoria das propriedades do solo, pois interferem positivamente nas características físicas dele, como estabilidade de agregados, densidade global, porosidade, taxa de infiltração de água e retenção de umidade (Ferreira et al., 2012). A análise estatística não indicou diferença estatística significativa entre os tratamentos (Tabela 5 e Figura 11).

**Tabela 5.** ANOVA dos resultados do DRES.

|                 | Graus de liberdade | Soma de quadrados | Quadrado médio | Valor F | Probabilidade (>F) |
|-----------------|--------------------|-------------------|----------------|---------|--------------------|
| Tratamento      | 1                  | 0                 | 0.0001         | 0       | 0.991              |
| Residuals       | 9                  | 3.784             | 0.4204         |         |                    |
| Teste de médias |                    |                   |                |         |                    |
|                 | DRES               | Grupos            |                |         |                    |
| Cerrado         | 6.240              | a                 |                |         |                    |
| ILPF            | 6.235              | a                 |                |         |                    |



**Figura 11.** Boxplot dos valores do DRES para os tratamentos.

## Conclusões

---

Os resultados das análises realizadas indicam que não houve diferença entre o tratamento de referência (cerrado nativo) e o sistema ILPF em avaliação, indicando que o manejo adotado foi eficiente para a manutenção da qualidade do solo. No sistema ILPF, as operações motomecanizadas e o pisoteio do gado podem ter relação com o aumento da resistência à penetração mais próxima à superfície, em relação ao solo do cerrado.

## Agradecimento

---

Esta pesquisa é desenvolvida no âmbito do Projeto Rural Sustentável - Cerrado, fruto da parceria entre o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), o Governo do Reino Unido, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS), a Embrapa e a Rede ILPF.

## Referências

---

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FORTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, n. 1, p. 115-119, 1995.

CHERUBIN, M. R.; SANTI, A. L.; BASSO, C. J.; EITELWEIN, M. T.; VIAN, A. N. Variabilidade da resistência a penetração do solo em função da dimensão da malha amostral. **Revista Plantio Direto**, v. 125, p. 4-11, out. 2011.



COSTA, F. Z.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; FONTOURA, S. M. V. Aumento de matéria orgânica num Latossolo Bruno em plantio direto. **Ciência Rural**, v. 34, n. 2, p. 587-589, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000200041>.

COSTA, A. M.; GONTIJO NETO, M. M.; ALVARENGA, R. C.; OLIVEIRA, J. L. Estoque de carbono de um Latossolo sob diferentes sistemas de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. **O solo e suas múltiplas funções: anais**. Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015a.

COSTA, T. C. C.; SILVA, A. F.; TEMPONI, L. M.; VIANA, J. H. M. Probabilistic classification of tree and shrub vegetation on phytogeographic system. **Journal of Environmental Science and Engineering**, v. 4, p. 315-330, 2015b. DOI: <https://doi.org/10.17265/2162-5263/2015.06.003>

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; GONÇALVES, S. L. **Manejo da compactação do solo em sistemas de produção de soja sob semeadura direta**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 20 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 63). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/59589/1/63.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2022.

FERREIRA, L. E.; SOUZA, E. P.; CHAVES, A. F. **Revista Verde**, v. 7, n. 1, p. 33-38, jan./mar. 2012.

KÖPPEN, W. **Grundriss der klimakunde**: outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 1931.

MUNIZ, L. C.; MADARI, B. E.; TROVO, J. B. de F.; CANTANHÊDE, I. S. de L.; MACHADO, P. L. O. de A.; COBUCCI, T.; FRANÇA, A. F. de S. Soil biological attributes in pastures of different ages in a crop-livestock integrated system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1262-1268, out. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000021>

RALISCH, R.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C.; MELO, A. S.; SANTI, A.; MARTINS, A. L. S.; BONA, F. D. **Diagnóstico rápido da estrutura do solo - DRES**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 63 p. (Embrapa Soja. Documentos, 390).

RODRIGUES, G. S.; RODRIGUES, I. A.; BUSCHINELLI, C. C. A.; BARROS, I. Integrated farm sustainability assessment for the environmental management of rural activities. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 30, n. 4, p. 229-239, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2009.10.002>

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2019. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 13 jun. 2019.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. E-book.

SILVA, E. A. A.; URIBE-OPAZO, M. A.; ROCHA, J. V.; SOUZA, E. G. Um estimador robusto e o semivariograma cruzado na análise de variabilidade espacial de atributos do solo e planta. **Acta Scientiarum**, v. 25, n. 2, p. 365-371, 2003.

SILVA, B. M.; OLIVEIRA, G. C.; SERAFIM, M. E.; SILVA, E. A. da; OLIVEIRA, L. M. de. Índices no diagnóstico da qualidade estrutural de Latossolo muito argiloso sob manejo intensivo. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 3, p. 338-345, 2012.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

**Embrapa**  

---

**Milho e Sorgo**



Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento

