

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

Manual de Métodos de Análise de Solo

3ª edição revista e ampliada

*Paulo César Teixeira
Guilherme Kangussu Donagemma
Ademir Fontana
Wenceslau Geraldes Teixeira*
Editores Técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Solos

Endereço: Rua Jardim Botânico, 1024. Jardim Botânico

CEP: 22460-000 - Rio de Janeiro, RJ

Fone: + 55 (21) 2179-4500

Fax: + 55 (21) 2179-5291

<https://www.embrapa.br>

<https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

Unidade responsável pelo conteúdo e edição

Embrapa Solos

Comitê de Publicações da Embrapa Solos

Presidente: *José Carlos Polidoro*

Secretária-Executiva: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Membros: *Ademar Barros da Silva, Adriana Vieira de C. de Moraes, Alba Leonor da Silva Martins, Enyomara Lourenço Silva, Evaldo de Paiva Lima, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Luciana Sampaio de Araujo, Maria Regina Laforet, Maurício Rizzato Coelho, Moema de Almeida Batista, Wenceslau Geraldes Teixeira*

Supervisão editorial: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Normalização bibliográfica: *Luciana Sampaio de Araujo*

Editoração eletrônica: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Capa: *Eduardo Guedes de Godoy*

Revisão de texto: *André Luiz da Silva Lopes e
Marcos Antônio Nakayama*

3ª edição

Publicação digitalizada (2017)

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 Solos

Manual de métodos de análise de solo / Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017.

574 p. : il. color.

ISBN 978-85-7035-771-7

1. Análise do solo. 2. Física do solo. 3. Química do solo. 4. Matéria orgânica. 5. Mineralogia. I. Teixeira, Paulo César. II. Donagemma, Guilherme Kangussu. III. Fontana, Ademir. IV. Teixeira, Wenceslau Geraldes. V. Embrapa Solos.

CDD 631.40202

— Capítulo 19 —

DIAGNÓSTICO RÁPIDO DA ESTRUTURA DO SOLO (DRES)

Ricardo Ralisch

Henrique Debiasi

Júlio Cezar Franchini

Michely Tomazi

Luís Carlos Hernani

Adoildo da Silva Melo

Anderson Santi

Alba Leonor da Silva Martins

Fabiano Daniel de Bona

19.1 Introdução

A estrutura do solo é a forma como as partículas minerais (areia, silte e argila) e orgânicas do solo estão organizadas no espaço (Dexter, 1988). A estrutura também se refere ao padrão de arranjo das partículas primárias em unidades estruturais, os agregados, os quais são separados entre si por superfícies de fraqueza, ou apenas superpostos e sem conformação definida (Santos et al., 2013).

A estrutura é um dos principais componentes da fertilidade do solo, refletindo, de forma imediata, os efeitos do manejo ao

qual esse recurso é submetido. Avaliada nas camadas superficiais, proporciona indicações sobre a interação solo-atmosfera.

Métodos visuais objetivos e reprodutíveis de diagnóstico da qualidade estrutural do solo com base em medições de campo têm sido desenvolvidos e variam, desde facilmente compreensíveis, às mais complexas avaliações. Diagnosticando as relações de causa e efeito, possibilitam a identificação e definição de estratégias a serem adotadas em um sistema de produção agropecuário para melhoria da qualidade estrutural e, portanto, da fertilidade do solo. O manejo conservacionista, por exemplo, visa preservar e/ou, na medida do possível, melhorar a estrutura natural do solo.

Considerando a complexidade de outros métodos e a necessidade de adaptação às condições tropicais e subtropicais, e com base em Guimarães et al. (2011) e Tavares Filho et al. (1999), foi desenvolvido o Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES), um método de campo para avaliar visualmente a qualidade estrutural do solo em amostras superficiais (25 cm de profundidade), com mínima intervenção no local e de fácil entendimento e adoção pelos usuários.

19.2 Princípio

A qualidade da estrutura de amostras dos primeiros 25 cm do solo retrata o padrão do manejo do solo adotado e pode ser avaliada mediante a observação visual e atribuição de notas a campo com base em feições de degradação ou de conservação física e biológica dos agregados.

19.3 Material e Equipamentos

- Enxada.
- Pá de corte (pá reta).

- Bandeja plástica (25 cm de largura x 50 cm de comprimento x 15 cm de altura).
- Canivete e/ou faca.
- Régua de 30 cm ou fita métrica.
- Três separadores de camadas com dimensões do comprimento da bandeja.
- Prancheta.
- Lápis e borracha.
- Lupa pequena (opcional).
- Máquina fotográfica (opcional).
- Receptor GPS para marcação dos locais de amostragem (opcional).
- Etiquetas adesivas e canetas para retroprojetor (opcional).

19.4 Procedimento

19.4.1 Delimitação da área

Antes da avaliação, identificar glebas ou regiões homogêneas de interesse com no máximo 100 ha e anotar as informações no formulário (Figura 1). As glebas são estabelecidas de acordo com os critérios:

- Histórico do manejo de, no mínimo, os últimos 3 anos.
- Estádio de desenvolvimento da cultura (se houver).
- Variabilidade na textura do solo.
- Posição na paisagem. Obs.: em áreas com declividade perceptível (igual ou maior que 3%), dividir a encosta em terços: superior (topo), médio e inferior (baixada).
- Classe de solo e textura da camada superficial (se for possível identificar).

19.4.2 Número de amostras

Como referência, utilizar um número de pontos de amostragem por gleba homogênea, definido conforme o tamanho desta:

- Até 10 ha: de 3 a 5.
- De 11 ha a 50 ha: de 6 a 10.
- De 51 ha a 100 ha: de 11 a 15.

19.4.3 Época de avaliação

Em agrossistemas com culturas anuais, se o objetivo for o monitoramento de efeitos das práticas de manejo, a médio e longo prazos, realizar a avaliação imediatamente antes da semeadura ou logo após a colheita. Recomenda-se que essa avaliação seja repetida sistematicamente no decorrer do tempo, nas mesmas condições (época, cultura, umidade do solo, entre outras). Ressalta-se que o DRES deve ser aplicado quando o solo apresenta consistência próxima da friabilidade, isto é, quando pequena amostra se esboroa facilmente sob pressão fraca a moderada entre o polegar e o indicador e agrega-se por compressão posterior (Santos et al., 2013).

19.4.4 Coleta da amostra de solo

- Com o auxílio de enxada e pá de corte reta, abrir uma minitrincheira de 40 cm de comprimento, 30 cm de largura e 30 cm de profundidade, no sentido transversal às linhas das culturas.
- Extrair o bloco de solo de uma das paredes de maior comprimento, a cerca de 5 cm da linha da cultura, com uma pá de corte reta. A amostra deve ter espessura de 10 cm, largura de 20 cm e profundidade de 25 cm (Figura 2).

19.4.5 Preparo e manipulação da amostra de solo

- Colocar o bloco cuidadosamente em uma bandeja plástica com 25 cm de largura, e pelo menos 50 cm de comprimento e 15 cm de altura (Figura 3).
- Para fragmentar o bloco de solo em suas superfícies de fraqueza gerando agregados de menor tamanho, manipular cuidadosamente a amostra, aplicando leve pressão com os dedos, e manter o material trabalhado sempre na profundidade original, distribuindo-o ao longo do maior comprimento da bandeja.

19.4.6 Identificação e delimitação de camadas do solo

- Avaliar e identificar as camadas da amostra do solo a partir das características da estrutura (tamanho, grumosidade e coesão entre agregados, orientação das faces de ruptura, porosidade), cor, presença e aparência morfológica de raízes e outros organismos vivos. A amostra pode ser constituída de até três camadas.
- Delimitar as camadas no sentido da profundidade (anotar a espessura), por meio de separadores, como régua ou outros materiais com dimensões similares ao comprimento da bandeja (Figura 4).

19.5 Atribuição de notas de qualidade estrutural de cada camada da amostra de solo (Qec)

Para atribuição das notas de qualidade estrutural de cada camada (Qec), usar a chave de classificação apresentada na Figura 5.

Essa chave de classificação se baseia numa escala de

pontuação detalhada na Tabela 1. As notas de Qec são atribuídas a partir da observação de evidências de feições de degradação ou conservação/recuperação do solo. Características dessas feições estão relacionadas a seguir e exemplos podem ser visualizados nas Figuras 6 e 7.

19.5.1 Feições de degradação

- Raízes tortas achatadas e crescendo lateral ou preferencialmente nas fissuras.
- Predomínio de agregados maiores que 7 cm e/ou com faces lisas e ângulos retos de ruptura coesos e com pouca porosidade.
- Predomínio de agregados menores que 1 cm ou solo pulverizado.
- Presença de canais com areia solta no sentido vertical do perfil do solo.
- Ausência ou poucos indícios de atividade biológica.

19.5.2 Feições de conservação/recuperação

- Raízes crescendo sem restrição, explorando o interior dos agregados.
- Predomínio de agregados com tamanho de 1 a 4, com baixa coesão, arredondados, faces de ruptura rugosas e linhas de ruptura sem orientação definida.
- Presença de agregados grumosos e indícios de alta atividade biológica.
- Porosidade presente e perceptível.

19.6 Cálculos

19.6.1 Índice de qualidade estrutural de amostra do solo (IQEA)

$$\text{IQEA} = \frac{(E_{C1} \cdot Qe_{C1}) + (E_{C2} \cdot Qe_{C2}) + (E_{C3} \cdot Qe_{C3})}{E_{\text{total}}}$$

Em que:

IQEA – índice de qualidade estrutural de amostra de solo.

E_c – espessura de cada camada, em cm (o número de camadas pode variar de 1 a 3).

Qe_c – nota de qualidade estrutural atribuída a cada camada.

E_{total} – espessura/profundidade total da amostra (padronizada em 25 cm).

19.6.2 Índice de qualidade estrutural do solo (IQES)

$$\text{IQES} = \frac{(\text{IQEA}_1 + \text{IQEA}_2 + \dots + \text{IQEA}_n)}{n}$$

Em que:

IQES – índice de qualidade estrutural do solo na área/gleba avaliada.

IQEA – nota de qualidade estrutural atribuída às amostras, de 1 até n.

n – número total de amostras (definido com base no item 19.4.2).

19.7 Recomendações

A partir do IQES determinado para uma dada gleba, é possível propor alterações no manejo dessa gleba, com vistas à recuperação, manutenção e/ou melhoria da qualidade estrutural do solo a partir das interpretações e recomendações simplificadas para cada classe de IQES (Tabela 2).

Independentemente da condição estrutural do solo, sistemas de produção envolvendo a rotação de pastagem e culturas anuais são excelentes alternativas para melhoria da estrutura do solo devido à ação do sistema radicular das forrageiras (Salton; Tomazi, 2014). As raízes das gramíneas são muito eficazes na formação de agregados estáveis e porosos e são essenciais no estágio inicial de recuperação do solo, principalmente, após as operações para descompactação do solo. A permanência de gramíneas por pelo menos 1 ano, e de preferência sob pastejo, tem apresentado melhores resultados.

19.8 Observação

Mais informações e detalhamento para aplicação do método DRES podem ser obtidas em Ralisch et al. (2017).

19.9 Referências

DEXTER, A. R. Advances in characterization of soil structure. **Soil and Tillage Research**, v. 11, n. 3/4, p. 199-238, Jun. 1988.

GUIMARÃES, R. M. L.; BALL, B. C.; TORMENA, C. A. Improvements in the visual evaluation of soil structure. **Soil Use and Management**, v. 27, n. 3, p. 395-403, Sept. 2011.

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

SALTON, J. C.; TOMAZI, M. **Sistema radicular de plantas e qualidade do solo**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2014. 6 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 198).

SANTOS, R. D. dos; LEMOS, R. C. de; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 100 p.

TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. F.; MEDINA, C. C.; BALBINO, L. C.; NEVES, C. S. V. J. Método do perfil cultural para avaliação do estado físico de solos em condições tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 2, p. 393-399, 1999.

19.10 Anexos

Formulário de campo para Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES)				
Local _____				
Data _____				
Coordenadas _____				
Avaliador _____				
Ponto*	Espessura da camada	Nota por camada (Q _{es})	Média ponderada (IQEA)**	Observações

Figura 1. Formulário de campo para diagnóstico rápido da estrutura do solo. Fonte: adaptado de Ralish et al. (2017).



Figura 2. Detalhe da retirada da amostra de solo no campo com pá de corte.
Foto: Adoildo da Silva Melo.



Figura 3. Disposição correta da amostra na bandeja plástica. Foto: Adoildo da Silva Melo.



Figura 4. Camadas de solo com características morfológicas distintas identificadas e separadas. Foto: Adoildo da Silva Melo.

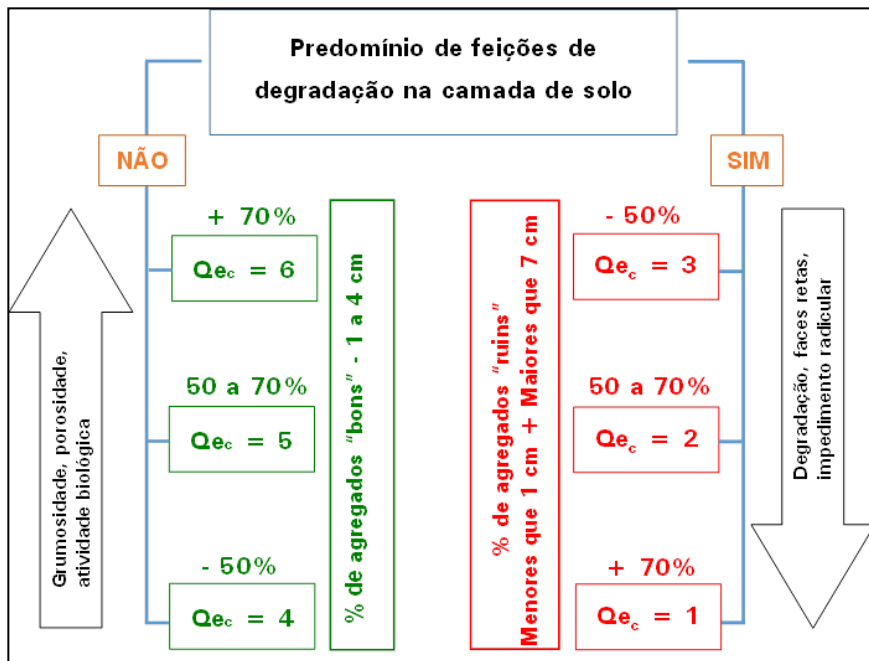


Figura 5. Chave de classificação para atribuição das notas de qualidade estrutural de cada camada (Q_{ec}). Fonte: adaptado de Ralish et al. (2017).

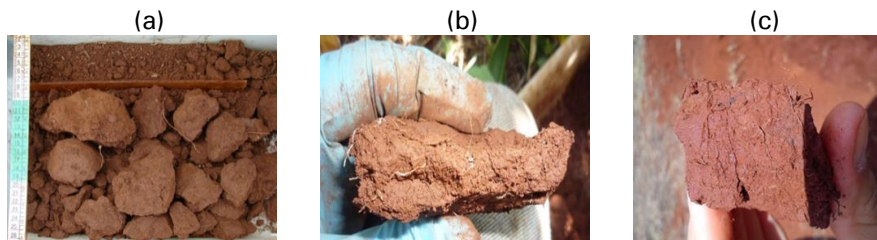


Figura 6. Agregados com evidências de feições de degradação. Fotos: Adoildo da Silva Melo (a); Hudson Lissoni Leonardo (b) e Henrique Debiasi (c).

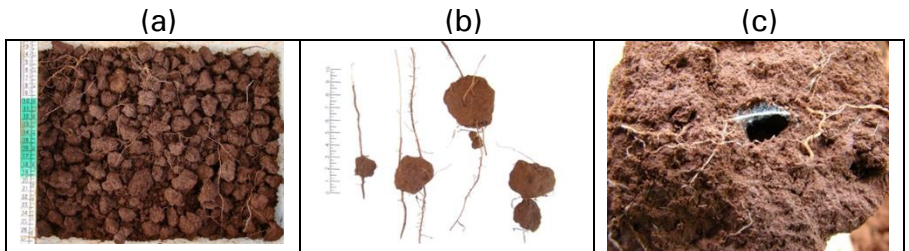
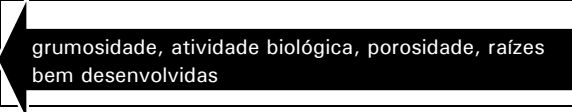
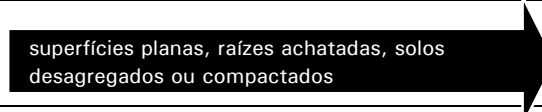


Figura 7. Agregados com evidências de feições de conservação/recuperação.
Fotos: Adoildo da Silva Melo (a); Henrique Debiasi (b) e Michely Tomazi (c).

Tabela 1. Atribuição das notas de qualidade estrutural de cada camada da amostra de solo (Q_{ec}).

Condição inicial	Amostra com evidências de conservação/recuperação			Amostra com evidências de degradação		
Notas	Nota 6	Nota 5	Nota 4	Nota 3	Nota 2	Nota 1
Tamanho do agregado	Mais de 70% de agregados com 1 a 4 cm	50% a 70% agregados de 1 a 4 cm	Menos de 50% agregados de 1 a 4 cm	Menos de 50% de agregados menores que 1 cm e maiores que 7 cm	50% a 70% de agregados menores que 1 cm e maiores que 7 cm	Mais de 70% de agregados menores que 1 cm e maiores que 7 cm
Características da estrutura	Estrutura friável, agregados muito grumosos e porosos, com atividade biológica alta. Raízes abundantes e bem distribuídas na camada avaliada, sem deformações ocasionadas por impedimentos físicos, crescendo através dos agregados.	Estrutura friável, agregados grumosos e porosos, com mediana atividade biológica. Raízes bem distribuídas na camada avaliada, podendo apresentar poucos sinais de restrição ao crescimento. As raízes crescem predominantemente através dos agregados.	Estrutura friável, pouco grumosa, poucos poros e fraca atividade biológica. Raízes podem apresentar algum impedimento ao desenvolvimento.	Estrutura coesa nos agregados grandes, e muito solta entre os agregados menores que 1 cm. Predomínio de agregados com faces planas, com poucos poros e atividade biológica. Pode apresentar raízes achatadas com dificuldade para desenvolvimento pleno na camada avaliada.	Estrutura coesa nos agregados grandes, e muito solta entre os agregados menores que 1 cm. Predomínio de agregados com faces planas, com alguns poros e pouca atividade biológica. Desenvolvimento radicular limitado, com predomínio de raízes achatadas com dificuldade para penetração no interior dos agregados.	Estrutura coesa nos agregados grandes e muito solta entre os agregados menores que 1 cm. Predomínio de agregados com faces planas, sem poros visíveis e atividade biológica. Forte restrição ao desenvolvimento radicular, com predomínio de raízes achatadas, crescendo preferencialmente nas fissuras entre os agregados.
Gradiente	 <p>grumosidade, atividade biológica, porosidade, raízes bem desenvolvidas</p>			 <p>superfícies planas, raízes achatadas, solos desagregados ou compactados</p>		

Fonte: adaptado de Ralish et al. (2017).

Tabela 2. Índice de qualidade estrutural do solo (IQES) para a gleba avaliada, interpretações e recomendações.

IQES	Qualidade estrutural	Recomendação de melhorias
6,0-5,0	Muito boa	Manter o sistema de manejo utilizado, atentando para a possibilidade de adoção de novas tecnologias conservacionistas.
4,0-4,9	Boa	Intensificar o uso de sistemas diversificados de produção com alta capacidade de aporte de fitomassa aérea e raízes (ex.: gramíneas). Verificar se não há necessidade de interferir na estratégia de rotação e consorciação de culturas adotada no sistema de produção.
3,0-3,9	Regular	Aprimorar o sistema de produção ampliando a diversificação de espécies vegetais com alta capacidade de aporte de fitomassa aérea e raízes (ex.: gramíneas) e evitar/eliminar operações mecanizadas no preparo do solo. Gerenciar as operações mecanizadas visando redução de tráfego.
2,0-2,9	Ruim	Realizar um diagnóstico da área, incluindo as condições químicas e físicas no perfil, revisando as práticas conservacionistas do solo (ex.: terraceamento, alocação de estradas e operações em nível). Rever e aprimorar o sistema de produção utilizado, aumentando a diversidade de espécies vegetais e priorizando culturas com alta capacidade de aporte de biomassa aérea do solo e raízes (ex.: gramíneas). Na recuperação do solo, preferir o uso de plantas recuperadoras do solo, em relação ao emprego de práticas mecânicas. Evitar operações de preparo de solo mesmo as realizadas esporadicamente. Racionalizar o tráfego de máquinas agrícolas.
1,0-1,9	Muito ruim	Realizar um diagnóstico aprofundado da área, incluindo as condições químicas e físicas no perfil; adotar e/ou readequar as práticas conservacionistas mecânicas (ex.: terraceamento, alocação de estradas, operações em nível) e vegetativas (cultivo em nível, faixas de retenção, consorciação e rotação de culturas) do solo. Repensar o sistema de produção utilizado. Adotar estratégias integradas de recuperação que envolvam sistemas diversificados de produção com alta capacidade de aporte de fitomassa aérea e raízes, podendo requerer intervenções mecânicas de recuperação física do solo, desde que adotadas criteriosamente, considerando a umidade do solo, as condições do equipamento e a velocidade adequada, entre outras. Inclusão de gramíneas no sistema, de preferência com pastejo, com correto manejo da pastagem e ajuste de lotação, visando intensificar a recuperação da estrutura do solo. Uso de adubação orgânica de forma criteriosa pode ajudar.