

# QUALIDADE ESTRUTURAL DO SOLO EM REMANESCENTE FLORESTAL NO PLANALTO OCIDENTAL PAULISTA

**Palavras-Chave:** QUALIDADE DO SOLO; EFEITO DE BORDA;

**Autores:**

**MARIA CLARA NASCIMENTO DE VASCONCELOS PRATA, FEAGRI – UNICAMP**

**VANESSA DA SILVA BITTER (coorientadora), FEAGRI – UNICAMP**

**Prof. Dr. ZIGOMAR MENEZES DE SOUZA (orientador), FEAGRI - UNICAMP**

---

## INTRODUÇÃO:

O Planalto Ocidental Paulista (POP) é uma província geomorfológica que abrange aproximadamente 50% do território paulista e se destaca pela sua relevância agroeconômica (NALON et al., 2020). A rápida expansão agrícola na região, impulsionada desde o ciclo do café, gerou um cenário de uso intensivo do solo. Esse processo, associado à fragilidade natural dos terrenos e ao clima com chuvas intensas, agravou quadros de erosão e degradação ambiental. Neste cenário, os remanescentes florestais, embora fragmentados, são ecossistemas cruciais para a conservação da biodiversidade e para a proteção de recursos hídricos e edáficos (FRANCO et al., 2007; ZANATTA et al., 2017). Muitas áreas do estado de São Paulo como o Planalto Ocidental Paulista apresentam altos níveis de degradação do solo, principalmente no uso de cana-de-açúcar e pastagens alterando a qualidade do solo (MEDEIROS et al., 2016).

A qualidade do solo é definida como sua capacidade de sustentar a vida dentro de um ecossistema, sendo fundamental para a produtividade biológica e manutenção da qualidade ambiental (DORAN et al., 1994; DORAN, 2005). A sua avaliação é complexa e medida por meio de indicadores físicos, químicos e biológicos. Dentre os atributos físicos, a estrutura do solo é um dos mais importantes, pois é responsável por processos como a infiltração de água, a aeração e o crescimento de raízes (LONGO et al., 2024). A Avaliação Visual da Estrutura do Solo (VESS), método desenvolvido por Ball et al. (2007) e aprimorado por Guimarães et al. (2011), é uma ferramenta de diagnóstico prática, acessível e sensível para avaliar a qualidade estrutural em campo.

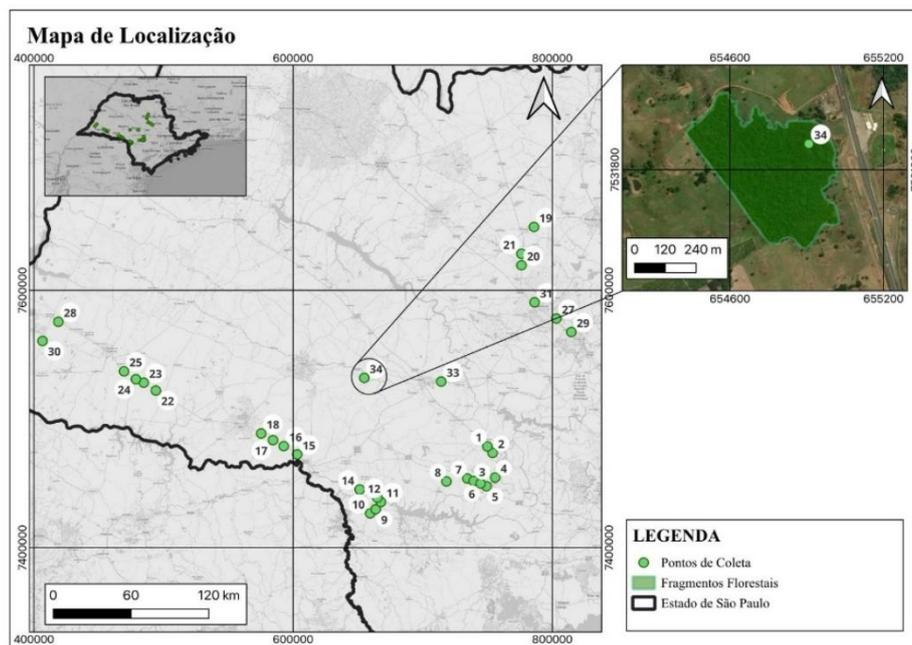
Portanto, a hipótese deste trabalho é que a qualidade estrutural do solo em remanescentes florestais do POP, avaliada pelo método VESS, varia em função da textura, com solos de textura mais fina (argilosa) apresentando maior susceptibilidade à degradação estrutural quando comparados aos de textura grossa (arenosa). O trabalho de pesquisa tem como objetivo o efeito de borda nos remanescentes florestais do Planalto Ocidental Paulista na estrutura do solo em solos com origem de arenito e basalto.

## METODOLOGIA:

O estudo foi conduzido em remanescentes de floresta nativa situados na região do Planalto Ocidental Paulista. Foram definidos 32 pontos de amostragem no interior dos fragmentos, distribuídos de forma a

contemplar a variabilidade espacial da área (Figura 1). As coletas foram realizadas durante o período chuvoso, com o solo em condição friável, a fim de preservar sua estrutura natural e garantir a representatividade dos dados. Análise Granulométrica: Amostras de solo foram coletadas para determinação laboratorial da textura (teores de areia, silte e argila) pelo método da pipeta (TEIXEIRA et al., 2017).

**Figura 1.** Localização dos pontos amostrais nos remanescentes florestais no Planalto Ocidental Paulista.



A granulometria do solo foi realizada pelo método da pipeta, com uma solução de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> como dispersante químico e agitação mecânica em aparato de baixa rotação, por 16 horas, seguindo metodologia preconizada pela EMBRAPA (TEIXEIRA et al., 2017).

Foi realizada a Avaliação Visual da Estrutura do Solo (VESS), esse método, desenvolvido por Ball et al. (2007) e aprimorado por Guimarães et al. (2011), permite que até mesmo pessoas sem experiência na área de solos avaliem a qualidade de suas terras para um plantio bem-sucedido. No presente estudo, foram coletadas amostras em 32 pontos em diferentes cidades pertencentes ao Planalto Ocidental Paulista, e, desses 32 pontos coletados, realizou-se as análises de VESS in loco.

Avaliação Visual da Estrutura do Solo (VESS): em campo, foi extraído um bloco de solo de aproximadamente 20 x 10 x 25 cm. O torrão foi fragmentado manualmente para observar o tamanho, forma, resistência e porosidade dos agregados, além da presença e distribuição de raízes. Com base em guias fotográficos, foi atribuída uma pontuação de qualidade estrutural (Sq).

Os dados da análise granulométrica foram utilizados para classificar a textura de cada ponto amostrado. Em seguida, os valores de pontuação do VESS foram agrupados conforme as classes texturais identificadas, e suas médias comparadas com o objetivo de investigar a relação entre a textura e a qualidade estrutural do solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Em relação a textura do solo, na camada de 0,00-0,20 m verificou-se treze amostras de textura arenosa e argilosa, respectivamente, cinco de textura média e uma de textura muito argilosa (Tabela 1). De acordo com a EMBRAPA (TEIXEIRA et al., 2017) solo com teor de argila abaixo de 150 g kg<sup>-1</sup> são classificados como arenosos. Os atributos físicos de solos arenosos (densidade do solo, porosidade e estabilidade de agregados) variam amplamente devido ao tamanho e organização dos grãos, tipo de argila, processos naturais (por exemplo, atividades biológicas) ou atividades humanas (lavoura) (BRUAND et al., 2005). Solos arenosos geralmente têm alta condutividade hidráulica saturada, permeabilidade a gases e calor específico, mas baixa capacidade de campo e ponto de murcha permanente, teor de carbono orgânico e capacidade troca catiônica. De acordo com Huang e Hartemink

(2020), os solos arenosos apresentam a estrutura mais susceptível ao processo de degradação pelo uso antrópico e são mais sensíveis às mudanças climáticas e às atividades humanas em comparação a outros solos. Com a crescente pressão global sobre os recursos terrestres, os solos arenosos terão que desempenhar um papel cada vez mais importante em vários ecossistemas naturais.

**Tabela 1.** Distribuição granulométrica, pontuação VESS e classificação textural em diferentes remanescentes florestais no Planalto Ocidental Paulista, Brasil.

Pontos	Pontuação VESS	Areia total	Argila	Silte	Classe Textural
		-----g kg <sup>-1</sup> -----			Embrapa
A1	1,0	792,0	118,5	89,5	Arenosa
A2	1,0	755,0	146,0	99,0	Arenosa
A3	1,0	662,0	245,0	93,0	Média
A4	1,5	507,0	352,5	140,5	Argilosa
A5	1,5	214,0	521,5	264,5	Argilosa
A6	1,0	196,0	546,5	257,5	Argilosa
A7	1,5	636,0	231,0	133,0	Média
A8	2,5	825,0	91,5	83,5	Arenosa
A9	1,5	482,0	415,5	102,5	Argilosa
A10	1,0	496,5	276,5	227,0	Média
A11	2,5	289,0	468,5	242,5	Argilosa
A12	2,5	128,0	523,0	349,0	Argilosa
A14	1,5	184,0	588,5	227,5	Argilosa
A15	1,0	258,0	446,5	295,5	Argilosa
A16	1,0	100,0	605,5	294,5	Muito Argilosa
A17	2,0	289,0	515,0	196,0	Argilosa
A18	2,0	391,0	416,0	193,0	Argilosa
A19	2,0	132,0	497,0	371,0	Argilosa
A20	1,0	789,0	157,5	53,5	Média
A21	2,0	226,0	490,5	283,5	Argilosa
A22	1,0	842,0	104,5	53,5	Arenosa
A23	1,0	842,0	76,5	81,5	Arenosa
A24	1,0	802,0	113,5	84,5	Arenosa
A25	1,0	839,0	91,0	70,0	Arenosa
A27	1,0	921,0	65,0	14,0	Arenosa
A28	1,0	807,0	89,5	103,5	Arenosa
A29	1,0	523,0	389,0	88,0	Argilosa
A30	1,0	880,0	59,0	61,0	Arenosa
A31	2,0	691,0	235,5	73,5	Média
A32	1,5	836,0	120,0	44,0	Arenosa
A33	1,5	789,0	156,5	54,5	Arenosa
A34	1,0	795,0	81,5	123,5	Arenosa

Nos remanescentes florestais sob solos argilosos observa-se que 80% das amostras apresentaram escore médio acima de 2,0 e, nos solos arenosos 80% de escore médio de 1,0 (Figura 1). Portanto, a fragmentação florestal em solos argilosos alterou negativamente a qualidade estrutural do solo, ou seja, o contato entre um habitat natural e antropogênico, está causando mudanças no ecossistema, como perda de biodiversidade e alteração de habitat (SCARIOT et al., 2003; NASCIMENTO et al., 2019). Segundo Weidenhamer e Callaway (2010) o efeito de borda em remanescentes são agravados pela presença de espécies invasoras que podem alterar a biogeoquímica dos ecossistemas, que metabólitos secundários liberados por espécies invasoras podem desempenhar papéis importantes na química do solo, bem como nas interações planta-planta e planta-microrganismos, e que os herbicidas usados para

controlar espécies invasoras na lavouras podem impactar a química das plantas e os ecossistemas de maneiras que ainda não foram totalmente exploradas.

A avaliação da qualidade estrutural pelo método VESS indicou que todos os pontos analisados se encontram com boa qualidade, recebendo pontuações entre 1 (ótima estrutura) e 2,5 (estrutura moderada). Segundo Ball et al. (2017), solos com pontuação entre 1 e 3 são considerados agricultáveis e sem impedimentos físicos severos ao crescimento de plantas.

Os solos argilosos apresentam atributos físicos mais resistentes ao processo de degradação, pois a estrutura do solo é particularmente afetada pelo teor de argila e matéria orgânica. A estrutura do solo depende do tamanho, forma e arranjo dos poros e partículas dentro do solo (LETEY, 1991). Embora o teor de argila seja uma propriedade inerente, o teor de matéria orgânica, no entanto, pode ser influenciado pelo manejo agrícola. Quanto maior o teor de argila de um solo menos susceptível ao processo de degradação (BHATTACHARYYA et al., 2006). Yesilonis et al. (2024) estudando a atividade das minhocas, particularmente espécies invasoras, impacta a estrutura do solo alterando a composição e a densidade das camadas superiores. Um dos resultados mais visíveis da invasão das minhocas é o desaparecimento do horizonte superior solto e rico em matéria orgânica, frequentemente chamado de "camada de duff" (MA et al., 2014), conforme observado nos fragmentos florestais ao longo do gradiente urbano-rural. As minhocas primeiro consomem a camada de O e então incorporam material orgânico na camada mineral, produzindo um solo "mull". Esse processo leva a uma maior densidade do solo superficial e já foi relatado anteriormente (YESILONIS et al., 2016).

Ao correlacionar a pontuação VESS com a classe textural, observou-se que os solos de textura argilosa apresentaram a maior média de pontuação (1,7), indicando uma qualidade estrutural ligeiramente inferior em comparação com os solos de textura arenosa, que obtiveram a menor média (1,2) (Figura 1). Embora todos os solos estejam em boas condições, essa diferença sugere que, no ambiente estudado, os solos com maior teor de argila são mais suscetíveis à compactação e à formação de agregados mais densos e resistentes. Este é um resultado importante para o manejo e conservação de remanescentes, pois a degradação da estrutura, mesmo que sutil, pode afetar a dinâmica hídrica e a biodiversidade edáfica. Silva et al. (2021) verificaram que o efeito de borda causado pela fragmentação florestal levou a modificações na maioria dos atributos do solo, incluindo os atributos microclimáticos, químicos e biológicos (comunidade de artrópodes e atributos microbiológicos) do solo até a distância de 50 m, e essas mudanças podem ser atribuídas a variações nos atributos da serapilheira.

## CONCLUSÕES:

O método VESS demonstrou-se uma ferramenta sensível, prática e eficaz na diferenciação da qualidade estrutural de solos com distintas classes texturais em remanescentes florestais do Planalto Ocidental Paulista. A análise das 32 amostras evidenciou uma predominância de solos com boa qualidade estrutural, o que reforça o papel desses fragmentos como ambientes relativamente conservados, mesmo diante do histórico de uso intensivo da região. No entanto, os solos de textura argilosa apresentaram maior tendência à compactação e menor qualidade estrutural média em comparação aos solos arenosos, confirmando a hipótese inicial do estudo. Esse resultado destaca a importância de se considerar a variabilidade textural no diagnóstico e no planejamento de estratégias de conservação e monitoramento do solo em ecossistemas fragmentados. A utilização do VESS, aliada à caracterização textural, pode ser uma abordagem promissora para subsidiar ações de manejo voltadas à preservação da qualidade física do solo em áreas florestais remanescentes.

## BIBLIOGRAFIA

- BALL, B. C.; BATEY, T.; MUNKHOLM, L. J. Field assessment of soil structural quality - a development of the Peerlkamp test. **Soil Use and Management**, v.23, n.4, p.329-337, 2007.
- BALL, B. C.; GUIMARÃES, R. M. L; CLOY, J. M.; HARGREAVES, P. R.; SHEPHERD, T. G.; MCKENZIE, B. M. Visual soil evaluation: A summary of some applications and potential developments for agriculture. **Soil and Tillage Research**, v.173, p.114-124, 2017.
- BHATTACHARYYA, R.; PRAKASH, V.; KUNDU, S.; GUPTA, H. S. Effect of tillage and crop rotations on pore size distribution and soil hydraulic conductivity in sandy clay loam soil of the Indian Himalayas. **Soil and Tillage Research**, v.86, n.2, p.129-140, 2006.

- BRUAND, A.; HARTMANN, C.; LESTURGEZ, G. **Physical properties of tropical sandy soils: A large range of behaviours**. Management of Tropical Sandy Soils for Sustainable Agriculture, p.148-158, 2005.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and Assessing Soil Quality. In: DORAN, J. W. et al. (ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21.
- DORAN, John W. **Overview of soil quality for sustaining Earth and its people**. Lincoln: USDA-ARS, University of Nebraska, 2005.
- FRANCO, G. A. D. C.; SOUZA, F. M.; IVANAUSKAS, N. M.; MATTOS, I. F. A.; BAITELLO, J. B.; AGUIAR, O. T.; CATARUCCI, A. F. M.; POLISEL, R. T. Importância dos remanescentes florestais de Embu (SP, Brasil) para a conservação da flora regional. **Biota Neotropica**, v.7, n.3, p.145-161, 2007.
- 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, 2011.
- HUANG, J.; HARTEMINK, A. E. Soil and environmental issues in sandy soils. **Earth-Science Reviews**, v.208, p.1-22, 2020.
- LETEY, J. The study of soil structure - science or art. **Australian Journal of Soil Research**, v.29, p.699-707, 1991.
- LONGO, R. M.; SILVA, A. L.; CARVALHO, M. M.; RIBEIRO, A. Í. Métricas da paisagem e qualidade ambiental nos remanescentes florestais do Ribeirão Quilombo em Campinas/SP. **Ciência Florestal**, v.34, n.1, p.1-22, 2024.
- MA, Y. N.; FILLEY, T. R.; SZLAVECZ, K.; MCCORMICK, M. K. Controls on wood and leaf litter incorporation into soil fractions in forests at different successional stages. **Soil Biology & Biochemistry**, v.69, p.212-222, 2014.
- MEDEIROS, G. O. R.; GIAROLLA, A.; SAMPAIO, G.; MARINHO, M. A. Estimates of annual soil loss rates in the State of São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40, p.1-18, 2016.
- NALON, M. A.; MATSUKUMA, C. K.; PAVÃO, M. **Inventário florestal do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto Florestal, 2020, 39 p.
- NASCIMENTO, M. S.; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; SCORIZA, R. N.; PEREIRA, J. E. S. Edaphic macrofauna as indicator of edge effect in semi-deciduous forest fragments. **Floresta e Ambiente**, v.26, n.3, e20170090, 2019.
- SCARIOT, A.; FREITAS, S. R.; MARIANO, E.; NASCIMENTO, M. T.; OLIVEIRA, L. C.; SANAIOTTI, T. Vegetação e flora. In: Rambaldi, D. M.; Oliveira, D. A. S. (Organizadores). **Fragmentação de Ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA/SBF, 2003, 510 p.
- SILVA, C. F.; SOUZA, R. C.; PEREIRA, M. G.; PINTO, L. A. S. R.; FERREIRA, R.; CORREIA, M. E. F.; MENEZES, C. E. G.; FONTES, M. A.; SILVA, T. P. Edaphic attributes indicative of edge effect in semideciduous tropical forest. **Acta Oecologica**, v.113, p.1-10, 2021.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Eds.). **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, Embrapa, 2017.
- YESILONIS, I.; SZLAVECZ, K.; POUYAT, R.; WHIGHAM, D.; XIA, L. Historical land use and stand age effects on forest soil properties in the mid-Atlantic US. **Forest Ecology Management**, v.370, p.83-92, 2016.
- YESILONIS, I.; PLACELLA, S.; CSUZDI, C.; SZLAVECZ, K. Changes in remnant forest soils and earthworm communities over two decades. **Applied Soil Ecology**, v.202, p.1-9, 2024.
- ZANATTA, F. A. S.; LUPINACCI, C. M.; BOIN, M. N. Avaliação dos processos erosivos no planalto ocidental paulista: Um estudo de caso em busca das interações espaciais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.18, n.4, p.767-782, 2017.
- WEIDENHAMER, J. D.; CALLAWAY, R. M. Direct and indirect effects of invasive plants on soil chemistry and ecosystem function. **Journal of Chemical Ecology**, v.36, n.1, p.59-69, 2010.