

Avaliação da qualidade do solo em um sistema agroflorestal submetido a diferentes tipos de gestão

The effects on soil quality in an agroforestry system submitted to different types of management

Bruna Bighi Thompson¹, Marjorie Eliza Maia Reis¹, Matheus Barisson Pereira², Gabrieli Schultz de Paula², Israel do Nascimento Santos^{1,3,*}, Julio Cezar Farias Perez², Eleandro José Brun² & Joel Donazzolo²

¹ Escola Superior Agrária (ESA), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253, Bragança, Portugal

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, 85660-000, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil

³ Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253, Bragança, Portugal

(*E-mail: israelnsantos@gmail.com)

<https://doi.org/10.19084/rca.33928>

Recebido/received: 2023.07.31

Aceite/accepted: 2023.11.20

RESUMO

Os sistemas agroflorestais (SAFs) consistem na combinação de espécies arbóreas e produções agrícolas e/ou animal, buscando a otimização do espaço e a pluralidade produtiva. O objetivo deste estudo foi avaliar dois indicadores físicos de qualidade do solo, sendo, umidade e resistência mecânica do solo à penetração (RP), em uma área gerida e não gerida de um SAF, localizado no sudoeste do Paraná, Brasil. O tipo predominante de solos na região são Latossolo e Nitossolo, com alto teor de argila. Para a determinação do teor de umidade a colheita das amostras de solo foi estratificada nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm e, com o penetrômetro digital determinou-se a resistência do solo à penetração, efetuando-se leituras a cada 5 cm até a profundidade de 60 cm. A umidade não apresentou diferenças significativas entre as áreas, ambas estando próximo dos 22%, assim como em profundidade. Em relação à RP ao longo do perfil, as camadas superficiais (0-30 cm) apresentaram diferença significativa entre as áreas, sendo até os 20 cm maior RP para área não gerida, enquanto dos 20-30 cm houve maior resistência para a área com gestão. Contudo nas camadas mais profundas (31- 60 cm) não houve diferença significativa entre as áreas.

Palavras-chave: Sustentabilidade, cobertura do solo, gestão, qualidade do solo.

ABSTRACT

Agroforestry systems (SAFs) consist of the combination of tree species and agricultural and/or animal production, seeking space optimization and productive plurality. The objective of this study was to evaluate two physical indicators of soil quality, being, moisture and soil mechanical resistance to penetration (RP), in a managed and unmanaged area of an AFS, located in the southwest of Paraná, Brazil. The predominant type of soils in the region are Latosol and Nitosol, with high clay content. For the determination of moisture content, soil samples were stratified in the 0-5, 5-10, 10-20 and 20-40 cm layers and, with a digital penetrometer, soil resistance to penetration was determined, taking readings every 5 cm, up to a depth of 60 cm. Moisture did not show significant differences between the areas, both being close to 22%, as well as in depth. Regarding the PR along the profile, the superficial layers (0-30 cm) showed a significant difference between the areas, being up to 20 cm higher PR for unmanaged area, while from 20-30 cm there was greater resistance for the area with management. However, in the deeper layers (31-60 cm) there was no significant differences between the areas.

Keywords: Sustainability, land cover, management, soil quality.

INTRODUÇÃO

No início do século XXI, a humanidade deparou-se com o desafio de compatibilizar as atividades produtivas com a sustentabilidade da paisagem, considerando os impactos negativos que o princípio utilitarista dos recursos naturais detinha sob o meio ambiente, tal como a progressão da poluição atmosférica, erosão do solo, degradação de habitats naturais e a perda de biodiversidade (Miccolis *et al.*, 2016).

Dada essa problemática, passou-se a discutir globalmente, diferentes formas para desenvolver, principalmente, a produção agrícola e florestal, em alternativa à monocultura, dando enfoque na conservação e, ao mesmo tempo, na rentabilidade, através do fomento de novas oportunidades de trabalho e renda no campo (Peneireiro, 2003).

A partir desse pensamento “eco-produtivista”, há o surgimento de novos modelos de produção silvícola, dentre os quais cabe destacar os sistemas agroflorestais (SAF's). Com base na sua estrutura, este pode ser classificado como: sistemas silviagrícolas ou agrofloresta, silvopastoris e agrossilvopastoris (SENAR, 2017).

Segundo Souza *et al.* (2007), a agrofloresta consiste num sistema que possibilita pluralizar a produção em uma determinada área, podendo ser empregues diversas atividades e culturas tornando possível a diversificação de produtos.

De um modo geral, trata-se da combinação de espécies arbóreas e cultivos agrícolas anuais e/ou perenes, buscando equilíbrio e otimização do tempo e do espaço, maximizando a viabilidade produtiva, por meio de uma produção mais equilibrada e resiliente (Nair, 1993).

Adicionalmente, quanto aos benefícios relacionados ao solo, SENAR (2017) afirma que esse sistema pode oferecer diversas vantagens, como a recuperação da fertilidade, a proteção contra erosão e intempéries, a redução da compactação e ainda, a promoção do aumento da matéria orgânica e da sua capacidade de retenção de água.

Segundo Santana & Bahia Filho (1998), a qualidade do solo pode ser aferida por meio da monitorização

de seus atributos físicos, químicos e biológicos. Entre esses, recomenda-se dar ênfase aos indicadores que são mais suscetíveis a mudanças a médio prazo, como compactação, resistência do solo à penetração e o teor de humidade.

É diante desta complexidade, que Brown *et al.* (2006) destacam a relevância de estudos que tenham como enfoque demonstrar a influência dos efeitos de agrofloresta bem gerida para a manutenção e conservação do solo, através de indicadores da qualidade.

Com base nestes princípios, o presente estudo teve como objetivo avaliar dois indicadores físicos de qualidade do solo, sendo, teor de humidade e resistência mecânica do solo à penetração (RP), em uma área gerida e outra com ausência de gestão silvicultural de um SAF localizado no município de Dois Vizinhos, sudoeste do estado do Paraná, Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição da área de estudo

O presente estudo foi realizado na unidade de ensino, pesquisa e extensão - UNEPE Agrofloresta, localizada na fazenda experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR no campus Dois Vizinhos (Figura 1), num ambiente com diferentes cultivos de espécies florestais nativas.

O município está localizado na região sudoeste do estado do Paraná, entre as coordenadas geográficas 25° 44' 5" S e 53° 3' 31" W e apresenta altitude média de 513 m. Quanto à sua edafologia, possui predominância de Latossolos e Nitossolos, sendo estes profundos, porosos e permeáveis (EMBRAPA, 2006).

Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cfa subtropical húmido, sem estação seca definida. A temperatura média anual dos meses mais quentes é superior a 22°C, e a dos meses mais frios é inferior a 18°C com possibilidade de geadas. A pluviosidade é de 1.900 a 2.200 mm anualmente, sendo a humidade relativa do ar anual média 65% (Alvares *et al.*, 2013).

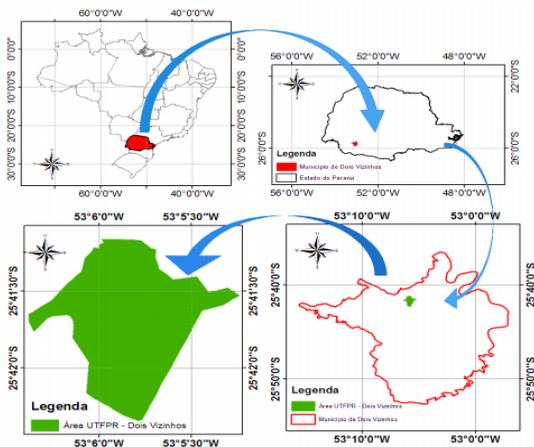


Figura 1 - Localização da UTFPR campus Dois Vizinhos. Fonte: Coelho (2016).

O sistema agroflorestal estudado foi implantado em 2015 em uma área de aproximadamente 390 m², composta por espécies florestais nativas, madeiras e frutíferas, com oito linhas de plantio de 4 m entre linhas, sendo que as duas linhas externas servem de bordadura.

A área foi dividida em quatro parcelas com as mesmas dimensões (Figura 2), visando o planejamento da amostragem, onde as parcelas 1 e 4 são áreas geridas com diferentes técnicas de silvicultura, enquanto as parcelas 2 e 3, desde sua implementação, seguem sem qualquer tipo de gestão. Desta forma, a amostragem realizada contemplou 50% da área sob cada tratamento.

Cabe salientar que as principais técnicas de gestão executadas nas parcelas 1-4 incluíram a limpeza mecânica da área, com o objetivo de impedir o desenvolvimento de espécies invasoras ao sistema, a realização de podas para condução de copas e controle da competição, principalmente por luz e ainda, o uso da serrapilheira e resíduos da poda para recobrimento do solo.

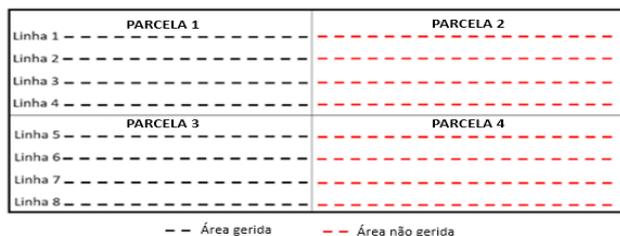


Figura 2 - Croqui representativo da área experimental.

Amostragem do solo e Teor de Umidade (TU)

Para mensuração do teor de umidade, no dia 10 de março de 2022, foram realizadas colheitas de amostras de solo nas parcelas 1 e 2, correspondente a área gerida e não gerida, respectivamente. Para cada área, foram retiradas, por um mesmo operador, 3 amostras de aproximadamente 300g cada, com o auxílio de um trato holandês e com a pá de corte, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 cm, conforme Figura 3.

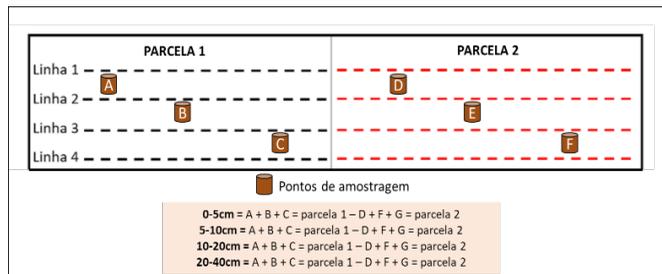


Figura 3 - Croqui representativo da amostragem do solo.

As análises foram realizadas no Laboratório de Silvicultura da UTFPR-DV, onde estas foram pesadas, identificadas e levadas à estufa de circulação de ar forçada em temperatura de +/-103°C. As amostras foram monitoradas, com pesagens intermediárias, até não variarem mais o peso (peso constante). Depois de cerca de 72 horas, as amostras foram retiradas da estufa e pesadas, obtendo-se assim o peso seco da amostra, conforme equação abaixo.

$$U\% = \frac{Pu - Ps}{Pu} * 100$$

Onde:

U = teor de umidade da amostra (%).

Pu = peso da amostra coletada no campo (g).

Ps = peso da amostra seca a 103°C (g).

Avaliação da resistência mecânica do solo à penetração (RP)

Na mesma data e local (quadrantes 1 e 2), com o auxílio de penetrômetro digital, determinou-se a

resistência do solo à penetração até à profundidade de 60 cm, realizando-se 3 sondagens por parcela. Para apresentação, os resultados foram subdivididos nas camadas de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-35, 35-40, 40-45, 45-50, 50-55 e 55-60 cm.

A análise estatística foi efectuada com recurso do programa *Statistical Analysis System* (SAS) versão 9.1, onde os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e verificado a diferença, foram submetidas à comparação de média pelo teste de Scott-Knott para um grau de confiança de a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teor de Humidade

O Quadro 1 denota o comportamento do teor humidade do solo, na área experimental agroflorestal sob diferentes formas de gestão (gerida e não gerida).

Quadro 1 - Teor de Humidade do solo em um Sistema Agroflorestal, localizado na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Brasil

Tratamentos	Profundidade (cm)	Teor de Humidade (%)	Média (%)	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
Gerida	0 – 5	22,46 a*	22,39	0,42	13,41
	5 – 10	21,85 a			
	10 – 20	22,39 a			
	20 – 40	22,88 a			
Não gerida	0 – 5	21,28 a	22,27	1,05	82,29
	5 – 10	21,53 a			
	10 – 20	22,66 a			
	20 – 40	23,54 a			

* Valores seguidos da mesma letra não possuem diferenças significativas de humidade entre os tratamentos, para um grau de confiança de a 5% no teste Scott-Knott.

De acordo com os dados obtidos, as áreas não apresentaram diferenças significativas entre si. Esse fato pode ser explicado pela entrada de material vegetal proveniente de podas aplicados na área gerida, bem como, da deposição natural de folhada, elevando os teores de matéria orgânica (MO) no solo, o que contribui para a manutenção

da humidade nesses solos (Minosso *et al.*, 2017; Silveira *et al.*, 2020).

É relevante salientar que o elevado coeficiente de variação encontrado na área não gerida de 82,29 % se dá em virtude da forma imprevisível com que a serapilheira se deposita nesses locais, resultando em variações localizadas no acúmulo do material orgânico. A exposição direta do solo leva a uma secagem intensa em áreas com pouca folhada, enquanto em locais com maior deposição de material orgânico, as condições tendem a ser mais úmidas. Essa disparidade na distribuição da folhada e na humidade do solo contribui significativamente para a diversidade dos dados obtidos. Em contrapartida, na área que é gerida, por meio de atividades silviculturais como podas, é possível observar uma distribuição mais uniforme da manta morta sobre a superfície do solo, refletindo em um coeficiente de variação menor.

Dias Filho *et al.* (2023) afirmam que os SAF's apresentam benefícios significativos para a qualidade física do meio, no qual, a partir do incremento constante de material orgânico das plantas e de animais, através da decomposição dos mesmos, acarretam em melhoria na capacidade de retenção de água.

Corroborado por Oliveira & Souza (2003), que ao comparar um pomar de bananeira com dois tratamentos (condução com e sem cobertura morta), verificaram valores superiores de teor de humidade na área com a presença de cobertura morta, não aferindo diferença entre as profundidades (0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm), assim como constatado no Quadro 1.

Resistência mecânica do solo à penetração

O Quadro 2, dispõe os resultados de resistência mecânica do solo à penetração nas camadas 0 – 60 cm, nas áreas analisadas (1 e 2).

A resistência mecânica do solo à penetração diferiu estatisticamente entre as áreas (1 e 2) dentro das profundidades 0-5, 6-10, 11-15, 16-20, 21-25, 26-30 cm. Nota-se que na área gerida, somente a partir dos 21 cm de profundidade apresentou valores superiores aos 2,5 MPa, valor considerado como

Quadro 2 - Resistência mecânica do solo à penetração (RP, em MPa) num Sistema Agroflorestal localizado na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Brasil

Profundidades (cm)	0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	Média (%)	CV (%)
Área gerida	0,01 a*	0,88 a	1,61 a	2,26 a	3,79 b	4,59 b	4,61 a	4,96 a	4,33 a	4,20 a	4,36 a	4,14 a	3,31	16,06
Área não gerida	0,19 b	1,29 b	2,79 b	3,51 b	2,92 a	2,99 a	4,23 a	4,31 a	3,87 a	4,17 a	4,29 a	3,97 a	3,21	27,02

* Valores seguidos da mesma letra não possuem diferenças significativas de resistência à penetração entre os tratamentos, para um grau de confiança de a 5% no teste Scott-Knott.

limite impeditivo ao desenvolvimento do sistema radicular para a maioria das culturas (Taylor *et al.*, 1966; Tormena *et al.*, 1999). Enquanto na área não gerida este já é obtido aos 11 cm, portanto, sendo indicativo de uma compactação subsuperficial nesta, fator que é prejudicial ao desenvolvimento radicular.

Resultados obtidos por Carvalho *et al.* (2004) constataram a mesma tendência ao avaliarem a RP de um SAF gerido comparativamente com a de sistema de plantio convencional, onde verificaram valores reduzidos de RP no SAF, especialmente na camada superficial (0-10 cm). Os autores relacionaram esses resultados aos efeitos da incorporação de matéria orgânica ao solo, fator característicos deste sistema.

Ao analisar as camadas mais profundas do solo (31-60 cm) para ambas as áreas, não se observaram diferenças significativas de RP, onde, em média, apresentaram valores superiores a 4,0 MPa, considerados impeditivos ao crescimento radicular em cultivos perenes ou espécies florestais (Zou *et al.*, 2000; Couto *et al.*, 2016). Tais valores, denotam compactação em profundidade no solo em ambas as áreas estudadas e pode ser explicado devido ao histórico de uso agrícola convencional anterior à implantação do SAF.

Resultados semelhantes foram constatados por Couto *et al.* (2016), ao avaliarem a RP de SAF's em três tipos de solo, onde observaram que os valores de RP obtidos em superfície (0-20 cm) não apresentam restrições ao desenvolvimento radicular,

estando entre 0,96 a 1,91 MPa. Contudo, assim como neste estudo, relataram um aumento da RP em profundidade de 3,52 a 4,59 MPa.

Salienta-se que os valores de RP limitantes às raízes e suas variações são atribuídas às diferenças inerentes às classes de solos, espécie cultivada e ao sistema de gerido empregado.

CONCLUSÕES

O teor de humidade não apresentou diferenças significativas entre as áreas, ambas estando próximo dos 22%, assim como em profundidade, sendo uniforme ao longo do perfil.

Em relação à resistência mecânica do solo à penetração ao longo do perfil, percebeu-se que as camadas superficiais (0-30 cm) apresentaram diferenças significativas entre as áreas, sendo até os 20 cm maior RP para área não gerida, enquanto dos 20-30 cm houve maior resistência para a área com emprego de gestão silvícola. Contudo nas camadas mais profundas (31- 60 cm) não houve diferença significativa entre as áreas. Dessa forma, constata-se que à medida que a profundidade do solo aumenta, ocorre um aumento na sua compactação.

Os indicadores da qualidade física do solo avaliados neste estudo, em conjunto com informações sobre a gestão silvícola aplicada e o histórico de uso do solo, têm potencial para serem utilizados em estudos futuros com o objetivo de avaliar a longo prazo os efeitos nas propriedades do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.D.M. & Sparovek, G. (2013) - Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, vol. 22, n. 6, p. 711-728.
<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Brown, G.G.; Römbke, J.; Höfer, H.; Verhaagh, M.; Sautter, K.D. & Santana, D.L.Q. (2006) - Biodiversity and function of soil animals in Brazilian agroforestry systems. *In: Gama-Rodrigues, A.C.; Barros, N.F.; Gama-Rodrigues, E.F.; Freitas, M.S.M.; Viana, A.P.; Jasmin, J.M.; Marciano, C.R. & Carneiro, J.G.A. (Eds.) - Sistemas Agroflorestais: Bases Científicas para o desenvolvimento sustentável*. UENF, Campos dos Goytacazes, p.217-242.
- Carvalho, R.; Goedert, W.J. & Armando, M.S. (2004) - Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 39, n. 11, p. 1153-1155.
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004001100015>
- Coelho, Y.G.V. (2016) - *Análise multitemporal do uso e ocupação do solo do Câmpus da UTFPR-DV utilizando imagens de satélite*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 37f.
- Couto, W.H.D.; Anjos, L.H.C.D.; Wadt, P.G.S. & Pereira, M.G. (2016) - Atributos edáficos e resistência a penetração em áreas de sistemas agroflorestais no sudoeste amazônico. *Ciência Florestal*, vol. 26, n. 3, p. 811-823. <https://doi.org/10.5902/1980509824210>
- Dias Filho, S.C.; Pereira, R.S. & Camargo, G.P. (2023) - Sustentabilidade Econômica E Ambiental Através De Sistemas Agroflorestais. *Revista de Estudos Interdisciplinares do Vale do Araguaia-REIVA*, vol. 6, n. 1.
- EMBRAPA (2006) - *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)*. Centro Nacional de Pesquisa em Solos, Rio de Janeiro, 306 p.
- Miccolis, A.; Peneireiro, F.M.; Marques, H.R.; Vieira, D.L.M.; Arco-Verde, M.F.; Hoffmann, M.R.; Rehder, T. & Pereira, A.V.B. (2016) - *Restauração ecológica com sistemas agroflorestais. Como conciliar conservação com produção - opções para cerrado e caatinga*. Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal – ICRAF, Brasília, 266p.
- Minosso, J.; Antoneli, V. & de Freitas, A.R. (2017) - Variabilidade sazonal da infiltração de água no solo em diferentes tipos de uso na região sudeste do Paraná. *Geographia Meridionalis*, vol. 3, n. 1, p. 86-103.
<https://doi.org/10.15210/gm.v3i1.11041>
- Nair, P.R. (1993) - *An introduction to agroforestry*. Springer Science & Business Media.
- Oliveira, C.A.P.D. & Souza, C.M.D. (2003) - Influência da cobertura morta na umidade, incidência de plantas daninhas e de broca-do-rizoma (*Cosmopolites sordidus*) em um pomar de bananeiras (*Musa* spp.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol. 25, n. 2, p. 345-347. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452003000200043>
- Peneireiro, F.M. (2003) - Fundamentos da Agrofloresta Sucessional. *II Simpósio sobre Agrofloresta Sucessionais*. Embrapa/Petrobrás, Sergipe.
- Santana, D.P. & Bahia Filho, A.F.C. (1998) - Soil quality and agricultural sustainability in the Brazilian Cerrado. *In: Proceedings of the World Congress of Soil Science*, 16, 1998, Montpellier. CIRAD.
- SENAR (2017) - *Sistemas Agroflorestais (SAFs): conceitos e práticas para implantação no bioma amazônico*. 1. ed. Brasília: Serviço Nacional de Aprendizagem Rural, vol. 199, 140p.
- Silveira, D.C.; Fontaneli, R.S.; Rebesquini, R.; Dall'agnol, E.; Panisson, F.; Bombonato, M. & Ceolin, M. (2020) - Plantas de cobertura de solo de inverno em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária. *Revista Plantio Direto & Tecnologia Agrícola*, vol. 29, n. 173, p. 18-23.
- Souza, Á.N. de; Oliveira, A.D. de; Scolforo, J.R.S.; Rezende, J.L.P. de & Mello, J.M. de (2007) - Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal. *Cerne*, vol. 13, n. 1, p. 96-106.
- Taylor, H.M.; Roberson, G.M. & Parker Jr, J.J. (1966) - Soil strength-root penetration relations to medium to coarse textured soil materials. *Soil Science*, vol. 102, n. 1, p. 18-22.
- Tormena, C.A.; da Silva, A.P. & Libardi, P.L. (1999) - Soil physical quality of a Brazilian Oxisol under two tillage systems using the least limiting water range approach. *Soil and Tillage Research*, vol. 52, n. 3-4, p. 223-232. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(99\)00086-0](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(99)00086-0)
- Zou, C.; Sands, R.; Buchan, G. & Hudson, I. (2000) - Least limiting water range: A potential indicator of physical quality of forest soils. *Soil Research*, vol. 38, n. 5, p. 947-958. <https://doi.org/10.1071/SR99108>