

Caracterização físico-hídrico-químico de Latossolo Vermelho sob sistema de plantio direto no Oeste do Paraná

O uso intensivo e o manejo inadequado do solo produzem uma série de problemas associados à compactação, baixa permeabilidade e erosão dos solos em diferentes regiões do Brasil. A avaliação do comportamento físico-hídrico, associado à caracterização química do horizontes superficiais e sub superficiais dos solos podem auxiliar no entendimento das alterações estruturais, da circulação hídrica e fertilidade do solo. Visando contribuir com essa temática, o presente trabalho, desenvolvido na Mesoregião Oeste do Paraná, avaliou o comportamento físico-hídrico-químico de uma topossequência composta por sistema pedológico formado por Latossolos Vermelhos Eutroféricos. Para a realização da topossequência e classificação dos solos foram utilizados os preceitos da análise estrutural da cobertura pedológica e o Sistema Brasileiro de Classificação do Solos. Foram realizadas análises físicas de densidade do solo, porosidade total e granulometria, além de análises químicas de rotina (pH, MO, P, Al, k, Mg, SB, CTC e V%). Em campo, foram executados ensaios de velocidade de infiltração e condutividade hidráulica com utilização do Permeômetro de Guelph. Os dados químicos evidenciaram que os teores de matéria orgânica, os valores de CTC e acidez do solo, apresentam condições adequadas para os cultivos agrícolas. Já os resultados físico-hídricos revelaram problemas estruturais e de permeabilidade, com alta compactação, com comprovada redução de porosidade e baixa condutividade hidráulica nos horizontes superficiais dos solos.

Palavras-chave: Compactação do solo; Condutividade hidráulica; Manejo do Solo.

Physical-hydric-chemical characterization of Red Latosol under no-tillage system in the Western of Paraná

The intensive use and inadequate handling of the soil produce a series of problems associated with compaction, low permeability and soil erosion in different regions of Brazil. The evaluation of the physical-hydric behaviour, associated with the chemical description of the surface and the sub-surface horizons of the soil can help to understand the structural changes of the water circulation and soil fertility. Looking for the contribution of this theme, this work, developed in the Western Mesoregion of Paraná, evaluated the physical-hydric-chemical behavior of a topossequence composed by a pedological system created by Eutroferric Red Latosol. For the realization of the topossequence and classification of the soils, the precepts of structural analysis of soil cover and the Brazilian System of Soil Classification. Physical analyses of soil density, total porosity and granulometry were made, in addition to routine chemical analyses (pH, MO, P, Al, k, Mg, SB, CTC and V%). In the field, infiltration speed and hydraulic conductivity tests were performed using the Guelph Permeameter. The chemical data evidenced that the organic matter contents, the values of CTC and soil acidity have suitable conditions for agricultural crops. Now, the physical-hydric results revealed structural and permeability problems, with high compaction, with proven reduction of porosity and low hydraulic conductivity in the surface horizons of the soils.

Keywords: Soil compaction; Hydraulic conductivity; Soil management.

Topic: Ciências do Solo

Received: 02/02/2022

Approved: 24/02/2022

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Anderson Sandro da Rocha 
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1429629017719392>
<http://orcid.org/0000-0001-9225-8209>
andersonrocha@utfpr.edu.br

Maria Teresa de Nóbrega 
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7208438239950541>
<http://orcid.org/0000-0003-2757-9545>
matenobrega@gmail.com

José Edézio da Cunha 
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9964163479344142>
<http://orcid.org/0000-0001-6694-9137>
edeziocunha@hotmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.002.0002

Referencing this:

ROCHA, A. S.; NÓBREGA, M. T.; CUNHA, J. E.. Caracterização físico-hídrico-químico de Latossolo Vermelho sob sistema de plantio direto no Oeste do Paraná. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.13, n.2, p.14-27, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.002.0002>

INTRODUÇÃO

A adoção do sistema de plantio direto (*no-till cropping systems* - NT) continua aumentando em todo o mundo devido as propostas de conservação do solo e da água, redução de insumos e manutenção da produção agrícola (DELAUNE et al., 2012). No entanto, problemas associados ao manejo inadequado, tem trazido preocupações e evidenciado processos de compactação superficial e alterações no comportamento físico-hídrico dos solos, como relatado por Sokolowski et al. (2020).

No contexto nacional, o sistema de plantio direto é atualmente uma prática de conservação do solo amplamente adotada por grandes e pequenos agricultores (MADARI et al., 2005). O modelo caracterizado pelo plantio direto na palha, rotação de cultura e conservação do solo, teve início nos estados do sul do Brasil, na década de 1970, e foi rapidamente disseminado pelos agricultores de diferentes regiões do país (MACHADO et al., 2009).

No Paraná, a consolidação do plantio direto ocorre desde a década de 1980 e coloca o estado em posição de destaque devido a ampla ocupação de terras por cultivos agrícolas em modelos conservacionista. Telles et al. (2019), com base no Censo de 2017, informa que o Paraná é a Unidade da Federação com o maior percentual de área de lavouras temporárias manejadas exclusivamente com plantio direto (72% do total).

O sistema de plantio direto, no Paraná, ocupa principalmente as regiões onde ocorrem relevos planos e suave ondulados e solos da ordem dos Latossolos. Os Latossolos ocupam cerca de 60.000 km² e representam cerca de 30% da área total do estado (BHERING et al., 2007). No âmbito regional, especificamente na Mesorregião Oeste do Paraná, os Latossolos Vermelhos com caráter férrico representam a maior parte da cobertura pedológica e são manejados, essencialmente, com tecnologias de plantio direto para a produção de grãos (cultivos de soja, milho e trigo).

Nas últimas décadas, o sistema de plantio direto e seus efeitos no comportamento dos atributos estruturais e hidráulicos dos horizontes superficiais do solo tem apresentado constantes preocupações nos diferentes estados da região do sul do país (GIAROLA et al., 2009; DIDONÉ et al., 2014; GUADAGNIN et al., 2018). Os benefícios do sistema de plantio direto, quando comparados ao sistema convencional são inúmeros, pois auxiliam no controle de erosão, manutenção da matéria orgânica no solo e redução dos custos de produção. Em contrapartida, os efeitos desse sistema ao longo do tempo nas propriedades químicas (ex. acidez do subsolo, manejo de fertilizantes) e físicas (ex. compactação do solo, estabilidade de agregados dos solos tropicais ainda são pouco explorados e podem ser influenciados por fatores associados ao manejo e as restrições edafoclimáticas (MACHADO et al., 2001). O manejo influencia atributos químicos e físicos do solo; entretanto, os químicos têm sido mais estudados, negligenciando-se a relevância da física do solo para a produtividade das culturas. Kramer et al. (2013), entretanto, alertam para a importância das alterações físicas, como a redução de porosidade, aumento de densidade, redução de infiltração de água no solo, na produtividade e conservação do solo em sistema de plantio direto.

As implicações do plantio direto, ocorrido nas últimas quatro décadas com baixa rotatividade de

culturas e dimensionamento inadequado dos terraços, tem acarretado em alterações estruturais e hídricas dos horizontes superficiais e subsuperficiais dos solos, especialmente em solos de textura argilosa. Estudos realizados na Bacia do Paraná 3, região Oeste do Paraná, evidenciaram problemas de compactação e redução da condutividade hidráulica no horizonte A e parte superior dos horizontes Bw (MAGALHÃES et al., 2017; ROCHA et al., 2018; TELLES et al., 2020).

Conforme destaca Curcio et al. (2020), no subplanalto de Cascavel, nas ações de mapeamento do PronaSolos Paraná, nos Latossolos são comumente identificados níveis acentuados de compactação entre 5 a 40 cm, incorrendo em forte alteração estrutural. Este fato compromete a perfeita troca gasosa, além de prejudicar a infiltração das raízes e água, aumentando expressivamente a suscetibilidade à erosão destes solos. Para os autores a ocorrência dos Latossolos no subplanalto de Cascavel se verifica, predominantemente, em paisagens com baixa declividade (menor que 20%), em rampas muito longas, frequentemente acima de 1,5 km. Em função do relevo suave, assim como das suas características intrínsecas, esses solos possuem alto potencial de uso, possibilitando produtividades excelentes quando bem manejados.

A utilização inadequada dos solos pode desencadear mudanças estruturais nos solos, podendo alterar a variabilidade da condutividade hidráulica, ao longo dos diferentes horizontes e setores da vertente. O comportamento físico-hídrico encontra-se relacionado a uma série de variáveis que englobam tanto a organização geométrica dos poros, quanto os atributos pedológicos, podendo ainda ser influenciado pelas atividades antrópicas de uso e manejo do solo (REICHARDT, 1990; COOPER et al., 2005). Com os distintos usos do solo, a porosidade pode ser modificada e, conseqüentemente, produzir alterações também na condutividade hidráulica do solo. Deste modo, a magnitude das modificações estruturais, ocasionadas pelo uso e manejo, dependem da ocorrência e da frequência das operações de práticas agrícolas superficiais e subsuperficiais no solo e, também, do efeito compactador produzido pelo trânsito do maquinário agrícola ou de animais. Estas relações devem ser avaliadas para permitir conclusões seguras e definitivas para a compreensão dos fluxos hídricos nos solos e, conseqüentemente, na vertente (MESQUITA et al., 2004).

Com base nessas correlações, o presente estudo realizado no planalto de Cascavel, região Oeste do Paraná, tem como objetivo avaliar o comportamento físico hídrico de uma topossequência de solos, buscando problematizar os efeitos do plantio direto nos atributos pedológicos dos horizontes superficiais e subsuperficiais em solos do tipo Latossolo Vermelho Eutroférico.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se no planalto de Cascavel, na Mesorregião Oeste do Estado do Paraná (Figura 1). O planalto de Cascavel, caracteriza-se como a Subunidade Morfoescultural mais representativa da região e compreende de alto curso e cabeceiras das principais bacias hidrográficas regionais: Paraná 3, Iguazu e Piquiri.

Do ponto de vista geomorfológico, esse planalto caracteriza-se por apresentar relevo de colinas amplas e médias, com topos geralmente largos e achatados, vertentes convexo-retilíneas e vales em V aberto (SANTOS et al., 2005). O substrato geológico é constituído predominantemente por rochas basálticas da

Formação Serra Geral, constituídas pelos derrames vulcânicos da era Mesozoica e do período Cretáceo. As rochas efusivas caracterizam-se regionalmente por empilhamentos sucessivos de lavas, compostas por unidades tabulares (derrames) individualmente bem definidas, denominadas de trapp, com espessura média de 30 metros (FERNANDEZ et al., 2018). A cobertura pedológica desse planalto geralmente apresenta dois sistemas dominantes: um composto por Latossolos Vermelhos desde o topo até a baixa vertente, apresentando, contudo, uma estreita faixa de Neossolos Regolíticos, junto às rupturas de declive no setor médio baixo e um outro sistema composto por Latossolos Vermelhos, que se entendem do topo até a média e frequentemente até a média-baixa vertente quando passam para Nitossolos Vermelhos (ROCHA et al., 2018).

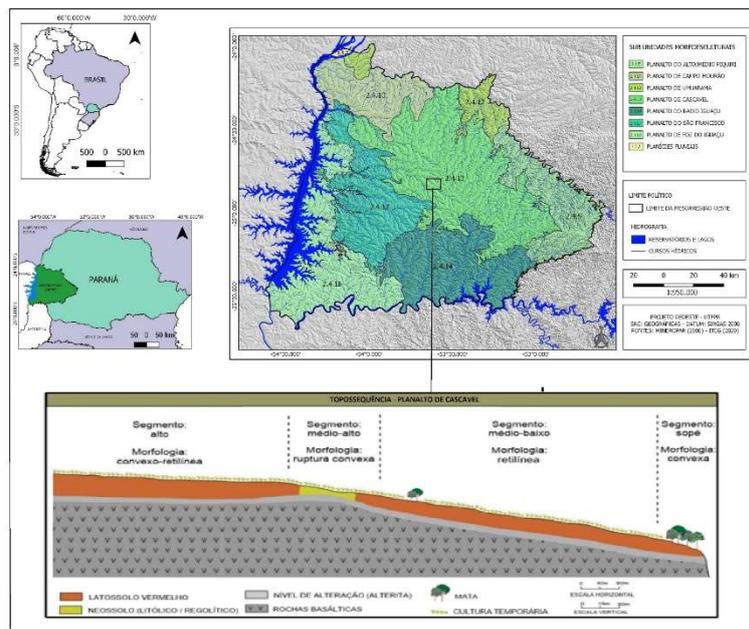


Figura 1: Localização da Topossequência de solos no Planalto de Cascavel - Mesorregião Oeste do Paraná.

Para melhor representar o sistema pedológico do planalto foi identificada uma vertente representativa da unidade geomorfológica. Para a identificação e localização da topossequência representativa foram realizados mapeamentos pedológicos, hipsométricos, declividade, curvatura vertical e uso da terra. A partir desses mapeamentos foi identificado o setor com características morfopedológicas e uso agrícola predominante. Após essa etapa foram realizados sondagens e trincheiras em segmentos representativos da topossequência.

As trincheiras foram distribuídas em função dos segmentos da vertente das principais transições, verticais e laterais, verificadas no levantamento pedológico, seguindo os preceitos da análise estrutural da cobertura pedológica (BOULET et al., 1982). Na sequência foram realizadas descrições macro morfológicas (cor, textura, estrutura, consistência, porosidade, atividade biológica, feições pedológicas e transição) nos horizontes pedológicos e coletadas amostras deformadas e indeformadas para a realização de análises físicas e químicas, seguindo as recomendações de Santos et al. (2015). A classificação dos solos perfis descritos nas trincheiras, foram realizadas do primeiro ao terceiro nível categórico, utilizando o Sistema Brasileiro de Classificação do Solos (SANTOS et al., 2018).

As análises químicas dos solos seguiram os procedimentos adotados para as análises de rotina, baseando-se nos métodos e técnicas propostos pela EMBRAPA (1997). A determinação do fósforo e do potássio foi realizada utilizando a solução extratora de Mehlich; o alumínio, cálcio e magnésio utilizando a solução de KCl 1N; o carbono orgânico foi determinado com o método Walkley-Black, com oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio K₂Cr₂O₇ 1N em meio ácido. O pH do solo foi determinado em solução CaCl₂ e H₂O.

As análises físicas dos solos envolveram a determinação das frações granulométricas, seguindo o método do densímetro de Bouyoucos. Na sequência foram realizadas análise de densidade de solo (*D_s*), com o método de anel volumétrico, e densidade de partícula (*D_p*) com o método do balão volumétrico e álcool etílico. Os valores de porosidade total calculada (*P_t*), foram obtidos com os dados de densidade do solo e de partículas. Todas as análises foram realizadas em triplicata, seguindo as recomendações no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997).

A avaliação do comportamento hídrico do solo consistiu na determinação da velocidade de infiltração (*V_i*) e da condutividade hidráulica (*K_{fs}*), ambas realizadas *in situ*, junto aos perfis de solos descritos nas trincheiras abertas ao longo das topossequência. As análises foram desenvolvidas com o uso do permeâmetro de Guelph, a partir da aplicação de uma carga hidráulica e o uso do reservatório combinado, conforme proposto por Elrick et al. (1989).

A determinação da velocidade de infiltração e condutividade hidráulica do solo ocorreu com a aplicação de uma carga constante de água (*h*), em um furo de sondagem com raio determinado (*a*); com medições em intervalos de tempo (*t*) do volume de água que se infiltra no solo (*R*), e que passa pela seção transversal (área) do tubo acrílico graduado do permeâmetro (*A*).

Para o cálculo da velocidade de infiltração foi utilizada a equação 1:

$$V_i = \frac{h_1 - h_2}{t_1 - t_2}$$

Equação 1

Onde: *V_i* = Velocidade de infiltração (mm/h);
h₁ = altura inicial da lâmina d'água (cm);
h₂ = altura da lâmina d'água (cm) no *t₂*;
t₁ = tempo inicial (min), na *h₁*;
t₂ = tempo decorrido (min).

Para o cálculo da condutividade hidráulica foram utilizadas as equações (2) e (3):

$$Q = R \times A$$

Equação 2

Onde: *Q* = vazão do regime permanente;
R = razão da vazão constante obtida durante os ensaios;
A = área do reservatório do permeâmetro utilizado.

$$K_{fs} = \frac{CQ}{(2\pi H^2 + \pi a^2 C + \frac{2\pi h}{\alpha})}$$

Equação 3

Onde: *K_{fs}* = condutividade hidráulica saturada;
C = parâmetro fator de forma, que depende da relação *H/a* e das características do solo;
H = altura da carga hidráulica aplicada em campo (cm);
a = diâmetro do furo da sondagem aberta pelo trado no solo (cm);
 α = parâmetro obtido pela avaliação *in situ* da macroporosidade e textura do solo.

Tabela 1: Valores de α sugeridos para os solos de acordo com sua macroporosidade e textura.

α (cm-1)	Tipo de Solo
0,01	Argilas compactas (aterros, <i>liners</i> , sedimentos lacustres e marinhos)
0,04	Solos de textura fina, principalmente sem macroporos e fissuras
0,12	Argilas até areias finas com alta e moderada quantidade de macroporos e fissuras
0,36	Areia Grossa e solos com macroporos e fissuras

Fonte: Elrick et al. (1989).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A topossequência representativa das vertentes convexo-retilíneas características da unidade geomorfológica denominada de Planalto de Cascavel apresenta 1.760 metros de extensão e um desnível de 68 metros. Em termos de uso do solo, a vertente é principalmente ocupada por cultivo agrícola temporário, apresentando, no período do levantamento, do topo até a baixa vertente, cultura de milho, com pequenos setores de mata nativa no segmento médio e às margens do rio Lopei. Essa topossequência apresenta como peculiaridade uma leve ruptura de declive, situada na média-alta vertente, onde a rocha se encontra a pouca profundidade. Tanto a montante, quanto a jusante da ruptura, verifica-se a presença do Latossolo, com horizonte Bw superior a 2 metros de profundidade (Figura 2).

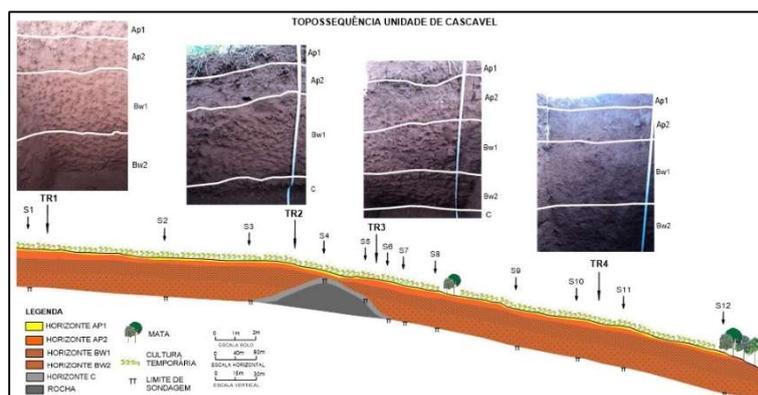


Figura 2: Topossequência da Unidade de Cascavel.

Entretanto, junto à ruptura, entre as sondagens 3 e 6, observa-se o estreitamento e desaparecimento do Bw e o aparecimento e espessamento do horizonte C, evidenciando que, além de uma ruptura de declividade (pouco marcada), ocorre aí uma zona de transformação, com o surgimento localizado de Neossolo Regolítico. Desenha-se, neste caso, uma ‘descontinuidade’ no sistema pedológico, que trunca os segmentos a montante e a jusante dela. A ocorrência de rocha à pequena profundidade no setor de média-alta vertente introduz uma zona de transformação lateral, nesse sistema pedológico. As transformações laterais estão relacionadas principalmente ao aparecimento e espessamento do Bw. No setor em que o bloco rochoso está mais próximo à superfície, a cobertura pedológica é estreita e constituída apenas pelos horizontes Ap₁ e Ap₂, justapostos ao horizonte C, também relativamente estreito, configurando nesse setor um Neossolo Regolítico. A existência desse bloco rochoso ocorre em virtude da seqüência dos derrames vulcânicos que alterna camadas de espessuras variáveis, além de contrapor, no mesmo derrame, um nível maciço mais resistente com níveis amigdaloidais e/ou vesiculares que se intemperizam com maior facilidade. Por isso, na unidade, é frequente a ocorrência de rupturas de declividade, pouco ou mais marcadas, nos

setores de alta e alta-média vertente, associadas à presença de rocha à pouca profundidade.

Para além das rupturas marcadas por solos mais rasos de forma setorizada, dominam ao longo de todo o planalto de Cascavel a presença de solos profundos e altamente intemperizados caracterizados pela presença dos horizontes Bw. Assim, o sistema pedológico que ocorre ao longo dessa vertente característica, apesar da forma convexo-retilínea, com uma ruptura de declividade pouco marcada na passagem do segmento convexo para o retilíneo, é constituído de fato pela sequência Latossolo Vermelho Eutroférico – Neossolo Regolítico – Latossolo Vermelho Eutroférico.

Do ponto de vista dos atributos morfológicos, os horizontes superficiais Ap₁ e Ap₂ apresentam características semelhantes ao longo de toda a topossequência. O volume pedológico Ap₁ apresenta espessura que varia entre 0 e 7cm, com textura argilosa e coloração bruno-avermelhada-escura (2,5YR 3/3) em toda a sua extensão. A estrutura é fraca, pequena e granular, apresentando grânulos muito grandes entre 2 e 3cm. A consistência é solta, friável, plástica e pegajosa. Observa-se elevada presença de matéria orgânica nesse horizonte ao longo de toda a vertente.

Na transição do Ap para o Bw, ocorre o volume Ap₂. Esse volume diferencia-se do horizonte antrópico sobrejacente pela redução de matéria orgânica e, principalmente, pela condição estrutural e porosa. No volume pedológico Ap₂, a profundidade varia entre 6 e 45cm, a estrutura compõe-se de blocos subangulares grandes de 2 a 5cm, sendo que a consistência é ligeiramente dura, friável a firme, plástica e pegajosa. A organização pedológica apresenta sinais de compactação em função do uso agrícola intensivo, que resulta em redução de porosidade, conforme demonstram os dados de densidade e porosidade total dos solos (Tabela 2).

Nos volumes subsuperficiais que compõem o horizonte B latossólico, identificam-se condições morfológicas diferenciadas no setor de montante, médio e baixa encosta.

No setor de topo, onde se localiza a trincheira 1, o horizonte Bw é dividido em Bw₁ e Bw₂. O primeiro encontra-se nas profundidades entre 45 e 100cm e o segundo acima de 100cm. Ambos apresentam cor bruno-avermelhada 2,5YR 3/4, textura argilosa, com estrutura forte, pequena e granular e consistência friável e muito friável, plástica e pegajosa. Também ocorrem pedoporos preenchidos por partículas de argila e material orgânico que migraram das partes superiores por meio da circulação hídrica e do movimento dos microrganismos.

No setor de montante, tanto o Bw₁ quanto o Bw₂ evidenciam condições típicas do Latossolo, ou seja, estrutura predominantemente granular e friável. A principal diferença entre as duas camadas ocorre em função do aumento da friabilidade, que passa da condição de friável para muito friável do Bw₁ para o Bw₂, e do leve aumento da quantidade de poros a partir dos 100cm de profundidade. No segmento de jusante (Trincheira 4), o volume latossólico também é dividido em Bw₁ e Bw₂. Na baixa vertente, as condições morfológicas apresentam condições semelhantes ao setor de montante, caracterizado pelo aumento de friabilidade e porosidade no Bw₂.

Já no setor de média vertente, onde se localizam as trincheiras 2 e 3, todo o volume do Bw apresenta consistência muito friável e estrutura granular típica do B latossólico, diferenciando-se apenas pela

ocorrência de pedotubos de origem biológica (raízes e organismos vivos) e pela maior quantidade de fragmentos de rocha alterada, na parte inferior do horizonte B, em razão da proximidade com o horizonte C. Nesse setor, a transição do Latossolo para o Neossolo ocorre gradualmente, variando de acordo com a profundidade do material parental.

A organização pedogenética da topossequência de solo pode ser melhor compreendida com a análise da dinâmica dos atributos físico-hídricos e o comportamento químico dos conjuntos de montante, jusante e média encosta.

Caracterização Físico-hídrica

Nos setores onde ocorre o Latossolo Vermelho típico (TR1 e TR4), os valores granulométricos evidenciam aumento gradual das frações de argila em profundidade, variando entre 373 e 773 g kg⁻¹ do horizonte Ap₁ para Bw₂ e 425 para 666 g kg⁻¹ do Ap₁ para Bw₂, nas trincheiras 1 e 4 respectivamente (Figura 3).

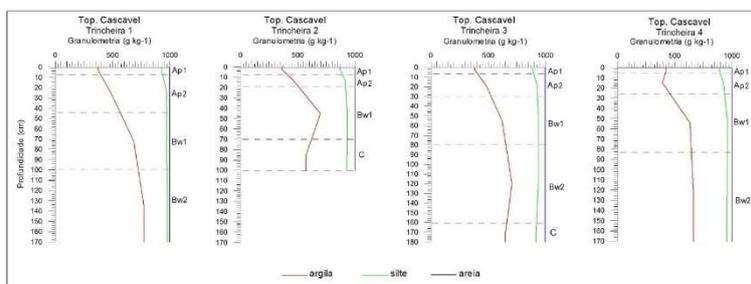


Figura 3: Variação vertical das frações granulométricas dos perfis de solos da topossequência de Cascavel.

Cabe ressaltar que, na TR1, os valores de argila nos horizontes Bw são superiores aos da TR4, enquanto que a relação silte/argila é menor no topo (0,3 e 0,4) e ligeiramente superior (0,4 e 0,5) na base da vertente (Tabela 2), o que faz supor que o setor montante da topossequência tenha um grau de intemperismo relativamente maior.

No segmento de média encosta (Trincheira 2 e 3), a elevação dos teores de argila também é visualizada da camada superior até o horizonte Bw, porém se observa, no horizonte abaixo (horizonte C), uma redução do teor de argila em decorrência da proximidade com a rocha. Nas trincheiras 2 e 3, verificam-se teores mais altos da fração areia, sobretudo no horizonte A antrópico (Tabela 2). A maior presença de areia no horizonte superficial Ap₁ (129 e 111 g kg⁻¹), verificada nas trincheiras 2 e 3, é justificada pela proximidade com o horizonte C, pela movimentação do solo e de fragmentos de rocha junto à ruptura, em grande parte, proporcionada pelo manejo agrícola sobre esses solos mais rasos que, eventualmente, atinge o horizonte C nas operações agrícolas.

Tabela 2: Atributos físico-hídricos dos perfis de solo da topossequência da unidade de Cascavel.

Trincheira/ Horizonte	Prof. (cm)	Granulometria g kg ⁻¹			Relação Silte/ Argila	Densidade (g cm ⁻³) Solo	Porosidade Total (cm ³ . cm ⁻³)	Velocidade de Infiltração (mm/h)	Condutividade Hidráulica Kfs (cm/s ⁻¹)
		Argila	Silte	Areia					

1 - Ap ₁	(0-6cm)	373,00	554,86	72,14	1,5					
1 - Ap ₂	(6 - 45cm)	483,50	489,27	27,23	1,0	1,17	2,63	0,56	240	2,49x10 ⁻⁴
1 - Bw ₁	(45-100cm)	683,00	288,80	28,20	0,4	0,97	2,86	0,66	900	9,32x10 ⁻⁴
1 - Bw ₂	(100-170cm)	773,00	205,42	21,58	0,3	0,94	2,78	0,66	960	9,95x10 ⁻⁴
2 - Ap ₁	(0-7cm)	367,50	503,44	129,06	1,4					
2 - Ap ₂	(7 - 20cm)	464,50	450,89	84,61	1,0	1,34	2,76	0,41	120	2,08x10 ⁻⁴
2 - Bw ₁	(20-70cm)	699,00	235,56	65,44	0,3	1,09	2,83	0,61	780	8,08x10 ⁻⁴
2 - C	(70-100cm)	575,00	355,17	69,83	0,6					
3 - Ap ₁	(0-6cm)	384,00	504,95	111,05	1,3					
3 - Ap ₂	(6 - 30cm)	481,00	444,84	74,16	0,9	1,29	2,68	0,51	180	3,12x10 ⁻⁴
3 - Bw ₁	(30-80cm)	621,00	318,01	61,99	0,5	1,04	2,79	0,62	660	6,84x10 ⁻⁴
3 - Bw ₂	(80-160cm)	706,50	229,78	63,72	0,3	0,96	2,78	0,65	720	7,46x10 ⁻⁴
3 - C	(160 - 180cm)	652,00	265,89	82,11	0,4					
4 - Ap ₁	(0-5cm)	425,00	469,10	105,90	1,1					
4 - Ap ₂	(5 - 25cm)	392,50	533,62	73,88	1,4	1,31	2,74	0,52	60	1,04x10 ⁻⁴
4 - Bw ₁	(25-83cm)	633,00	330,04	36,96	0,5	1,21	2,83	0,57	540	5,59x10 ⁻⁴
4 - Bw ₂	(83-170cm)	666,50	291,97	41,53	0,4	1,01	2,82	0,64	840	8,70x10 ⁻⁴

No que se refere às condições físico-hídricas do solo, é possível identificar estreitas relações entre os dados de densidade, porosidade e a circulação hídrica.

Ao longo de toda a topossequência, observam-se elevados valores de densidade de solo, assim como porosidade e permeabilidade reduzidas no volume superficial (horizonte Ap₂). Já nas camadas subsuperficiais que compõem os horizontes latossólicos (Bw₁ e Bw₂), verifica-se a diminuição dos valores de densidade do solo, aumento da porosidade total, assim como da velocidade de infiltração e da condutividade hidráulica, que se elevam de forma constante à medida em que aumenta a profundidade (Tabela 2).

No segmento de topo (TR1), o horizonte Ap apresenta 0,56 cm³.cm⁻³ de porosidade e a circulação hídrica alcança 240 mm/h (Vi) e 2,49 x 10⁻⁴ cm/s (Kfs). A partir dos 45cm, a porosidade aumenta cerca de 10%, chegando a 0,66 cm³.cm⁻³, sendo que a velocidade de infiltração varia entre 900 e 960 mm/h e a condutividade entre 9,32 e 9,95 x 10⁻⁴ cm/s, nos horizontes Bw₁ e Bw₂, respectivamente. Nesse setor, a permeabilidade da água no solo acompanha basicamente a variação da porosidade, conforme se observa na figura 4.

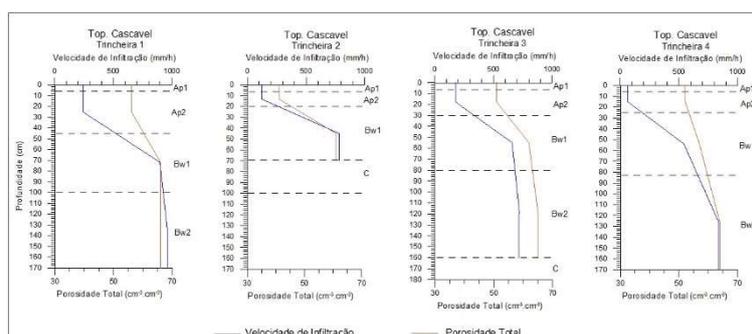


Figura 4: Relação entre a velocidade de infiltração e porosidade total do solo na topossequência de Cascavel.

Na média encosta, a camada superficial também apresenta maior adensamento e reduzida porosidade no horizonte Ap₂, tanto a montante (TR2) como a jusante (TR3) da ruptura de declive. Em ambos os setores, a porosidade aumenta no volume Bw, variando entre 0,61 e 0,65 cm³.cm⁻³, com proporcional acréscimo da permeabilidade, apresentando 780 mm/h no Bw₁, a montante, e 720 mm/h de velocidade de infiltração no Bw₂, a jusante da ruptura.

Na baixa vertente, a porosidade total e o comportamento hídrico seguem a tendência de evolução

constante em profundidade. No entanto, os valores relativos à quantidade de poros ($0,52 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$) e à circulação hídrica (60 mm/h Vi , $1,04 \times 10^{-4} \text{ cm/s Kfs}$) do volume Ap_2 compõem os mais baixos índices encontrados ao longo da vertente.

No volume latossólico Bw_1 , a jusante, também se verificam valores inferiores aos padrões encontrados nos segmentos de topo e média encosta. O Bw_1 apresenta aumento de apenas 3% de porosidade em relação ao horizonte superior, sendo que nos demais setores esse aumento varia entre 10 a 20%. Os valores de circulação hídrica, assim como a porosidade, também são menores quando comparados aos do horizonte Bw na mesma profundidade, a montante. As diferenças observadas nesse segmento encontram-se particularmente associadas às condições de compactação do horizonte superficial, evidenciadas em campo, responsáveis por restringir o funcionamento hídrico, tanto do volume Ap quanto da camada superior do horizonte Bw .

Já no volume Bw_2 , encontrado a partir de 83 cm de profundidade, ocorre novamente o aumento da porosidade total ($0,64 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$) e amplia-se a permeabilidade ($Vi 840 \text{ mm/h}$ e $Kfs 8,70 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$).

Os valores referentes ao comportamento hídrico encontrados nos horizontes de superfície assemelham-se aos encontrados em Latossolos de textura argilosa em outras pesquisas realizadas com o emprego do Permeâmetro de Guelph em solos compactados em função do uso e manejo. Sousa et al. (2011), ao avaliar a condutividade hidráulica nas camadas superficiais em área agrícola a uma profundidade de 30 cm, encontraram valores entre 2,3 e $7,3 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$. Quanto à velocidade de infiltração, Marcatto et al. (2015) observou valores médios entre 210 e 270 mm/h, nas profundidades entre 0 e 20 cm. Comparativamente, os dados da topossequência de Cascavel também mostraram baixa permeabilidade, apresentando condutividade hidráulica entre 1,04 e $3,12 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ e a velocidade de infiltração entre 60 e 240 mm/h, em profundidades inferiores a 40 cm (Tabela 2).

Caracterização Química

Do ponto de vista das características químicas, a distribuição vertical de matéria orgânica concentra-se particularmente nos volumes Ap_1 e Ap_2 , diminuindo progressivamente em direção ao Bw_1 e Bw_2 (Figura 5). Em relação à distribuição lateral, no horizonte superficial Ap_1 , os teores de matéria orgânica variam entre $38,8 \text{ g dm}^{-3}$ no setor de montante (TR1), $41,01 \text{ g dm}^{-3}$ na média-alta encosta (TR2), $39,64 \text{ g dm}^{-3}$ após a ruptura (TR3) e $43,74 \text{ g dm}^{-3}$ a jusante (TR4). Como se observa, os maiores teores ocorrem na média-alta e na baixa encosta.

A capacidade de troca de cátions (CTC) apresenta variação vertical e lateral ao longo da topossequência. No topo e alta vertente, a cobertura pedológica apresenta os maiores valores na superfície, com destaque para o horizonte Ap_2 ($17,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Entretanto, no perfil a montante da ruptura de declividade (TR2), a capacidade de troca catiônica aumenta em profundidade, como foi constatado no Bw_1 ($13,90 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Já no segmento a jusante da ruptura, ocorrem novamente os valores mais elevados de CTC nos horizontes superficiais, como no horizonte Ap_1 que apresenta CTC de $13,95 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Já no

segmento de baixa encosta, a CTC não apresenta variações significativas com a profundidade, oscilando entre 11,21 no horizonte Ap₁, 10,57 cmol_cdm⁻³ no horizonte Bw₁ e 10,97 cmol_cdm⁻³ no Bw₂ (Figura 5).

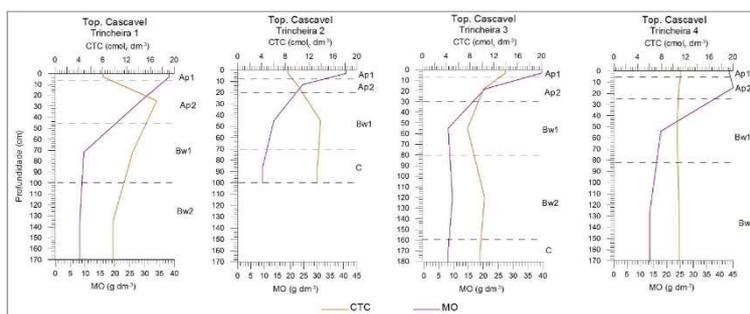


Figura 5: Relação da CTC com a MO dos perfis de solos da topossequência de Cascavel.

Ao longo da topossequência verifica-se que os solos apresentam saturação (V%) acima de 50%, o que lhes confere o caráter químico eutrófico. As taxas relativamente mais baixas de saturação, mas ainda superiores a 50% (excetuando-se o horizonte A da TR1), ocorrem no topo e alta vertente, enquanto, para jusante, essas taxas são ainda mais elevadas, frequentemente superiores a 70%. O cálcio, cujos teores variam entre 3,12 e 8,13 cmol_cdm⁻³, é o elemento químico mais abundante no complexo de troca, seguido pelo magnésio (teores entre 0,48 e 2,14 cmol_cdm⁻³). Apenas no topo e alta vertente foi detectada a presença de alumínio trocável, teores entre 1,25 e 1,65 cmol_cdm⁻³, sem implicar, contudo, em toxidez desse elemento (Tabela 3).

O caráter eutrófico observado permite classificar o Latossolo que ocorre nesse sistema pedológico como Latossolo Vermelho Eutrófico, contrariando o que é indicado pelos levantamentos pedológicos desenvolvidos por Bhering et al. (2007), ao longo da unidade, que o classificam como Distrófico. O caráter férreo (teores de ferro de 180 g kg⁻¹ a < 360 g kg⁻¹) que aparece associado a essa classe de solos é comum aos Latossolos desenvolvidos sobre rochas básicas, como os basaltos.

Tabela 2: Atributos químicos dos perfis de solo da topossequência da unidade de Cascavel.

Trincheira/ Horizonte	H _z (cm)	P mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂ 0,01 mol L ⁻¹	H ⁺ Al cmol _c dm ⁻³	Al ³⁺ cmol _c dm ⁻³	K ⁺ cmol _c dm ⁻³	Ca ²⁺ cmol _c dm ⁻³	Mg ²⁺ cmol _c dm ⁻³	SB	CTC	V %	Al
1 - Ap ₁	(0-6cm)	11,98	38,28	5,9	3,19	0,00	0,39	3,47	1,03	4,89	8,08	60,52	0,00
1 - Ap ₂	(6 - 45cm)	3,21	28,71	4,1	8,60	1,65	0,39	6,46	1,65	8,50	17,10	49,71	16,26
1 - Bw ₁	(45-100cm)	1,09	9,57	4,3	5,88	1,25	0,15	5,21	1,81	7,17	13,05	54,94	14,85
1 - Bw ₂	(100-170cm)	1,11	8,20	4,6	3,82	0,25	0,25	4,17	1,52	5,94	9,76	60,86	4,04
2 - Ap ₁	(0-7cm)	28,25	41,01	6,2	2,50	0,00	0,39	4,07	0,48	5,94	8,45	70,30	0,00
2 - Ap ₂	(7 - 20cm)	5,64	24,61	5,4	3,68	0,00	0,31	4,54	1,40	6,25	9,93	62,94	0,00
2 - Bw ₁	(20-70cm)	1,04	13,67	5,8	3,19	0,00	2,08	6,61	2,02	10,71	13,90	77,05	0,00
2 - C	(70-100cm)	1,07	9,57	5,4	3,44	0,00	1,00	7,09	1,85	9,94	13,38	74,29	0,00
3 - Ap ₁	(0-6cm)	29,22	39,64	6,0	3,07	0,00	0,65	8,13	2,10	10,88	13,95	77,99	0,00
3 - Ap ₂	(6 - 30cm)	2,19	20,51	5,8	3,14	0,00	0,31	5,21	1,60	7,12	10,26	69,40	0,00
3 - Bw ₁	(30-80cm)	1,07	8,20	5,6	3,39	0,00	0,29	3,12	0,74	4,15	7,54	55,04	0,00
3 - Bw ₂	(80-160cm)	1,04	9,57	5,1	3,14	0,10	0,26	5,11	1,93	7,30	10,44	69,92	1,35
3 - C	(160-180cm)	1,06	8,20	4,4	3,76	0,10	0,17	4,57	1,19	5,93	9,69	61,20	1,66
4 - Ap ₁	(0-5cm)	17,93	43,74	5,6	3,65	0,00	0,13	5,30	2,14	7,56	11,21	67,44	0,00
4 - Ap ₂	(5 - 25cm)	3,65	45,11	5,6	3,26	0,00	0,23	5,41	1,98	7,62	10,88	70,04	0,00

4 - Bw ₁	(25-83cm)	1,20	17,77	5,9	2,81	0,00	0,43	5,44	1,89	7,76	10,57	73,42	0,00
4 - Bw ₂	(83-170cm)	1,33	13,67	6,2	2,33	0,00	0,44	6,14	2,06	8,64	10,97	78,76	0,00

Quanto às condições de acidez da cobertura pedológica, para evitar o efeito que o regime hídrico e a variação de sais solúveis provocam nos valores de pH, considera-se aqui os dados obtidos em solução de CaCl₂ (Tabela 3). Ressalta-se, contudo, que nessa condição os valores são inferiores em 0,5 a 1 unidade em relação àqueles medidos em água (LUCHESE et al., 2002). Considerando-se, portanto, essa diferença de medida, verifica-se que ao longo da topossequência as condições variam entre ácidas a moderadamente ácidas, podendo atingir condições de neutralidade, ou próximas a essa, nos volumes superficiais da média-alta vertente, junto à ruptura. Nesse sistema, as condições relativamente mais ácidas do complexo químico do solo ocorrem no topo e alta vertente (pH 4,1 a 4,6), sobretudo nos horizontes Bw, enquanto que, a jusante, as condições se tornam moderadamente ácidas (pH variando entre 5,4 e 6,2). As condições de acidez verificadas, principalmente aquelas dos horizontes superficiais, mostram-se adequadas à produção agrícola da área. Conforme destaca Motta e Barcelos (2007), a maioria das plantas cultivadas cresce melhor em solos levemente ácidos, com pH entre 5,5 e 6,5.

CONCLUSÕES

Os dados físicos-hídricos dos solos observados no planalto de Cascavel evidenciam significativas alterações nas propriedades dos solos em função das práticas uso e manejo aplicados, sobretudo nos horizontes superficiais A antrópico. Os horizontes superficiais apresentaram forte indícios de compactação, com elevados valores de densidade de solo, reduzida porosidade e baixa velocidade de infiltração e condutividade hidráulica nas camadas entre 0 e 45cm. A densidade do horizonte A apresentou valores superior a 1,17 g cm⁻³ e porosidade total entre 0,51 e 0,56 cm⁻³.cm⁻³. A circulação hídrica também apresentou baixos valores, a velocidade de infiltração apresentou variação de 240 mm/h na parte superior e 60 mm/h na porção inferior da vertente no horizonte superficial, assim como a condutividade hidráulica que apresentou valores sempre inferiores a 3,12x10⁻⁴cm/s⁻¹. Em contrapartida o horizonte Bw apresentou elevados valores de porosidade e boa circulação hídrica, com aumento gradativo entre o horizonte Bw1 e Bw2. A porosidade total nos volumes latossólicos variou entre 0,57 e 0,66 cm⁻³.cm⁻³ enquanto que velocidade de infiltração e condutividade apresentaram valores superiores a 540mm/h e 5,59x10⁻⁴ cm/s⁻¹, respectivamente.

No que se refere a gênese do solo, foi verificado pela relação silte argila, que os solos da topossequência caracterizaram um elevado nível de intemperismo com valores variando entre 0,3 e 0,5 no horizonte Bw. No contexto da distribuição espacial dos segmentos de vertente, observou-se que a descontinuidade pedológica entre o Latossolo e pequena faixa de Neossolo da ruptura de declive, pode estar associada a sequêcia de derrames vulcânicos típicos da região.

Em relação aos dados químicos foram observados elevados valores referentes a matéria orgânica apresentando sempre teores próximos a 40 g dm⁻³ no horizonte superficial A. No que se refere a acidez do

solo, verificou-se variação de valores entre 4,1 e 6,2 mol L⁻¹ na solução CaCl₂, sendo classificado como ácido e moderadamente ácido ao longo de toda a topossequência. A capacidade de troca catiônica variou entre 8,08 e 17,10 cmol_c dm⁻³ no horizonte superficial A e entre 9,76 e 13,98 cmol_c dm⁻³ no horizonte Bw.

A análise geral dos dados permitiu observar que comportamento químico solos apresenta valores adequados, considerando as recomendações principais em termos de fertilidade para cultivos de grãos em ambientes tropical e subtropical, sobretudo em relação a matéria orgânica, pH e CTC. Em contrapartida o comportamento físico-hídrico dos solos evidencia problemas associadas a condição estrutural, porosa e permeabilidade do solo no horizonte A. Os valores elevados de densidade do solo, baixa porosidade e baixa circulação hídrica dos horizontes superficiais, indicam uma elevada compactação do solo associada a prática de uso e manejo. Embora a o plantio direto apresente comprovadamente uma boa técnica para atividade agrícola regional, pode-se evidenciar que uso intensivo do solo, aliada baixa rotatividade de cultivos, bem como o dimensionamento inadequado dos terraços podem estar conduzindo a uma modificação no dimensionamento estrutural do solo, que além de reduzir a porosidade, diminui significativamente a infiltração de água no solo, com aumento potencial de erosão laminar. Desse modo pode recomendar implementação e técnicas que favoreçam a descompactação do solo, visando o aumento de permeabilidade hídrica, melhor condicionamento físico, conservação dos solos e aumento de produtividade em sistemas pedológicos dominantes por Latossolos Vermelhos como encontrados predominantemente no Oeste do Paraná.

REFERÊNCIAS

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G.; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I.; FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P.; POTTER, O.; AGLIO, M. L. D.; SILVA, J. S.; CHAFFIN, C. E.; CARVALHO JUNIOR, W.. **Mapa de solos do Estado do Paraná**: escala 1:250.000. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007.

BOULET, R.; CHAUVEL, A.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y.. Analyse structurale et pédologie I. Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique: lês études de toposéquences et leurs principale principaux apports à la connaissance des sols. **Cah ORSTOM**, v.19, n4, p.309-322, 1982.

COOPER, M.; TORRADO, P. V.. Caracterização morfológica, micromorfológica e físico-hídrica de solos com horizonte b nítico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.581-595, 2005. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-06832005000400011>

CURCIO, G. R.; DEBRINO, M.. **Latossolo Vermelho do Subplano de Cascavel**: características e potencial de uso. Pronasolo Paraná, 2020.

DELAUNE, P. B.; SIJ, J. W.. Impact of tillage on runoff in long term no-till wheat systems. **Soil and Tillage Research**, v.124, p.32-35, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.still.2012.04.009>

DIDONÉ, E. J.; MINELLA, J. P. G.; REICHERT, J. M.; MERTEN, G. H.; DALBIANCO, L.; BARROS, C. A. P.; RAMON, R.. Impact of no-tillage agricultural systems on sediment yield in two large

catchments in Southern Brazil. **Journal of Soils and Sediments**, v.14, p.1287-1297, 2014. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11368-013-0844-6>

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos-Docmentos, 1997.

ELRICK, D. E.; REYNOLDS, W. D.; TAN, K. A.. Hydraulic conductivity measurements in the unsaturated zone using improved well analyses. **Summer**, p.184-193, 1989.

FERNANDEZ, O. V. Q.; BALLER, L.. Identificação e descrição de ruptura (Knickzones) nos principais rios da bacia hidrográfica do Paraná 3, Oeste do Paraná. In: ROCHA, A. S.; BADE, M.. **Geografia da Bacia hidrográfica do Paraná 3**: fragilidades e potencialidades socioambientais. 2018.

GIAROLA, N. F. B.; BRACHTVOGEL, E. L.; FONTANIVA, S.; PEREIRA, R. A.; FIOREZE, S. L.. Cultivares de soja sob plantio direto em Latossolo Vermelho compactado. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, p.641-646, 2009. DOI: <http://doi.org/10.4025/actasciagron.v31i4.851>

GUADAGNIN, C. A.; SCHÖFFEL, E. R.; CASALINHO, H. D.; BACIC, I. L. Z.; VEIGA, M.. Hydro-physical properties of three soils conducted under no-tillage, minimum cultivation and perennial pasture. **Scientia Agraria**, v.19, p.124-131, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v19i1.54841>

KRAMER, L. F. M.; MÜLLER, M. M. L.; TORMENA, C. A.; MICHALOVICZ, L.; NASCIMENTO, R.; VICENSI, M.. Wheat

yield and physical properties of a Brown Latosol under No-Tillage In South-Central Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.3, p.1216-1225, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000500011>

LUCHESE, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E.. **Fundamentos da química do solo**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002.

MADARI, B.; MACHADO, P.; TORRES, E.; DEANDRADE, A.; VALENCIA, L.. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v.80, p.185-200, 2005. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.still.2004.03.006>

MARCATO, F. S.; SILVEIRA, H.. Avaliação físico-hídrica do Latossolo Vermelho textura argilosa: subsídios a gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Pirapó – PR. **Geologia**, v.7, n.1, p.117-138, 2015. DOI: <http://doi.org/10.4025/geologia.v7i1.49286>

MACHADO, P. L. A.; SILVA, C. A.. Soil management under no-tillage systems in the tropics with special reference to Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.61, p.119-130, 2001. DOI: <http://doi.org/10.1023/A:1013331805519>

MACHADO, P. L. O. A.; BERNARDI, A. C. C.; VALENCIA, L. I. O.; MEIRELLES, M. S. P.; SILVA, C. A.; GIMENEZ, L. M.; MOLIN, J. P.; MADARI, B. E.. Carbon stocks of a Rhodic Ferralsol under no-tillage in Southern Brazil: spatial variability at a farm scale. **Australian Journal of Soil Research**, v.47, p.253, 2009. DOI: <http://doi.org/10.1071/SR08140>

MAGALHÃES, V. L.; CUNHA, J. E.; NÓBREGA, M. T.. Physical-hydric dynamics of a pedological Latosol-Nitosol system. **Mercator**, 16, 1-19, 2017. DOI: <http://doi.org/10.4215/rm2017.e16022>

MESQUITA, M. G. B. F.; MORAES, S. O.. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. **Ciência Rural**, v.34, n.3, p.963-969, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782004000300052>

REICHARDT, K.. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Monole Ltda., 1990.

ROCHA, A. S.; NÓBREGA, M. T.; CUNHA, J. E.. As unidades de paisagem, as vertentes características e os sistemas pedológicos na bacia hidrográfica do Paraná 3. **Revista**

Ateliê Geográfico, v.12, n.1, p.51-70, 2018. DOI: <http://doi.org/10.5216/ag.v12i1.44176>

SANTOS, L. J. C.; FIORI C. O.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F.; ROSS, J. L. S.. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.7, p.3-11, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v7i2.74>

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F.. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2018.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H.. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

SOKOLOWSKI, A. C.; MCCORMICK, B. P.; GRAZIA, J.; WOLSKI, J. E.; RODRÍGUEZ, H. A.; RODRÍGUEZ-FRERS E. P.; GAGEY, M. C.; DEBELIS, S. P. PALADINO, I. P.; BARRIOS, M. B.. Tillage and no-tillage effects on physical and chemical properties of an Argiaquoll soil under long-term crop rotation in Buenos Aires, Argentina. **International Soil and Water Conservation Research**, v.8, n.2, p.185-194, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.02.002>

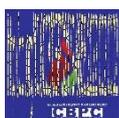
SOUSA, R. V. B.; CELLIOGOI, A.. Avaliação da condutividade hidráulica do solo em área agrícola e florestada na cidade de Londrina (PR) através do Permeômetro de Guelph. **Boletim de Geografia**, v.29, n.2, p.123-133, 2011. DOI: <http://doi.org/10.4025/bolgeogr.v29i2.11184>

TELLES, T. S.; RIGHETTO, A. J.; LOURENÇO, M. A. P.; BARBOSA, G. M. C.. No-tillage system participatory quality index. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n.2, p.128-133, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n2p128-133>

TELLES, T. S.; VOLSI, B.; Caracterização Socioeconômica do Estado do Paraná. In: BERTOL, O. J. B.; FILHO, A. C.; BARBOSA, G. M. C.; SANTOS, J. B.; GUIMARÃES, M. F.. **Manual de manejo e conservação do solo e da água para o estado do Paraná**. Curitiba: NEPAR/SBCS, 2019.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea (https://opensea.io/HUB_CBPC), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157606491220344833/>