

AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS DOS SOLOS EM IGUARAÇU-PR: SUBSÍDIOS PARA O MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

Francieli Sant'ana Marcatto¹

Angélica Hercoli²

Hélio Silveira³

Carlos Henrique da Graça⁴

RESUMO

O conhecimento das propriedades físico-hídricas dos solos subsidia na tomada de decisão sobre a qual, a melhor estratégia para o bom uso e manejo dos solos de determinada área é considerar as particularidades de cada classe e adotar práticas conservacionistas de suporte. Desse modo, o objetivo desse trabalho é avaliar o comportamento físico-hídrico do Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho ambos de textura média, em diferentes tipos de uso da terra no município de Iguaraçu-PR. Foram realizadas coletas nos horizontes superficiais dos solos sob os usos de pastagem, culturas temporárias, cana-de-açúcar e floresta nativa. Para cada tipo de solo e uso foi determinada a densidade dos solos, porosidade total, resistência à penetração, velocidade de infiltração e condutividade hidráulica, de acordo com os critérios estabelecidos no manual de métodos de análise do solo (EMBRAPA, 1997). A permeabilidade foi determinada com o uso do permeâmetro de Guelph, com o método de uma carga hidráulica e a resistência à penetração com o penetrômetro Geotester Pocket. Pode-se concluir que as piores condições encontradas ocorreram no Argissolo sob pastagem e no Latossolo sob cana-de-açúcar, sendo necessárias práticas de manejo que minimizem os impactos, conciliando a exploração econômica do solo e a conservação de suas propriedades.

PALAVRAS-CHAVE: Permeabilidade. Qualidade física. Latossolo e Argissolo.

¹ Mestranda em Geografia, Universidade Estadual de Maringá. fran_marcatto@hotmail.com.

² Bacharel em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá. an-he@hotmail.com.

³ Prof. Dr. do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá. hesilveira70@hotmail.com

⁴ Doutorando em Geografia, Universidade Estadual de Maringá. henriquechg@gmail.com.

EVALUATION OF PHYSICAL-HYDRIC SOIL ATTRIBUTES IN IGUAARAÇU-PR: SUBSIDIES FOR MANAGEMENT AND PRESERVATION OF WATER AND SOIL**ABSTRACT**

The knowledge of the physical-hydric proprieties of soil supports the decision making process in which the best soil management strategy in a given area is taking into account the particularities of each class and adopt conservationist support measures. Thus, the objective of this study is to evaluate the physical-hydric behavior of medium texture Red Oxisol and Red Ultisol under different uses in the city of Iguaaraçu, Parana State, Brazil. Samplings were conducted on the surface horizon of soils under pasture, temporary crops, sugarcane crops and native forest. Each soil had its soil density, total porosity, resistance to penetration, infiltration rate and hydraulic conductivity determined in accordance with the established criteria from the soil analysis methods manual. The permeability was determined using a Guelph permeameter with the one hydraulic load method, and the resistance to penetration was measured using an impact penetrometer Geotester Pocket. The tests point to the conclusion that the worst conditions were found in Ultisol under pasture and in Oxisol under sugarcane, making necessary management practices to minimize the environmental impacts in order to conciliate the economic exploitation of soil and the conservation of its properties.

KEYWORDS: *Permeability. Physical quality. Oxisol and Ultisol.*

EVALUACIÓN DE LOS ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS DE LOS SUELOS EN IGUAARAÇU-PR: SUBSIDIOS PARA EL MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUAS**RESUMEN**

El conocimiento de las propiedades físico-hídricas de los suelos subsidia la toma de decisiones en el que la mejor estrategia para el buen uso y manejo del suelo en un área determinada es considerar las particularidades de cada clase y adoptar prácticas de conservación. Así, el objetivo de este estudio es evaluar el comportamiento físico-hídrico del Oxisol y Ultisol ambos de textura media, en diferentes tipos de uso de la tierra en Iguaaraçu-PR. Las muestras fueron recolectadas en los horizontes superficiales del suelo en el uso de pastos, cultivos temporales, caña de azúcar y el bosque nativo. Para cada tipo de suelo y su uso se determinó la densidad del suelo, la porosidad, la resistencia a la penetración, velocidad de infiltración y conductividad hidráulica, de acuerdo con los criterios establecidos en el manual de métodos de análisis de suelo (EMBRAPA, 1997). La permeabilidad se determinó usando el permeámetro de Guelph con el método de una carga hidráulica y la resistencia a la penetración con el penetrometro Geotester Pocket. Se puede concluir que las peores condiciones encontradas se produjeron en el Ultisol a pastos y Oxisol en la caña de azúcar, que requieren prácticas de manejo que minimicen los impactos, con la conciliación de la explotación económica del suelo y la preservación de sus propiedades.

PALABRAS CLAVE: *Permeabilidad. Calidad física. Oxisol y Ultisol.*

1. INTRODUÇÃO

A modernização do campo e a implantação de sistemas agrícolas de uso intensivo do solo, sem considerar o limite de exploração e o tempo de restauração de suas propriedades, têm ocasionado prejuízos expressivos à produção de alimentos e aos recursos hídricos.

Um solo em desarmonia com o ambiente encontra-se em estado de degradação e influenciará negativamente o ambiente em que se situa. A retirada da vegetação natural e o seu uso intensivo o colocará exposto a uma série de fatores que tenderão a depauperá-lo, o qual, a intensidade e a velocidade desse processo serão determinadas pelos atributos internos do solo, pelo clima, pelo relevo e pelas ações humanas nele praticadas (LEPSCH, 2011).

Segundo Dexter (1988), o uso inadequado do solo altera significativamente a sua estrutura e estabilidade tornando-as desfavoráveis para a agricultura. As principais causas incluem a redução dos níveis de matéria orgânica, a compactação e a diminuição da fauna do solo. Essas alterações resultam em diminuição da infiltração de água, maior escoamento e erosão, levando a drásticas consequências econômicas e ambientais.

A cobertura superficial dos solos e a manutenção da vegetação próxima ao leito dos cursos d'água são fatores decisivos no controle do escoamento superficial e no transporte de sedimentos, influenciando diretamente na qualidade e disponibilidade de água. Conforme Minella (2007), o conhecimento das propriedades físico-hídricas dos solos em diferentes tipos de usos permite ainda, uma gestão sustentável da bacia hidrográfica. A partir desse conhecimento é possível demonstrar aos gestores e agricultores os impactos locais e regionais das erosões, criar condições para a implementação de práticas conservacionistas dos solos e demonstrar a importância do manejo adequado do solo para a diminuição da produção de sedimentos e manutenção da qualidade da água.

Além disso, os sedimentos produzidos pelas atividades agrícolas são os principais fatores de alteração dos recursos hídricos, podendo ser provocados em maior ou menor quantidade, de acordo com a erosividade do solo e o manejo adotado. Além do transporte de sedimentos e defensivos agrícolas para os cursos d'água, por meio do escoamento superficial, subsuperficial e percolação profunda, a ocupação do ambiente ripário para fins agrícolas altera o funcionamento do ecossistema fluvial, já que a manutenção do ambiente ripário reduz a erosão na margem, diminui a transferência de sedimentos, nutrientes e agroquímicos para a água, e garante a menor amplitude térmica das águas (MERTEN et al., 2011).

O uso de técnicas agrícolas que resultam em um aumento da produtividade agrícola, com o mínimo de impacto ambiental e promove a melhoria de renda dos agricultores, torna-se um poderoso instrumento de preservação ambiental, diminuindo as pressões de desmatamento de florestas nativas e conseqüentemente mantendo a biodiversidade e a qualidade ambiental (LOPES, 2014).

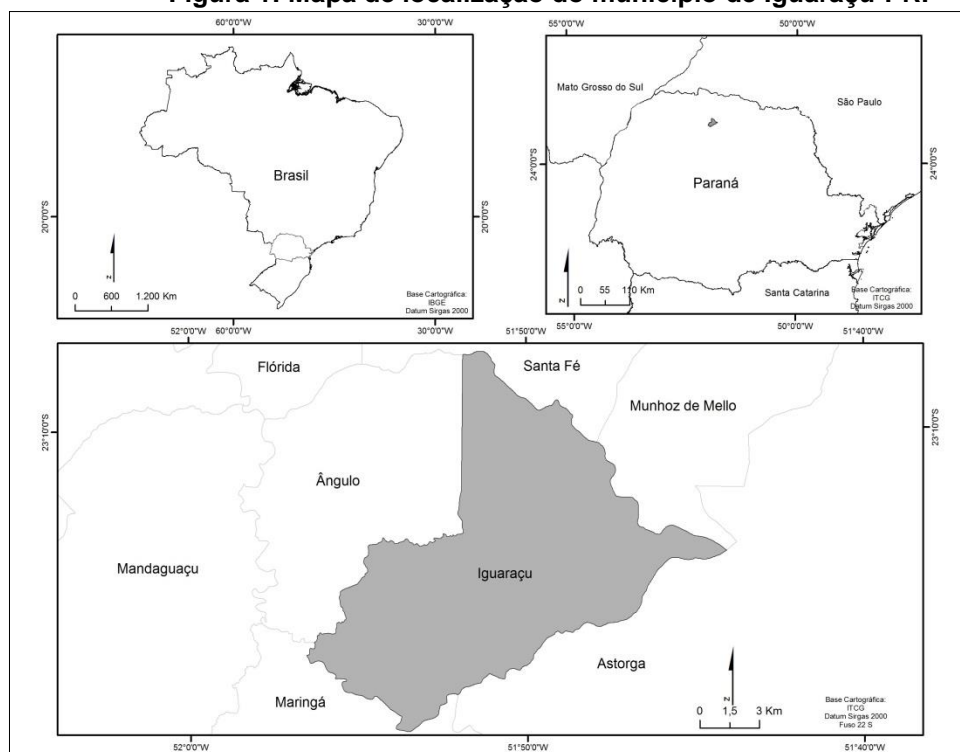
Portanto, conhecer as propriedades físico-hídricas dos solos subsidia na tomada de decisão sobre a qual, a melhor estratégia para o bom uso e manejo dos solos de determinada área é considerar as particularidades de cada classe para adotar práticas conservacionistas de suporte. Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo geral avaliar o comportamento físico-hídrico do Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho ambos de textura média, em diferentes tipos de uso da terra no município de Iguaraçu-PR. Serão avaliadas a densidade do solo, porosidade total, resistência a penetração, velocidade de infiltração e condutividade hidráulica dos horizontes superficiais (Ap) dos solos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Iguaraçu está situado no Terceiro Planalto Paranaense, na mesorregião Norte Central do Estado do Paraná, entre as coordenadas de

23° 16' 26" e 23° 13' 24" de latitude Sul e 51° 56' 34" e 51° 44' 05" de longitude Oeste (Figura 1).

Figura 1: Mapa de localização do município de Iguaraçu-PR.



Fonte: Os autores, (2015)

A área que corresponde ao município de Iguaraçu está inserida em quatro unidades litológicas: os basaltos da Formação Serra Geral, correspondente ao grande derrame de rochas básicas ocorridos no jurássico-triássico da era mesozoica e aos arenitos das Formações Adamantina, Caiuá e Santo Anastácio, formados no período cretáceo da era mesozoica. Verificam-se ainda depósitos de talus, que são sedimentos recentes do período Quaternário, depositados em ambiente fluvial atual e subatual (MINEROPAR, 2001).

Em consequência da litologia, relevo e clima há a formação de diversos tipos de solos. Nos setores onde os solos são oriundos da alteração de rochas básicas (basalto) da Formação Serra Geral são encontrados os Latossolos

Vermelhos, os Nitossolos Vermelhos e o Neossolos Regolíticos, ambos de textura argilosa. Nos setores onde ocorrem as formações areníticas, os solos derivados dessas rochas são os Latossolos Vermelho de textura média e os Argissolos Vermelho de textura média/arenosa predominantemente (EMBRAPA, 2008).

Para o presente trabalho, inicialmente foi realizado um levantamento exploratório a fim de selecionar os usos e os solos com maior representatividade no município de Iguaraçu-PR. Foram realizadas coletas de amostras nos horizontes superficiais (Ap) do Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho, ambos de textura média, sobre os usos de pastagem, cultura de grãos (soja, milho e trigo), cana-de-açúcar e floresta nativa, seguindo os critérios do manual de descrição e coleta de solo no campo (LEMOS e SANTOS, 1996). Para cada tipo de uso e solo foi determinada a densidade dos solos, densidade de partículas, porosidade total, umidade, resistência à penetração, velocidade de infiltração e condutividade hidráulica.

Os ensaios laboratoriais de densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total e umidade foram determinados a partir da metodologia descrita no manual de métodos de análise do solo (EMBRAPA, 1997).

A determinação da velocidade de infiltração e condutividade hidráulica do solo foram feitas a partir do Permeâmetro de Guelph, com a aplicação da metodologia de uma carga hidráulica e o uso do reservatório combinado. A determinação da velocidade de infiltração e da condutividade hidráulica do solo consiste na aplicação de uma carga constante de água (h), sob um buraco com raio determinado (a), medindo em intervalos de tempo (t), o quanto de água infiltra no solo (R), passando pela área transversal do tubo acrílico graduado do permeâmetro (A).

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

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

Onde: V_i = Velocidade de infiltração (mm/h); h_1 e h_2 = alturas da lâmina d'água (cm); t_1 e t_2 = tempo decorrido (minutos).

O cálculo da condutividade hidráulica é obtido a partir das seguintes equações (1) e (2):

$$Q = R \times A$$

(1)

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

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

(2)

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 buraco aberto pelo trado no solo (cm); α = parâmetro obtido pela avaliação *in situ* da macroporosidade e textura do solo (**Tabela 2**).

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

α (cm-1)	TIPOS DE SOLOS
0,01	Argilas compactas (aterros, liners, 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 inclui solos com macroporos e fissuras

Fonte: Elrick et al. (1989)

O coeficiente de forma C é obtido por uma representação gráfica que depende da relação H/a para três classes de solos de acordo com estrutura do solo.

A resistência à penetração foi determinada com o uso do Penetrômetro Geotester Pocket, com a utilização da ponta de 15 mm de diâmetro, o mais recomendado para solos de textura média.

Todos os cálculos estatísticos, como média, desvio padrão, coeficiente de variação e coeficiente de correlação de Pearson, bem como os gráficos e tabelas foram elaborados com o uso do software Excel 2007.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O município de Iguaraçu apresenta como principais tipos de solos os Latossolos Vermelhos de textura média e os Argissolos Vermelhos de textura média, oriundos dos arenitos da Formação Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina. Os Latossolos Vermelhos, são muito profundos, ocupam geralmente relevos suaves, em especial os interflúvios e os patamares extensos e quase aplainados. Suas principais características são a boa permeabilidade, a uniformidade das características morfológicas ao longo do perfil, o baixo teor de ferro e a baixa fertilidade natural devido ao significativo teor de areia (FASOLO et al., 1988; NAKASHIMA, 1999).

Os Argissolos são solos profundos e ocorrem geralmente em relevos suave ondulados a ondulados, ocupando o terço médio e inferior das encostas. As características morfológicas combinadas à posição que ocupa na vertente tornam esse solo extremamente suscetível à erosão, o qual a transição entre os horizontes A e E e o Bt faz com que a água que penetra rapidamente nos horizontes superficiais mais arenosos (A e E) esco lateralmente no horizonte subsuperficial mais argiloso (Bt) (FASOLO et al., 1988).

Através da avaliação da densidade solo, observou-se para os Argissolos Vermelhos de textura média que os valores mais elevados de

densidade ocorreram nos usos com cana-de-açúcar ($1,67 \text{ g.cm}^3$), seguido da cultura de grãos ($1,54 \text{ g.cm}^3$) e pastagem ($1,53 \text{ g.cm}^3$). As melhores condições observadas para esse solo ocorreu no uso com floresta nativa, onde a densidade foi de $0,74 \text{ g.cm}^3$, devido à manutenção das condições naturais dos solos, sem interferência de práticas de manejo que alteram as suas propriedades (Figura 2). Para o Latossolo Vermelho textura média, a densidade do solo foi mais elevada nos usos com pastagem ($1,59 \text{ g.cm}^3$), seguido da cana-de-açúcar ($1,55 \text{ g.cm}^3$) e cultura de grãos ($1,51 \text{ g.cm}^3$). Para a floresta nativa a densidade foi de $1,01 \text{ g.cm}^3$. Não houve grande diferenciação nos valores de densidade obtidos entre os usos avaliados, exceto quando comparados com a floresta nativa, demonstrando que os tipos de manejos empregados no cultivo do solo têm agido de forma semelhante nos diferentes tipos de usos (Figura 2).

Os valores de densidade do solo influenciaram diretamente na porosidade total, apresentando correlação muito forte ($r = -1$) (Tabela 2). De acordo com Secco et al. (2005) a densidade e a porosidade são consideradas bons indicadores da qualidade do solo e do tipo de manejo a que está submetido. Uma contínua avaliação destes atributos físicos permite monitorar a eficiência ou não destes sistemas de manejo.

Tabela 2 – Coeficiente de correlação de Pearson para a densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), resistência à penetração (RP), condutividade hidráulica (Kfs) e velocidade de infiltração (Vi)

Variável	Pt	RP	Kfs	Vi
Densidade do solo	-1,00	0,93261	-0,86256	-0,93388
Porosidade total		-0,9326	0,86256	0,93387
Resistência à penetração			-0,89090	-0,95646
Condutividade hidráulica				0,95006

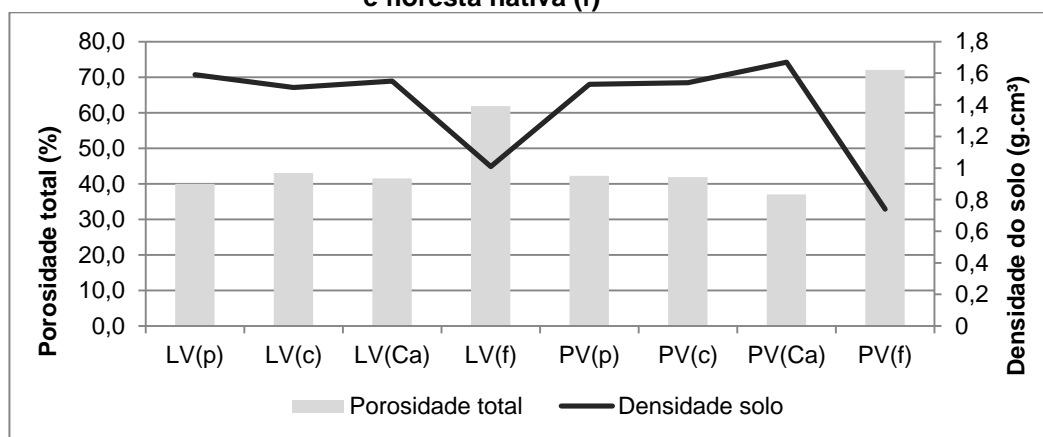
Fonte: Os autores, (2015)

Os maiores valores de densidade indicaram uma redução no número total dos poros. Foi observado o menor valor de porosidade total para o Argissolo cultivado com cana-de-açúcar (37%) e o maior valor para a floresta

nativa (72,1%). Os solos sob pastagem e cultura de grãos apresentaram porosidade muito semelhantes, 42,3% e 41,9%, respectivamente, como também foi observado para os valores de densidade do solo, conforme mostra a Figura 2.

No Latossolo Vermelho, o ensaio de porosidade total indicou 40% de poros para o solo cultivado com pastagem, 41,5% para a cana-de-açúcar, 43% para a cultura de grãos e 61,9% para a floresta nativa (Figura 2).

Figura 2 – Densidade do solo e porosidade total do Latossolo Vermelho (LV) e Argissolo Vermelho textura média (PV) sob pastagem (p), cultura de grãos (c), cana-de-açúcar (Ca) e floresta nativa (f)



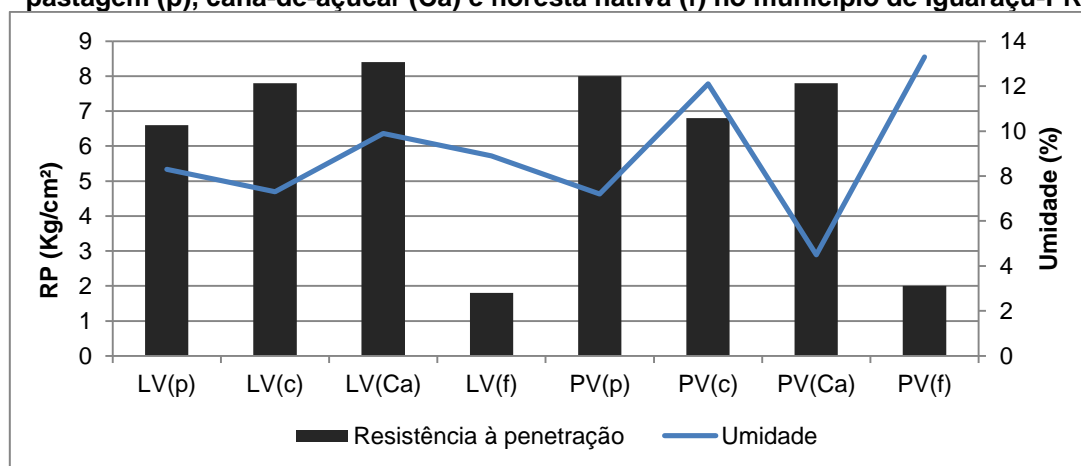
Fonte: Os autores, (2015)

A modificação da estrutura do solo provocada pelo manejo reflete ainda na resistência do solo à penetração. Para Tormena et al. (2002) a resistência à penetração integra efeitos da densidade e umidade nas condições físicas do solo, necessárias para o crescimento das raízes.

Os resultados de resistência à penetração (RP) para o Argissolo Vermelho indicaram valores mais elevados para o cultivo com pastagem, com RP de 8,0 kg/cm², seguido da cana-de-açúcar, com 7,8 Kg/cm² e da cultura de grãos com 6,8 Kg/cm². As melhores condições foram observadas em floresta nativa, com o menor valor (2,0 Kg/cm²) comparado aos outros usos em estudo (Figura 3).

Para o Latossolo Vermelho, os maiores valores de RP foram obtidos no cultivo de cana-de-açúcar (8,4 Kg/cm²). O uso com cultura de grãos apresentou RP de 7,8 kg/cm² e sob pastagem foi de 6,6 Kg/cm². Assim como no Argissolo, a menor resistência à penetração para o Latossolo ocorreu também em floresta nativa (1,8Kg/cm²) (Figura 3).

Figura 3 – Resistência à penetração (RP) e percentual de umidade do Latossolo Vermelho (LV) e Argissolo Vermelho (PV) textura média sob cultura de grãos (c), pastagem (p), cana-de-açúcar (Ca) e floresta nativa (f) no município de Iguaraçu-PR



Fonte: Os autores (2015)

O conhecimento da velocidade de infiltração e condutividade hidráulica dos solos é fundamental para a gestão dos recursos hídricos, considerando que um solo com elevada permeabilidade diminui a quantidade de água que escoia superficialmente, diminuindo a incidência de processos erosivos e a quantidade de sedimentos e defensivos agrícolas que chegam aos cursos d'água.

Na avaliação da velocidade de infiltração (V_i) e condutividade hidráulica (K_{fs}) dos Argissolos, observou-se que o menor valor ocorreu no solo cultivado com pastagem (180mm/h e 1×10^{-3} mm/h, para V_i e K_{fs} , respectivamente), concordando com os dados de resistência à penetração obtidos para esse uso (Tabela 3), demonstrando uma correlação muito forte entre a resistência à penetração e a condutividade hidráulica ($r = -0,89$).

A reduzida V_i e K_f e a elevada RP é o reflexo das condições de manejo da pastagem, observando-se em campo uma grande degradação desse tipo de uso em virtude do intenso pisoteio dos animais. Essa pastagem apresentava pouca cobertura do solo, pouco desenvolvimento do sistema radicular em profundidade que combinados, refletiram nos resultados físico-hídricos encontrados (Figura 4). Resultados semelhantes foram observados por Souza e Alves (2003) ao estudar um Latossolo Vermelho Distrófico, obtendo as maiores alterações no solo cultivado com pastagem, atribuindo a menor capacidade de infiltração de água e elevada resistência à penetração ao intenso pisoteio de animais durante o pastejo. Costa e Nishiyama (2007) também encontraram reduzida permeabilidade e elevada resistência à penetração em solos cultivados com pastagens, com condutividade hidráulica de $1,00 \times 10^{-2}$ cm/s.

Para o Argissolo cultivado com cultura de grãos a V_i foi de 390 mm/h com K_f de 5×10^{-3} mm/h e para a cana-de-açúcar a V_i foi de 420 mm/h e K_f de 2×10^{-3} mm/h. As melhores condições de permeabilidade foram observadas na floresta nativa ($V_i=2200$ mm/h e $V_i= 1 \times 10^{-2}$ mm/h) devido à manutenção das condições naturais do solo, sem interferência direta do uso e manejo de qualquer tipo de cultura comercial (Tabela 3).

Figura 4 - Visão parcial do Argissolo Vermelho de textura média sob pastagem



Fonte: Os autores, (2014)

Quanto ao Latossolo Vermelho de textura média, as piores condições de permeabilidade foram observadas na cana-de-açúcar, com V_i de 45 mm/h e K_{fs} de 3×10^{-4} mm/h, concordando com os valores de resistência à penetração, que também foram mais elevados para esse tipo de uso. Esses resultados foram, em média, 46 e 44 vezes menor aos obtidos em floresta nativa ($V_i = 2100$ mm/h e $K_{fs} = 1 \times 10^{-2}$ mm/h) (Tabela 3).

Um estudo desenvolvido por Silva (2003) evidenciou que o cultivo intensivo da cana-de-açúcar por um longo período utilizando operações mecanizadas, pode causar a compactação do solo, com consequente aumento da densidade, diminuição do tamanho dos poros e redução da condutividade hidráulica do solo. Estas alterações resultam em prejuízos a produtividade das culturas e um aumento da ocorrência de processos erosivos.

O Latossolo Vermelho cultivado com pastagem e culturas de grãos apresentaram elevada velocidade de infiltração (525 mm/h e 875 mm/h, respectivamente) e condutividade hidráulica (2×10^{-3} mm/h e 6×10^{-3} mm/h, respectivamente), demonstrando uma rápida infiltração e movimentação de água no perfil, diminuindo a suscetibilidade a ocorrência de processos erosivos (Tabela 3).

As boas condições de permeabilidade para os solos sob floresta nativa estão associados à manutenção de poros grandes, formados a partir da associação entre as raízes que formam fissuras no solo, ao maior aporte de matéria orgânica e a ação dos organismos vivos. Assis e Lanças (2005) e Araujo et al. (2004) também obtiveram elevada infiltração em solos sob floresta, atribuindo os resultados a ausência de interferência antrópica.

Os dados de V_i e K_{fs} tanto para o Argissolo, quanto para o Latossolo apresentaram grande variabilidade, avaliada pelo coeficiente de variação (Tabela 2). Esses resultados corroboram com os obtidos por Guimarães (2000), que obteve coeficiente de variação de 47,88% para a infiltração e 106,2% para a condutividade hidráulica, determinada com a utilização do

permeâmetro de Guelph em um Latossolo Vermelho Escuro textura argilosa sob o manejo em plantio direto. Abreu et al. (2004), também encontraram valores elevados de coeficiente de variação (52,8%) da condutividade hidráulica feita com o permeâmetro de Guelph, em estudo da compactação de um Argissolo franco-arenoso.

Tabela 3 – Média, Desvio Padrão (DVP) e Coeficiente de Variação (CV) da velocidade de infiltração (Vi) e condutividade hidráulica (Kfs) do Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho textura média sob cultura de grãos, pastagem, cana-de-açúcar e floresta nativa no município de Iguaraçu-PR

Tipos de solos e usos	Velocidade de infiltração -Vi			Condutividade hidráulica - Kfs		
	Média (mm/h)	DVP (mm/h)	CV (%)	Média (mm/h)	DVP (mm/h)	CV (%)
LV Cultura de grãos	875	275,7	31	6×10^{-3}	0,001650	30
LV Pastagem	525	63,6	12	2×10^{-3}	0,001874	111,9
LV Cana-de-açúcar	45	21,2	47	3×10^{-4}	0,000132	46,86
LV Floresta Nativa	2100	1103,1	53	1×10^{-2}	0,00601	48,41
PV Cultura de grãos	390	42,4	11	5×10^{-3}	0,003889	71,80
PV Pastagem	180	169,7	94	1×10^{-3}	0,001237	95,80
PV Cana-de-açúcar	420	254,6	61	2×10^{-3}	0,002583	59,31
PV Floresta Nativa	2200	593,9	27	1×10^{-2}	0,006623	64,20

Fonte: Os autores, (2015)

A alteração nas propriedades físico-hídricas dos solos, indicaram que o Argissolo cultivado com pastagem e o Latossolo sob cana-de-açúcar apresentam uma camada superficial compactada, com reduzida infiltração e movimentação de água no perfil do solo, facilitando o aumento do escoamento superficial e a ocorrência de processos erosivos. A remoção das camadas superficiais dos solos ricas em nutrientes, além do empobrecimento do solo provoca o assoreamento de cursos d'água, a diminuição da qualidade e quantidade de água disponível para consumo e potencializa a ocorrência de enchentes.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para os usos e solos avaliados, as piores condições encontradas ocorreram no Argissolo sob pastagem e no Latossolo sob cana-de-açúcar, com valores elevados de resistência à penetração e reduzida permeabilidade, indicando a compactação dos horizontes superficiais. Estas condições, combinadas a suscetibilidade natural à erosão desses solos, principalmente do Argissolo, facilitam a formação de processos erosivos, com prejuízos expressivos ao ambiente e a produção de alimentos. Assim, são necessárias práticas de manejo que minimizem esses impactos, conciliando a exploração econômica do solo e a conservação de suas propriedades.

Quanto aos Latossolos cultivados com pastagem e culturas de grãos e os Argissolos sob cana-de-açúcar e culturas de grãos, apesar de apresentarem boa permeabilidade, os resultados de resistência à penetração e densidade demonstraram indícios de compactação, sendo necessária a intervenção na forma de manejo, impedindo maiores alterações futuras nas propriedades hídricas desses solos, visando amenizar impactos aos solos e aos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ABREU, S.L.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo Franco-arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.519-131, 2004.

ARAUJO, M.A.; TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p. 337-345, 2004.

ASSIS, RL.; LANÇAS, K.P. Avaliação da compressibilidade de um Nitossolo Vermelho Distroférrico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.507-514, 2005.

COSTA, F.P.M.; NISHIYAMA, L. Utilização do permeâmetro de Guelph e penetrômetro de impacto em estudos de uso e ocupação dos solos em bacias hidrográficas. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v.8, n.24, 2007.

DEXTER, A.R. Advances in Characterization of Soil Structure. **Soil & Tillage Research**, v. 11, p. 199 – 238, 1988.

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.

EMBRAPA. – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 1997. 212 p.

EMBRAPA. – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos e Florestas, 2008.

FASOLO, P.J., CARDOSO, A. P., HOCHMÜLLER, D.P., RAUEN, M.J. & PÖTTER, R.O. **Erosão: Inventário de áreas críticas no Noroeste do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1988. 20p. (Boletim Técnico, 23).

GUIMARAES, E. C. **Variabilidade espacial de atributos de um Latossolo Vermelho Escuro textura argilosa da região do cerrado, submetido ao plantio direto e ao plantio convencional**. 2000. 89 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

LEMOS, R.C., SANTOS, R.D. **Manual de método de trabalho de campo**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 36p.

LEPSCH, I.F. **19 Lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011, 456p.

LOPES, A.S. Valorização da agricultura: solução definitiva e questão de segurança nacional. In: **Boletim informativo de Ciência do Solo da SBCS**, v.1, n.1, p. 38- 41, 2014.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. G.; REICHERT, J. M.; MICHELE, M. Implicações do uso e manejo do solo e das variações climáticas sobre os recursos hídricos. In: FILHO, O. K.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. (Org.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. VII, p. 307-365, 2011.

MINELLA, J.P.G. **Utilização de técnicas hidrossedimentométricas combinadas com a identificação de fontes de sedimentos para avaliar o efeito do uso e do manejo nos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica rural no Rio Grande do Sul**. 2007. 172p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Recursos hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

MINEROPAR. **Atlas Geológico do Estado do Paraná**. 2001. Minerais do Paraná, Curitiba. 2001, 125 p. CD ROM.

NAKASHIMA, P. **Cartografia dos Sistemas Pedológicos do Noroeste do Paraná – distribuição e subsídios para o controle da erosão**. 1999. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1999.

SECCO, D.; ROS, C.O.; SECCO, J.K.; FIORIN, J.E. Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.407-414, 2005.

SILVA, A. J. N. **Alterações Físicas e Químicas de um Argissolo Amarelo Coeso sob diferentes Sistemas de Manejo com Cana-de-Açúcar**. 2003. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRS, 2003.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v7, p 18-23, 2003.

TORMENA, C.A.; BARBOSA, M.C.; COSTA, A.C.S.; GONÇALVES, A.C.A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agrícola**, v.59, n.4, p.795-801, 2002.