

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS DOIS VIZINHOS
CURSO DE AGRONOMIA

WANDER DA SILVA FERREIRA RABONI

**VARIABILIDADE ESPACIAL DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA
NO SOLO EM MEGAPARCELAS COM E SEM TERRAÇO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

2021
DOIS VIZINHOS - PR

WANDER DA SILVA FERREIRA RABONI

**VARIABILIDADE ESPACIAL DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO EM
MEGAPARCELAS COM E SEM TERRAÇO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado ao curso de Bacharelado em Agronomia, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos, como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO.

Orientador: Prof. Dr. André Pellegrini

Dois Vizinhos - PR

2021

AGRADECIMENTOS

Gostaria, primeiramente, de agradecer à Deus e aos meus pais Ovidio Raboni e Lourdes da Silva Ferreira pela vida e por estarem ao meu lado mesmo nos momentos mais difíceis, me amparando e motivando a seguir em frente. Sem vocês, eu nada seria.

Agradeço, também, aos meus irmãos Fagner da Silva Ferreira, Leila Raboni Santa Maria, Edson Albanske Raboni, Sonia Andrade Raboni e Cirlei Raboni que mesmo muitas vezes estando longe, nunca deixaram de me amparar quando necessitei.

Minha gratidão ao professor Dr. André Pellegrini, por me passar o conhecimento e auxiliar nos processos que envolveram o trabalho.

Agradeço a todos do grupo Física do Solo e Manejo de Bacias Hidrográficas que me auxiliaram na realização deste trabalho, tanto na parte prática quanto na análise e interpretação dos dados, pessoas sem as quais inviabilizaria o processo.

Meus amigos e colegas de turma também têm meus sinceros agradecimentos, pelas dicas, conselhos e todo o apoio que me proporcionaram com o passar dos anos.

Também quero agradecer a todos os membros da UTFPR-DV, sem exceção, sendo os professores, precursores de todo o conhecimento que nos foi passado com toda a paciência e de bom grado, bem como aos funcionários que sempre estão dispostos a realizar seus serviços em prol da manutenção da universidade, proporcionando um local agradável e propício ao aprendizado.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Dois Vizinhos
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação do Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

VARIABILIDADE ESPACIAL DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO EM
MEGAPARCELAS COM E SEM TERRAÇO

por

WANDER DA SILVA FERREIRA RABONI

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) ou esta Monografia ou esta Dissertação foi apresentado(a) em 13 de agosto de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro(a) Agrônomo(a). O(a) candidato(a) foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

André Pellegrini
Prof.(a) Orientador(a)
Instituição de Vínculo

Adalberto Luiz de Paula
Membro titular
Instituição de Vínculo

Miriam Fernanda Rodrigues
Membro titular
Instituição de Vínculo

Angélica Signor Mendes
Responsável pelos Trabalhos
de Conclusão de Curso

Almir Antônio Gnoatto
Coordenador(a) do Curso
UTFPR – Dois Vizinhos

RESUMO

RABONI, F. S. W. **VARIABILIDADE ESPACIAL DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO EM MEGA PARCELAS COM E SEM TERRAÇO.** Trabalho de Conclusão de Curso II, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos 2021.

O processo em que a água passa da superfície para o interior do solo, verticalmente, denominado também de Infiltração de água no solo, é um fator importante no âmbito da agricultura, pois este determina o quanto de água será absorvido, infiltrado ou escoado, podendo então, relacionar o seu comportamento com a erosão hídrica, a contaminação de bacias hidrográficas próximas à área, pois locais com menor infiltração – geralmente ambientes com estado de compactação maior e com selamento artificial do solo-, acabam tornando a produção ainda mais onerosa. Com base nestas informações este experimento foi realizado com o objetivo de analisar a variação da infiltração de água no solo em áreas com terraço e onde os terraços foram removidos, no sudoeste do Paraná, que possuem em sua composição áreas com declividades acentuadas, podendo ter variabilidade de relevo desde plano até forte-ondulado. O experimento foi realizado na UTFPR, localizada no município de Dois Vizinhos - Paraná. O método submetido para avaliação da infiltração de água no solo foi o método dos anéis concêntricos, onde vinte e quatro pontos de amostragem foram selecionados, cada um dos pontos representados por três repetições, em mesma época de dois anos consecutivos – 2019 e 2020. Os resultados obtidos da taxa de infiltração de água no solo foram expressos em mm h^{-1} , onde no ano de 2019 houve variância de $107,8 \text{ mm h}^{-1}$ até $141,8 \text{ mm h}^{-1}$ na megaparcela sem terraço e de $125,3 \text{ mm h}^{-1}$ até $184,0 \text{ mm h}^{-1}$. Já no ano de 2020 a diferença ocorrida foi significativa para a meia encosta, neste mesmo ano os resultados variaram de $74,3 \text{ mm h}^{-1}$ a $108,8 \text{ mm h}^{-1}$ – sem terraço, e de $60,0 \text{ mm h}^{-1}$ até $132,8 \text{ mm h}^{-1}$, na megaparcela com terraço. Os resultados foram expressados em mm h^{-1} , onde no primeiro ano de experimento, não houve diferença significativa entre os tratamentos, e no segundo ano a diferença significativa ocorreu apenas na linha 5 “meia-encosta”, onde a velocidade de infiltração de água no solo na megaparcela com terraço foi menor do que no ambiente sem terraço. Conclui-se que o terraceamento por si só não é garantia de um solo com alta velocidade de infiltração de água e que outros aspectos podem ser mais relevantes para este feito.

Palavras chave: Solos, Infiltração, Água, Variabilidade Espacial.

ABSTRACT

RABONI, F. S. W. **SPACE VARIABILITY OF WATER INFILTRATION IN MEGA PLOT IN THE SOIL WITH AND WITHOUT TERRACE.** Course Conclusion Work II, Federal Technological University of Paraná. Dois Vizinhos 2021.

The process in which water passes from the surface to the interior of the soil, vertically, also known as Infiltration of water into the soil, is an important factor in the context of agriculture, as it determines how much water will be absorbed, infiltrated or drained. then, relating its behavior to water erosion, the contamination of watersheds close to the area, as places with less infiltration – generally environments with greater compaction and with artificial soil sealing –, end up making production even more costly. Based on this information, this experiment was carried out with the objective of analyzing the variation of water infiltration in the soil in areas with terraces and where the terraces were removed, in southwestern Paraná, which have areas with accentuated slopes in their composition, which may have variability from flat to strong-wavy relief. The experiment was carried out at UTFPR, located in the city of Dois Vizinhos - Paraná. The method submitted to assess water infiltration in the soil was the concentric ring method, where twenty-four sampling points were selected, each of the points represented by three repetitions, in the same period of two consecutive years – 2019 and 2020. results obtained from the rate of water infiltration in the soil were expressed in mm h⁻¹, where in 2019 there was a variance of 107.8 mm h⁻¹ to 141.8 mm h⁻¹ in the megaplot without terrace and 125.3 mm h⁻¹ up to 184.0 mm h⁻¹. In 2020, the difference was significant for the half slope, in that same year the results ranged from 74.3 mm h⁻¹ to 108.8 mm h⁻¹ - without terrace, and from 60.0 mm h⁻¹ up to 132.8 mm h⁻¹, in the mega-plot with terrace. The results were expressed in mm h⁻¹, where in the first year of the experiment there was no significant difference between treatments, and in the second year the significant difference occurred only in line 5 "half-slope", where the water infiltration speed the soil in the terraced megaplot was lower than in the non-terrace environment. It is concluded that terracing alone does not guarantee a soil with high water infiltration speed and that other aspects may be more relevant for this achievement.

Key Word: Soils, Infiltration, Water, Spatial Variability

Sumário

| | |
|---------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 8 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 10 |
| 3. JUSTIFICATIVA | 13 |
| 4. HIPOTESE..... | 14 |
| 5. OBJETIVOS..... | 15 |
| 6. MATERIAL E MÉTODOS | 16 |
| 7. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 21 |
| 8. CONCLUSÃO | 26 |
| 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 27 |
| REFERENCIAS..... | 28 |

1. INTRODUÇÃO

Aproximadamente 33% dos solos de todo o mundo estão degradados, apontando como principais problemas a erosão, salinização, compactação, acidificação e contaminação (FAO, 2015). Por isso é importante conservar os solos, uma vez que a população cresce de maneira exponencial, e o solo é um recurso fundamental para a manutenção da vida no planeta Terra.

A degradação do solo está diretamente ligada à baixa produtividade das culturas, uma vez que o solo degradado não tem total capacidade de supri-las com suas respectivas necessidades. Entretanto, diversos manejos vêm sendo aplicados para minimizar essa degradação, propiciando uma maior conservação desse recurso escasso e de tamanha importância que norteia a sobrevivência, em decorrência da manutenção das necessidades da planta.

O presente trabalho tem relação com a erosão hídrica e com o estado de compactação do solo, principalmente, uma vez que calculando a taxa de infiltração de água no solo, conseqüentemente, é possível calcular se uma chuva intensa poderá ocasionar o escoamento de água, ocasionando a perda da camada arável do solo (parte em que geralmente se concentra os nutrientes aplicados à lavoura) e também, inferir como o grau de compactação interfere na velocidade e capacidade que o solo tem de infiltrar a água. Os problemas com as chuvas intensas, não estão somente ligados ao solo, pois o escoamento excessivo irá poluir, principalmente pelo uso extrapolado de compostos nitrogenados, rios e lagos, chegando ao mar, comprometendo assim, uma enorme cadeia.

O processo de infiltração de água no solo pode ser dividido em quatro categorias: fatores relacionados ao solo, fatores relacionados a superfície, a maneira como o solo é preparado e outros fatores, este último que inclui processos naturais que possam contribuir significativamente na velocidade e capacidade de infiltração (RAWLS *et al.*, 1996).

A declividade do solo é variável de região para região, mas no sudoeste do Paraná pode ser encontradas regiões com uma declividade ampla, variando desde terrenos planos, até terrenos montanhosos. A classificação do solo quanto à declividade, pode ser visualizada pela figura 1 a seguir:

Figura 1 – Classificação de relevo quanto à declividade do terreno

| Declividade (%) | Relevo |
|------------------------|------------------|
| 0 - 3 | Plano |
| 3 - 8 | Suave-ondulado |
| 8 - 20 | Ondulado |
| 20 - 45 | Forte-ondulado |
| 45 - 75 | Montanhoso |
| >75 | Forte-montanhoso |

Fonte: EMBRAPA

O estudo no presente trabalho, é voltado para verificar se em uma área de relevo suavemente ondulado – com declividade de aproximadamente 8% -, existe diferença na taxa de infiltração de água no solo, em um ambiente com terraço e um sem.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O processo que a água passa pelas camadas do solo, verticalmente, é denominado a infiltração da água no solo, este processo é extremamente importante para a cultura que está sendo cultivada, pois parte desta água infiltrada será armazenada no complexo solo, estando à disposição da cultura que necessitará desta, tanto para absorver os nutrientes quanto para fazer a manutenção da turgescência da planta (BRANDÃO *et al.*, 2009). A taxa de Infiltração de água no solo também é importante para analisar se, em excesso de chuva, a água pode ter um papel negativo, pois o que não é infiltrado vai iniciar o escoamento superficial, agravando o processo de erosão hídrica, esta que pode remover a camada arável do solo e, por consequência, causar a perda de nutrientes. Portanto, em áreas com baixa velocidade de infiltração de água no solo, podem contribuir para prejuízos econômicos, perda de terra, bem como contaminação de bacias hidrográficas, quando expostos a chuvas intensas.

A infiltração de água no solo é um processo que depende, em maior ou menor grau, de quatro categorias de fatores (Rawls *et al.*, 1996):

- Fatores relacionados ao solo: a condutividade hidráulica, a textura e a estrutura edáfica. “Um solo com maior proporção de silte apresenta uma redução na infiltração, pois possui baixo potencial de formar agregados e diâmetros dos coloides do solo relativamente pequenos” (BRANDÃO *et al.* p. 22). Solos arenosos, por possuírem maior diâmetro de agregados, possuem maior quantidade de macroporos, o que proporciona maior infiltração de água no solo e maior condutividade hidráulica.

- Fatores relacionados à superfície: a maior cobertura vegetal acarreta em aumento de macroporos na superfície e subsuperfície do solo, o que proporciona maior condutividade hidráulica. Segundo Duley (1939 apud BRANDÃO *et al.*, 2009, p. 26) A cobertura vegetal é capaz de manter altas taxas de infiltração e diminuir as perdas de água. Também verificou que solos livres de cobertura podem ter taxa de infiltração de até 85% menor quando comparado com solos protegidos por palha (1939 apud BRANDÃO *et al.*, 2009, p. 26).

- Preparo do Solo: quando se prepara o solo de maneira convencional - utilizando escarificadores ou subsoladores, a capacidade de infiltração tende a aumentar, devido ao rompimento da estrutura da camada superficial. Além disso, se a cobertura vegetal for removida, pode ocorrer o encrostamento superficial e a capacidade de infiltração será menor (BRANDÃO *et al.*, 2009, p. 28). A taxa de

infiltração de água no solo foi maior no plantio direto quando comparada com o plantio convencional, em um experimento realizado por SOBRINHO *et al.* (2003). Isso ocorre devido ao diferente grau de compactação que ambos possuem em profundidade – sendo que o solo com manejo convencional tem maior compactação em camadas abaixo de 50 cm, diferentemente do solo manejado seguindo o plantio direto, que com a rotação de culturas, abriga diferentes locais no solo pela ampla diversidade de sistema radicular -, e pela maior quantidade de palhada presente no solo sob plantio direto que é manejado sem revolvimento, em contrapartida, o solo preparado de maneira convencional apresenta encrostamento superficial pela ausência de palhada.

- Outros fatores: os processos naturais, que variam no tempo, também interferem na infiltração, como a precipitação pluvial (intensidade, duração e volume total), congelamento do solo e as propriedades da água.

As informações sobre a variabilidade espacial da infiltração de água no solo são necessárias como subsídio para planejar um experimento, bem como na avaliação dos efeitos dos tratamentos, visando diminuir a variação experimental atribuída ao erro aleatório (CHICOTA, R.; JONG VAN LIER, Q. de e ROJAS, L. A. C. (2003).

A complexidade do processo em que a água percorre o solo depende da composição química do solo e da água, da intensidade e da duração da chuva, da topografia, da temperatura, da microbiologia do solo e da variabilidade espacial das propriedades físico-hídricas no perfil do solo (Assouline, 2013).

Algumas tecnologias podem ser aplicadas para aumentar a infiltração de água no solo (Pott *et al.* 2003), como:

- Incrementar matéria orgânica no solo para aumentar a agregação entre as partículas do solo, o que proporciona aumento da porosidade e maior organização das partículas;

- Curvas de nível e semeadura em contorno são usadas para diminuir a velocidade do escoamento de água em superfície e para reduzir ou evitar a erosão do solo.

- Escarificação ou subsolagem são usadas para romper camadas compactadas, possibilitando um aumento de macroporos na camada superficial, que está diretamente ligado à taxa de infiltração de água no solo. A utilização esporádica destes implementos agrícolas pode proporcionar maior infiltração.

- Tráfego controlado: o excesso de tráfego em áreas agricultáveis propicia em aumento da compactação, logo, se diminui a macroporosidade, conseqüentemente há diminuição da infiltração de água no solo. O tráfego controlado, em poucas palavras, seria a otimização da mecanização, evitando passar com maquinários pesados sob o mesmo local por vezes seguidas.

- Terraceamento pode ser utilizado para diminuir o comprimento da rampa, diminuindo assim, a velocidade em que a água escoar e, conseqüentemente, aumenta o tempo para que a água possa infiltrar no solo.

3. JUSTIFICATIVA

Comprovar se há diferença significativa entre os tratamentos (ambiente com terraço e ambiente sem terraço) na infiltração de água no solo.

No caso de comprovação da eficiência do terraço para com a infiltração de água no solo, aumentar ainda mais o espectro de utilidade desta ferramenta tão importante para propriedades com relevo ondulado, ferramenta da qual já possui diversas funções, como a preservação da palhada no solo em casos de chuvas intensas, manutenção da biota do solo, dentre outros aspectos que não cabe citar no presente trabalho, mas não deixam de ser fundamentais para uma boa produção agrícola.

4. HIPOTESE

Ambas as áreas recebem os mesmos manejos, ano após ano, com exceção do terraceamento. A megaparcela com terraço possui, visualmente, maior quantidade de palhada em relação à sem terraço.

Entretanto a meia encosta da linha 5, houve intenso tráfego de máquinas, devido ao desmanche do terraço nesta linha, isso possibilitará uma redução da velocidade de infiltração de água no solo, devido ao incremento do estado de compactação.

Porém, espera-se que o ambiente com terraço, onde não houve tráfego intenso de máquinas, possua uma taxa de infiltração de água no solo maior quando comparado com o ambiente sem terraceamento.

Eis a importância de submeter o trabalho à análise de dados, para comprovar se a diferença ocorre e se ela é significativa.

5. OBJETIVOS

O objetivo principal do presente trabalho é avaliar a variabilidade de infiltração de água no solo em megaparcelas com e sem terraço.

Tendo em vista que, o solo predominante no ambiente é Nitossolo Vermelho, com uma declividade de aproximadamente 8%, localizado no município de Dois Vizinhos, sudoeste do Paraná.

6. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos, situada em latitude de 25° 42' 52" S e longitude de 53° 03' 94" O – GR, a 520 metros de altitude, em megaparcelas com e sem terraço, totalizando uma área de 38.460,00 metros quadrados – aproximadamente 4 hectares. O solo predominante na área é Nitossolo Vermelho (ALVARES 2014).

A aveia (*Avena sativa*) foi cultivada nas megaparcelas com e sem terraço, e em ambos os anos – 2019 e 2020. Esta informação é relevante pois as culturas abrigam diferentes espaços no solo, cavando diferentes locais, o que pode influenciar em maior ou menor grau de infiltração de água no solo. Outro fator importante que se justifica citar, é o quão íngreme é área experimental, a qual possui cerca de 8% de declividade em ambas as megaparcelas, e podem ser classificadas como relevo ondulado (EMBRAPA, 1979).

As avaliações da infiltração de água no solo foram realizadas em diferentes posições na paisagem, dentro das megaparcelas, no topo (linha 2; Topo – L2), na meia-encosta (linha 5; Meia-Encosta – L5) e na base (linha 8; Base – L8) (FIGURA 2), os pontos ficaram espaçados em 72 metros entre colunas, já a distância entre os pontos na linha é de 24 metros.

Cada ponto amostral foi representado pela média de 3 repetições equidistantes 2 metros do ponto central. As coordenadas de cada ponto poderão ser observadas na (FIGURA 3)

O método dos anéis concêntricos foi utilizado para determinar a capacidade de infiltração de água no solo, composto pelo conjunto de um anel interno e um anel externo (FIGURA 4), incluindo o infiltrômetro (FIGURA 5) para realizar as leituras do volume da água infiltrado no tempo. Além destes foi necessário mais um tanque com capacidade de 5000 litros (FIGURA 6), para viabilizar a logística do processo e baldes para o constante preenchimento de água no anel externo. Esse preenchimento constante do anel externo se faz necessário para que o processo de infiltração de água no solo não seja interrompido e que não haja dispersão lateral da água no anel interno, ocasionando erro experimental e modificando negativamente a veracidade e confiabilidade do experimento (BRANDÃO, 2009, p.34).

A leitura do volume da água foi realizada após 1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150 minutos do início do teste. Totalizando duas horas e meia desde o início ao fim do processo em cada ensaio amostral.

O espaço entre a saída de água do infiltrômetro e a superfície do solo foi de 2 centímetros, para evitar a variação da carga hidráulica e minimizando os erros ocasionados pela variação do potencial de pressão (BERTOL, 2019, p. 205).

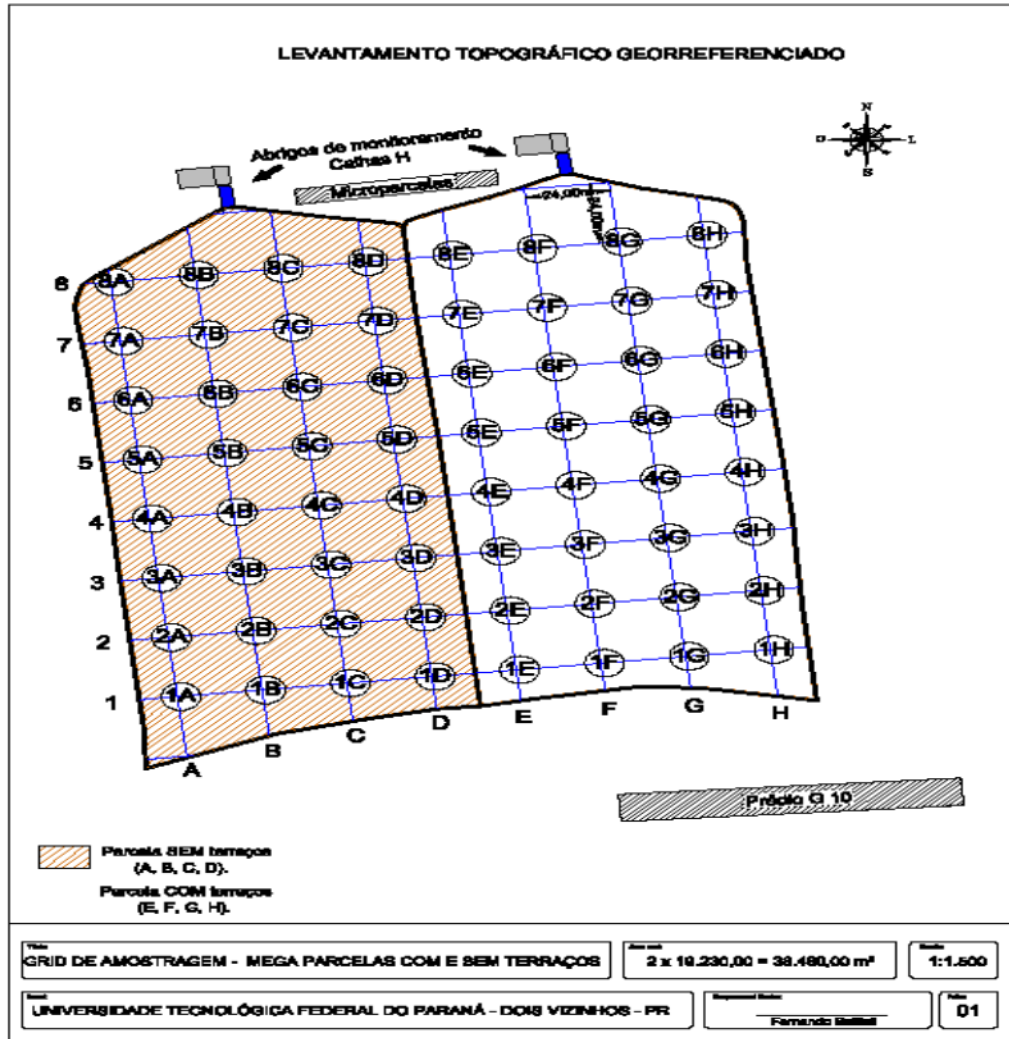
Os resultados das determinações analíticas da taxa de infiltração estável de água no solo foram submetidos à análise estatística descritiva, para a obtenção dos valores mínimo, máximo, média, desvio padrão, variância, assimetria, curtose, coeficiente de variação e mediana.

O teste Kolmogorov-Smirnov foi aplicado para avaliar a normalidade dos dados, enquanto a homogeneidade de variâncias foi avaliada por meio do teste de Bartlett, ambos ao nível de 5% de significância.

Os dados de taxa de infiltração estável de água no solo que não tiveram distribuição normal ou homogeneidade de variâncias foram submetidos à transformação logarítmica.

Os dados de taxa de infiltração estável de água no solo foram submetidos à análise de variância e, quando houveram diferenças significativas, as médias das megaparcelas sem terraço (ST) e com terraço (CT) em cada posição na paisagem (Topo, Meia-encosta e Base) foram comparadas usando o teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o uso do programa SAS OnDemand for Academics.

Figura 2 – Grid de Amostragem das megaparcelas com e sem Terraços.



(Fonte: Grupo Física do Solo e Manejo de Bacias Hidrográficas – UTFPR DV)

Figura 3- Coordenadas de todos os pontos das megaparcelas com terraço e sem terraço.

Lista de Coordenadas UTM SIRGAS 2000

| MEGA PARCELA COM TERRAÇO | | | MEGA PARCELA SEM TERRAÇO | | |
|--------------------------|--------------|----------------|--------------------------|--------------|----------------|
| PONTO | ESTE (X) | NORTE (Y) | PONTO | ESTE (X) | NORTE (Y) |
| 1E | 289.404,4717 | 7.155.590,9051 | 1A | 289.309,0797 | 7.155.580,1180 |
| 1F | 289.428,3197 | 7.155.593,6019 | 1B | 289.332,9277 | 7.155.582,8148 |
| 1G | 289.452,1677 | 7.155.596,2987 | 1C | 289.356,7757 | 7.155.585,5116 |
| 1H | 289.476,0157 | 7.155.598,9954 | 1D | 289.380,6237 | 7.155.588,2083 |
| 2E | 289.401,7749 | 7.155.614,7531 | 2A | 289.306,3829 | 7.155.603,9660 |
| 2F | 289.425,6229 | 7.155.617,4499 | 2B | 289.330,2309 | 7.155.606,6628 |
| 2G | 289.449,4709 | 7.155.620,1467 | 2C | 289.354,0789 | 7.155.609,3596 |
| 2H | 289.473,3189 | 7.155.622,8434 | 2D | 289.377,9269 | 7.155.612,0564 |
| 3E | 289.399,0781 | 7.155.638,6011 | 3A | 289.303,6861 | 7.155.627,8140 |
| 3F | 289.422,9262 | 7.155.641,2979 | 3B | 289.327,5341 | 7.155.630,5108 |
| 3G | 289.446,7742 | 7.155.643,9947 | 3C | 289.351,3821 | 7.155.633,2076 |
| 3H | 289.470,6222 | 7.155.646,6914 | 3D | 289.375,2301 | 7.155.635,9044 |
| 4E | 289.396,3814 | 7.155.662,4491 | 4A | 289.300,9894 | 7.155.651,6621 |
| 4F | 289.420,2294 | 7.155.665,1459 | 4B | 289.324,8374 | 7.155.654,3588 |
| 4G | 289.444,0774 | 7.155.667,8427 | 4C | 289.348,6854 | 7.155.657,0556 |
| 4H | 289.467,9254 | 7.155.670,5395 | 4D | 289.372,5334 | 7.155.659,7524 |
| 5E | 289.393,6846 | 7.155.686,2971 | 5A | 289.298,2926 | 7.155.675,5101 |
| 5F | 289.417,5326 | 7.155.688,9939 | 5B | 289.322,1406 | 7.155.678,2068 |
| 5G | 289.441,3806 | 7.155.691,6907 | 5C | 289.345,9886 | 7.155.680,9036 |
| 5H | 289.465,2286 | 7.155.694,3875 | 5D | 289.369,8366 | 7.155.683,6004 |
| 6E | 289.390,9878 | 7.155.710,1452 | 6A | 289.295,5958 | 7.155.699,3581 |
| 6F | 289.414,8358 | 7.155.712,8419 | 6B | 289.319,4438 | 7.155.702,0548 |
| 6G | 289.438,6838 | 7.155.715,5387 | 6C | 289.343,2918 | 7.155.704,7516 |
| 6H | 289.462,5319 | 7.155.718,2355 | 6D | 289.367,1398 | 7.155.707,4484 |
| 7E | 289.388,2911 | 7.155.733,9932 | 7A | 289.292,8990 | 7.155.723,2061 |
| 7F | 289.412,1391 | 7.155.736,6899 | 7B | 289.316,7470 | 7.155.725,9028 |
| 7G | 289.435,9871 | 7.155.739,3867 | 7C | 289.340,5950 | 7.155.728,5996 |
| 7H | 289.459,8351 | 7.155.742,0835 | 7D | 289.364,4431 | 7.155.731,2964 |
| 8E | 289.385,5943 | 7.155.757,8412 | 8A | 289.290,2023 | 7.155.747,0541 |
| 8F | 289.409,4423 | 7.155.760,5379 | 8B | 289.314,0503 | 7.155.749,7509 |
| 8G | 289.433,2903 | 7.155.763,2347 | 8C | 289.337,8983 | 7.155.752,4476 |
| 8H | 289.457,1383 | 7.155.765,9315 | 8D | 289.361,7463 | 7.155.755,1444 |

(Fonte: Grupo Física do Solo e Manejo de Bacias Hidrográficas – UTFPR DV).

Nas figuras acima (Figura 3 e 4), podemos visualizar todos os pontos da área, destes, foram submetidos às análises, apenas os pontos da linha 2, linha 5 e linha 8.

Figura 4- Anéis Concêntricos (interno e externo).



(Fonte: Grupo Física do Solo e Manejo de Bacias Hidrográficas – UTFPR DV).

Figura 5- Infiltrômetro – com volume conhecido, utilizado no experimento.



(Fonte: Grupo Física do Solo e Manejo de Bacias Hidrográficas – UTFPR DV).

Figura 6- Reservatório de água, "Maconel".



(Fonte: Grupo Física do Solo e Manejo de Bacias Hidrográficas – UTFPR DV).

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 abaixo, pode-se observar, dentre outras coisas, o número total de pontos avaliados, o mínimo e máximo da infiltração que se obteve nos pontos de teste, bem como suas respectivas médias.

Observa-se também o desvio padrão, o qual representa a variação dos valores em comparação com a média. A variância, a assimetria e curtose, que estão relacionadas com a distribuição de dados, valores dos quais relacionam-se ao formato das curvas de distribuição.

Tabela 1- Parâmetros estatísticos descritivos da taxa de infiltração estável de água no solo (mm h^{-1}), no topo (L2), na meia-encosta (L5) e na base (L8) de duas megaparcelas – uma com e outra sem terraço, em 2019 e em 2020, em Dois Vizinhos - PR, Brasil.

| Estatística descritiva | Taxa de infiltração estável de água no solo (mm h^{-1}) | | | | | |
|------------------------------|--|-------------------|-----------|-----------|-------------------|-----------|
| | 2019 | | | 2020 | | |
| | Topo (L2) | Meia-encosta (L5) | Base (L8) | Topo (L2) | Meia-encosta (L5) | Base (L8) |
| Número de Observações | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Mínimo | 2,77 | 16,62 | 1,48 | 7,40 | 11,56 | 12,08 |
| Máximo | 357,53 | 393,47 | 393,47 | 261,41 | 233,75 | 247,38 |
| Média | 116,55 | 146,99 | 157,29 | 80,90 | 84,10 | 117,34 |
| Desvio padrão | 90,28 | 103,23 | 106,61 | 73,63 | 59,54 | 68,60 |
| Variância | 8151,07 | 10656,86 | 11366,44 | 5421,81 | 3544,87 | 4706,48 |
| Assimetria | 1,21 | 0,90 | 0,36 | 1,52 | 0,89 | 0,26 |
| Curtose | 1,72 | 0,17 | -0,56 | 1,49 | 0,07 | -1,01 |
| Coefficiente de variação (%) | 77,46 | 70,23 | 67,78 | 91,02 | 70,80 | 58,46 |
| Mediana | 108,83 | 128,52 | 135,19 | 54,27 | 64,11 | 114,34 |

Com a tabela 2, podemos analisar a distribuição e a homogeneidade das variâncias, bem como a significância estatística dos testes em todas as linhas que foram submetidas ao teste de velocidade de infiltração de água no solo.

Tabela 2 - Resultado do teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov (d) e do teste de homogeneidade de variâncias Bartlett (χ^2) e a significância estatística dos testes para a taxa de infiltração estável de água no solo (mm h^{-1}), no topo (L2), na meia-encosta (L5) e na base (L8) de duas megaparcelsas - uma com e outra sem terraço, em 2019 e em 2020, em Dois Vizinhos – PR, Brasil.

| Posição na paisagem | d | Pr > d | χ^2 | Pr > χ^2 |
|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------|
| 2019 | | | | |
| Topo (L2) | 0,1202 | > 0,15* | 0,1461 | 0,70* |
| Meia-encosta (L5) | 0,1451 | > 0,15* | 0,2184 | 0,64* |
| Base (L8) | 0,1224 | > 0,15* | 0,2656 | 0,61* |
| 2020 | | | | |
| Topo (L2) | 0,2083 | < 0,01 ^{ns} | 0,3827 | 0,54* |
| | ^a 0,0761 | > 0,15* | ^a 0,0150 | 0,90* |
| Meia-encosta (L5) | 0,1571 | 0,13* | 0,0036 | 0,95* |
| Base (L8) | 0,1057 | > 0,15* | 0,4810 | 0,49* |

^{ns}: não significativo; *: significativo; ^a: resultados após a transformação logarítmica.

Os dados de todos os tratamentos tiveram distribuição normal e que todas as variâncias se mostraram homogêneas, em 2019 (Tabela 2).

A distribuição dos dados foi não normal na meia encosta, havendo a necessidade de submetê-la à transformação logarítmica, em 2020 (Tabela 2). Após a transformação houve a adequação da distribuição dos dados e foi possível a interpretação do mesmo.

Tabela 3 - Análise de variância (ANOVA) para a taxa de infiltração estável de água no solo (mm h^{-1}), no topo (L2), na meia-encosta (L5) e na base (L8) de duas megaparcelas - uma com e outra sem terraço, em 2019 e em 2020, em Dois Vizinhos- PR, Brasil.

| ANOVA | | | | | |
|-------------------|----|----------|---------|------|--------|
| 2019 | | | | | |
| Topo (L2) | | | | | |
| FV | GL | SQ | QM | F | Pr > F |
| Megaparcela | 1 | 1830,7 | 1830,7 | 0,22 | 0,65 |
| Erro | 22 | 185644,0 | 8438,4 | | |
| Total | 23 | 187474,7 | | | |
| Meia-encosta (L5) | | | | | |
| FV | GL | SQ | QM | F | Pr > F |
| Megaparcela | 1 | 648,0 | 648,0 | 0,06 | 0,81 |
| Erro | 22 | 244459,8 | 11111,8 | | |
| Total | 23 | 245107,8 | | | |
| Base (L8) | | | | | |
| FV | GL | SQ | QM | F | Pr > F |
| Megaparcela | 1 | 17091,7 | 17091,7 | 1,54 | 0,23 |
| Erro | 22 | 244336,5 | 11106,2 | | |
| Total | 23 | 261428,2 | | | |
| 2020 | | | | | |
| Topo (L2) | | | | | |
| FV | GL | SQ | QM | F | Pr > F |
| Megaparcela | 1 | 1047,6 | 1047,6 | 0,19 | 0,07 |
| Erro | 22 | 123654,1 | 5620,6 | | |
| Total | 23 | 124701,7 | | | |
| Meia-encosta (L5) | | | | | |
| FV | GL | SQ | QM | F | Pr > F |
| Megaparcela | 1 | 13922,8 | 13922,8 | 4,53 | 0,04 |
| Erro | 22 | 67609,1 | 3073,1 | | |
| Total | 23 | 81531,9 | | | |
| Base (L8) | | | | | |
| FV | GL | SQ | QM | F | Pr > F |
| Megaparcela | 1 | 5765,6 | 5765,6 | 1,24 | 0,28 |
| Erro | 22 | 102483,5 | 4658,3 | | |
| Total | 23 | 108249,1 | | | |

FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; F: valor da estatística F; Pr: probabilidade.

Quando $PR > F$ for maior que 0,05 ou 5%, considera-se que não há diferença significativa entre os tratamentos, o contrário também é válido, quando $PR > F$ for menor que 0,05, diz-se que houve diferença significativa entre os tratamentos.

Observa-se então, uma diferença significativa entre tratamentos apenas na linha 5, no experimento do ano de 2020. Isso ocorreu devido à retirada do terraço,

pois houve intenso tráfego de máquinas pesadas sob o local de experimento (L5), após tal feito, utilizou-se o subsolador “pé de pato” a fim de fazer a subsolagem do solo, eis o motivo do aumento do estado de compactação do solo neste local, o que influenciou diretamente na taxa de infiltração de água no solo.

Tabela 4 - Taxa de infiltração estável de água no solo (mm h^{-1}) no topo (L2), na meia-encosta (L5) e na base (L8) das megaparcelas sem terraço (ST) e com terraço (CT), em 2019 e em 2020, em Dois Vizinhos- PR, Brasil.

| Taxa de infiltração estável de água no solo (mm h^{-1}) | | | | |
|--|-------|---|-------|---|
| Posição na paisagem | ST | | CT | |
| 2019 | | | | |
| Topo (L2) | 107,8 | A | 125,3 | A |
| Meia-encosta (L5) | 141,8 | A | 152,2 | A |
| Base (L8) | 130,6 | A | 184,0 | A |
| 2020 | | | | |
| Topo (L2) | 74,3 | A | 87,3 | A |
| Meia-encosta (L5) | 108,2 | A | 60,0 | B |
| Base (L8) | 101,8 | A | 132,8 | A |

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

A taxa de infiltração estável de água no solo, no ano de 2019, não diferiu significativamente entre os tratamentos – com e sem terraço-, quando comparados entre si pelo teste Tukey (5% de significância). E no ano de 2020 houve diferença significativa apenas na Linha 5, com menor infiltração na megaparcela com terraço, devido ao que já foi dito, referente à manutenção do terraço.

Outro fator que pode ter influenciado à não se ter diferença significativa entre as megaparcelas, é que não ocorreu chuvas intensas antecedendo o experimento, logo, a quantidade de palhada nas megaparcelas, tanto CT quanto ST eram semelhantes – sabe-se das funções da palhada para o sistema, que, dentre outras coisas, tem função de amortecer o impacto da gota de chuva, diminuindo o selamento artificial da superfície do solo. Porém, em casos extremos, com presença de chuvas muito intensas, a tendência é que a área com terraço apresente maior taxa de infiltração do que uma área sem terraço, uma vez que a ação da chuva ocasionaria a perda de palhada em ambientes declivosos sem terraceamento.

A área experimental possui 8% de declividade, a qual se enquadra em um relevo ondulado, ainda possui pouca declividade quando comparado com outras áreas

no sudoeste do Paraná, há a possibilidade de que em terrenos mais íngremes, o terraço tenha um papel mais importante na infiltração de água no solo, mas para isso se faz necessário a realização de outro trabalho, em outro ambiente mais declivoso.

Deste modo, quaisquer generalizações são passíveis de erro, cada caso possui uma complexidade de interações, quando se trata de meio ambiente. Não podemos descartar a eficiência do terraço para tal feito, a não ser para onde se instalou o experimento e naquelas determinadas condições.

8. CONCLUSÃO

Conclui-se que no ano de 2019 não houve diferença significativa da infiltração de água no solo entre um ambiente com terraço e outro sem terraço, pois ambas as megaparcelas recebem o mesmo tratamento – exceto o terraceamento-, e por ambas possuírem uma quantidade semelhante de palhada sob superfície.

No ano de 2020 houve diferença significativa na linha 5, onde a megaparcela sem terraço proporcionou maior infiltração de água no solo do que a megaparcela com terraço – devido ao tráfego intenso de máquinas pelo desmanche do terraço-, nas demais linhas não houve diferença significativa entre os tratamentos.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a interpretação do presente trabalho, foi possível concluir que, o terraceamento por si só, não é um indicativo de um aumento da velocidade de infiltração de água no solo, pois como já citado, a infiltração é dependente de outros quesitos tão importantes quanto ou além. Porém, a utilização de terraços para áreas com média ou alta declividade se faz imprescindível para alguns problemas que acometem a agricultura como é o caso da erosão e formação de voçorocas, dentre outros aspectos que não se cabe citar neste trabalho para não fugir da temática.

A diferença entre tratamentos que ocorreu no ano de 2020, na Meia-encosta - L5, se deu devido a retirada do terraço, onde houve tráfego intenso de maquinários pesados, e após disso, foi passado o subsolador “pé de pato” – implemento que realiza a descompactação superficial, mas favorece o estado de compactação do solo em profundidade, resultando em menor taxa de infiltração de água no solo.

Na linha 2 e linha 8, não houve diferença significativa, devido à declividade do terreno não ser tão acentuada (8%), entretanto, em locais com maior declividade, possivelmente o terraceamento apresentaria um efeito maior na velocidade de infiltração de água no solo.

Algumas ações de determinados fatores podem contribuir mais e algumas menos, para a taxa de infiltração de água no solo. Entretanto no topo da cadeia destes elementos, se encontram, o estado de compactação do solo, o qual é totalmente influenciado pelo tipo de solo, tamanho de coloides, manejo do solo, que influenciará na macroporosidade e conseqüentemente no estado de compactação, remetendo uma área com maior ou menor taxa de infiltração de água no solo.

Muitos trabalhos mostram a eficácia da rotação de culturas para a descompactação do solo com o passar do tempo, uma vez que o grau compactação é inversamente proporcional à infiltração de água no solo, poderia surgir como um aliado neste quesito, porém, para constatar tal feito, seria necessário elaborar um trabalho voltado a isto.

REFERENCIAS

ABDALLA, A. M. *et al.* **Global soil resources: Main report.** Roma: FAO, 2015.

ALVAREZ, Clayton Alcarde *et al.* **Köppe's climate classification map for Brazil.** Meteorologische Zeitschrift. V. 22, n. 6, p. 711-728. Jan. 2014. 717 p.
ASSOULINE, S. Infiltration into soils: Conceptual approaches and solutions. **WATER RESOURCES RESEARCH**, v. 49, 2013.

BRANDÃO, S. V. **Infiltração da Água no Solo.** 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009.

BERTOL, J. O. *et al* (ed.) **Manual de Manejo e Conservação do Solo e da Água para o Estado do Paraná.** Curitiba, PR: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019.

CICHOTA, R.; JONG VAN LIER, Q. de e ROJAS, L. C. A. Variabilidade espacial da Taxa de Infiltração em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 5, p. 789-798, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - **EMBRAPA.** Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.

GONÇALVES, A. C. A. **Variabilidade espacial das propriedades físicas de solo para fins de manejo da irrigação.** Piracicaba: ESALQ-USP, 1997.

SOBRINHO, A. T. *et al.* Infiltração de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 191- 196, 2003.

Statistical Analysis System - SAS Institute Inc. 1990. SAS/STAT. In: User' Guide. Version G., fourth ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.