

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS**

MARIANA PASTRE PEREIRA

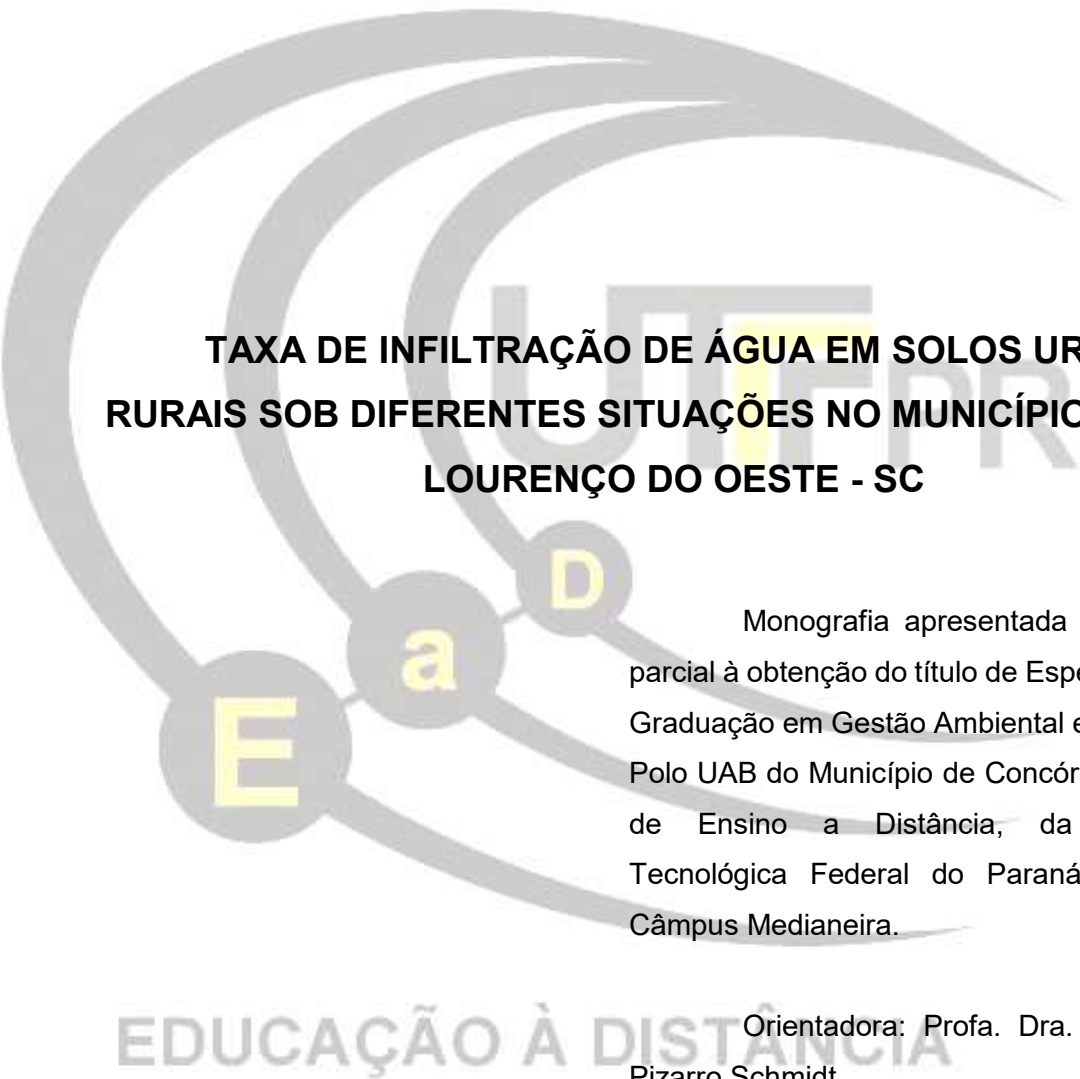
**TAXA DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM SOLOS URBANOS E  
RURAIS SOB DIFERENTES SITUAÇÕES NO MUNICÍPIO DE SÃO  
LOURENÇO DO OESTE - SC**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

MEDIANEIRA

2018

MARIANA PASTRE PEREIRA



**TAXA DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM SOLOS URBANOS E  
RURIS SOB DIFERENTES SITUAÇÕES NO MUNICÍPIO DE SÃO  
LOURENÇO DO OESTE - SC**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios - Polo UAB do Município de Concórdia Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira.

Orientadora: Profa. Dra. Carla Adriana Pizarro Schmidt

MEDIANEIRA

2018



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Especialização em Gestão Ambiental em Municípios



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Taxa de infiltração de água em solos urbanos e rurais sob diferentes situações no município de São Lourenço do Oeste – SC.

Por

**Mariana Pastre Pereira**

Esta monografia foi apresentada às 09h 30min do dia 18 de Agosto de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios - Polo de Concórdia Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Carla Adriana Pizarro Schmidt  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(orientadora)

---

Prof Me. Cidmar Ortiz dos Santos  
UTFPR – Câmpus Medianeira

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Michelle Budke Costa  
UTFPR – Câmpus Medianeira

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso-

## **AGRADECIMENTOS**

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia.

Agradeço especialmente aos meus amados pais, Joelson G. Pereira e Sandra R.P. Pereira, minha irmã, Bárbara P.Pereira, meu namorado, Winissius Segatto e aos meus amigos pelo apoio e incentivo durante a pós-graduação e durante toda minha vida.

A minha orientadora, professora Dra. Carla Adriana Pizarro Schmidt por todos seus ensinamentos, paciência e confiança ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

Aos demais professores do curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, professores da UTFPR, Câmpus Medianeira e aos tutores presenciais e a distância que nos auxiliaram no decorrer da pós-graduação.

Ao professor Dr. Luís César Cassol, responsável pelo Laboratório de Solos – UTFPR Câmpus Pato Branco, que gentilmente autorizou a realização das análises físicas e químicas dos solos estudados, gratuitamente.

Agradeço ainda, minha amiga e sócia, Bruna Pozzan, pela parceria e apoio para realização de mais uma pesquisa.

Enfim, sou grata a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização desta monografia.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”. (Albert Einstein)

## RESUMO

PEREIRA, Mariana Pastre. **Taxa de infiltração de água em solos urbanos e rurais sob diferentes situações no município de São Lourenço do Oeste – SC.** 2018. 52 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

Considerando a importância de preservar e incentivar o aumento de áreas permeáveis, tanto nas áreas urbanas quanto nas áreas rurais, este estudo teve como objetivo a realização de análises físicas e químicas e de avaliação da infiltração de água no solo por meio do método do infiltrômetro de anel, comparando um solo urbano com um rural, tanto expostos quanto cobertos por gramíneas, em duas condições de umidade natural distintas (seco e úmido), realizando uma posterior avaliação do comportamento de absorção de água desses solos com as curvas IDF da região. A pesquisa ocorreu no município de São Lourenço do Oeste, seguindo o método do infiltrômetro de anel, que consiste na utilização de dois anéis metálicos, sendo o maior com 40 cm de diâmetro e um anel menor com 20 cm de diâmetro, ambos com 30 cm de altura. Para cada ensaio foi analisada a infiltração por 60 minutos, no cilindro interno com auxílio da régua graduada e cronometro, anotado após cada centímetro de infiltração. Analisando os resultados, percebeu-se que assim como aconteceu nos ensaios em que o solo estava previamente seco e nos ensaios com solo úmido, a infiltração foi menor no solo coberto por gramínea na área urbana, e a maior infiltração se deu na área rural, ocorrendo de maneira mais intensa no solo exposto. Observando a taxa de infiltração nos solos previamente seco e úmido, a infiltração foi maior com o solo úmido. Analisando as curvas IDF para o município da região, a maioria das condições em que os solos foram expostos se mostraram capazes de absorver mais do que geralmente chove na região, para um tempo de retorno de 5 anos. Apenas no ensaio de infiltração da água no solo exposto com solo seco na área rural e no ensaio no solo coberto por gramínea com solo previamente úmido também na área rural. Com este estudo, pode-se perceber a importância em realizar a ocupação e manejo adequado do solo, a fim de aumentar as áreas permeáveis, diminuir o grau de compactação dos solos e assim evitar o escoamento superficial ocasionando perdas de solo, tanto na área urbana, quanto na área rural.

**Palavras-chave:** Taxa de infiltração. Infiltrômetro de anel. Área Urbana. Área Rural. Solo exposto. Gramínea.

## ABSTRACT

PEREIRA, Mariana Pastre. **Water infiltration rate in urban and rural soils under different situations in the municipality of São Lourenço do Oeste - SC.** 2018. 52 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

Considering the importance of preserving and encouraging the increase of permeable areas, both in urban areas and in rural areas, this study had the objective of performing physical and chemical analyzes and evaluation of water infiltration in the soil by means of the infiltrameter method ring, comparing an urban and a rural soil, both exposed and covered by grasses, under two different conditions (dry and humid), performing a subsequent evaluation of the water absorption behavior of these soils with the IDF curves of the region. The research was carried out in the city of São Lourenço do Oeste, following the ring infiltrator method, which consists of the use of two metal rings, the largest with 40 cm in diameter and a smaller ring with 20 cm in diameter, both with 30 cm of height. For each test the infiltration for 60 minutes was analyzed in the internal cylinder with the aid of the graduated ruler and stopwatch, annotated after each centimeter of infiltration. Analyzing the results, it was observed that as in the tests in which the soil was previously dry and in the tests with humid soil, the infiltration was lower in the soil covered by grass in the urban area, and the greater infiltration occurred in the rural area, occurring more intensely in the exposed soil. Observing the infiltration rate in the previously dry and humid soil, the infiltration was greater with the moist soil. Analyzing the IDF curves for the municipality of the region, most of the conditions in which the soils were exposed were shown to be able to absorb more than usually it rains in the region, for a time of return of 5 years. Only in the soil water infiltration test exposed with dry soil in the rural area and in the soil test covered by grass with previously wet soil also in the rural area. With this study, it is possible to perceive the importance of occupancy and adequate soil management in order to increase the permeable areas, to reduce the degree of soil compaction and to avoid runoff causing soil losses, both in the urban area , and in rural areas.

**Keywords:** Infiltration rate. Ring Infiltrator. Urban area. Rural area. Exposure to soil. Graminea.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Infiltrômetro de Anel .....  | 13 |
| Figura 2: Mapa de Solos do Estado de Santa Catarina .....  | 19 |
| Figura 3: Delimitação do Município no Mapa de Solos de Santa Catarina.....   | 19 |
| Figura 4: Classe dos Solos e Respectiva Simbologia .....   | 20 |
| Figura 5: Indicação dos Pontos de Análise na Área Urbana e Área Rural do Município .....   | 20 |
| Figura 6: Infiltrômetro e Materiais Utilizados nos Ensaios .....   | 22 |
| Figura 7: Infiltrômetros de Anel com Plástico e Régua Graduada, em Solo Exposto e Gramínea. ....   | 23 |
| Figura 8: Gráfico 1 Resultante das Análises da Infiltração do Solo Exposto com Solo Seco na Área Urbana, Sendo Ponto A, Primeira Repetição e Ponto B Segunda Repetição na Área, e Gráfico 2 Média Entre os Dois Pontos. ....                               | 29 |
| Figura 9: Gráfico 1 Resultante das Análises da Infiltração do Solo Exposto com Solo Seco na Área Rural, Sendo Ponto A, Primeira Repetição e Ponto B Segunda Repetição na Área, e Gráfico 2 a Média Entre os Dois Pontos. ....                              | 29 |
| Figura 10: Gráfico 1 Resultante das Análises da Infiltração do Solo Coberto por Gramínea Com Solo Seco na Área Urbana, Sendo Ponto A, Primeira Repetição e Ponto B Segunda Repetição na Área, e Gráfico 2 a Média Entre os Dois Pontos. ...                | 30 |
| Figura 11: Gráfico 1 Resultante das Análises da Infiltração do Solo Coberto por Gramínea Com Solo Seco na Área Rural, Sendo Ponto A, Primeira Repetição e Ponto B Segunda Repetição na Área, e Gráfico 2 a Média Entre os Dois Pontos. ....                | 31 |
| Figura 12: Gráfico 1 Resultante das Análises da Infiltração do Solo Exposto com Solo Úmido na Área Urbana, Sendo Ponto A, Primeira Repetição e Ponto B Segunda Repetição Na Área, e Gráfico 2 a Média Entre os Dois Pontos. ....                           | 33 |
| Figura 13: Gráfico 1 Resultante das Análises da Infiltração do Solo Exposto com Solo Úmido na Área Rural, Sendo Ponto A, Primeira Repetição e Ponto B Segunda Repetição na Área, e Gráfico 2 a Média Entre os Dois Pontos. ....                            | 33 |
| Figura 14: Gráfico 1 Resultante das Análises da Infiltração do Solo Coberto por Gramínea Com Solo Úmido na Área Urbana, Sendo Ponto A, Primeira Repetição e Ponto B Segunda Repetição na Área, e Gráfico 2 a Média Entre os Dois Pontos. ...               | 34 |
| Figura 15: Gráfico 1 Resultante das Análises da Infiltração do Solo Coberto por Gramínea Com Solo Úmido na Área Rural, Sendo Ponto A, Primeira Repetição e Ponto B Segunda Repetição na Área, e Gráfico 2 a Média Entre os Dois Pontos. ...                | 35 |
| Figura 16: Gráfico 1 (Esquerda) Corresponde a Infiltração da Água no Solo Exposto com Solo Seco na Área Urbana, Enquanto o Gráfico 2 (Direita) Infiltração da Água No Solo Exposto com Solo Seco na Área Rural. ....                                       | 38 |
| Figura 17: Gráfico 1 (Esquerda) Corresponde a Infiltração da Água no Solo Coberto por Gramínea com Solo Seco na Área Urbana, Enquanto o Gráfico 2 (Direita) Infiltração da Água no Solo Coberto por Gramínea com Solo Seco na Área Rural...38              | 38 |
| Figura 18: Gráfico 1 (Esquerda) Corresponde a Comparativo Infiltração da Água no Solo Exposto com Solo Úmido na Área Urbana, Enquanto o Gráfico 2 (Direita) Infiltração da Água no Solo Exposto com Solo Úmido na Área Rural .....                         | 39 |
| Figura 19: Gráfico 1 (Esquerda) Corresponde a Comparativo Infiltração da Água no Solo Coberto por Gramínea com Solo Úmido na Área Urbana, Enquanto o Gráfico 2(Direita) Infiltração da Água no Solo Coberto por Gramínea com Solo Úmido na Área Rural..... | 40 |



## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1: Características do solo de São Lourenço do Oeste .....                                      | 18 |
| Tabela 2: Característica e localização dos ensaios realizados utilizando infiltrômetros de anel ..... | 23 |
| Tabela 3: Análises laboratoriais de solo .....  | 27 |
| Tabela 4: Taxa de infiltração obtida nos ensaios .....  | 36 |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....                           | <b>10</b> |
| 1.1 OBJETIVOS .....                                 | 11        |
| <b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....                | <b>12</b> |
| 2.1 INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO .....               | 12        |
| 2.2 MÉTODO DO INFILTRÔMETRO DE ANÉIS .....          | 12        |
| 2.3 IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO .....                 | 13        |
| 2.3.1 Meio Urbano .....                             | 13        |
| 2.3.1.1 Sistema de drenagem de águas pluviais ..... | 14        |
| 2.3.2 Meio Rural .....                              | 15        |
| <b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....          | <b>18</b> |
| 3.1 LOCAL DA PESQUISA .....                         | 18        |
| 3.2 TIPO DE PESQUISA .....                          | 21        |
| 3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS .....           | 21        |
| 3.4 ANÁLISES DOS DADOS .....                        | 24        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....               | <b>27</b> |
| 4.1 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO .....       | 27        |
| 4.2 INFILTRÔMETRO DE ANEL .....                     | 28        |
| 4.3 CURVAS IDF .....                                | 37        |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....                 | <b>41</b> |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....                            | <b>42</b> |
| <b>APÊNDICE</b> .....                               | <b>46</b> |
| <b>ANEXOS</b> .....                                 | <b>48</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a partir da década de 30, a população que era tipicamente rural, passou pelo fenômeno de urbanização acelerada, impulsionado pelo crescimento do setor comercial e de serviços desenvolvidos nos centros urbanos (PHILIPPI et al., 2004). O rápido e crescente processo de urbanização, bem como manejo inadequado do solo em áreas rurais, vão aos poucos degradando o solo e trazendo graves consequências ambientais, sociais e econômicas para toda a população.

Segundo Flores (2014), o processo de urbanização altera o funcionamento do sistema hidrológico provocando a diminuição da recarga dos aquíferos e assim aumento do escoamento superficial, as consequências deste processo ficam mais evidentes em épocas de maior precipitação.

A substituição de áreas florestais para a implementação de áreas agrícolas acarreta em um desequilíbrio no ecossistema em geral, devido à retirada da cobertura vegetal natural para a utilização do solo com a implantação de culturas, simultâneas práticas de manejo inadequadas para a capacidade de suporte do solo, alterando suas propriedades físicas, químicas e biológicas (RICHART et al., 2005). Além de provocar alterações na taxa de infiltração do mesmo, visto que a utilização de maquinários pesados contribui para a compactação do solo, levando ao processo de erosão do solo. O uso descontrolado de atividades de manejo nas áreas rurais vem agravando o processo de compactação do solo, conseqüentemente aumento do escoamento superficial e desencadeamento no processo de erosão do solo, causando prejuízos econômicos e ambientais (JORGE, 1985).

Vale ressaltar, a cobertura vegetal contribui consideravelmente para a taxa de infiltração, devido à capacidade de influenciar sob as propriedades físicas do solo (ALVES, 2007). Em muitos municípios brasileiros podemos nos deparar com casos de alagamentos em épocas de chuvas acumuladas, causando vários transtornos ambientais, econômicos e sociais. Principalmente devido ao processo de urbanização e compactação, os quais causam a impermeabilidade do solo. Logo, a água que infiltraria nesta região necessita buscar alternativas para seguir o seu ciclo, e muitas vezes estas alternativas acabam trazendo prejuízo devido ao escoamento superficial. Considerando a importância de preservar e incentivar o aumento de áreas permeáveis, este estudo teve como objetivos determinar a velocidade de infiltração

básica (VIB) pelo método infiltrômetro de anel em locais específicos no município de São Lourenço do Oeste/ SC, tanto para área urbana, quanto para a área rural, em uma área com cobertura do solo com gramíneas e com solo exposto, após dias de chuva, depois repetido os ensaios em dias sem chuva.

## 1.1 OBJETIVOS

O presente estudo monográfico teve como objetivo a realização de análises físicas e químicas e avaliação da infiltração de água no solo, por meio do método do infiltrômetro de anel, comparando um solo urbano com um rural, tanto expostos quanto cobertos por gramíneas, em duas condições de umidade natural distintas (seco e úmido), realizando uma posterior avaliação do comportamento de absorção de água desses solos com as curvas IDF da região.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

Segundo Bertoni e Neto (1990), entende-se por solo como um mecanismo básico para suporte da cobertura vegetal de terra, fundamental para todos os seres vivos. Nesta cobertura possuem além de culturas, todas as espécies de árvores, gramíneas, raízes, herbáceas, entre tantas outras espécies vegetais.

O processo de infiltração de água consiste em um processo onde a água entra através da superfície do solo. Conforme a água infiltra no solo, a taxa de entrada da água decresce com o decorrer do tempo, adotando um valor mínimo constante, que por sua vez é chamado de velocidade de infiltração básica (VIB) (POTT, 2001).

Segundo Bernardo et al. (2006), a velocidade de infiltração de água no solo, está diretamente relacionada com a textura do mesmo, assim como sua estrutura, umidade, temperatura, porosidade, existência ou não de uma camada menos permeável no perfil longitudinal ou ainda com a cobertura do solo.

Os métodos utilizados para a determinação da infiltração da água no solo, devem ser através de procedimentos que representem adequadamente as condições do solo (PRUSKI et al., 1997).

### 2.2 MÉTODO DO INFILTRÔMETRO DE ANÉIS

Segundo Costa et al. (1999), as taxas de infiltração de água no solo podem ser quantificadas e simuladas através do método do infiltrômetro de anéis (Figura 1). Tal método consiste na utilização de dois tubos cilíndricos concêntricos curtos, fabricado de chapa metálica, com diâmetros variando entre 20 e 90 cm. Após a limpeza superficial do solo, os cilindros são fixados verticalmente no solo, de modo a sobrar uma pequena altura livre. Assim sendo, poderá ser medida a altura da lâmina da água no cilindro central, sendo o cilindro externo utilizado somente para umedecer

o solo ao redor uniformemente para que a água não seja absorvida pelo solo do entorno (SCHMIDT, 2017).



**Figura 1: Infiltrômetro de Anel**  
Fonte: ANA (2017).

## 2.3 IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO

### 2.3.1 Meio Urbano

A transformação do ambiente rural em um meio urbano provoca alterações consideráveis ao meio ambiente. Desta forma, cabe às ações de planejamento urbano a busca de um equilíbrio entre a utilização deste meio e as ações antrópicas. Este Planejamento tem como principal objetivo, o ordenamento do território e ainda a provisão dos elementos essenciais à saúde humana, buscando a garantia de um meio ambiente equilibrado, de boa qualidade, sadio aos seres vivos e às futuras gerações (DOMINGOS; LIMA, 2014).

Conforme afirma Domingos e Lima (2014), o uso do solo é o alicerce para o planejamento municipal, logo é fundamental levar em consideração a sua interação com o sistema de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, sistema de drenagem de águas pluviais, coleta, transporte e disposição final dos resíduos sólidos, e de maneira geral todos os serviços que integram o projeto saneamento municipal.

Com o processo de urbanização e o crescente desenvolvimento do setor imobiliário, construções, edificações, arruamentos, construção de calçadas, cada vez aumenta mais o processo de impermeabilização do solo, conseqüentemente, diminui

a infiltração de água no solo, levando ao aumento do escoamento superficial e assim, problemas nas recargas dos aquíferos, mudanças nos níveis dos lençóis freáticos, além de enchentes e inundações na área urbana, entre outros.

A ocorrência de enchentes ou inundações nas áreas urbanas são fenômenos naturais, porém, ações antrópicas como a impermeabilização do solo contribuem e agravam para a reincidência dos mesmos, desta forma, impedindo a infiltração de água no solo e aumentando o nível de água nos cursos hídricos em níveis significativos, além de prejuízos econômicos, sociais e ambientais de uma forma geral (DOMINGOS; LIMA, 2014).

Do mesmo modo, o planejamento urbano e a proposição de medidas para o aumento da taxa de infiltração no solo em áreas urbanas, são fundamentais para evitar tais danos para a comunidade e para o município de uma forma geral.

#### 2.3.1.1 Sistema de drenagem de águas pluviais

Apesar de fundamental para o planejamento dos municípios, a drenagem de águas pluviais, em muitos casos, tem ficado em segundo plano. Conforme a área urbana foi se desenvolvendo no município, novas construções e pavimentos foram aparecendo, sobre os talwegues e galerias, simultaneamente com os problemas de drenagem, aumentando a impermeabilização do solo e a velocidade de escoamento superficial, diminuindo assim o tempo de retenção das chuvas (PLANO, 2010).

Para amenizar tal situação e evitar prejuízos econômicos, sociais e ambientais para a população, é necessário a adoção de medidas para aumentar a permeabilidade do solo, onde a água da chuva tenderá a infiltrar no solo, sem escoar pela área pavimentada, ou acumular em bocas de lobo, que em determinados locais encontram-se trancadas, ocasionando alagamentos locais.

Conforme Plano (2010), o escoamento proveniente da água da chuva ocorrerá independentemente da presença ou não de um sistema de drenagem adequado para o local, assim, a capacidade do sistema será determinante para os benefícios ou prejuízos para a população.

Segundo Almeida et al. (2017) um dos problemas comuns enfrentados em sistemas de microdrenagem urbana é que as águas devem ser encaminhadas para

as bocas de lobos, porém nem sempre estão dimensionadas para captar as águas afluentes, ou ainda são mal locadas ou fora do fluxo normal de drenagem. Além disso, a limpeza urbana é um fator determinante para evitar o acúmulo de resíduos sólidos como materiais plásticos, galhos, folhas, areias ou terra, que impedem a passagem da água.

No plano de saneamento básico de São Lourenço do Oeste, realizado em 2010, a rede de drenagem não possuía a capacidade de atender todas as vias pavimentadas, as quais correspondiam a 79,37% da extensão de ruas na área urbana (22,7 km de asfalto, 46, 8 km de pedras irregulares e 18 km sem pavimentação) (PLANO, 2010).

Desde 2010, já havia ocorrência de alagamentos na área central do município, seja devido a ineficiência do sistema de drenagem, áreas mínimas para infiltração pluvial, por obstrução ou até mesmo por ausência de bocas de lobo em algumas localidades. Isto posto, torna-se fundamental a valorização de áreas de permeabilidade do solo em residências, áreas comerciais, industriais, públicas, praças e até mesmo em calçadas e canteiros centrais nas vias, além do incentivo em reaproveitar a água da chuva (PLANO, 2010).

### 2.3.2 Meio Rural

Não apenas na área urbana, mas também na área rural, o solo sofre com o processo de compactação. Seja devido ao tráfego de máquinas agrícolas pesadas, ou devido ao incorreto manejo do solo, pode causar grandes mudanças nas características do solo (RICHART et al., 2005). Conforme afirma Jorge (1985), o peso dos veículos sob a superfície do solo, ocasiona na formação de uma força externa, resultando na reorganização das partículas, passando a ocupar menor volume, ou seja, compactando-os.

O nível ou intensidade da compactação está relacionada com vários fatores, tais como, o tipo de solo, a umidade, peso do veículo sobre o solo e a frequência de deslocamento do mesmo. Estes solos compactados pela ação destes veículos se não cultivados, tornam-se mais sujeitos ao processo de erosão devido ao escoamento das águas superficiais, visto que diminui a infiltração da água no solo (JORGE, 1985).



Em solos expostos, a ação da gota da chuva pode impactar o solo, sendo que parte da água infiltra e outra parte acaba escoando, na forma de enxurrada, desencadeando o processo erosivo, variando conforme o tipo do solo ou ainda o sistema de manejo utilizado (POTT, 2001). Segundo Richart et al. (2005), a gota da chuva pode ser considerada como um processo natural de união das partículas, pois com seu impacto em solos descobertos sucedem ao processo de compactação e poderão se desagregar aos poucos.

Dentre as características do solo que podem sofrer alteração em virtude do processo de compactação do solo estão: o aumento na densidade do solo, maior resistência do solo à penetração das raízes, diminuição da macroporosidade, resultando em menor condutividade e acúmulo de água, impedindo a infiltração de água e a penetração das raízes no perfil do solo, conseqüentemente maior susceptibilidade ao processo de erosão (RICHART et al., 2005).

Em seus estudos Richart (2005) afirma que é possível minimizar a compactação do solo com a adoção de técnicas de manejo, como o plantio direto, melhorando as características físicas do solo e o desenvolvimento do sistema de raízes das culturas.

O sistema de plantio direto consiste na menor mobilização do solo, na rotação de culturas e na manutenção da matéria morta na superfície, onde a matéria morta faz com que a temperatura se mantenha constante, além de diminuir a evaporação, mantendo a água no solo (BIZARI et al., 2009).

Consoante a Bertoni e Neto (1990), a rotação de cultura consiste na prática de alterar as culturas em um mesmo terreno, onde a escolha das culturas deverá ser escolhida conforme as condições do solo, a topografia do terreno, o clima e ainda a demanda do mercado.

Com a implementação do sistema de rotação de culturas haverá melhor organização e distribuição das espécies, além da economia em trabalho, auxiliará no controle das ervas daninhas e insetos, aumento das produções e redução de perdas por erosão, assim preservará a produtividade do solo, a manutenção das colheitas e ainda aumentará a quantidade de matéria orgânica no solo (BERTONI; NETO, 1990).

Segundo Richart et al. (2005), a utilização de equipamentos mecanizados na agricultura deve estar de acordo com técnicas que viabilizem a menor alteração nas características físicas do solo. Algumas alternativas que possam minimizar ou ainda prevenir a compactação do solo são: reduzir a movimentação do maquinário no solo,

limitar as operações de preparo do solo, semeadura, tratos culturais e colheita para épocas em que o solo estiver menos propício a compactação (menos água), alternar os níveis de profundidade pelas operações de aração e gradagem, em sistema convencional, praticar a descompactação do solo com equipamentos subsoladores e escarificadores, além de operar máquinas com pneus de carcaça flexível, baixa pressão de inflação, diâmetros largos e com pequenas larguras de secção.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A formatação do presente estudo seguiu as normas disponibilizadas em “Normas para Elaboração de Trabalhos Acadêmicos” (UTFPR, 2008).

#### 3.1 LOCAL DA PESQUISA

A área do estudo está localizada no município de São Lourenço do Oeste, região noroeste do estado de Santa Catarina, sob as coordenadas 26°21'30.4"Sul e 52°50'54.8" Oeste e 895 metros acima do nível do mar (PREFEITURA, 2017).

Segundo o IBGE (2016), o município conta com 356,316 km<sup>2</sup> e 23.698 habitantes. A população se concentra em sua maioria (77,5%), na área urbana. A temperatura média anual é de 22°C, a pluviosidade média anual varia entre 1800 a 2000 mm e o clima da região é predominantemente subtropical (PREFEITURA, 2017).

Do ponto de vista geológico, o município está localizado no Planalto dissecado do Rio Iguaçu/Rio Uruguai, sendo caracterizado por relevo dissecado, composto por vales profundos e encostas em patamares, com altitude variando entre 300 a 1000 metros (POTTER et al., 2004).

Segundo Solos (2004), pesquisa realizada pela Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Solos caracteriza o solo de São Lourenço do Oeste conforme as características apresentadas na tabela a seguir:

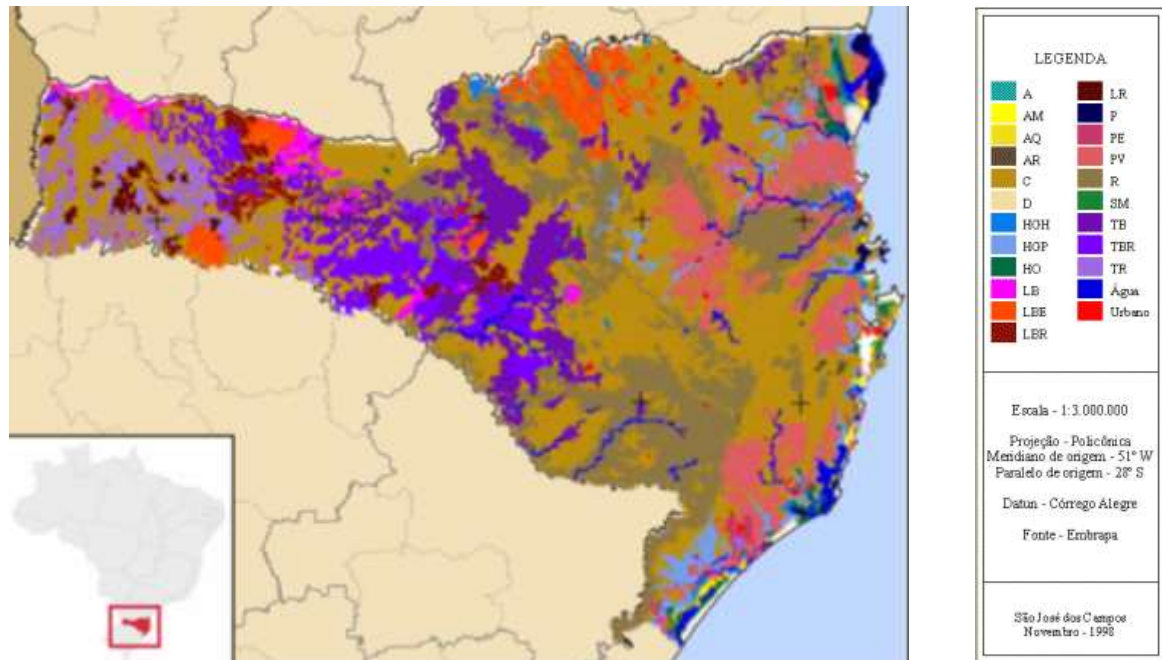
**Tabela 1: Características do solo de São Lourenço do Oeste**

| Horizonte  | Areia grossa | Areia fina | Silte | Argila | %Silte/<br>% Argila | pH água | C (orgânico)<br>% | Cor do Solo (úmido) |
|------------|--------------|------------|-------|--------|---------------------|---------|-------------------|---------------------|
| 0 – 20 cm  | 18           | 8          | 34    | 40     | 0,85                | 6,2     | 2,41              | 5YR3/3              |
| 60 – 80 cm | 9            | 8          | 34    | 59     | 0,41                | 6,6     | 0,67              | 5YR3/4              |

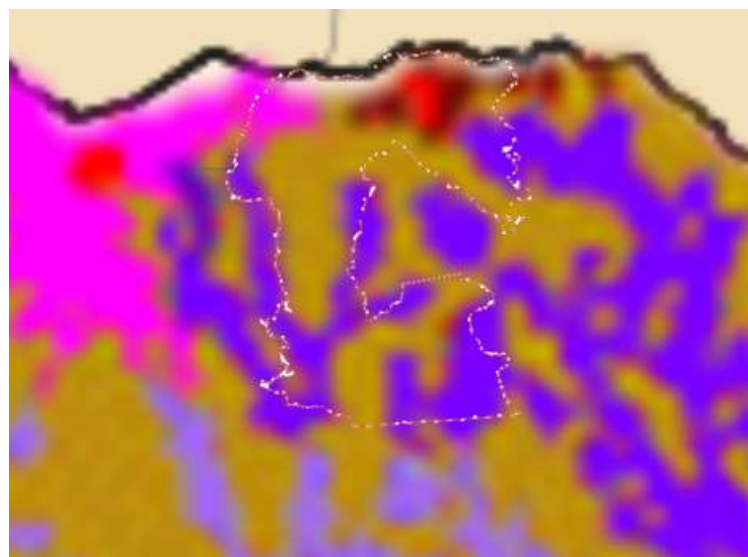
Fonte: Solos (2004).

Sobrepondo o mapa de solos apresentado por Bönisch et al., (2017) com o mapa de Santa Catarina, é possível fazer a delimitação do município de São Lourenço

do Oeste, e desta forma identificar a composição do solo do município, conforme apresentado na Figura 2 e 3.



**Figura 2: Mapa de Solos do Estado de Santa Catarina**  
 Fonte: Adaptado de Bönisch et al. (2017).



**Figura 3: Delimitação do Município no Mapa de Solos de Santa Catarina**  
 Fonte: Adaptado de Bönisch et al. (2017).

Conforme apresentado por Bönisch et al., (2017), as classes do solo com a respectiva simbologia estão apresentadas na Figura 4.

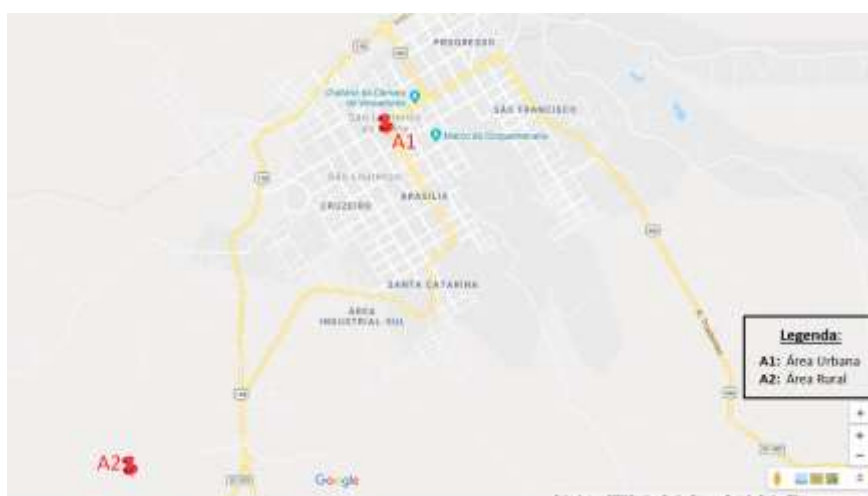
| Simbolo | Unidade taxonômica                   |
|---------|--------------------------------------|
| A       | Solo aluvial                         |
| AM      | Areia quartzosa marinha              |
| AQ      | Areia quartzosa                      |
| AR      | Afloramento rochoso                  |
| C       | Cambissolo                           |
| D       | Duna                                 |
| HGH     | Glei húmico                          |
| HGP     | Glei pouco húmico                    |
| HO      | Solo orgânico                        |
| LB      | Latossolo bruno                      |
| LBE     | Latossolo bruno / Latossolo vermelho |
| LBR     | Latossolo bruno / Latossolo roxo     |
| LR      | Latossolo roxo                       |
| P       | Podzol                               |
| PE      | Podzólico vermelho - escuro          |
| PV      | Podzólico vermelho - amarelo         |
| R       | Rigossolo                            |
| SM      | Solo salino indiscriminado costeiro  |
| TB      | Terra bruna estruturada              |
| TBR     | Terra bruna / Terra roxa estruturada |
| TR      | Terra roxa estruturada               |

**Figura 4: Classe dos Solos e Respectiva Simbologia**  
**Fonte: Bönisch et al. (2017).**

Assim, podemos perceber que o município possui diferentes tipos de solos ao longo de toda sua área, sendo eles cambissolo, latossolo bruno/ latossolo roxo, terra bruna/ terra roxa estruturada e terra roxa estruturada (BÖNISCH et al., 2017).

Uma amostra de solo do local onde foram realizados os experimentos na área urbana e uma amostra da área rural foram coletadas, com auxílio de pás, enxadas, sacos plásticos e etiquetas. Na sequência, foram identificados e encaminhados para análise das propriedades físicas e químicas, as quais foram realizadas pelo laboratório de solos da UTFPR do Campus Pato Branco.

A Figura 5 indica os pontos de análise das áreas urbana e rural no município.



**Figura 5: Indicação dos Pontos de Análise na Área Urbana e Área Rural do Município**  
**Fonte: Adaptado Google Maps (2018).**

### 3.2 TIPO DE PESQUISA

Em relação aos objetivos da pesquisa, ela pode ser classificada como pesquisa explicativa, na qual se baseia em métodos experimentais para a coleta dos dados e identifica fatores que contribuem para a ocorrência do fenômeno, pesquisa que aprofunda o conhecimento sobre a realidade (GIL, 2002).

Quanto aos procedimentos técnicos o estudo se enquadra como sendo uma pesquisa do tipo experimental, visto que, para a coleta dos dados, foram realizados experimentos, baseando-se também na fundamentação teórica análise e interpretação dos dados (BORTOLI, 2017). Segundo Gil (2002), na pesquisa experimental, tem-se o objeto a ser estudado, selecionando as variáveis que influenciam no mesmo, definindo-se formas de controle e observação dos efeitos.

Assim, a pesquisa foi experimental com delineamento estatístico de blocos ao acaso.

Desta forma, um bloco designa-se para área rural e outro para área urbana, com variância em cada um dos blocos onde foi aplicado o teste de infiltração em solo exposto e em solo com cobertura de gramíneas, fazendo repetições do tipo de cobertura em cada um dos blocos determinados.

### 3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados consiste na busca de informações para a realização da análise de dados, junto aos sujeitos da pesquisa, obtendo os resultados da pesquisa. Os instrumentos de coleta de dados são utilizados para obtenção de dados para dar sequência na análise do problema investigado (FREGONEZE et al., 2014).

Seguindo a metodologia adotada por Bernardo et al. (2006), para a coleta de dados, foram realizados ensaios utilizando o método do infiltrômetro de anel, que consiste na utilização de dois anéis metálicos, sendo o anel metálico maior, com 40 cm de diâmetro e um anel menor, com 20 cm de diâmetro, ambos com 30 cm de altura.

Inicialmente foi realizada a limpeza superficial do solo, e então fixados no solo ambos os cilindros com o mesmo centro, com auxílio de uma tábua de madeira colocada na superfície do cilindro e com uma marreta (Figura 6).



**Figura 6: Infiltrômetro e Materiais Utilizados nos Ensaio**  
**Fonte: Autoria Própria.**

Em seguida, foi colocado um plástico para evitar que a água infiltre antes do início das leituras (Figura 7), então foi colocado água em ambos os cilindros e posteriormente retirado o plástico, para dar início ao ensaio. As leituras foram realizadas no cilindro interno, com auxílio da régua graduada e cronômetro. Sempre que necessário foi repostado a água de ambos os cilindros para que a infiltração fosse contínua. Para cada ensaio foi analisada a infiltração por um período de 60 minutos.



**Figura 7: Infiltrômetros de Anel com Plástico e Régua Graduada, em Solo Exposto e Gramínea. Fonte: Autoria Própria.**

Vale destacar que o cilindro externo é utilizado para neutralização do efeito da infiltração nas laterais do solo (NUNES et al., 2012), assim o anel externo irá garantir que a água do cilindro interno ocorra no sentido vertical, evitando a distribuição da água infiltrada pelas laterais.

Conforme apresentado na Tabela 2, estes ensaios foram repetidos em local com cobertura do solo com gramíneas e com solo exposto na área urbana e na área rural do município, executando tais ensaios em duplicata para obter maior eficácia nos resultados. Os ensaios foram propositalmente desempenhados em dia seco e outro após alguns dias de chuva, quando o solo estava previamente úmido.

**Tabela 2: Característica e localização dos ensaios realizados utilizando infiltrômetros de anel**

| Local       | Uso do Solo  | Umidade    | Coordenadas   |               |
|-------------|--------------|------------|---------------|---------------|
|             |              |            | Latitude      | Longitude     |
| Área urbana | Solo exposto | Solo seco  | 26°21'18.9" S | 52°51'09.0" O |
|             |              | Solo úmido |               |               |
|             |              | Solo úmido |               |               |
| Área Rural  | Solo exposto | Solo seco  | 26°22'52.0"S  | 52°52'30.9"W  |
|             |              | Solo úmido |               |               |
|             |              | Solo úmido |               |               |

Fonte: Autoria Própria.

Portanto, as leituras foram efetuadas conforme a variação da infiltração, fazendo a reposição da água sempre que necessário. O tempo foi cronometrado e anotado em uma tabela previamente elaborada (Apêndice A) e após cada centímetro



de infiltração, os valores foram anotados na planilha até completar uma hora de ensaio.

Segundo Schmidt (2017), a capacidade de infiltração da água no solo pode ser medida pela equação de Horton, conforme apresentada na Equação 1:

$$f = f_c + (f_0 - f_c) \cdot e^{-kt} \quad (1)$$

Onde, “f” é a capacidade de infiltração no tempo t (mm/h), “f<sub>0</sub>” é a capacidade de infiltração inicial para (mm/h), “f<sub>c</sub>” é a capacidade de infiltração final (mm/h), “k” é uma constante para cada curva (horas<sup>-1</sup>) e “t” é o tempo (horas).

Após a obtenção dos dados em campo, foram construídos gráficos de curvas de infiltração, com os valores encontrados para a infiltração (f) ao longo do tempo (minutos) acompanhados durante o experimento.

### 3.4 ANÁLISES DOS DADOS

De acordo com Labes (1998), a análise e a interpretação de dados referem-se a aptidão em racionar e técnica do pesquisador em estruturar as informações obtidas, além de explorar os dados com levantamentos para viabilizar o conhecimento sobre os fatos ou relações existentes na delimitação da pesquisa.

Deste modo, com os dados e tabelas obtidos em campo através dos ensaios, com os anéis concêntricos, foram construídos gráficos (de dispersão) com a variação da taxa de infiltração em centímetros ao longo do tempo, tanto para análise da infiltração na área urbana quanto para área rural, em dia com e sem chuva e posteriormente comparados tais gráficos para apreciação dos fatores intervenientes, ou não, em cada ensaio.

Utilizando o método de regressão para a análise dos dados, relacionando a variável y, correspondente a variável resposta ou dependente com a variável X, chamada de variável explicativa ou independente (BARBETTA, 2004), foi possível obter equação (y) para cada um dos pontos, bem como o coeficiente de determinação ou de explicação (R<sup>2</sup>), que segundo Viali (2018) indica a porcentagem da variação explicada pela regressão sobre a variação total, varia entre 0 e 1, quanto mais próximo de 1, significa que os dados se aproximam mais da reta de regressão e as variações

da variável Y são explicadas pelas variações das variável Y, ocorrendo pouco desvio sobre a função estimada, por outro lado, quanto mais próximo de 0, as variações de Y são mais aleatórias e ainda podem ser explicadas por outras variações, exceto pelo X. Em seguida um novo gráfico foi gerado, obtendo a média entre os dois pontos.

Com as equações encontradas para cada ponto analisado e com os minutos previamente determinados (1, 5, 15, 30, 45 e 60 minutos), foi efetuado o gráfico resultante para os minutos analisados, assim foi possível juntar com o gráfico da curva IDF de Pato Branco para um novo comparativo.

Os estudos das chuvas intensas são de suma importância, desde o projeto hidráulico, para dimensionar bueiros, pontes, canais, entre outros. Visto que quando ocorrem estas chuvas, estas podem ocasionar grandes prejuízos como inundação e até disseminar doenças de veiculação hídrica. Desta forma, para assimilar tais chuvas é necessário relacionar a precipitação que uma determinada chuva atinge em uma área específica, com uma duração de tempo, com uma probabilidade de ocorrência em um ano qualquer analisado (COLLISCHONN, 2008).

Ainda segundo Collichonn (2008), realizando análises estatísticas de longas séries de dados pluviográficos é possível obter a curva de Intensidade, duração e frequência (IDF). A relação IDF pode ser expressa através de gráficos ou por equações de chuvas intensas. Vale ressaltar que esta relação IDF varia de local para local e só pode ser determinada empiricamente através de uma longa série de observações pluviográficas locais (BACK, 2006).

A obtenção da curva foi obtida através da Equação 2

$$I = \frac{a \cdot Tr^b}{(Td + c)^d} \quad (2)$$

Sendo I a intensidade da chuva (mm/hora), Tr, o tempo de retorno (anos), Td a duração da precipitação (minutos) e a, b, c e d, parâmetros de cada local estudado.

O período de retorno, também chamado de tempo de recorrência, consiste no tempo médio (em anos) em que uma chuva específica será igualada ou superada pelo menos uma vez. De forma que o tempo de recorrência (Tr) é selecionado de acordo com a obra e o risco assumido. Para este estudo foi optado pelo tempo de recorrência de 5 anos.

Para comparação da Curva IDF, optou-se por utilizar a curva disponível para o município de Pato Branco, visto que foi o local mais próximo de São Lourenço do

Oeste que apresenta tais dados e possibilitou o comparativo, sendo estes dados obtidos com auxílio do Software Plúvio (DEA - UFV).

Com o gráfico da curva IDF do município de Pato Branco, foi possível unir com o gráfico de infiltração para cada ensaio realizado, gerando novas comparações em relação ao solo urbano e rural, sendo o solo inicialmente úmido e com o solo inicialmente seco.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO

As características, ou até mesmo a composição do solo, influenciam significativamente na capacidade de absorção e água no solo. Em solos arenosos a infiltração é relativamente mais rápida, porém a retenção é menor devido a predominância de macroporos, permitindo a passagem livre da água, sendo estes solos caracteristicamente mais secos e mais soltos e com menor potencial de compactação. Por outro lado, os solos argilosos retêm maiores porções de água, devido à predominância de microporos, porém, são facilmente compactados, reduzindo os espaços porosos, limitando a passagem de ar e água, contribuindo para o escoamento superficial da água pluvial (LOPES, 1989).

Os resultados das análises das características físicas e químicas, informadas pelo laboratório de solos em relação as amostras estudadas tanto para a área urbana (Anexo A) quanto rural (Anexo B) do município, podem ser observadas na Tabela 3.

**Tabela 3: Análises laboratoriais de solo**

|               | Unidade                                | Análise área Urbana | Análise área Rural |
|---------------|--|---------------------|--------------------|
| MO            | (gdm <sup>3</sup> )                    | 33,51               | 37,53              |
| P             | (mgdm <sup>-3</sup> )                  | 3,61                | 3,61               |
| K             | (cmole <sub>e</sub> dm <sup>-3</sup> ) | 0,65                | 0,33               |
| pH            | (CaCl <sub>2</sub> )                   | 6,40                | 4,50               |
| Índice SMP    | -                                      | 6,70                | 5,40               |
| H+ Al         | (cmole <sub>e</sub> dm <sup>-3</sup> ) | 2,95                | 7,76               |
| Ca            | (cmole <sub>e</sub> dm <sup>-3</sup> ) | 19,90               | 10,40              |
| Mg            | (cmole <sub>e</sub> dm <sup>-3</sup> ) | 13,00               | 1,80               |
| SB            | (cmole <sub>e</sub> dm <sup>-3</sup> ) | 33,55               | 12,53              |
| V             | (%)                                    | 91,92               | 61,75              |
| Argila        | (%)                                    | <b>57,00</b>        | <b>60,00</b>       |
| Areia         | (%)                                    | <b>11,30</b>        | <b>20,40</b>       |
| Silte         | (%)                                    | 31,70               | 19,60              |
| Valor do CTC: |  | 36,50               | 20,29              |
| K             | (%)                                    | 1,78                | 1,63               |
| Mg            | (%)                                    | 35,62               | 8,87               |
| Ca            | (%)                                    | 54,52               | 51,26              |
| H+Al          | (%)                                    | 8,08                | 38,25              |

Fonte: Autoria Própria.

Percebe-se que em relação ao teor de argila, os solos analisados possuem bastante semelhança. Diferenciam-se mais em relação ao teor de areia e silte, sendo

o solo da área rural mais arenoso, enquanto o teor de silte é maior na área urbana, sendo que pelo triângulo de classificação de solos de Kieh (1979), ambos podem ser classificados como solos argilosos.

Conforme afirma Lopes (1989), as areias possuem a capacidade de reter pouca água devido ao grande espaço poroso, enquanto as argilas absorvem maiores quantidades de água, visto que possuem menores espaços porosos. Desta forma, o teor de argila e areia pode ter influenciado na infiltração neste estudo, uma vez que o teor de areia na área rural é significativamente maior que na área urbana.

#### 4.2 INFILTRÔMETRO DE ANEL

Fazendo o gráfico de dispersão dos dados obtidos em campo, os quais resultaram dos ensaios ocorridos no solo exposto em área urbana, podemos observar que o Ponto A é a primeira repetição e o Ponto B a segunda sob as mesmas condições, com o solo previamente seco (Figura 8-1).

No Ponto A, a velocidade de infiltração inicial observada foi 0,68 cm/min e gradualmente no decorrer do tempo este valor foi diminuindo até atingir uma taxa de infiltração aproximada de 0,53 cm/min, enquanto no Ponto B, a 0,35 cm/min e após uma hora de infiltração foi decaindo até 0,22 cm/min. Pode-se perceber que para um mesmo ponto, realizado na mesma localidade, ao mesmo tempo, há uma diferença significativa da infiltração.

Em relação ao tempo de estabilização da infiltração, no Ponto A aconteceu perto dos 48 minutos, já no Ponto B próximo aos 38.

Comparando as médias dos ensaios realizados na área urbana (Figura 8-2) e na área rural (Figura 9-2), a taxa de infiltração foi maior na área rural do que na área rural. Percebe-se com isso, que em ambos os pontos a taxa de infiltração tendem a diminuir e se estabilizarem com o tempo, enquanto o valor da infiltração acumulada tende a aumentar.

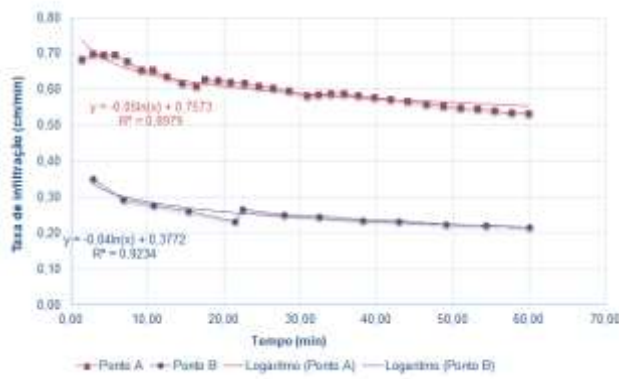


Gráfico 1

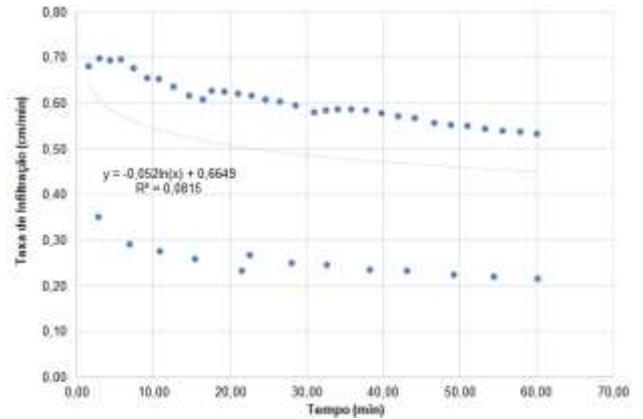


Gráfico 2

**Figura 8: Gráfico 1 Resultante das Análises da Infiltração do Solo Exposto com Solo Seco na Área Urbana, Sendo Ponto A, Primeira Repetição e Ponto B Segunda Repetição na Área, e Gráfico 2 Média Entre os Dois Pontos.**

Fonte: Autoria Própria.

Da mesma forma, após ensaios realizados nas mesmas condições anteriores, porém na área rural (Figura 9-1), a velocidade de infiltração inicial foi 0,18 cm/min e 0,55 cm/min, nos Pontos A e B respectivamente, e após uma hora de infiltração foi decaindo até 0,12 cm/min e 0,16 cm/min. Neste ensaio também apresentou uma grande diferença entre os dois pontos. A estabilização da infiltração aconteceu próximo aos 28 minutos em ambos os pontos.

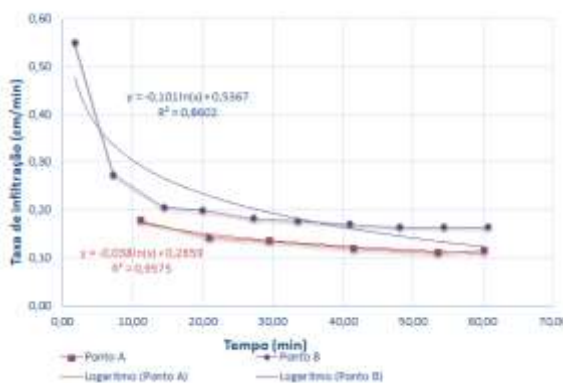


Gráfico 1

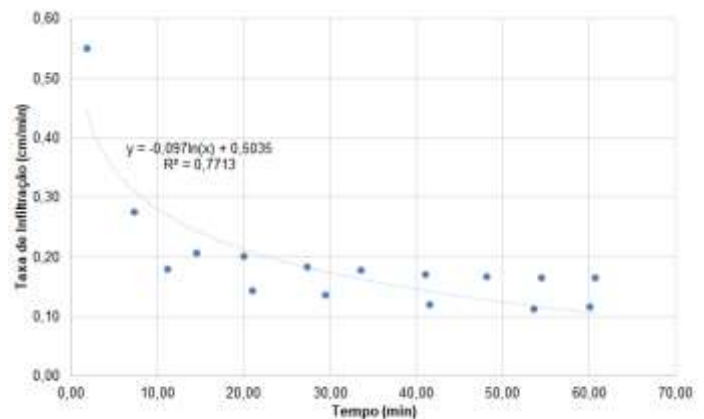


Gráfico 2

**Figura 9: Gráfico 1 Resultante das Análises da Infiltração do Solo Exposto com Solo Seco na Área Rural, Sendo Ponto A, Primeira Repetição e Ponto B Segunda Repetição na Área, e Gráfico 2 a Média Entre os Dois Pontos.**

Fonte: Autoria Própria.

Quanto ao coeficiente de determinação da média da área urbana ficou em  $R^2=0,0815$ , já da área rural  $R^2=0,7713$ , sendo que o coeficiente da média para área rural ficou mais próximo de 1, ou seja, os dados se aproximam da reta de regressão, e as

variações da variável Y são aproximadamente 77% explicadas pelas variações da variável X, ocorrendo poucos desvios em torno da função estimada. Enquanto o coeficiente obtido na área urbana ficou bem próximo de zero. Logo, as variações de Y são explicadas por outros fatores que não o X.

Nos ensaios realizados no solo coberto por gramínea, na área urbana (Figura 10-1), a taxa de infiltração inicial observada nos pontos A e B, respectivamente, foram 0,38 cm/min e 0,34 cm/min, no decorrer do tempo este valor foi diminuindo até atingir uma taxa de infiltração aproximada de 0,32 cm/min e 0,23 cm/min. Neste ensaio foi menor a diferença das taxas obtidas nos pontos A e B. O tempo de estabilização da infiltração, no Ponto A aconteceu perto dos 12 minutos, já no Ponto B próximo aos 30.

Comparando as médias do solo coberto por gramínea na área urbana (Figura 10-2) e na área rural (Figura 11-2), a taxa de infiltração inicial foi maior na área rural, e a taxa de infiltração final foi semelhante para ambas as áreas estudadas.

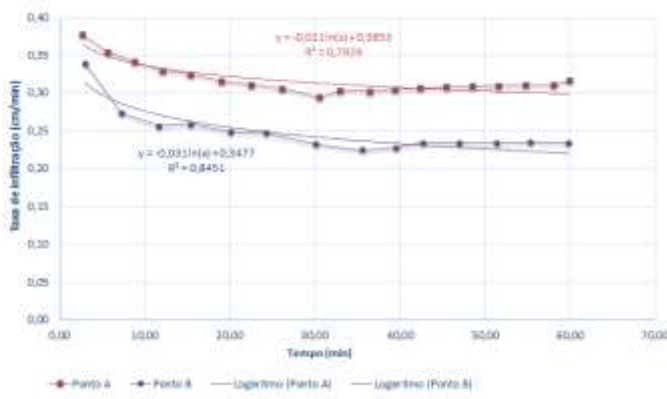


Gráfico 1

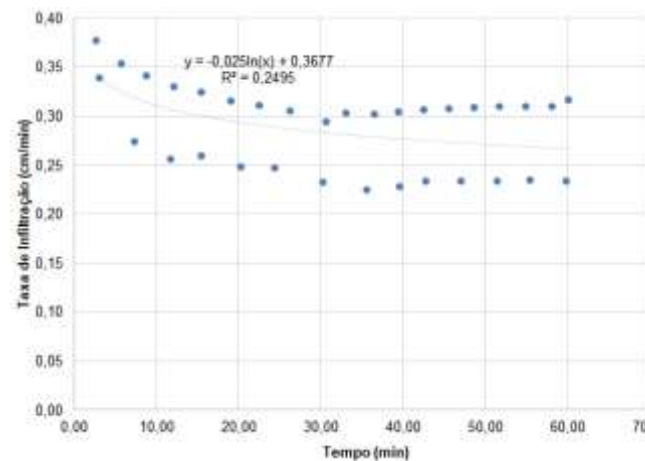


Gráfico 2

**Figura 10: Gráfico 1 Resultante das Análises da Infiltração do Solo Coberto por Gramínea Com Solo Seco na Área Urbana, Sendo Ponto A, Primeira Repetição e Ponto B Segunda Repetição na Área , e Gráfico 2 a Média Entre os Dois Pontos.**

Fonte: Autoria Própria.

Na área rural, no solo coberto por gramínea (Figura 11-1), os valores obtidos das taxas de infiltração ao longo do tempo foram bem próximos, diferente dos ensaios anteriores, sendo que a taxa inicial do Ponto A foi 0,44 cm/min e do Ponto B 0,54 cm/min, após uma hora de infiltração a taxa obtida foi de 0,32 e 0,33 cm/min respectivamente. A estabilização da infiltração aconteceu próximo aos 29 minutos em ambos os pontos.

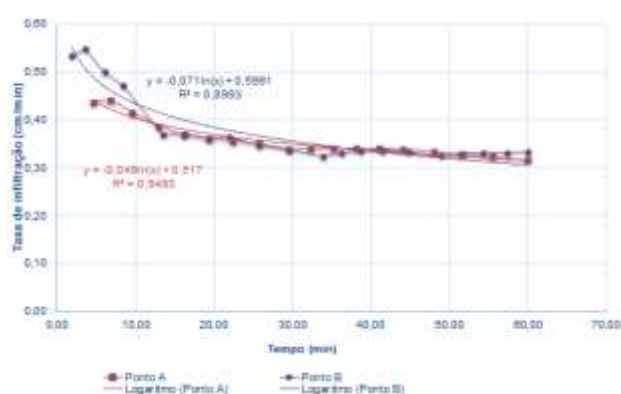


Gráfico 1

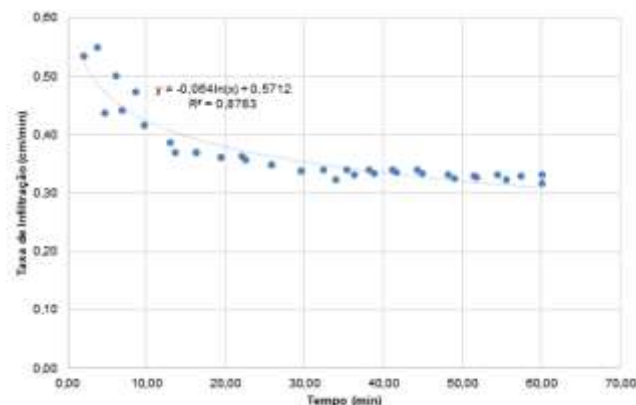


Gráfico 2

**Figura 11: Gráfico 1 Resultante das Análises da Infiltração do Solo Coberto por Gramínea Com Solo Seco na Área Rural, Sendo Ponto A, Primeira Repetição e Ponto B Segunda Repetição na Área, e Gráfico 2 a Média Entre os Dois Pontos.**

Fonte: Autoria Própria.

Em relação ao coeficiente de determinação da média da área urbana ficou em  $R^2 = 0,2495$ , já da área rural  $R^2 = 0,8783$ , novamente o coeficiente da média para área rural ficou mais próximo de 1, ou seja, novamente os dados se aproximam da reta de regressão, assim as variações da variável Y são aproximadamente 88% explicadas pelas variações da variável X, ocorrendo poucos desvios em torno da função estimada.

A infiltração menor foi no solo coberto por gramínea na área urbana e a infiltração maior aconteceu na área rural, tendo maior intensidade no solo exposto. Isto pode ser justificado pelo fato de cada vez mais é intensificada a impermeabilização do solo nas áreas urbanas, ocasionando na redução do potencial de absorção do solo.

No estudo de Mancuso et al. (2014), realizado no Rio Grande do Sul, foi analisado a velocidade de infiltração em diferentes coberturas de solo existentes, com intuito de verificar os solos mais favoráveis a infiltração das águas pluviais na cidade (área urbana), sendo solo com cobertura de árvores mistas, cobertura de citrus, gramado, rotação de culturas e solo exposto, também utilizando os infiltrômetros de anel, os solos arejados (citrus e rotação de culturas) apresentaram maior infiltração em relação aos demais. Destaca ainda, em seus resultados, que a área estudada coberta por gramado, por ser considerado área verde, seriam favoráveis a infiltração, porém no estudo não se apresentou como a melhor estratégia para a infiltração da água em áreas urbanas.



O mesmo não aconteceu no estudo de Santos et al. (2017), onde foram realizados ensaios, também utilizando o método dos infiltrômetro de anéis, em área rural de Alagoas e dentre os resultados obtidos, o solo com cobertura vegetal teve maior infiltração e maior velocidade de infiltração em relação ao solo exposto, justificando que a presença do sistema radicular facilita a infiltração da água.

Nos oito dias que antecederam o início dos ensaios com solo úmido, obteve-se um índice pluviométrico acumulado de aproximadamente 223 mm, na região, tais dados obtidos através da estação pluviométrica do município de Anchieta - SC, sendo o local mais próximo do município com dados atualizados e disponíveis através do Centro de informações de recursos ambientais e de hidrometeorologia de Santa Catarina.

Fazendo o gráfico de dispersão dos dados obtidos em campo resultante dos ensaios realizados no solo exposto em área urbana, com o solo previamente úmido (Figura 12-1) no Ponto A, a velocidade de infiltração inicial observada foi 0,33 cm/min e gradualmente no decorrer do tempo este valor foi diminuindo até atingir uma taxa de infiltração aproximada de 0,23 cm/min, enquanto no Ponto B a 0,80 cm/min e após uma hora de infiltração foi decaindo até 0,25 cm/min. O tempo de estabilização da infiltração, no Ponto A aconteceu perto dos 47 minutos, já no Ponto B próximo aos 56.

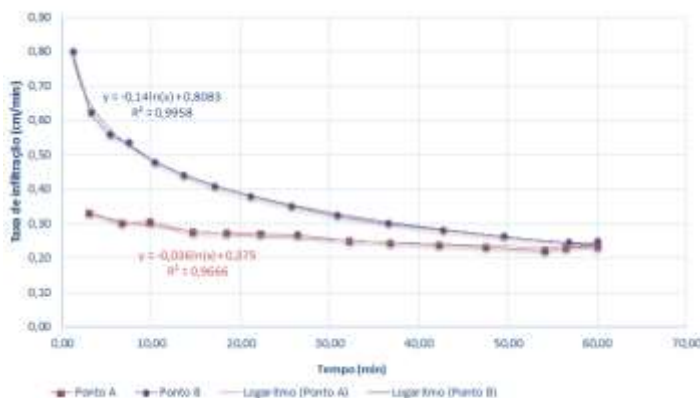


Gráfico 1

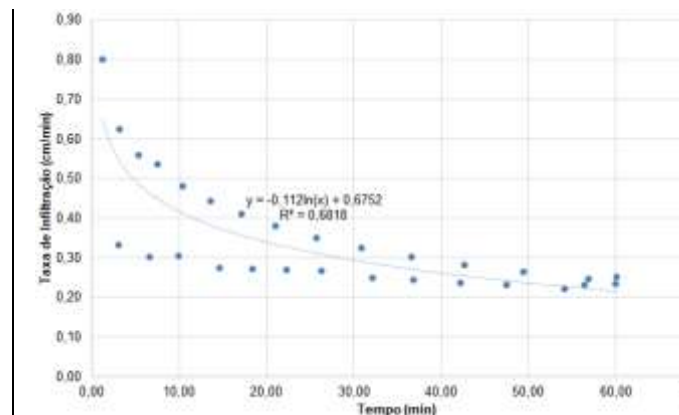


Gráfico 2

**Figura 12: Gráfico 1 Resultante das Análises da Infiltração do Solo Exposto com Solo Úmido na Área Urbana, Sendo Ponto A, Primeira Repetição e Ponto B Segunda Repetição Na Área, e Gráfico 2 a Média Entre os Dois Pontos.**

Fonte: Autoria Própria.

Comparando as médias dos ensaios realizados com o solo úmido na área urbana (Figura 12-2) e na área rural (Figura 13-2), a taxa de infiltração foi maior na área rural do que na área urbana, percebe-se que em ambos os pontos a taxa de infiltração tende a diminuir e se estabilizar com o tempo enquanto o valor da infiltração acumulada tende a aumentar.

Da mesma forma, após ensaios realizados nas mesmas condições anteriores, porém na área rural (Figura 13-1), a velocidade de infiltração inicial foi de 1,33 cm/min e 3,53 cm/min, nos Pontos A e B respectivamente, e após uma hora de infiltração foi decaindo até 0,28 cm/min e 0,52 cm/min. Neste ensaio também apresentou uma diferença significativa entre os dois pontos. O tempo de estabilização da infiltração em ambos os pontos foi em torno dos 32 minutos.

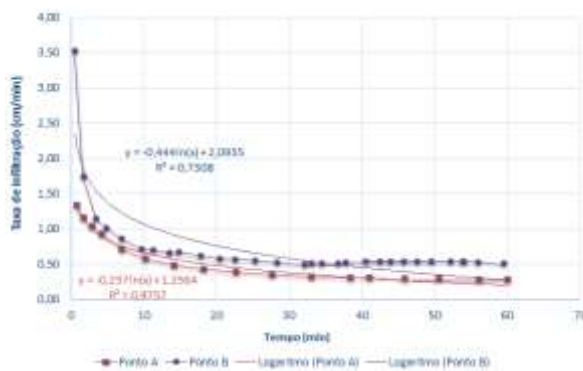


Gráfico 1

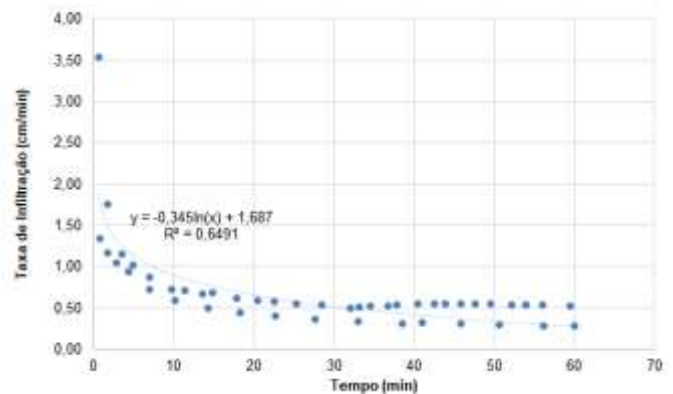


Gráfico 2

**Figura 13: Gráfico 1 Resultante das Análises da Infiltração do Solo Exposto com Solo Úmido na Área Rural, Sendo Ponto A, Primeira Repetição e Ponto B Segunda Repetição na Área, e Gráfico 2 a Média Entre os Dois Pontos.**

Fonte: Autoria Própria.

Quanto ao coeficiente de determinação da média da área urbana ficou em  $R^2=0,6818$ , já da área rural  $R^2=0,6491$ , os coeficientes ficaram bem aproximado para ambas as áreas, os dados ficaram mais que 60% próximos da reta de regressão, logo

as variações das variáveis Y são aproximadamente 68 e 65%, para as áreas urbanas e rurais, respectivamente, ocorrendo poucos desvios em torno da função estimada.

Nos ensaios realizados no solo coberto por gramínea, na área urbana (Figura 14-1), a taxa de infiltração inicial observada nos pontos A e B, respectivamente, foram 0,37 cm/min e 0,60 cm/min, no decorrer do tempo este valor foi diminuindo até atingir uma taxa de infiltração aproximada de 0,21 cm/min e 0,43 cm/min. O tempo de estabilização da infiltração, no Ponto A aconteceu perto dos 25 minutos, já no Ponto B próximo aos 31.

No local onde foram realizados os experimentos com solo exposto na área urbana, é local de pouca passagem ou de intervenção antrópica, por outro lado, o solo exposto da área rural é uma área com bastante árvores frutíferas, o que pode haver uma certa compactação do solo, levando em consideração o fluxo de pessoas, consequentemente um maior grau de compactação em relação ao solo da área urbana, o que pode ter interferido na taxa de infiltração destes solos.

Comparando as médias do solo coberto por gramínea na área urbana (Figura 14-2) e na área rural (Figura 15-2), a taxa de infiltração inicial e a infiltração final foi maior na área rural.



Gráfico 1

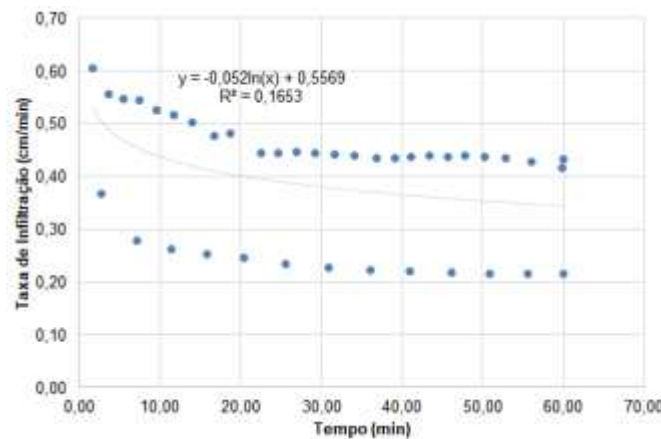


Gráfico 2

**Figura 14: Gráfico 1 Resultante das Análises da Infiltração do Solo Coberto por Gramínea Com Solo Úmido na Área Urbana, Sendo Ponto A, Primeira Repetição e Ponto B Segunda Repetição na Área, e Gráfico 2 a Média Entre os Dois Pontos.**

Fonte: Autoria Própria.

Na área rural, no solo coberto por gramínea (Figura 15-1), os valores da taxa inicial do Ponto A foi 0,67 cm/min e do Ponto B 1,22 cm/min, após uma hora de infiltração a taxa obtida foi de 0,34 e 0,70 cm/min respectivamente.



Gráfico 1

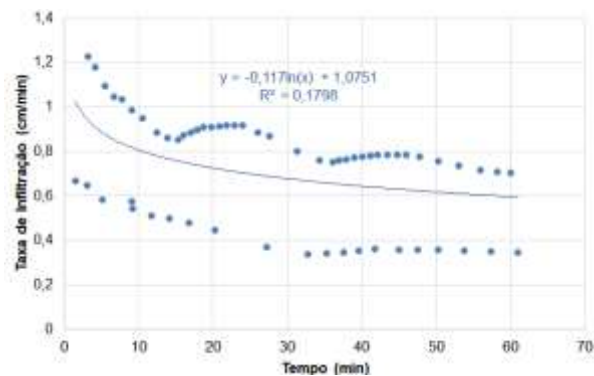


Gráfico 2

**Figura 15: Gráfico 1 Resultante das Análises da Infiltração do Solo Coberto por Gramínea Com Solo Úmido na Área Rural, Sendo Ponto A, Primeira Repetição e Ponto B Segunda Repetição na Área, e Gráfico 2 a Média Entre os Dois Pontos.**

Fonte: Autoria Própria.

Os coeficientes de determinação da média obtidos para área urbana e área rural foram respectivamente  $R^2 = 0,1653$  e  $R^2 = 0,1798$ , relativamente mais próximos a zero, distante da reta de regressão em relação aos ensaios anteriormente apresentados. Logo, as variações de Y são explicadas por outros fatores que não o X.

No local onde foram realizados os experimentos no solo coberto por gramínea na área urbana é um local de pouca passagem de pessoas, porém pode haver deposição de matérias estranho, como pedras e areia de construção, escavação para colocação de dutos, tendo em vista a proximidade de residências. Por outro lado, a gramínea na área rural ocorre passagem frequente de gado, ou seja, animais pesados, o que pode ter contribuído para aumento da compactação do solo, consequentemente diminuído a taxa de infiltração do solo local.

Segundo Marchão (2007) a compactação do solo por pisoteio de animal pode diminuir a taxa de infiltração e facilitar a erosão do solo, além de interferir o crescimento radicular das espécies representantes da flora, porém o grau de compactação depende da classe do solo, do teor de umidade, taxa de lotação animal entre outros fatores.

Assim como aconteceu nos ensaios como solo previamente seco, nos ensaios com solo úmido, a infiltração menor foi no solo coberto por gramínea na área urbana e a infiltração maior aconteceu na área rural, sendo mais intensamente no solo exposto.

Fazendo um comparativo dos tempos em que aconteceu a saturação do solo, os valores foram bem semelhantes em relação ao observado no solo seco ou no solo úmido.

Em todos os ensaios, no início da infiltração, quando o solo ainda estava relativamente seco ou menos úmido, a velocidade de infiltração foi alta, diminuindo com o tempo. Assim como afirma Bernardo et al. (2006), a infiltração acumulada apresenta uma relação inversa entre a velocidade de infiltração e a infiltração acumulada, de forma que a velocidade em que ocorre a infiltração diminui e tende a se estabilizar com o tempo enquanto o valor da infiltração acumulada tende a aumentar.

Analisando a taxa de infiltração com o solo previamente seco e com o solo úmido, a infiltração foi maior com o solo úmido, quando comparado com as variações nos ensaios realizados em solo exposto da área rural e urbana e no solo coberto por gramínea também da área rural e urbana.

Como pode ser observado na Tabela 4, foram apresentadas as taxas de infiltração em centímetro por minuto para cada ensaio, com a taxa inicial, a taxa final e ainda a variação da infiltração entre o inicial e o final, além do tempo em que houve a estabilização dentro dos 60 minutos de cada ensaio.

**Tabela 4: Taxa de infiltração obtida nos ensaios**

|                     |        | <b>SOLO SECO</b>        |                       |                |                              |
|---------------------|--------|-------------------------|-----------------------|----------------|------------------------------|
|                     |        | <b>Inicial (cm/min)</b> | <b>Final (cm/min)</b> | <b>Varição</b> | <b>Estabilizou (minutos)</b> |
| <b>Solo Exposto</b> | Urbano | 0,68                    | 0,53                  | 0,15           | 48                           |
|                     |        | 0,35                    | 0,22                  | 0,13           | 38                           |
| <b>Solo Exposto</b> | Rural  | 0,18                    | 0,12                  | 0,06           | 29                           |
|                     |        | 0,55                    | 0,16                  | 0,39           | 27                           |
| <b>Gramínea</b>     | Urbano | 0,38                    | 0,32                  | 0,06           | 12                           |
|                     |        | 0,34                    | 0,23                  | 0,11           | 30                           |
| <b>Gramínea</b>     | Rural  | 0,44                    | 0,32                  | 0,12           | 29                           |
|                     |        | 0,54                    | 0,33                  | 0,21           | 29                           |
|                     |        | <b>SOLO ÚMIDO</b>       |                       |                |                              |
| <b>Solo Exposto</b> | Urbano | 0,33                    | 0,23                  | 0,10           | 47                           |
|                     |        | 0,80                    | 0,25                  | 0,55           | 56                           |
| <b>Solo Exposto</b> | Rural  | 1,33                    | 0,28                  | 1,05           | 33                           |
|                     |        | 3,53                    | 0,52                  | 3,01           | 32                           |
| <b>Gramínea</b>     | Urbano | 0,37                    | 0,21                  | 0,16           | 25                           |
|                     |        | 0,60                    | 0,43                  | 0,17           | 31                           |
| <b>Gramínea</b>     | Rural  | 0,67                    | 0,34                  | 0,33           | 32                           |
|                     |        | 1,22                    | 0,7                   | 0,52           | 31                           |

**Fonte: Autorial Própria.**

A taxa de infiltração com o solo úmido foi relativamente maior, em quase todos os ensaios e repetições realizados, podendo afirmar que a água infiltrou mais rápido com o solo úmido, isso pode ser justificado devido à presença da água no entorno, visto que com o solo previamente seco ele acaba absorvendo a água do cilindro externo rapidamente e demorando mais para infiltrar a água do cilindro interno, sendo que com o solo previamente úmido esta reação ocorre de maneira mais suave.

Além disso, inúmeros fatores podem interferir significativamente para estudo da infiltração da água no solo, como a compactação na área, temperatura, quantidade de ar no solo, teor de umidade, capilaridade, características e propriedades específicas de cada solo.

A quantidade de água capaz de infiltrar ou escorrer sob a superfície do solo sofrer influência de muitas funções ecológicas ou das práticas de manejo do mesmo, ou seja, o carreamento de substâncias químicas para o lençol freático para rios e lagos está diretamente associado ao controle destes processos, visto que as interações acabam interferindo no teor de água perdida devido a processos de lixiviação e evapotranspiração, balanço entre o teor de ar e água nos poros, taxa de oscilação da temperatura do solo, metabolismo dos organismos presentes e ainda a capacidade do solo para disponibilizar água para a flora (ÁGUA..., 2018).

Até mesmo nas repetições dos ensaios colocados em locais bem próximos, sob as mesmas variações iniciais e realizadas ao mesmo tempo, não foram obtidos resultados idênticos, o que pode também haver uma pequena variação no nível de compactação ou outro interferente que possa gerar diferença de infiltração a poucos metros de distância.

### 4.3 CURVAS IDF

A seguir os gráficos da infiltração da água no solo exposto e gramínea, analisados com solo previamente seco, na área Urbana e na área Rural, sendo o Ponto A, primeira repetição e Ponto B a segunda repetição, juntamente com a Curva IDF para o Município de Pato Branco, com tempo de Retorno de 5 anos.

No gráfico A (Figura 16-1) podemos perceber que o solo exposto na área urbana é capaz de absorver mais do que geralmente chove na região, para um tempo de retorno de 5 anos, por outro lado, o solo estudado na área rural (Figura 16-2), não tem esta mesma capacidade, já que a curva IDF, até aproximadamente 35 minutos não seria capaz de infiltrar toda a precipitação, fazendo com que a água escoe superficialmente, para isso seria necessário obras de drenagem, ou ações para descompactação do solo no local, para facilitar a infiltração da água.

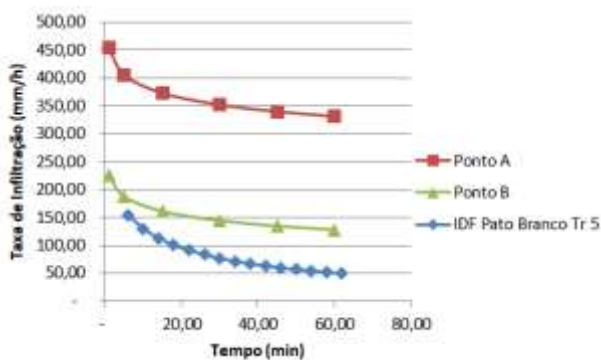


Gráfico 1

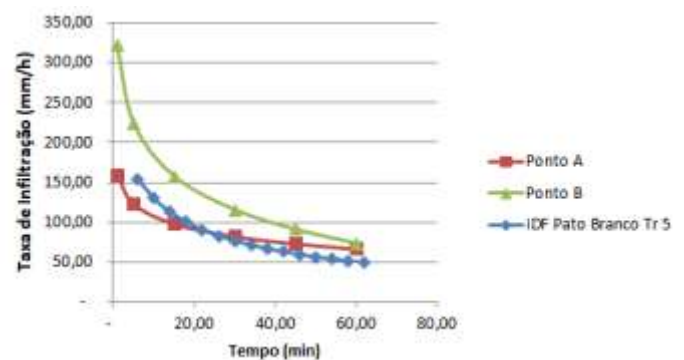


Gráfico 2

**Figura 16: Gráfico 1 (Esquerda) Corresponde a Infiltração da Água no Solo Exposto com Solo Seco na Área Urbana, Enquanto o Gráfico 2 (Direita) Infiltração da Água No Solo Exposto com Solo Seco na Área Rural.**

Fonte: Autoria Própria.

Em ambos os casos, tanto na área urbana (Figura 17-1), quanto na área rural (Figura 17-2), o solo coberto com gramínea foi capaz de absorver mais do que geralmente chove na região, para um tempo de retorno de 5 anos, facilitando as obras de drenagem, levando-se em consideração que o solo consegue infiltrar, evitando o escoamento superficial.

**Figura 17: Gráfico 1 (Esquerda) Corresponde a Infiltração da Água no Solo Coberto por Gramínea com Solo Seco na Área Urbana, Enquanto o Gráfico 2 (Direita) Infiltração da Água no Solo Coberto por Gramínea com Solo Seco na Área Rural**

Fonte: Autoria Própria.

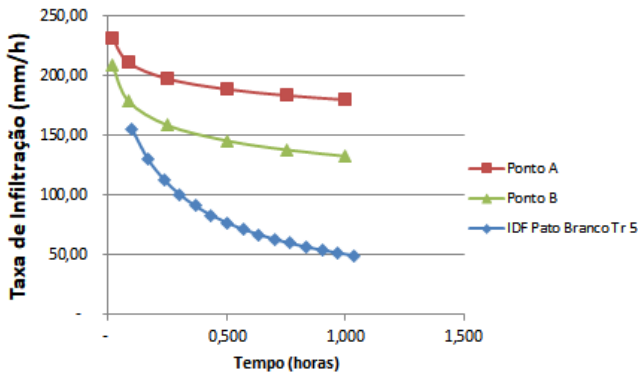


Gráfico 1

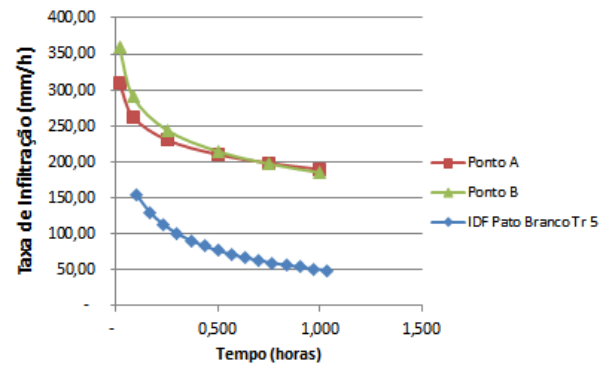


Gráfico 2

Os gráficos na sequência são correspondentes a infiltração da água no solo exposto e gramínea, com solo inicialmente úmido devido incidência de chuva nos dias que antecederam, tanto para área Urbana quanto na área Rural, da mesma forma, o Ponto A, corresponde a primeira repetição e Ponto B a segunda repetição, juntamente com a Curva IDF para Município de Pato Branco, com tempo de Retorno de 5 anos.

Com o solo úmido, percebe-se que em ambas as áreas, urbana (Figura 18-1) e rural (Figura 18-2) o solo exposto foi capaz de absorver mais do que geralmente chove na região, para um tempo de retorno de 5 anos.

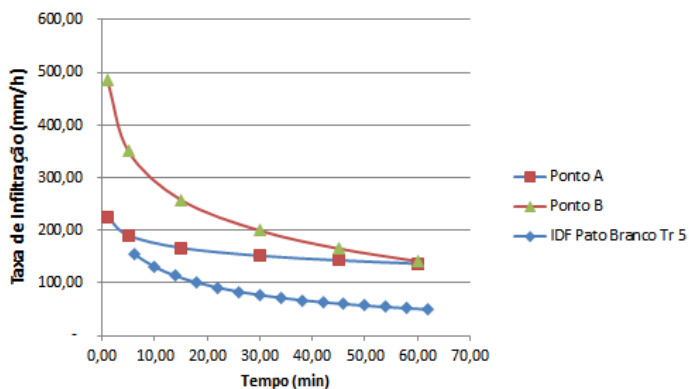


Gráfico 1

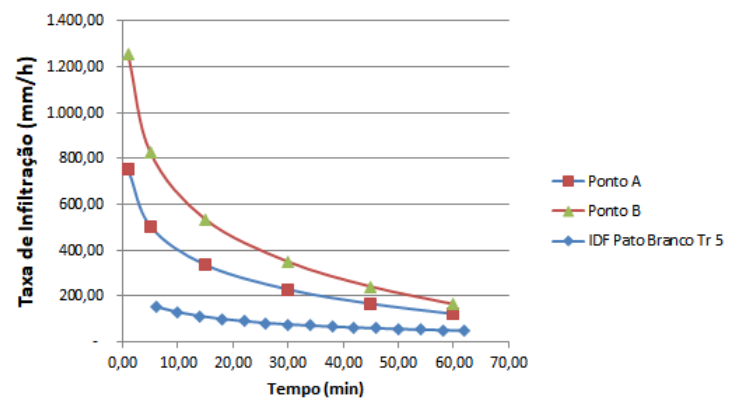


Gráfico 2

**Figura 18: Gráfico 1 (Esquerda) Corresponde a Comparativo Infiltração da Água no Solo Exposto com Solo Úmido na Área Urbana, Enquanto o Gráfico 2 (Direita) Infiltração da Água no Solo Exposto com Solo Úmido na Área Rural**  
**Fonte: Autoria Própria.**

Ainda com o solo úmido, o coberto por gramínea na área urbana (Figura -1A) foi capaz de absorver mais do que geralmente chove na região, para um tempo de retorno de 5 anos, por outro lado, o solo estudado na área rural (Figura 19-2), não tem esta mesma capacidade, visto que a curva IDF do ensaio realizado no Ponto A, está praticamente junto no decorrer do tempo em relação a quantidade que o solo foi capaz



de absorver, fazendo com que a água escoe superficialmente, para isso seria necessário obras de drenagem, ou ações para descompactação do solo no local, para facilitar a infiltração da água.

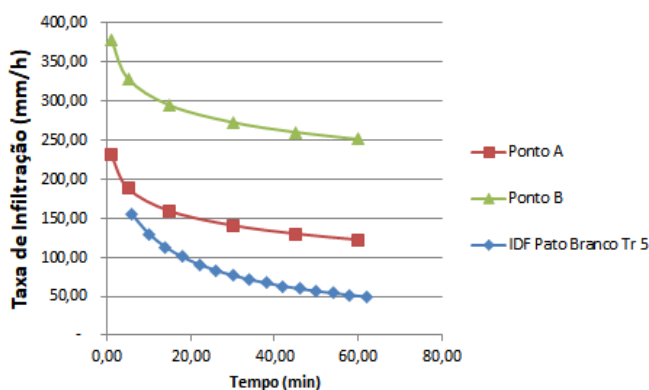


Gráfico 1

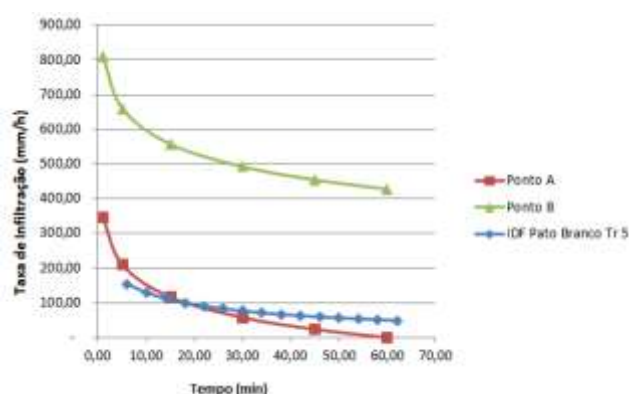


Gráfico 2

**Figura 19: Gráfico 1 (Esquerda) Corresponde a Comparativo Infiltração da Água no Solo Coberto por Gramínea com Solo Úmido na Área Urbana, Enquanto o Gráfico 2(Direita) Infiltração da Água no Solo Coberto por Gramínea com Solo Úmido na Área Rural**  
**Fonte: Autoria Própria.**

Analisando todas as curvas IDF para o município da região, a maioria das condições em que os solos foram expostos mostraram-se capazes de absorver mais do que geralmente chove na região, para um tempo de retorno de 5 anos, apenas nos ensaios de infiltração da água no solo exposto com solo seco na área rural e no ensaio no solo coberto por grama com solo previamente úmido também na área rural, isto não ocorreu.

Desta forma, para melhorar a taxa de infiltração neste solo, seria necessário a adoção de medidas para descompactação do solo local e aumento das áreas permeáveis no entorno, a fim de minimizar o escoamento superficial evitando transtornos e perdas de solo do local.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho foi possível analisar a variação da infiltração da água no solo utilizando o método do infiltrômetro de anel, bem como o comparativo entre a taxa de infiltração urbana e a taxa de infiltração rural em solos com cobertura de gramínea e em solo exposto, realizando a variação dos ensaios com o solo previamente seco e úmido, após dias de chuva.

Tanto o solo previamente seco quanto ele úmido, a infiltração menor foi no solo coberto por gramínea na área urbana e a infiltração maior aconteceu na área rural, tendo maior intensidade no solo exposto. Isto pode ser justificado pelo fato de cada vez mais é intensificada a impermeabilização do solo nas áreas urbanas, ocasionando na redução do potencial de absorção do solo.

Vários fatores podem interferir no estudo da infiltração da água no solo, tais como a compactação na área, temperatura, quantidade de ar no solo, teor de umidade, capilaridade, características e propriedades específicas de cada solo.

Até mesmo nas repetições dos ensaios colocados em locais bem próximos, sob as mesmas variações iniciais e realizadas ao mesmo tempo, não foram obtidos resultados idênticos, o que pode também haver uma pequena variação no nível de compactação ou outro interferente que possa gerar diferença de infiltração a poucos metros de distância.

Além disso, permitiu fazer uma avaliação do comportamento de absorção de água desses solos com as curvas IDF da região, no qual a maioria dos ensaios mostraram-se capazes de absorver mais do que geralmente chove na região, para um tempo de retorno de 5 anos.

Ao realizar este estudo ficou evidente a importância desta pesquisa, visto que muitos dados não foram possíveis de serem obtidos do município de São Lourenço do Oeste, apenas da Região.

Ainda, mostrou a suma relevância em realizar a ocupação e manejo adequado do solo, a fim de aumentar as áreas permeáveis, diminuir o grau de compactação dos solos e assim evitar o escoamento superficial e perdas de solo, tanto na área urbana, quanto na área rural.

## REFERÊNCIAS

ÁGUA no solo: características e comportamento. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1389787/mod\\_resource/content/2/Apostila%20parte%20II%20-%20Água%20no%20Solo.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1389787/mod_resource/content/2/Apostila%20parte%20II%20-%20Água%20no%20Solo.pdf)>. Acesso em: 03 jun. 2018.

ALMEIDA, Gustavo Henrique Tonelli Dutra de; MASINI, Letícia Santos; MALTA, Luiz Ricardo Santos. **Hidrologia e drenagem**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017. 200p.

ALVES, Marlene Cristina; SUZUKI, Luis Gustavo Akihiro Sanches; SUZUKI, Luiz Eduardo Akiyoshii Sanches. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um latossolo Vermelho Distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 617-625, 2007.

ANA - Agencia Nacional de Águas. **Teste do infiltrômetro de anel**. Disponível em: <<https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/handle/ana/134>> . Acesso em: 03 nov. 2017.

BACK, Álvaro José. **Relações Intensidade-Duração-Frequência de chuvas intensas de Chapecó, Estado de Santa Catarina**. Acta Scientiarum. Agronomy. Maringá, v. 28, n. 4, p. 575-581, 2006.

BARBETTA, Pedro Alberto, REIS, Marcelo Menezes e BORNIA, Antonio Cezar. **Estatística para Cursos de Engenharia e Informática**. São Paulo: Atlas, 2004

BERNARDO, Salassier; SOARES, Antonio Alves; MANTOVANI, Everardo Chartuni. Manual de irrigação. 8 ed. **Atual. e Ampl.** Viçosa: UFV, 2006.

BERTONI, José; NETO, Francisco Lombardi. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990.

BIZARI, Douglas Roberto; et al. Consumo de água e produção de grãos do feijoeiro irrigado em sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2073-2079, 2009.

BÖNISCH, Simone; CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Análise espacial para a integração de propriedades naturais**. Disponível em: <[http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/gisbrasil99/analise\\_espacial/](http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/gisbrasil99/analise_espacial/)>. Acesso em: 30 out. 2017.

BORTOLI, Marlene Magnoni. **Livro 2 metodologia da pesquisa**. Disponível em: <<http://ead.utfpr.edu.br/moodle3/mod/book/view.php?id=266>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

CIRAM. **Centro de informações de recursos ambientais e de hidrometeorologia de Santa Catarina**. Disponível em: <<http://www.ciram.sc.gov.br/agroconnect/>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

COLLISCHONN, Walter; TASSI, Rutinéia. **Introduzindo Hidrologia**. IPH UFRGS, 2008.

COSTA, Édio Luiz da; SILVA, Antônio Marciano da; COLOMBO, Alberto; ABREU, Agostinho R. de. Infiltração de água em solo, determinada por simulador de chuvas e pelo método dos anéis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 3, n.2, 1999.

DOMINGOS, Thiago Augusto; LIMA, Rosimeire Midori Suzuki Rosa. **Planejamento urbano e ambiental**. Londrina: Editora e distribuidora educacional S.A., 2014.

FLORES, Bruno Acosta. **Características da taxa de infiltração e densidade do solo em distintos tipos de cobertura de solo em zona urbana**. 2014. 37 F. TCC (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2014.

FREGONEZE, Gisleine Bartolomei; et al. **Metodologia Científica**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2014.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projeto de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOOGLE Maps. **São Lourenço do Oeste – SC**. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/@-26.3525722,-52.8473413,15z>>. Acesso em: 26 mai. 2018.

IBGE: Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Contagem da população**. 2016. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 26 out. 2017.

JORGE, José Antônio. **Físicas e manejo dos solos tropicais**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 262p.

LABES, Emerson Moisés. **Questionário: do plano à aplicação na pesquisa**. Chapecó: Grifos, 1998.

LOPES, Alfredo Scheid (trad. e adapt.). **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989.

MANCUSO, Malva Andrea; et al. Características da taxa de infiltração e densidade do solo em distintos tipos de cobertura de solo em zona urbana.

**Revista Monografias Ambientais – REMOA**. Santa Maria, v. 14, n.1, p. 2890 – 2998, 2014.

MARCHÃO, R. L; et al. Qualidade física de um latossolo vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.42, p.873-887, 2007.

NUNES, João Ângelo Silva; et al. Velocidade de infiltração pelo método do infiltrômetro de anéis concêntricos em latossolo vermelho de cerrado. **Enciclopédia Biosfera**. Goiânia, v.8, n.15, p.1685-1692, 2012.

PLANO de saneamento básico de São Lourenço do Oeste. **Diagnóstico do sistema de drenagem urbana e manejo de águas pluviais**. 2010. Disponível em: <<http://www.saolourenco.sc.gov.br/saneamentobasico>>. Acesso em: 31 out. 2017.

PHILIPPI JUNIOR, Arlindo; ROMÉRIO, Marcelo de Andrade; BRUNA, Gilda Collet. **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri: Manoele, 2004.

POTT, Cristiano André. **Determinação da velocidade de infiltração básica de água no solo por meio de infiltrômetro de aspersão, de pressão e de tensão, em três solos do estado de São Paulo**. 2001. 77 F. Tese (Mestrado em Agronomia) –Instituto Agrônomo, São Paulo, 2001.

POTTER, Reinaldo Oscar; CARVALHO, Américo Pereira de; FLORES, Carlos Alberto; BOGNOLA, Itamar. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004.

PREFEITURA São Lourenço do Oeste. **Município**. Disponível em: <<http://www.saolourenco.sc.gov.br/municipio/2>>. Acesso em: 26 out. 2017.

PRUSKI, Fernando Falco; et al. Infiltração de água no Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 1, p.77-84, 1997.

RICHART, Alfredo; et al. **Compactação do solo**: causas e efeitos. Ciências Agrárias, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.

SANTOS, Célia Silva dos; et al. **Avaliação da infiltração da água no solo pelo método de infiltrômetro de anéis**. IV INOVAGRI International Meeting, 2017.

SCHMIDT, Carla A. P. **Drenagem e Controle da Erosão Urbana**. Livro 3. Disponível em: <<http://ead.utfpr.edu.br/moodle3/mod/book/view.php?id=158&chapterid=4584>> Acesso em: 30 out. 2017.

SOLOS do Estado de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004.

UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Comissão de Normalização de Trabalhos Acadêmicos. **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos**/Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Comissão de Normalização de Trabalhos Acadêmicos. Curitiba: UTFPR, 2008.

VIALI, Lorí. **Série estatística básica**. Disponível em: <<http://ead.utfpr.edu.br/moodle3/mod/book/view.php?id=158&chapterid=4584>> Acesso em: 30 out. 2017.

**APÊNDICE**



## APÊNDICE A – Tabela utilizada para os Testes de Infiltração

| Ponto | Tempo (min) |           | Leitura |                | Taxa de infiltração<br>(cm/min)      |
|-------|-------------|-----------|---------|----------------|--------------------------------------|
|       | Duração     | Acumulado | Cm      | Acumulada (cm) | Acumulada                            |
| 1     |             |           | 1       | 1              | Leitura acumulada/Tempo<br>acumulado |
| 2     |             |           | 1       | 2              |                                      |
| 3     |             |           | 1       | 3              |                                      |
| 4     |             |           | 1       | 4              |                                      |
| 5     |             |           | 1       | 5              |                                      |



**ANEXOS**

## ANEXO A – Análises laboratoriais do solo estudado na área Urbana

|   |   |
|---|---|
| <br>Ministério da Educação<br>Universidade Tecnológica Federal do Paraná<br>Campus Pato Branco<br>Coordenação de Agronomia | <br>Governo do Estado do Paraná<br>Secretaria de Agricultura e Abastecimento<br>Instituto Agronômico do Paraná |
|---|---|

## Laudo de Análise de Solo

|                               |                         |              |
|-------------------------------|-------------------------|--------------|
| Solicitante: Prof. Carla      | Laudo: 7939             | Amostra: 332 |
| Endereço:                     | Data: 10/05/2018        |              |
| Propriedade: - UTFPR Med - PR | Profundidade: 0 a 20 cm |              |
| Talhão: 3 - 03                | Nº Matrícula: 0         |              |
| Técnico: Pesquisa UTFPR       |                         |              |

|            |                         |                         |   |                          |                          |                          |                          |                         |
|------------|-------------------------|-------------------------|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Alto       |                         |                         |   |                          |                          |                          |                          |                         |
| Médio      |                         |                         |   |                          |                          |                          |                          |                         |
| Baixo      |                         |                         |   |                          |                          |                          |                          |                         |
| Resultados | 33,51                   | 3,61                    | 0,65                                    | 0,00                     | 0,00                     | 0,00                     | 0,00                     | 6,40                    |
|            | MO<br>gdm <sup>-3</sup> | P<br>mgdm <sup>-3</sup> | K<br>cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | Cu<br>mgdm <sup>-3</sup> | Fe<br>mgdm <sup>-3</sup> | Zn<br>mgdm <sup>-3</sup> | Mn<br>mgdm <sup>-3</sup> | pH<br>CaCl <sub>2</sub> |

OBS: K(mgdm<sup>3</sup>): 254,15

|            |               |  |  |  |  |  |          |                |
|------------|---------------|--|--|--|--|--|----------|----------------|
| Alto       |               |  |  |  |  |  |          |                |
| Médio      |               |  |  |  |  |  |          |                |
| Baixo      |               |  |  |  |  |  |          |                |
| Resultados | 6,70          | 0,00   | 2,95                                       | 19,90                                    | 13,00                                    | 33,55                                    | 91,92    | 0,00           |
|            | Índice<br>SMP | Al <sup>3+</sup><br>cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | H+Al<br>cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | Ca<br>cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | Mg<br>cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | SB<br>cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | V<br>(%) | Sat. Al<br>(%) |

Metodologias: M.O. por digestão úmida; P,K,Cu,Fe,Zn e Mn extraídos com solução de Mehlich - I; pH em CaCl<sub>2</sub> 1:2,5  
Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>

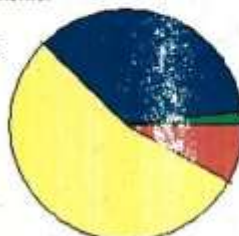
| Análise Granulométrica |       |           |       |           |       |
|------------------------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| Argila (%)             | 57,00 | Areia (%) | 11,30 | Silte (%) | 31,70 |

Esse solo é classificado como do tipo 3, de acordo com instrução normativa número 2, de 09 de Outubro de 2008, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

## Porcentagem dos valores em relação ao CTC

Valor do CTC = 36,50

K: 1,78 %  
 Mg: 35,62 %  
 Ca: 54,52 %  
 H+Al: 8,08 %



*Luiz César Cassol*  
 Dr. Luis César Cassol  
 Engenheiro Agrônomo  
 CREA-PR 020 077/D  
 UTFPR - Campus Pato Branco



## ANEXO B – Análises laboratoriais do solo estudado na área Rural

|  |  |
|--|--|
|  Ministério da Educação<br>Universidade Tecnológica Federal do Paraná<br>Campus Pato Branco<br>Coordenação de Agronomia |  Governo do Estado do Paraná<br>Secretaria de Agricultura e Abastecimento<br>Instituto Agronômico do Paraná |
|--|--|

### Laudo de Análise de Solo

|                               |                         |              |
|-------------------------------|-------------------------|--------------|
| Solicitante: Prof. Carla      | Laudo: 7939             | Amostra: 333 |
| Endereço:                     | Data: 10/05/2018        |              |
| Propriedade: - UTFPR Med - PR | Profundidade: 0 a 20 cm |              |
| Talhão: 4 - 04                | Nº Matrícula: 0         |              |
| Técnico: Pesquisa UTFPR       |                         |              |

|            |                         |                         |   |                          |                          |                          |                          |                         |
|------------|-------------------------|-------------------------|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Alto       |                         |                         |   |                          |                          |                          |                          |                         |
| Médio      |                         |                         |   |                          |                          |                          |                          |                         |
| Baixo      |                         |                         |   |                          |                          |                          |                          |                         |
| Resultados | 37,53                   | 3,61                    | 0,33                                    | 0,00                     | 0,00                     | 0,00                     | 0,00                     | 4,50                    |
|            | MO<br>gdm <sup>-3</sup> | P<br>mgdm <sup>-3</sup> | K<br>cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | Cu<br>mgdm <sup>-3</sup> | Fe<br>mgdm <sup>-3</sup> | Zn<br>mgdm <sup>-3</sup> | Mn<br>mgdm <sup>-3</sup> | pH<br>CaCl <sub>2</sub> |

OBS: K(mgdm<sup>3</sup>): 129,03

|            |               |  |  |  |  |  |          |                |
|------------|---------------|--|--|--|--|--|----------|----------------|
| Alto       |               |  |  |  |  |  |          |                |
| Médio      |               |  |  |  |  |  |          |                |
| Baixo      |               |  |  |  |  |  |          |                |
| Resultados | 5,40          | 0,15   | 7,76                                       | 10,40                                    | 1,80                                     | 12,53                                    | 61,75    | 1,18           |
|            | Índice<br>SMP | Al <sup>3+</sup><br>cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | H+Al<br>cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | Ca<br>cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | Mg<br>cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | SB<br>cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | V<br>(%) | Sat. Al<br>(%) |





Metodologias: M.O. por digestão úmida; P,K,Cu,Fe,Zn e Mn extraídos com solução de Mehlich - I; pH em CaCl<sub>2</sub> 1:2,5  
Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>

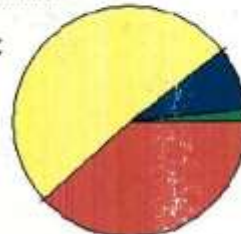
| Análise Granulométrica |                  |                  |
|------------------------|------------------|------------------|
| Argila (%): 60,00      | Areia (%): 20,40 | Silte (%): 19,60 |

Esse solo é classificado como do tipo 3, de acordo com instrução normativa número 2, de 09 de Outubro de 2008, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

#### Porcentagem dos valores em relação ao CTC

Valor do CTC = 20,29

|               |   |
|---------------|---|
| K: 1,63 %     |  |
| Mg: 8,87 %    |  |
| Ca: 51,26 %   |  |
| H+Al: 38,25 % |  |



  
 Dr. Luis César Cassol  
 Engenheiro Agrônomo  
 CREA-PR 029.077/B  
 UTFPR - Campus Pato Branco

