



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ESTUDO DA INTERCEPTAÇÃO DE CHUVA EM UM FRAGMENTO FLORESTAL URBANO

Yan Marcos Faria Lourenço

Relatório de Iniciação Científica do programa
PIBIC, orientado pelo Dr. Celso von Randow.

INPE
São José dos Campos
2020

PIBIC /CNPq/INPE
RELATÓRIO TÉCNICO FINAL DE ATIVIDADES

Referente ao período: 01/08/2019 a 31/08/2020

Número do Processo Institucional: 800353/2018-8

Número do Processo Individual: 137152/2019-1

Bolsista: Yan Marcos de Faria Lourenço

Orientador: Celso von Randow, CCST/INPE

Coorientador: Rita de Cassia S. Von Randow, FATEC/Jacareí

Área: Estudo da Interceptação de Chuva em um Fragmento Florestal Urbano

Vigência original da bolsa: 01/08/2019 a 31/08/2020

Modalidade da bolsa: PIBIC

RESUMO

Esse trabalho tem como objetivo analisar a interceptação e a precipitação efetiva em um fragmento de floresta secundária estacional semidecidual urbano, localizado dentro das dependências da ETEC Cônego José Bento em Jacareí-SP, no vale do Paraíba. Foram analisados os componentes da chuva (precipitação, interceptação, precipitação interna e escoamento pelo tronco), com equipamentos desenvolvidos artesanalmente. A metodologia utilizada para a amostragem da precipitação interna, consistiu em posicionar os pluviômetros logo abaixo das copas das árvores analisadas, para que sejam feitas as análises do quanto aquela determinada árvore interfere na entrada de precipitação dentro do fragmento florestal. As medições de escoamento de tronco foram realizadas em 5 árvores nativas, escolhidas dentro do fragmento de floresta, mas devido ao início da pandemia não foi possível a medição das áreas das copas de 4 das 5 árvores escolhidas, visto que, as medições estavam agendadas para serem realizadas na segunda quinzena do mês de março de 2020. As análises completas foram realizadas em apenas uma das árvores que iriam ser analisadas, o Jerivá (*Syagrus romansoffiana*). Foram realizadas leituras manuais, após cada evento de chuva, e os dados comparados ao pluviógrafo semiautomático instalado na área da Fatec Jacareí, no período de 11 de novembro de 2019 a 09 de fevereiro de 2020, totalizando 26 dias de coleta. Foi observado que a quantidade precipitada e as características morfológicas da árvore, no caso do Jerivá, interferem diretamente na capacidade de interceptação da chuva, mostrando o papel da vegetação para um bom funcionamento do ciclo natural da água na atmosfera, influenciando assim, no clima, temperatura e manutenção das águas subterrâneas.

Palavras chave: Fragmento florestal, Interceptação, Jerivá e Precipitação.

LISTA DE FIGURAS

- 1: A figura demonstra a partição da precipitação total. Fonte: LEAL, Karinne R. D. Componentes do ciclo hidrológico e ciclagem de nutrientes na interface atmosfera-planta-solo no semiárido brasileiro. 2016 (SIND.INPE.BR/MTCM21B/2016/05.27.18.08-TDI). Tese (Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.....pág:II
- 2: A figura demonstra a localização do município de Jacareí- SP em comparação ao mapa do Brasil e do estado de São Paulo. Fonte: O autor.....pág:V
- 3: A imagem representa o pluviômetro interno de transprecipitação, localizado dentro do fragmento florestal e abaixo da copa das árvores. Fonte: O autor.....pág:VII
- 4: A imagem representa o pluviômetro de precipitação atmosférica, localizado fora do fragmento florestal. Fonte: O autor.....pág:VII
- 5: A imagem representa a construção de um pluviômetro artesanal com garrafa pet. Fonte: SEBASTIÃO, C.D. Estudo da Interceptação de um Fragmento Florestal na ETEC Cônego José Bento. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo - Jacareí...pág:VIII
- 6: A figura representa como foi feita a disposição dos pluviômetros de transprecipitação dentro do fragmento florestal. Fonte: O autor.....pág:IX
- 7: A figura representa o sistema de coleta de escoamento de tronco. Fonte: MOURA, Albert Einstein Spíndola Saraiva de. Bases Para Gestão dos Recursos Hídricos: Estudo de Processos Hidrológicos na Bacia do Rio Tapacurá. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Recife, 2013.....pág:IX
- 8: A imagem representa como foi feita a fixação da mangueira que foi usada como calha

- no sistema de escoamento de troncos. Fonte: O autor.....pág:X
- 9: A imagem representa como foi feita a impermeabilização da calha de coleta de escoamento de tronco para que não houvesse perdas no valor total. Fonte: O autor...pág:XI
- 10: A imagem representa o sistema de coleta de escoamento de tronco que foi instalado nas árvores. Fonte: O autor.....pág:XI
- 11: A imagem demonstra os coletores usados para a captação do escoamento de tronco das árvores analisadas. Fonte: O autor.....pág:XII
- 12: A imagem demonstra a proveta volumétrica que foi utilizada para medir os parâmetros que foram analisados, Fonte: O autor.....pág:XIV
- 13: Ilustração indicando medidas de raio usadas no cálculo da área da copa das árvores. Fonte:<https://www.canstockphoto.com.br/vista-paisagem-%C3%A1rvores-fundo-topo-27778358.html>.....pág:XV
- 14: A figura representa os valores de precipitação interna, precipitação total e precipitação atmosférica, comparando os dados referentes a árvore 1. Fonte: O autor.....pág:XVII
- 15: A figura representa os valores de precipitação interna, precipitação total e precipitação atmosférica, comparando os dados referentes a árvore 2. Fonte: O autor.....pág:XVIII
- 16: A figura representa os valores de precipitação interna, precipitação total e precipitação atmosférica, comparando os dados referentes a árvore 3. Fonte: O autor.....pág:XIX
- 17: A figura representa os valores de precipitação interna, precipitação total e precipitação atmosférica, comparando os dados referentes a árvore 4. Fonte: O autor.....pág:XX
- 18: A figura representa os valores de precipitação interna, precipitação total e precipitação atmosférica, comparando os dados referentes a árvore 5. Fonte: O autor.....pág:XXI

19: A figura demonstra a espécie arbórea (*Syagrus romansoffiana*) Jerivá. Fonte: Árvores Brasileiras (1992).....pág:XXII

20: A imagem demonstra a projeção da copa do Jerivá, observada de baixo. Fonte: O autor.....pág:XXII

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantidades de escoamento do tronco.....pág:XXIII

Tabela 2: Partição da precipitação total inferida no experimento.....pág:XXIV

Tabela 3: Cálculo da precipitação efetiva em eventos diversos.....pág:XXV

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCST – Centro de Ciência do Sistema Terrestre

CNPq – Centro Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CWA – Clima temperado Húmido com Inverno Seco e Verão Quente

ETEC – Escola Técnica Estadual

FATEC – Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

PIBIC – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica

LISTA DE SÍMBOLOS

E– Evaporação

Esc. Tr. – Escoamento de Tronco

I – Interceptação

PI – Precipitação Interna (Transprecipitação)

PT – Precipitação Total

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	pág:I
1.1 Objetivos.....	pág:III
2. DADOS E METODOLOGIA.....	pág:IV
2.1 Local de estudo.....	pág:IV
2.2 Árvores escolhidas para a pesquisa.....	pág:V
2.3 Construção dos pluviômetros artesanais.....	pág:VI
2.4 Medição do escoamento de tronco.....	pág:VIII
2.5 Construção do sistema de coleta do escoamento de tronco.....	pág:IX
2.6 Instalação de sistema de coleta de escoamento do tronco	pág:X
2.7 Medições de precipitação total e interna.....	pág:XII
2.8 Medição do escoamento de tronco.....	pág:XIII
3. RESULTADOS.....	pág:XVI
3.1 Análise da transprecipitação.....	pág:XVI
3.2 Análise do escoamento de troncos – caso do <i>Syagrus romansoffiana</i> (Je- rivá).....	pág:XXI
3.3 Análise da partição da precipitação bruta – caso do <i>Syagrus romansoffiana</i> (Jerivá).....	pág:XXIV
4. CONCLUSÃO.....	pág:XXVI
5. REFERÊNCIAS.....	pág:XXVII

1. INTRODUÇÃO

O estudo da precipitação é de essencial importância científica, por representar um dos principais processos do ciclo natural da água, elemento básico para o surgimento da vida e sobrevivência dos seres vivos, e que a cada dia sofre mudanças associadas a variações climáticas regionais e globais (MARENGO 2008). O homem desde o início das civilizações se instalou próximo as margens dos rios e fez o uso desse bem tão precioso, na agricultura, alimentação, abastecimento, construção de edificações, energia entre outros usos que são essenciais para a manutenção da vida (SILVA, 2015; CHRISTOFIDIS 2020).

O estabelecimento das grandes civilizações às margens dos rios e o crescimento populacional e industrial desordenado, acarretaram diversas mudanças na quantidade e qualidade de água disponível, devido ao aumento da exploração desse bem (SILVA 2015). O uso racional dos recursos hídricos se faz necessário cada vez mais, já que os impactos ao ecossistema crescem proporcionalmente aos danos causados ao planeta. Danos que são listados desde comportamentos individuais ao exemplo do descarte incorreto de lixo e desmatamento irregular das áreas naturais, até danos causados em grande escala tanto industrial quanto populacional como por exemplo a emissão de gases derivados de combustíveis fósseis para a atmosfera, má disposição dos aterros sanitários que contaminam o lençol freático e as águas subterrâneas e a falta de acesso a meios de tratamento dos resíduos sólidos e líquidos que são descartados indevidamente na natureza (GOUVEIA 2012).

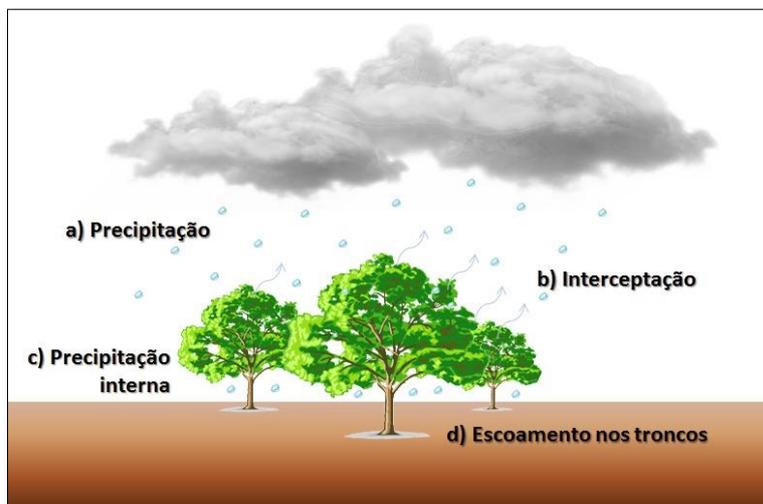
Grande parte da água disponível em nosso planeta se encontra em constante movimento, devido a fatores naturais do ambiente como por exemplo a energia solar que transmite calor as moléculas de água fazendo-as evaporar para atmosfera; a energia da gravidade, fazendo que a água escoe para os lugares de maior declividade e infiltre em direção as águas subterrâneas; a temperatura ambiente, que influencia tanto na evaporação quanto na condensação da água na atmosfera e a rotação da terra junto a pressão atmosférica responsáveis pela movimentação de massas de ar em todo globo terrestre.

A quantidade de chuva que cai em determinado local é responsável pela manutenção hídrica daquela região. As árvores são de suma importância para o ecossistema, pois contribuem para a manutenção de seus ciclos naturais, aumentando a qualidade do ar e o

controle da temperatura. Além disso as árvores são uma das partes fundamentais para a regulação do ciclo hidrológico, pois alteram o regime de infiltração da precipitação no solo (MOURA et al., 2009; LEAL, 2016).

A precipitação bruta ou total (PT) ao atingir o topo da camada de vegetação se divide em Interceptação (I), Escoamento de tronco (Esc.Tr), Precipitação Interna (PI) e Evaporação (E) (MOURA 2013) (figura 1). Como dito anteriormente, as árvores têm devida importância no processo de abastecimento dos rios e águas subterrâneas, visto que fazem o amortecimento da precipitação em seu limbo foliar e tronco, fazendo que a chuva atinja o solo de uma forma muito mais lenta (MOURA 2009) , facilitando assim a infiltração e evitando problemas de assoreamento de rios, enchentes e deslizamentos e ajudando na regularização do balanço hídrico. Parte dessa água fica retida na superfície das folhas da própria planta, facilitando a ocorrência da evaporação e o retorno para a atmosfera, caracterizando assim as perdas por interceptação.

Figura 1: Partição da precipitação



Fonte: LEAL, 2016

A Mata Atlântica apresenta diferentes formações florísticas devido as variações ambientais que ocorrem ao longo de sua extensão (LEITÃO-FILHO, 1986). A precipitação interna, precipitação que cai livre da interceptação das folhas e tronco, tem sua distribuição de forma muito heterogênea dentro de uma floresta altamente diversificada como a Mata Atlântica.

Esse trabalho tem como finalidade estudar a partição da precipitação em um fragmento

florestal urbano na cidade de Jacareí-SP, e analisar os diferentes parâmetros hidrológicos nas espécies arbóreas escolhidas, durante os 5 primeiros meses do ano hidrológico. Será avaliado a importância da cobertura florestal em ambiente urbano e sua variabilidade dentro de um fragmento florestal.

1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo analisar os parâmetros hidrológicos de precipitação em um fragmento florestal urbano, classificado como floresta estacional semidecídua de terra firme (CAMPANILI E SCHAFFER 2010). A área se encontra no ecótono entre os biomas mata atlântica e cerrado. Maior atenção será dada às espécies florestais escolhidas, espécies arbóreas nativas da região de estudo e com característica de serem árvores dominantes, de grande porte e já estabelecidas no fragmento florestal.

A partir da análise da captação da precipitação incidente nas árvores, conseguiremos entender como funciona a dinâmica hidrológica dentro de um fragmento florestal urbano e tirar conclusões sobre a influência de tal, para a regularização do clima local, observando o quanto de chuva é evaporada, influenciando na umidade local e na formação de nuvens que possivelmente cairiam novamente em forma de precipitação e por fim analisar o quanto do total de precipitação chega ao solo da floresta. Mediante a análise dos dados concluiremos a importância da preservação de um fragmento florestal urbano para a regulação hídrica da região.

Os objetivos específicos do projeto são:

- Quantificar as transferências de água, entre os compartimentos atmosfera, planta e solo, comparando a precipitação dentro da floresta ao de uma pastagem;
- Quantificar a partição da precipitação dossel;
- Quantificar a partição da precipitação que chega ao solo florestal;

- Quantificar o escoamento pelo tronco e;
- Estimar a quantidade de água interceptada através do balanço hídrico local

2. DADOS E METODOLOGIA

2.1 Local do estudo

A região de estudo corresponde a um fragmento florestal de mata secundária, localizado dentro do campus da ETEC Conego José Bento, no município de Jacareí-SP, na região do vale do Paraíba (figura 2).

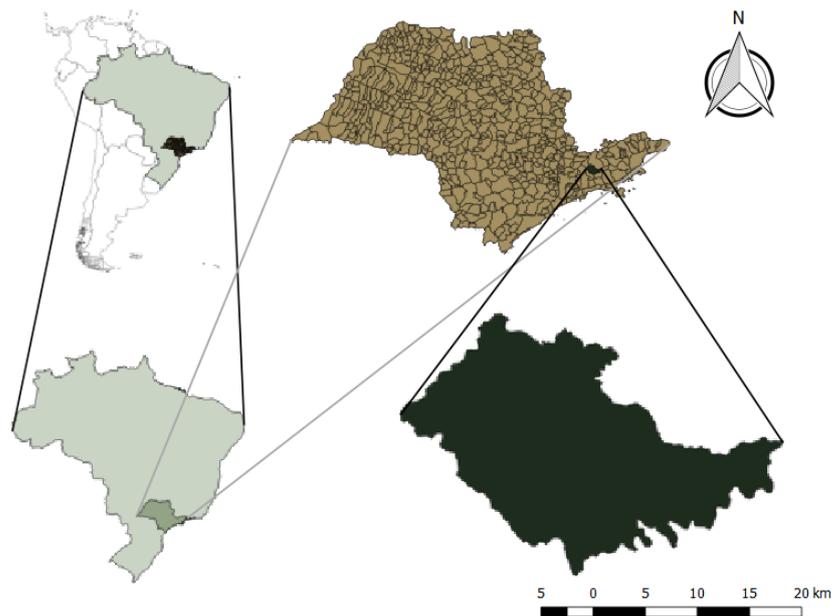
O fragmento florestal tem por volta de 2.2 hectares, com vegetação secundária, resultante da descontinuidade da atividade agrícola que foi previamente implantada na região. O histórico agrícola da área partiu da produção de culturas anuais, a exemplo do milho e a cana de açúcar, seguida de culturas experimentais comerciais com fins didáticos, com a introdução de eucalipto (*Eucalyptus sp.*), pinus (*Pinus elliottii*), araucária (*Araucaria angustifolia*) e outras coníferas. Após a exploração das culturas que foram introduzidas, o bosque foi abandonado e restaram alguns remanescentes da floresta plantada anteriormente, que favoreceram o desenvolvimento natural e a formação da mata secundária existente hoje (SOUSA 2019).

Dentro do fragmento de floresta separamos uma sub área onde se localizam as árvores escolhidas para análise. O local é de relevo plano, com baixa declividade e com solo caracterizado como neossolo flúvico, a tipologia da floresta da região em questão é classificada como floresta estacional (CAMPANILI E SCHAFFER 2010; CRUZ 2015). O clima, segundo Köppen, é classificado como Cwa (Clima temperado húmido com inverno seco e verão quente). A precipitação na região tem duas estações bem definidas, seca e chuvosa com média anual de 1475 mm, e temperatura que varia de 13 °C a 25 °C durante o ano (CLIMA TEMPO, 2020).

A realização do estudo nessa área é de devida importância, visto que grande parte do vale do Paraíba teve sua mata original substituída por culturas com interesses comerciais

(DEVIDE 2015), muitas dessas áreas hoje em dia não fazem mais o cultivo dessas culturas e se encontram em estados de regeneração variados. Entender o quanto um fragmento de floresta ajuda no regime hídrico da região é de suma importância para que outras áreas sejam preservadas e/ou recuperadas.

Figura 2: Município de Jacareí-SP



Fonte: O autor

2.2 Árvores escolhidas para a pesquisa

Ao total foram escolhidas 5 árvores. A seguir será feita a descrição das espécies escolhidas com base nas descrições de Lorenzi (2009), visto que não temos ao certo as informações gerais sobre as características morfológicas das espécies analisadas.

A primeira árvore, daqui em diante denominada como árvore 1, é popularmente conhecida como Jerivá (*Syagrus romansoffiana*), árvore da família Palmae, com altura variável de 10 a 20 metros, com estipe (tronco) de 30 a 40 cm de diâmetro. Folhas que variam de 2 a 3 metros de comprimento. Seu Espádice (cacho) varia de 80 a 120 cm de comprimento. Planta perenifólia, heliófita e pioneira, floresce grande parte do ano com maior intensidade nos meses de setembro até abril e seus frutos amadurecem de fevereiro a

agosto (Lorenzi, 1992).

A segunda árvore, daqui em diante denominada árvore 2, é popularmente conhecida como Angico branco (*Anadenanthera colubrina*), árvore da família Leguminosae-Mimosoideae, com altura variável de 12 a 15 metros, com 30 a 50 centímetros de diâmetro. Suas folhas são compostas bipinadas, com 15 a 20 jugas e folíolos opostos de 4 a 6 centímetros de comprimento, com 20 a 80 jugos. Planta heliófila, pioneira, não é exigente a qualidade do solo. Floresce em novembro até janeiro seus frutos amadurecem entre junho-julho (Lorenzi, 1992).

As árvores 3 e 5 são da mesma espécie Embiruçu (*Pseudobombax longiflorum*) árvore da família Malvaceae, com altura variável de 5 a 15 metros, com sua copa rala e diâmetro que varia de 30 a 40 centímetros. Suas folhas são palmadas com 7 a 9 folíolos. Planta caducifólia, heliófila e pioneira. Floresce nos meses de junho a agosto e seus frutos amadurecem em setembro outubro (Lorenzi, 2009).

A árvore 4, Araribá (*Centrolobium tomentosum*), árvore da família Fabaceae-Faboideae, com altura variável de 18 a 25 metros, dotada de copa arredondada e tronco linheiro¹ com diâmetro variável de 30 a 60 centímetros. Sua casca é lisa e acinzentada. Folhas compostas pinadas, alternas, de 50 a 80 centímetros, com 6 a 9 pares de folíolos opostos e subpostos com comprimento de 7 a 15 centímetros e 3 a 8 centímetros de largura. Planta pioneira, heliófila. Apresenta dispersão eficiente com mecanismo de anemocoria², floresce durante os meses de verão e seus frutos amadurecem em maio e junho (Lorenzi, 1992).

2.3 Construção dos pluviômetros artesanais

Os sistemas de captação da precipitação em precipitação interna (PI) (figura 3) e precipitação total (PT) (figura 4), foram feitos de forma artesanal devido principalmente ao seu baixo custo. Nesse estudo nós seguimos a metodologia descrita no estudo de Sebastião, (2017) no qual a construção dos pluviômetros artesanais é detalhadamente demonstrada. A eficiência dos pluviômetros é comprovada no estudo de SILVA et al. (2019).

Figura 3: Pluviômetro Interno (PI).



Fonte: O autor

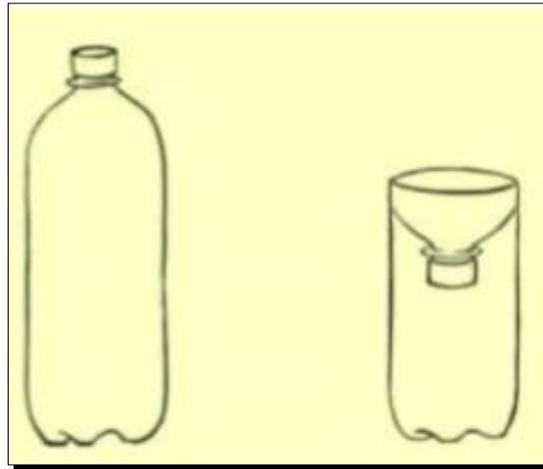
Figura 4: Pluviômetro instalado em área externa, próxima da floresta, para medir a precipitação total (PT).



Fonte: O autor

Os pluviômetros artesanais para medição de PI e PT foram construídos com garrafas PET, que foram cortadas de forma padronizada para que a altura de corte nas garrafas fosse a mesma em todos os pluviômetros. O funil de captação da precipitação foi feito da parte superior da garrafa que foi cortada, virada com o corte voltado para cima e encaixada no corpo da garrafa (figura 5).

Figura 5: Exemplo de construção do pluviômetro artesanal



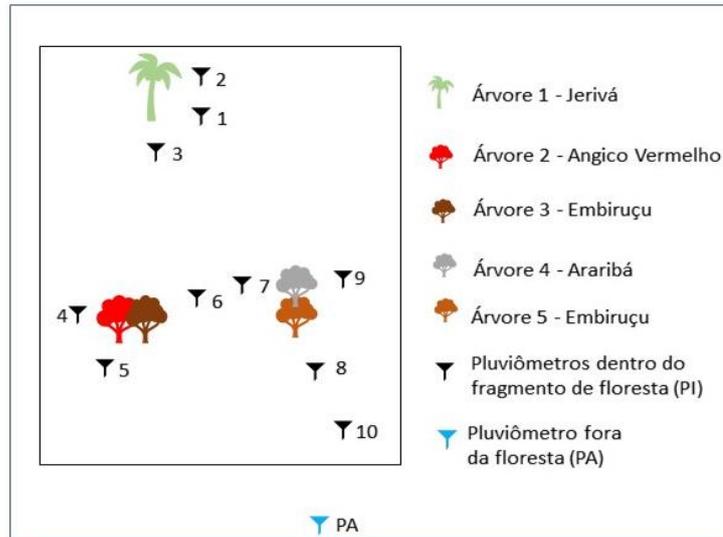
Fonte: SEBASTIÃO, 2017

2.4 Instalação dos pluviômetros

Além do pluviômetro artesanal instalado em área externa ao lado do fragmento florestal, adicionalmente coletamos dados de PT com um pluviógrafo semiautomático, localizado dentro da Fatec Professor Francisco de Moura em Jacareí-SP, a aproximadamente 460 metros de distância do fragmento florestal, complementando as medições realizadas com os pluviômetros artesanais.

Os pluviômetros artesanais para a medição da PI, foram instalados de forma distribuída dentro da floresta, priorizando sempre que ficassem embaixo das copas das árvores escolhidas (figura 6). Para a fixação dos pluviômetros no solo, foram colocadas 3 estacas ao redor de cada pluviômetro e posteriormente amarradas com barbante para não soltar. Ao total foram instalados 10 pluviômetros para a medição da PI

Figura 6: Disposição dos pluviômetros de precipitação interna na área de estudo

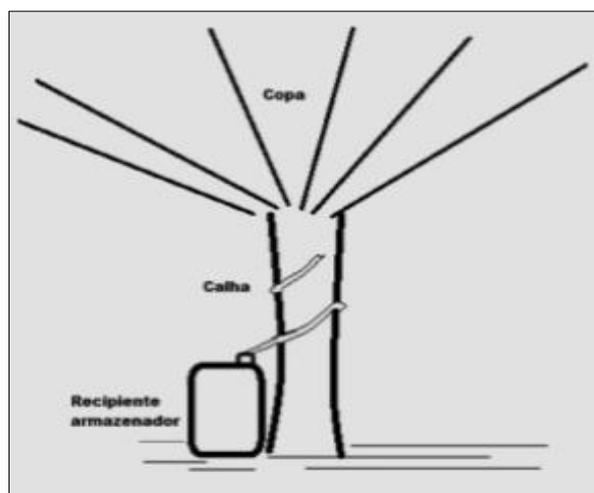


Fonte: O autor

2.5 Construção do sistema de coleta do escoamento de tronco

O método utilizado para estimar a quantidade total de escoamento de tronco, foi através da instalação de uma canaleta vedada com silicone, ao redor do tronco em forma de espiral, a 1,30 metros do solo para evitar perdas por gotejamento de tronco, descritas por Rutter (1963), direcionando dessa forma, o fluxo de precipitação para os recipientes coletores (MOURA 2012; SEBASTIÃO 2017; SAMPAIO 2017).

Figura 7: Calha de captação de escoamento de tronco



Fonte: (MOURA 2013)

2.6 Instalação de sistema de coleta de escoamento do tronco

Os coletores de escoamento de tronco foram feitos artesanalmente com mangueiras transparentes $\frac{3}{4}$, cortadas longitudinalmente com um estilete. As mangueiras foram fixadas nas árvores com a ajuda de um grampeador industrial (figura 8) e seladas com silicone transparente (figura 9), formando uma calha para que toda a água que escoe pelo tronco entre no coletor, e evite perdas no resultado de Esc. Tr. As calhas foram instaladas completando uma volta inteira ao entorno do tronco (figura 10) e mantidas abertas com palitos de madeira junto a ajuda de silicone, fixando os mesmos (figura 10).

Para o armazenamento do Esc. Tr. Foram utilizados galões de água de 20 litros, visto que as árvores escolhidas são de grande porte (figura 11). Ao todo foram instalados cinco sistemas de coleta de escoamento de tronco, nas cinco árvores que estão sendo analisadas. Procedimentos inspirados nos trabalhos de Moura et.al. (2009).

Figura 8: Fixação da calha de captação de escoamento de tronco nas árvores.



Fonte: Augusto Matheus

Figura 9: Impermeabilização da calha de captação do escoamento de tronco



Fonte: Augusto Matheus

Figura 10: Sistema de escoamento de tronco



Fonte: Augusto Matheus

Figura 11: Galões coletores de escoamento de tronco



Fonte: Augusto Matheus

2.7 Medições de precipitação total e interna

As leituras ocorreram no período de 11 de novembro de 2019 a 09 de março de 2020. Ao total foram realizadas medições em 26 dias nesse período.

As medições foram feitas nos dias de semana e uma vez ao dia, preferencialmente após as 14:30 horas, indicando o acúmulo diário de precipitação. Desta forma as segundas-feiras correspondem ao acúmulo do final de semana. As entradas a campo foram sempre em dupla, visando as regras de segurança, e se na hora preferencial da coleta estivesse acontecendo qualquer evento meteorológico, como ventos fortes e chuvas, as coletas teriam que ser realizadas após o final de tal evento ou no dia seguinte.

Visto que os pluviômetros artesanais utilizados na pesquisa eram no formato cilíndrico, a transformação do total de precipitação acumulada em milímetros (mm), era dada pela fórmula de volume do cilindro, onde o volume em (ml) é o resultado na multiplicação da

área da base do cilindro em centímetros quadrados (cm²), pela altura em milímetro (mm), multiplicado por 10, sendo que o raio da base da circunferência corresponde a área de captação do pluviômetro.

V= Volume

Ab= Área da boca do funil = 75,5 cm²

h = Altura em milímetros

$$V = \frac{Ab \times h}{10} \quad (1)$$

2.8 Medição do escoamento de tronco

Foram feitas no total de 26 medições durante os períodos de 11 de novembro de 2019 a 09 de março de 2020. As medições do escoamento de tronco foram feitas no mesmo dia que as medições da precipitação interna e bruta descritas na sessão 2.6. Para a medição do escoamento de tronco, foram utilizados um galão de água de 5 litros e a proveta volumétrica (figura 12) para a quantificação de precipitação nos coletores. Devido à pandemia, foi possível converter as medidas de escoamento de tronco de ml para mm somente para a árvore (*Syagrus romansoffiana*), popularmente conhecida como Jerivá. As medidas das copas das outras árvores estavam agendadas para a segunda quinzena de março. Essas medidas são necessárias para analisar como é feita a partição da precipitação total nos componentes de interceptação, transprecipitação e escoamento pelos troncos.

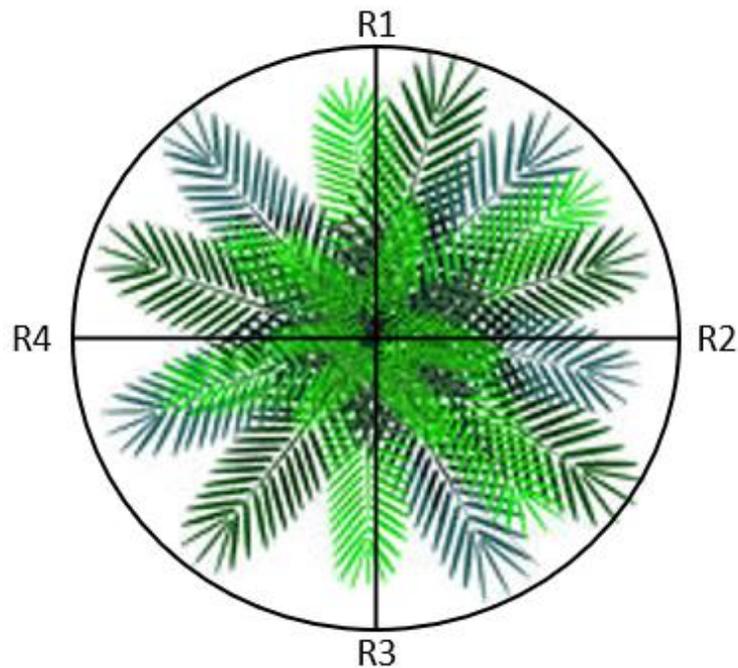
Figura 12: Proveta utilizada para a medir os parâmetros analisados



Fonte: O autor

O cálculo do escoamento de tronco foi feito a partir da fórmula, $Esc. tr = V/A$, onde o volume em litros, dividido pela área da copa da árvore em metros quadrados, resulta no escoamento de tronco em milímetros. Os volumes de precipitação foram medidos na proveta volumétrica e anotados separadamente em litros. Para determinar a área de captação, foi estimado a projeção vertical da copa da árvore no solo, traçando 4 linhas, formando ângulos de 90° , iniciando no tronco e indo até a extremidade da copa da árvore, as linhas são correspondentes aos raios da copa (figura 13).

Figura 13: Ilustração indicando medidas de raio usadas no cálculo da área da copa das árvores.



Fonte: O autor, adaptado de CanStock Photo.

Os valores dos raios foram somados, cada um com o seu respectivo paralelo, $R1 + R3$ e $R2 + R4$, assim foram obtidos 2 valores de diâmetro, visto que a copa da árvore não é perfeitamente circular, os 2 valores do diâmetro foram distintos. Para que o valor do diâmetro fosse usado na fórmula da área, foi feito o cálculo do diâmetro médio, somando os 2 valores e dividido por 2.

A área da copa da árvore foi obtida através da equação em que, a área (A) em metro quadrado é igual o diâmetro (D) ao quadrado, multiplicado pelo valor de π , dividido por 4.

A= Área

D= Diâmetro

$\pi= 3,14$ (Pi)

$$A = D^2 \cdot \frac{\pi}{4} \quad (2)$$

3. RESULTADOS

3.1 Análise da transprecipitação

A fim de quantificar a transprecipitação média da região do fragmento florestal analisado, foi calculada a média da quantidade de precipitação captada por todos os PI's instalados no fragmento florestal. A transprecipitação média do fragmento florestal varia de 53% a 116% da precipitação total, dependendo da quantidade e intensidade da precipitação.

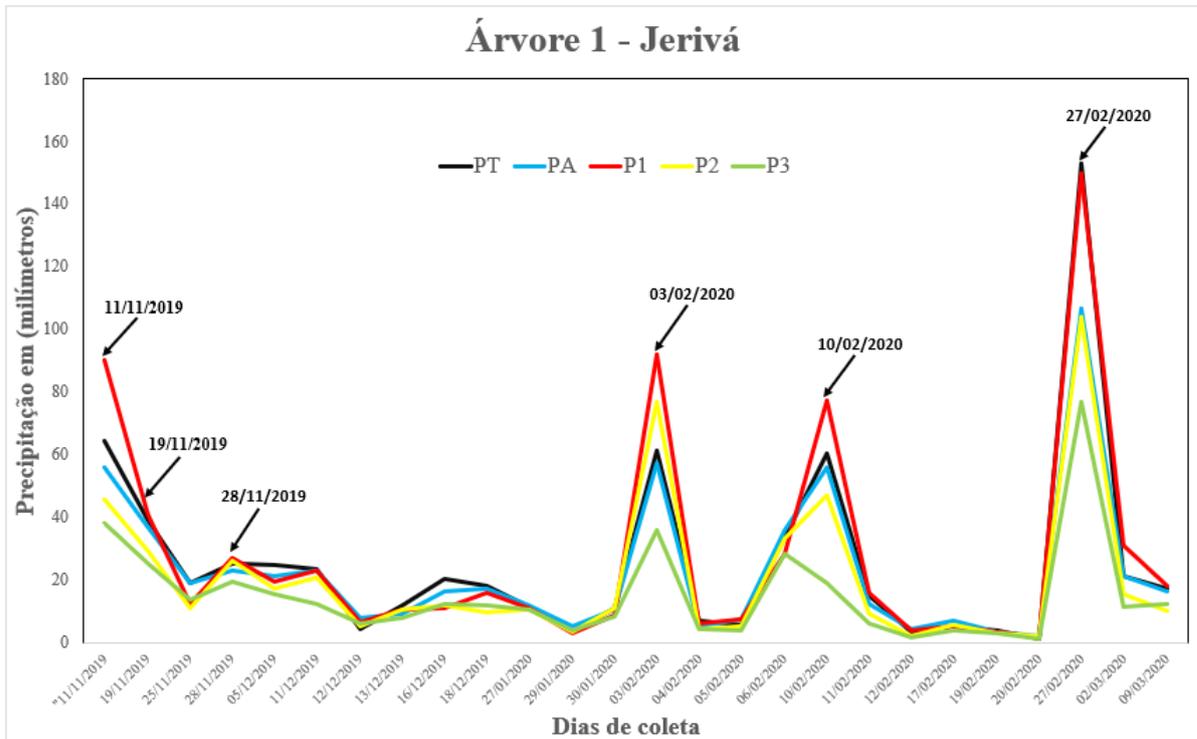
A fim de avaliar o papel de cada espécie de árvore analisada nesse estudo, a seguir são apresentados os gráficos das precipitações medidas pelo pluviógrafo semiautomático (PT) localizado na Fatec Jacareí, pelo pluviômetro artesanal instalado na área aberta, que faz também uma estimativa da precipitação total (daqui em diante, identificado por PA) e pelos pluviômetros de precipitação interna “transprecipitação” (PI), localizados dentro do fragmento florestal e logo a baixo das copas de cada árvore.

A figura 14 mostra a série de dados obtidos, para PT e PA em comparação com os pluviômetros internos P1, P2 e P3, que se localizam embaixo da copa da árvore 1, da espécie (*Syagrus romansoffiana*), nome popular Jerivá.

A partir da observação dos dados obtidos, nota-se que em vários dias, sob a árvore 1, a transprecipitação foi maior do que o total precipitado, ou seja, os pluviômetros que se encontram embaixo das copas das árvores captaram uma quantidade de precipitação acima dos valores obtidos pelo pluviógrafo e/ou pluviômetro de precipitação total. Esses valores demonstram o comportamento muito variável dos PI's em relação ao Jerivá, árvore da família Palmae, algo já mencionado no trabalho de Schroth et al. (1999). Essa variação ocorre pela maior entrada de precipitação interna, visto que as folhas do Jerivá do meio até suas extremidades têm uma curvatura descendente, fazendo que a chuva que é interceptada por essa região da folha seja direcionada ao solo, local onde estavam posicionados os pluviômetros de precipitação interna. Os dias indicados com seta nos gráficos mostram as vezes que a transprecipitação foi em volume superior à precipitação total, medidas em milímetros.

A transprecipitação média para os pluviômetros embaixo da árvore 1, varia entre 57% e 157%.

Figura 14: Análise dos dados correspondentes aos pluviômetros abaixo da árvore 1.

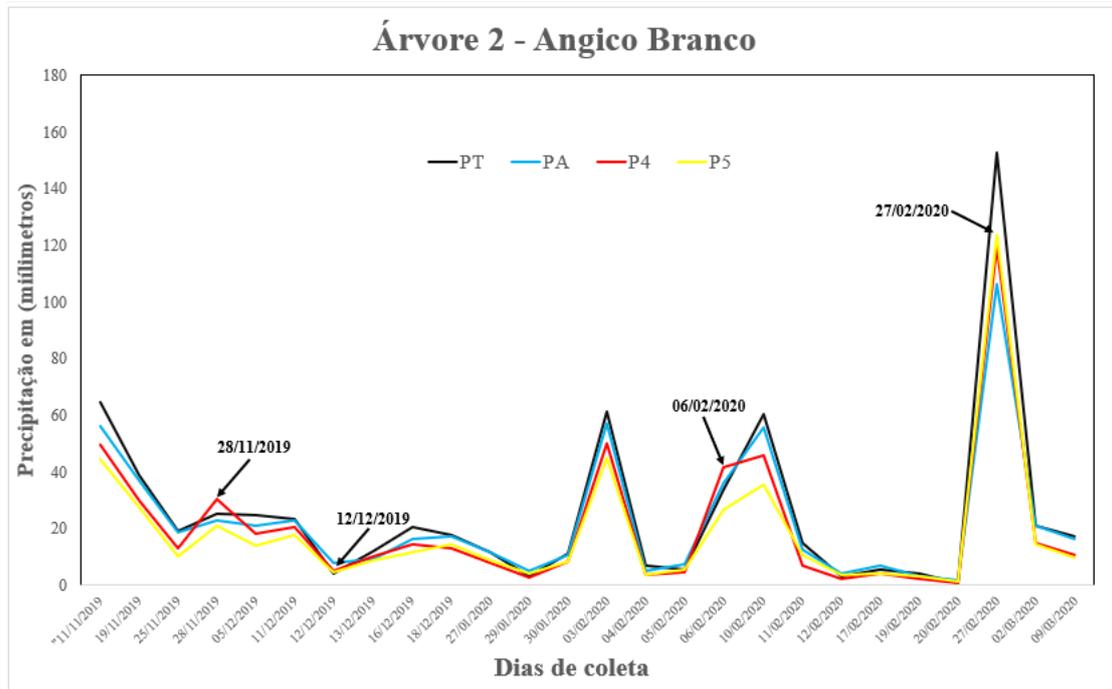


Fonte: O autor

A figura 15 mostra os dados obtidos, em comparação aos pluviômetros internos, P4 e P5, localizados embaixo da copa da árvore 2 da espécie, (*Anadenanthera colubrina*) nome popular Angico Branco.

Sob a árvore 2, foram observados 8 eventos em que a quantidade de precipitação medida nos PI, foi superior a quantidade registrada pelo PT e PA. A transprecipitação média para os pluviômetros que se encontram embaixo da árvore 2 varia de 54% a 117%

Figura 15: Análise dos dados correspondentes aos pluviômetros abaixo da árvore 2.

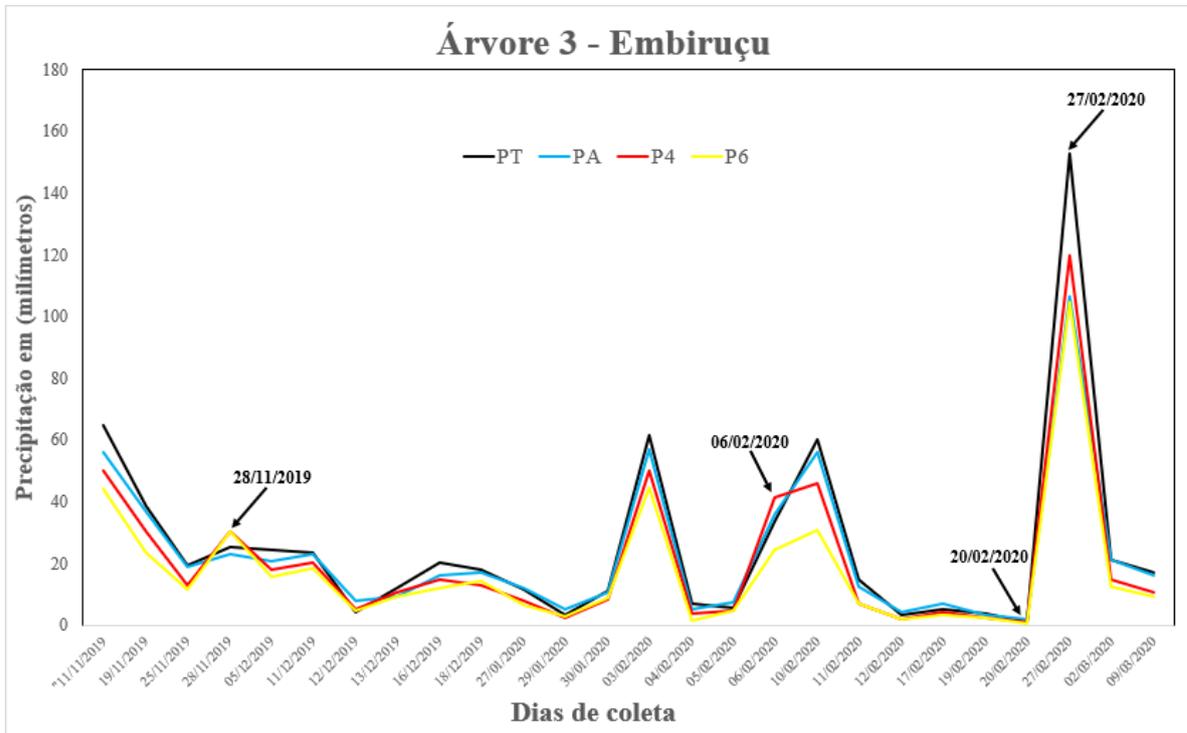


Fonte: O autor

A figura 16 demonstra a análise dos dados obtidos, em comparação aos pluviômetros internos, P4 e P6, localizados embaixo da copa da árvore 3 da espécie *Pseudobombax longiflorum*, nome popular Embiruçu.

Sob a árvore 3, foram observados 6 eventos em que a quantidade registrada pelos PI, foi superior a quantidade registrada pelo PT e PA e a transprecipitação média varia de 40% a 116%.

Figura 16: Análise dos dados correspondentes aos pluviômetros abaixo da árvore 3.

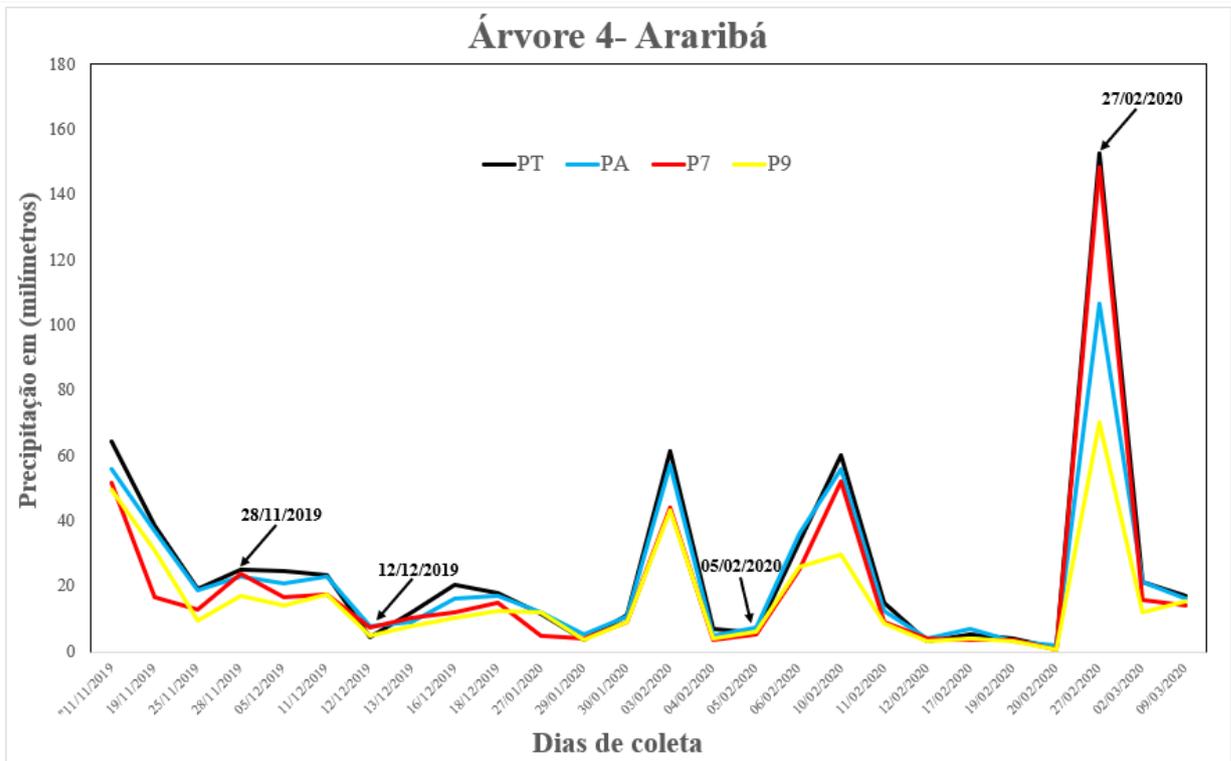


Fonte: O autor

A figura 17 mostra os dados obtidos pelos pluviômetros internos P7 e P9, localizados embaixo da copa da árvore 4 da espécie *Centrolobium tomentosum*, nome popular Araribá.

Sob a árvore 4, foram observados 8 eventos em que a quantidade de chuva medida pelos PI's foi superior a quantidade registrada pelo PT e PA e a transprecipitação média varia de 55% a 141%.

Figura 17: Análise dos dados correspondentes aos pluviômetros abaixo da árvore 4

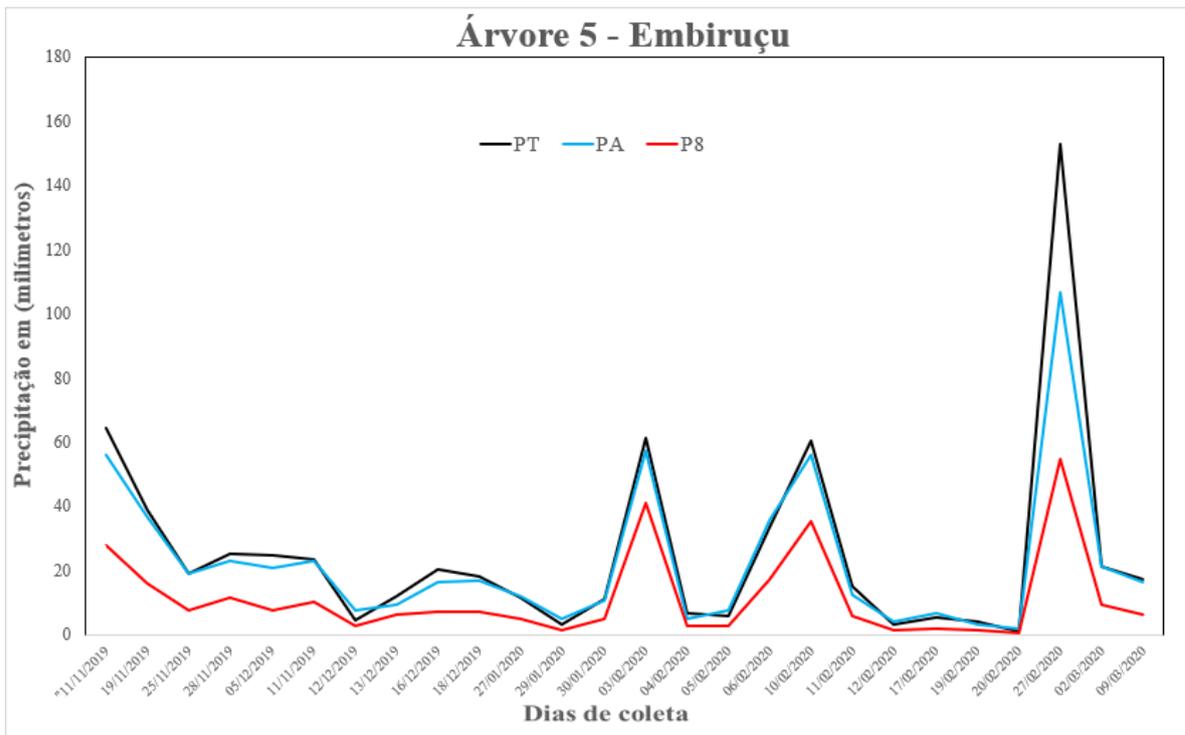


Fonte: O autor

A figura 18 demonstra a análise dos dados obtidos, em comparação do pluviômetro interno P8, localizado embaixo da copa da árvore 5, a última árvore analisada, da espécie *Pseudobombax longiflorum*, nome popular Embiruçu.

No caso do pluviômetro interno PI8 os valores se mantiveram inferiores aos valores observados em PT e PA, isso ocorreu devido a interferência de uma árvore maior porte localizado ao lado da árvore 5 que interceptou grande parte da precipitação. A transprecipitação média do PI 8, variou de 31% a 70%.

Figura 18: Análise dos dados correspondentes aos pluviômetros abaixo da árvore 5.



Fonte: O autor

A análise dos gráficos acima demonstrou a variabilidade de quantidades de precipitação interna dentro de um fragmento florestal, mostrando assim os diferentes comportamentos das espécies arbóreas, devido às suas características morfológicas e características da precipitação.

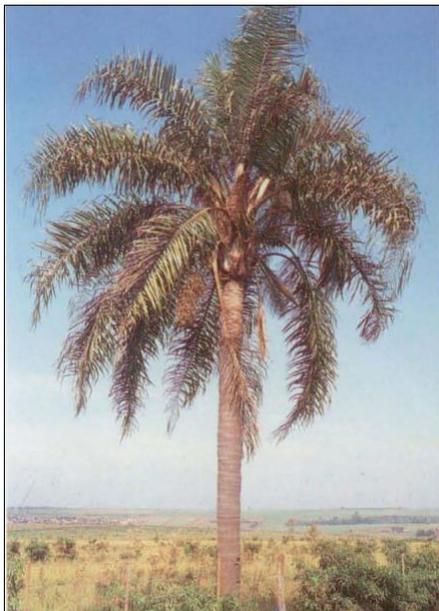
3.2 Análise do escoamento de troncos – caso do *Syagrus romansoffiana* (Jerivá)

As espécies arbóreas classificadas como palmeiras que são da família *Palmae*, têm como característica natural um alto índice de captação de precipitação que é convertida em escoamento de troncos (Esc. Tr.), pois suas folhas contêm um sulco na parte superior do pecíolo com curvatura ascendente da base do pecíolo até o meio da folha e descendente do meio às extremidades (SCHROTH et al. 1999).

Quando a precipitação cai na região entre o tronco até o meio da folha, onde o sulco tem a curvatura ascendente, grande parte da precipitação interceptada se converte em Esc. Tr., causando assim as altas quantidades no escoamento. Quando a precipitação cai na região

entre o meio da folha e a extremidade, onde o sulco tem a curvatura descendente, essa chuva interceptada ao invés de ser convertida em Esc. Tr., cai no solo e se converte em PI (SCHROTH et al. 1999).

Figura 19 – Jerivá (*Syagrus romansoffiana*)



Fonte: Árvores Brasileiras (1992)

Figura 20: Projeção da copa do Jerivá



Fonte: O autor

Dos 26 eventos em que foram medidos o escoamento de tronco, 10 tiveram o transbordamento dos coletores de 20 litros utilizados, devido à grande capacidade do Jerivá de retenção da precipitação, e estão destacados abaixo na tabela.

Tabela 1: Quantidades de escoamento do tronco

Dia	Mês	Ano	Quantidade de Esc. Tr. Em Litros
11	11	2019	20
19	11	2019	20
25	11	2019	20
28	11	2019	20
5	12	2019	14,4
11	12	2019	20
12	12	2019	7,49
13	12	2019	13,656
16	12	2019	20
18	12	2019	18,35
27	1	2020	5,23
29	1	2020	1,31
30	1	2020	7,165
3	2	2020	20
4	2	2020	1,58
5	2	2020	2,369
6	2	2020	20
10	2	2020	20
11	2	2020	4,8
12	2	2020	0,84
17	2	2020	1,602
19	2	2020	0,335
20	2	2020	0,01
27	2	2020	20
2	3	2020	6,56
9	3	2020	6,25

Fonte: O autor

O escoamento de tronco nos dias que os coletores não transbordaram variou de 0,01 litros que representou 0,01% da precipitação total do dia, a 18,35 litros que representou 1,24 % da precipitação total do dia.

3.3 Análise da partição da precipitação bruta – caso do Syagrus romansoffiana (Jerivá)

Os valores representados na tabela abaixo demonstram a partição da precipitação total em interceptação, escoamento de tronco e precipitação interna.

Tabela 2: Partição da precipitação total inferida no experimento

Data	PT (mm)	Esc. Tr (mm)	Média dos PI (mm)	I (mm)	I (%)
11/11/2019	64,6	0,24	57,93	6,42	9,94
19/11/2019	38,8	0,24	31,77	6,79	17,50
25/11/2019	19,2	0,24	12,40	6,56	34,14
28/11/2019	25,2	0,24	24,10	0,86	3,40
05/12/2019	24,6	0,18	17,27	7,16	29,09
11/12/2019	23,6	0,24	18,80	4,56	19,30
12/12/2019	4,4	0,09	5,80	-1,49	-33,90
13/12/2019	12	0,17	9,63	2,20	18,33
16/12/2019	20,4	0,24	11,67	8,49	41,61
18/12/2019	18	0,22	12,43	5,34	29,68
27/01/2020	11,6	0,06	10,73	0,80	6,92
29/01/2020	3,4	0,02	3,37	0,02	0,51
30/01/2020	11	0,09	9,23	1,68	15,26
03/02/2020	61,4	0,24	68,17	-7,01	-11,42
04/02/2020	6,8	0,02	4,90	1,88	27,66
05/02/2020	5,8	0,03	5,63	0,14	2,37
06/02/2020	33,6	0,24	29,83	3,52	10,48
10/02/2020	60,4	0,24	47,70	12,46	20,62
11/02/2020	15	0,06	10,40	4,54	30,28
12/02/2020	3,2	0,01	2,47	0,72	22,60
17/02/2020	5,4	0,02	4,93	0,45	8,28

Continua

19/02/2020	4	0,00	3,20	0,80	19,90
20/02/2020	1	0,00	1,57	-0,57	-56,68
27/02/2020	152,8	0,24	110,20	42,36	27,72
02/03/2020	21,2	0,08	19,20	1,92	9,06
09/03/2020	17,2	0,08	13,53	3,59	20,87

Conclusão.

Fonte: O autor

A precipitação total durante o período de análise, somando todos os dias de coleta foi de 664,6 mm e ela variou de 1 mm a 152,8 mm.

Os valores de interceptação variaram de 0,51% a 41,61%. Nota-se que alguns dias esses valores deram negativo, pois a quantidade de precipitação interna nesses dias foi maior que o valor da precipitação total, visto que as características das folhas do Jerivá (descritas na sessão 3.2), influenciaram muito na quantidade de precipitação interna coletada.

Tabela 3. Cálculo da precipitação efetiva em eventos diversos

PT	Precipitação efetiva em mm ($P_e = P_i + Esc\ Tr.$)	Comparação do PT com o P_e em (%)
64,60	58,18	90,05842
38,80	32,01	82,50277
19,20	12,64	65,8563
25,20	24,34	96,6048
24,60	17,44	70,90505
23,60	19,04	80,69665
4,40	5,89	133,8984
12,00	9,80	81,66847
20,40	11,91	58,38763
18,00	12,66	70,31988
11,60	10,80	93,07971

Continua

3,40	3,38	99,49045
11,00	9,32	84,73539
61,40	68,41	111,4187
6,80	4,92	72,34277
5,80	5,66	97,62558
33,60	30,08	89,51709
60,40	47,94	79,37816
15,00	10,46	69,72439
3,20	2,48	77,40412
5,40	4,95	91,72056
4,00	3,20	80,10235
1,00	1,57	156,6789
152,80	110,44	72,28037
21,20	19,28	90,94418
17,20	13,61	79,12623

Fonte: O autor

A tabela 3 apresenta os valores da precipitação efetiva, obtida pela soma da precipitação interna e escoamento do tronco observado. Observam-se valores médios entre 80 e 90% da precipitação total, o que indica a perda de evaporação por interceptação média nesta floresta entre 10 e 20%.

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho, foram confeccionados pluviômetros artesanais com garrafa pet e instalados em uma área de fragmento de floresta semi decídua, para inferir a precipitação interceptada pela vegetação e o papel de algumas espécies arbóreas na infiltração de água no solo. Em média, a transprecipitação obtida no fragmento florestal variou de 53% a 116% da precipitação total, dependendo da quantidade e intensidade da precipitação.

Alguns eventos foram observados em que a precipitação interna sob espécies de palmeira como o Jerivá, observada na localidade, foi em volume superior à precipitação total

inferida em pluviômetros instalados em áreas abertas próximas ao fragmento florestal. Estes eventos possivelmente são relacionados a uma confluência do escoamento interno da precipitação interceptada em trechos da folhagem do Jerivá que possuem curvatura descendente, fazendo que a água seja direcionada ao solo em área próxima onde estavam posicionados os pluviômetros de precipitação interna. Alguns eventos atingem valor de precipitação interna superior a 150% da precipitação total. Os resultados de precipitação interna e escoamento de tronco indicaram perda de evaporação por interceptação média nesta floresta entre 10 e 20%.

5. REFERÊNCIAS

CAMPANILI, Maura; SCHÄFFER, Wigold Bertoldo. Mata Atlântica: Manual de Adequação Ambiental – Brasília- DF: MMA/SBF, 2010. 96 p. (Serie Biodiversidade, 35). Disponível em: <<https://livroaberto.ibict.br/handle/1/745>>

CHRISTOFIDIS, Demetrios; ASSUMPCAO, Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes; KLIGERMAN, Débora Cynamon. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde debate**, Rio de Janeiro, v. 43, n. spe3, p. 94-108, dez. 2019. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-11042019000700094&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 15 de abril. 2020. Epub Jan 13, 2020.

CRUZ, Cintia de Souza. Análise da Regeneração Natural do Pau-Brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) em um Fragmento Florestal no Município de Jacareí – SP. Trabalho de Conclusão de Curso. FATEC/Jacareí. Jacareí: 2015.

CLIMA TEMPO. Climatologia. Disponível em <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/469/jacarei-sp>>. Acesso em 28 de agosto de 2020.

DEVIDE, Antonio Carlos Pries. Sistemas agroflorestais com guanandi (*Calophyllum brasiliense*) em terraço e várzea no Vale do Paraíba do Sul, Brasil. 2015. 198 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2015. Disponível em <<https://tede.ufrj.br/jspui/handle/jspui/2547>>

GOUVEIA, Nelson. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. Ciênc. saúde coletiva, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, jun 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232012000600014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 15 de abril. 2020.

LEAL, Karinne R. D. Componentes do ciclo hidrológico e ciclagem de nutrientes na interface atmosfera-planta-solo no semiárido brasileiro. 2016 (SIND.INPE.BR/MTCM21B/2016/05.27.18.08-TDI). Tese (Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 2015. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3LPG2RP>> Acesso em 25 fev. 2020

LEITÃO FILHO, H, F 1986. Considerações sobre a florística de florestas tropicais do Brasil. Anais da mesa-redonda sobre a conservação "in situ" de florestas tropicais :1-26, Piracicaba, SP, Brasil.

LEVIA JR., D.F.; FROST, E.E. Uma revisão e avaliação da literatura do fluxo de tronco no campo hidrológico e ciclos biogeoquímicos de florestas e ecossistemas, Amsterdam, v.274, p1-21, 2003.

LOESCHER, H.W.; POWERS, J.S.; OBERBAUER, Variação espacial do volume de queda em uma floresta tropical úmida, Costa Rica, v.18, p.397—407, 2002.

LORENZI, Harri. Árvores Brasileiras, Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil (1 ed. Vol.1) 1992. Nova Odessa, São Paulo, Brasil:

Plantarum.

LORENZI, Harri. Árvores Brasileiras, Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil (1 ed. Vol.3) 2009. Nova Odessa, São Paulo, Brasil: Plantarum.

MARENGO, José Antônio. Água e mudanças climáticas. Estud. av., São Paulo, v. 22, n. 63, p. 83-96, 2008. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 25 fev. 2020.

MOURA, Albert Einstein Spindola Saraiva de et al. Interceptação das chuvas em um fragmento de floresta da Mata Atlântica na Bacia do Prata, Recife, PE. Rev. Árvore, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 461-469, junho 2009. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622009000300008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 15 de abr. 2020.

MOURA, Albert Einstein Spíndola Saraiva de. Bases Para Gestão dos Recursos Hídricos: Estudo de Processos Hidrológicos na Bacia do Rio Tapacurá. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Recife, 2013. Disponível em <http://www.tede2.ufupe.br:8080/tede2/bitstream/tede2/5598/2/Albert%20Einstein%20Spindola%20Saraiva%20de%20Moura.pdf> Acesso em 24 de fev. 2020.

SAMPAIO, Claudio Sena dos Santos. Estudo da interceptação de chuva pela espécie *Centrolobium tomentosum* em um fragmento florestal em Jacareí. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo - Jacareí.

SATO, A.M.; AVELAR, A.S.; COELHO NETTO, A.L. Variabilidade espacial e estabilidade temporal de queda em uma plantação de eucalipto nas colinas do sudeste do

Brasil., West Sussex, v.25, p.1910—1923, 2011.

SCHROTH, GoÉtz; SILVA, Luciana Ferreira da; TEIXEIRA, Wenceslau Geraldes; WOLF, Marc.-Andree; ZECH, Wolfgang. Distribuição da precipitação e escoamento de tronco em sistemas agroflorestais de diversos estratos, monocultura perene, pousio e floresta primária na Amazônia central, Brasil. *Processos hidrológicos*, v.13, p.1423—1436, 1999. Disponível em <https://www.academia.edu/3773607/Distribution_of_throughfall_and_stemflow_in_multi_strata_agroforestry_perennial_monoculture_fallow_and_primary_forest_in_central_Amazonia_Brazil>. Acesso em 10 de abril de 2020.

SEBASTIÃO, Carlos Donizeti. Estudo da Interceptação de um Fragmento Florestal na ETEC Cônego José Bento. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo - Jacaréi.

SILVA, L. A.; GERVILLA, Eduardo; VON RANDOW, Rita de Cássia Silva. . Importância e confiabilidade de pluviômetros artesanais na medição da precipitação: métodos e aplicações. In: XI Workshop Brasileiro de Micrometeorologia, 2019, São José dos Campos. Anais do XI Workshop Brasileiro de Micrometeorologia. Santa Maria - RS: Even3, 2019. v. XI.

SILVA, Luciene Pimentel da. *HIDROLOGIA: engenharia e meio ambiente*. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

SOUSA, Adriana Ramos Lopes de; ESTILIANO, Eduardo Oliveira. Estrutura populacional de três espécies florestais arbóreas em um fragmento de floresta estacional semi-decidual no município de Jacaréi-SP 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo - Jacaréi.

15 DE SETEMBRO DE 2020



Bolsista: Yan Marcos Faria Lourenço



Orientador(a): Celso von Randow