

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

FERNANDO DE AZEVEDO ALMEIDA DE JESUS

**PARTIÇÃO E DINÂMICA DA INTERCEPTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA
EM FRAGMENTO FLORESTAL COM EUCALYPTUS SPP.**

Buri -SP
2025

Fernando de Azevedo Almeida de Jesus

**PARTIÇÃO E DINÂMICA DA INTERCEPTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA
EM FRAGMENTO FLORESTAL COM EUCALYPTUS SPP.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Centro de Ciências da Natureza da Universidade
Federal de São Carlos, para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof^ª Natália de Souza Pelinson
Coorientadora: Prof^ª Dra. Franciane Mendonça
dos Santos

Buri - SP
2025

Jesus, Fernando de Azevedo Almeida

Partição e dinâmica da interceptação pluviométrica em fragmento florestal com *Eucalyptus* spp. / Fernando de Azevedo Almeida Jesus -- 2025.

26f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri

Orientador (a): Natalia de Souza Pelinson

Banca Examinadora: Profa. Dra. Natália de Souza

Pelinson (Orientadora), Profa. Dra. Franciane Mendonça dos Santos (Coorientadora), Profa. Dra. Cláudia Marisse dos Santos Rotta, Prof. Dr. Jamil Alexandre Ayach

Anache

Bibliografia

1. Chuva. 2. Precipitação interna. 3. Ciclo hidrológico. I. Jesus, Fernando de Azevedo Almeida. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)


DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

Folha de Aprovação


Assinatura dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso do candidato Fernando de Azevedo Almeida de Jesus, intitulado Partição e dinâmica da interceptação pluviométrica em fragmento florestal com *Eucalyptus Spp.* realizada em 17/11/2025:

Documento assinado digitalmente
 NATALIA DE SOUZA PELINSON
Data: 12/12/2025 21:54:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Natália de Souza Pelinson – Orientadora
Centro de Ciências da Natureza – UFSCar Campus Lagoa do Sino.

Documento assinado digitalmente
 FRANCIANE MENDONÇA DOS SANTOS
Data: 17/11/2025 20:32:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Franciane Mendonça dos Santos – Coorientadora
Centro de Ciências da Natureza – UFSCar Campus Lagoa do Sino.

Documento assinado digitalmente
 CLAUDIA MARISSÉ DOS SANTOS ROTTA
Data: 19/11/2025 14:25:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Cláudia Marisse dos Santos Rotta – Avaliadora 1
Centro de Ciências da Natureza – UFSCar Campus Lagoa do Sino.

Documento assinado digitalmente
 JAMIL ALEXANDRE AYACH ANACHE
Data: 17/11/2025 20:25:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jamil Alexandre Ayach Anache (Avaliador 2)
Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo (EESC/USP)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus amigos, familiares e especialmente aos meus pais, que são os meus maiores exemplos de vida.

AGRADECIMENTO

Agradeço a todas as pessoas que direta e indiretamente auxiliaram em minha permanência e desenvolvimento durante o período de graduação. Agradeço a minha família por todo suporte emocional entregue, especialmente a Aurora Eva Soares de Azevedo Almeida, Orlando Almeida de Jesus, Ivana Soares Almeida de Jesus, Felipe Soares Apolinario. Agradeço a Eduarda Duarte da Silva por seu apoio, lealdade e companheirismo que possuem inestimável valor para conclusão desta jornada. Agradeço ao Luca, Renato, Leonardo e a todos meus amigos pela lealdade e por toda rede de apoio que construímos durante nossa jornada na graduação.

Agradeço aos professores, Jorge Pantoja, Beatriz Gonzalez Cruz, Natália de Souza Pelinson, Franciane Mendonça dos Santos, Claudia Marisse dos Santos Rotta e Márcio Rogerio Silva por todos os aprendizados, oportunidades e direcionamento durante a minha formação. Agradeço ao Professor Jamil Alexandre Ayach Anache por disponibilizar os equipamentos utilizados durante o experimento. Agradeço a Fazenda Escola Lagoa do Sino por disponibilizar os dados meteorológicos utilizados neste trabalho e agradeço ao CEPAE pelas aventuras, desenvolvimento e inúmeras atividades formadoras experienciadas.

Nossas lealdades são para com as espécies e com o planeta. Nós respondemos pela Terra. Nossa obrigação quanto à sobrevivência é devida não somente a nós mesmos, mas também a esse Cosmos, antigo e vasto, do qual surgimos. – Carl Sagan

RESUMO

JESUS, F. A. A.. **Partição e dinâmica da interceptação pluviométrica em fragmento florestal com *Eucalyptus spp.***. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos – Campus Lagoa do Sino, Centro de Ciências da Natureza Buri - SP, 2025. 56 p.

A interceptação da precipitação pela vegetação constitui um processo fundamental do balanço hídrico em ecossistemas florestais, modulando a recarga do solo, a evapotranspiração e o escoamento superficial. Apesar da ampla utilização do eucalipto em reflorestamentos, ainda há carência de estudos que quantifiquem a redistribuição da precipitação sob seu dossel, especialmente em regiões de transição entre Cerrado e Mata Atlântica, como a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Alto Paranapanema (UGRHI-14). Este estudo teve como objetivo quantificar e analisar os fluxos hidrológicos de interceptação pluvial em indivíduos de *Eucalyptus spp.* localizados em um fragmento florestal no Campus Lagoa do Sino (UFSCar) em Buri - SP, com ênfase na influência de variáveis meteorológicas e características arbóreas sobre a redistribuição da chuva. Entre dezembro de 2024 e junho de 2025, foram monitorados eventos pluviométricos utilizando 18 pluviômetros sob três árvores para estimar a precipitação efetiva (*throughfall*), mangueiras acopladas a cinco árvores para coleta do escoamento pelo tronco (*stemflow*) e três pluviômetros externos para a precipitação total. Dados meteorológicos locais (temperatura, umidade, vento, radiação e ponto de orvalho) subsidiaram análises de correlação de Pearson e de Spearman, além da Análise de Componentes Principais (PCA). A precipitação efetiva variou entre 60% e 90% da chuva total, o *stemflow* entre 1,5% e 11%, e a interceptação atingiu até 23% em eventos de baixa intensidade. O *stemflow* apresentou correlação negativa com a temperatura média ($r = -0,74$) e o ponto de orvalho ($r = -0,76$), indicando maior escoamento sob condições frias e úmidas. A PCA revelou dois gradientes dominantes: um eixo energético, composto por temperatura, radiação e energia solar, responsável por 59% da variância, e um eixo pluviométrico, associado à chuva total, *throughfall* e variabilidade da precipitação, explicando 18,7% da variância. Esses gradientes caracterizam dois regimes hidrológicos distintos: um regime de alta energia, com maior evaporação e menor retenção, e outro de alta pluviometria, marcado pela saturação da copa e aumento do *stemflow*. Os resultados desta pesquisa permitiram a compreensão dos processos de interceptação e redistribuição da chuva em florestas de eucalipto, fornecendo subsídios para a modelagem do balanço hídrico, o manejo de plantios florestais e a conservação de recursos hídricos em paisagens ecologicamente transitórias.

Palavras-chave: Chuva; Precipitação interna; Ciclo hidrológico.

ABSTRACT

JESUS, F. A. A.. **Partitioning and dynamics of rainfall Interception in a forest fragment with *Eucalyptus spp.***. Undergraduate Thesis (Bachelor's Degree in Environmental Engineering - Federal University of São Carlos, Center for Natural Sciences. Buri - SP, Brazil, 2025. 56 p.

Rainfall interception by vegetation is a fundamental component of the forest water balance, regulating soil recharge, evapotranspiration, and surface runoff. Despite the widespread use of eucalyptus in reforestation programs, there remains a lack of quantitative assessments of rainfall redistribution beneath its canopy—particularly in transition zones between the Cerrado and Atlantic Forest biomes, such as the Alto Paranapanema Water Resources Management Unit (UGRHI-14). This study aimed to quantify and analyze rainfall interception fluxes in *Eucalyptus spp.* individuals within a forest fragment at the Lagoa do Sino campus (UFSCar) in Buri, São Paulo State, emphasizing the influence of meteorological variables and tree characteristics on rainfall redistribution. From December 2024 to June 2025, rainfall events were monitored using 18 rain gauges beneath three trees to measure throughfall, hoses attached to five trees to collect stemflow, and three external gauges to record gross precipitation. Local meteorological data—temperature, relative humidity, wind speed, solar radiation, and dew point—supported statistical analyses including Pearson's and Spearman's correlations and Principal Component Analysis (PCA). Throughfall accounted for 60–90% of gross rainfall, stemflow ranged from 1.5% to 11%, and canopy interception reached up to 23% during low-intensity events. Stemflow exhibited negative correlations with mean air temperature ($r = -0.74$) and dew point ($r = -0.76$), indicating greater trunk flow under cool and humid conditions. PCA identified two dominant gradients: an energy axis, comprising temperature, radiation, and solar input, which explained 59% of total variance; and a pluviometric axis, associated with total rainfall, throughfall, and rainfall variability, explaining 18.7%. These gradients delineate two distinct hydrological regimes: an energy-driven regime, characterized by enhanced evaporation and reduced canopy retention; and a rainfall-driven regime, marked by canopy saturation and increased stemflow. The findings of this preliminary investigation enhance the understanding of rainfall interception and redistribution processes in eucalyptus forests, providing valuable insights for water balance modeling, plantation management, and water resource conservation in ecologically transitional landscapes.

Keyword: Precipitation; Effective rainfall; Hydrological cycle.

LISTA DE ABREVIATURAS

°C.	Graus celsius
MJ/M ² .	Mega joule por metro quadrado
m/s	Metros por segundo
UV	Radiação ultravioleta
DP.	Desvio padrão
mm.	Milímetros
m	Metros

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

<i>UGRHI</i>	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Dez	Dezembro
Mar	Março
SP	São Paulo
PET	Polietileno Tereftalato
DAP	Diâmetro à altura do peito
PCA	Análise de componentes principais
NMDS	Análise de Escalonamento Multidimensional Não Métrica
THW:	Temperatura, Umidade e Vento
UV:	Índice de radiação ultravioleta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo geral	15
2.2	Objetivos específicos	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	Ciclo hidrológico	16
3.2	Interceptação da precipitação por espécies arbóreas	18
4	MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1	Área de estudo	20
4.2	Análise simplificada de uso do solo na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Integrado Alto Paranapanema	22
4.3	Monitoramento ambiental realizado para análise de particionamento de água precipitada em um fragmento florestal no campus Lagoa do Sino (UFSCar-LS).....	22
4.3.1	Seleção de árvores para monitoramento da precipitação interna.....	23
4.3.2	Medições dendrométricas simplificadas.....	23
4.3.3	Monitoramento da pluviometria local	23
4.3.4	Escoamento da precipitação interceptada pelo tronco.....	25
4.3.5	Estimativa de volume de interceptação	27
4.4	Análise estatística de dados	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1	Análise simplificada de uso do solo na Unidade de Gerenciamento Alto Paranapanema	28
5.2	Monitoramento ambiental: estimativas de <i>Stemflow</i> , <i>throughfall</i> e interceptação da precipitação	31
5.3	Comparação de dados de monitoramento pluviométrico com dados meteorológicos extraídos da estação de monitoramento da FELIS	33
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
7	REFERÊNCIAS	45
8	APÊNDICE A - RESULTADOS DOS TESTES DE NORMALIDADE	49
9	APÊNDICE B - ANÁLISES DE CORRELAÇÃO	50
10	APÊNDICE C – DADOS DE MONITORAMENTO PLUVIOMÉTRICOS E DADOS CLIMÁTICOS	55

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso abundante em nosso planeta, mas sua disponibilidade na forma doce representa apenas 2,5 % de todo volume global (Telles; Costa 2010). Deste pequeno montante, 69 % encontram-se em geleiras e calotas polares, 30 % em aquíferos e lençóis freáticos e somente 1 % disponível para consumo na superfície terrestre (Telles; Costa, 2010). Este recurso influencia na produção de alimentos, qualidade de vida dos seres humanos, nos ecossistemas, biomas, ciclos biogeoquímicos entre outras áreas primordiais (IPCC, 2023).

A movimentação de água no ciclo hidrológico apresenta uma intrínseca dependência sistemática com os locais de floresta. Segundo Tonello (2025), a precipitação efetiva (*throughfall*), interceptação de água pelo dossel (*canopy interception*), escoamento pelo tronco (*stemflow*) e evapotranspiração estão ligados diretamente ao balanço hídrico brasileiro. O estudo desta complexa interação, segundo Bueno *et al.* (2020), permite a identificação correta das funções e capacidades ecossistêmicas dos indivíduos arbóreos dentro das bacias hidrográficas, direcionando os atores responsáveis por sua gestão a aplicar mudanças convergentes para soluções em torno das problemáticas hídricas.

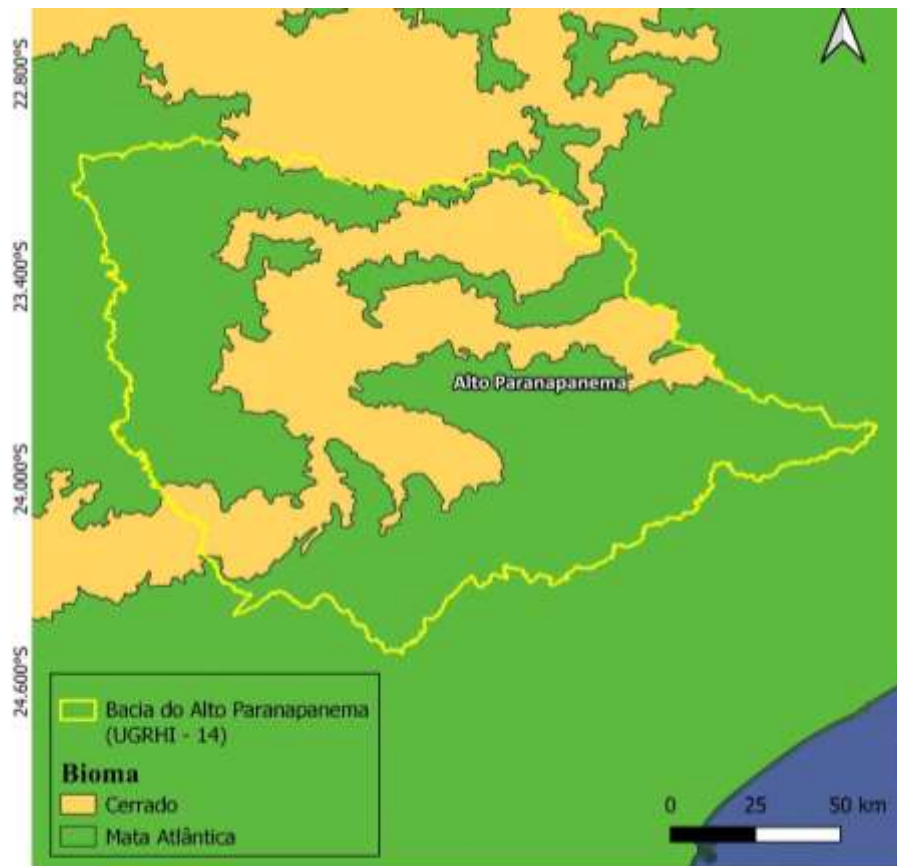
O cenário hídrico brasileiro é rico e extremamente complexo uma vez que abriga seis grandes biomas (Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal), cada um definido por características ecológicas, climáticas e geomorfológicas distintas (IBGE, 2019). Entre eles, a Mata Atlântica se destaca por sua alta precipitação anual, densa estrutura de dossel e notável biodiversidade, apesar de ter sofrido extensa degradação (Penereiro *et al.*, 2018). O Cerrado, por outro lado, é uma savana tropical caracterizada por vegetação aberta, flora de raízes profundas e forte tolerância à seca sazonal (Vieira *et al.*, 2022). Com solos porosos e estrutura vegetal característica, o Cerrado se torna particularmente importante para a recarga de aquíferos e a regulação dos fluxos hidrológicos nas regiões central e sudeste do Brasil (Oliveira *et al.*, 2014).

Nos locais em que esses biomas convergem, surgem zonas de transição, ou seja, ecótonos, formando mosaicos complexos de tipos de vegetação e gradientes ambientais (Oliveira *et al.*, 2014). Essas zonas frequentemente apresentam maior sensibilidade ecológica e são mais suscetíveis a perturbações antropogênicas, como desmatamento, conversão de terras e fragmentação de habitats (Zaiatz *et al.*, 2018). Ecótonos, configuram áreas de elevada heterogeneidade estrutural e funcional, onde as características ecológicas e climáticas de formações distintas se sobrepõem (Oliveira *et al.*, 2014). Nessas regiões, os gradientes de

vegetação e solo influenciam diretamente a dinâmica hidrológica, modulando a interceptação da precipitação, o escoamento superficial e a percolação para zonas saturadas e não saturadas do solo (Siefert; Santos, 2010). Compreender a dinâmica dessas interfaces pode aumentar a compreensão sobre como ecossistemas contrastantes respondem a mudanças no uso da terra, especialmente no que diz respeito ao equilíbrio hídrico, à estabilidade do solo e à conservação da biodiversidade (Haidar *et al.*, 2013).

Um exemplo proeminente dessa região ecotonal é a bacia hidrográfica do Alto Paranapanema, correspondente à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Integrado (UGRHI-14) no sudoeste do estado de São Paulo (Figura 1). Essa área é definida pela presença sobreposta de formações de Mata Atlântica e Cerrado, resultando em uma paisagem altamente heterogênea, moldada por variação topográfica, diversidade de solos e um clima marcadamente sazonal. A região abrange parte da bacia do Rio Paranapanema, um sistema hidrológico significativo que sustenta o abastecimento de água urbano e rural, a produção agrícola e os serviços ecossistêmicos em todo o sudeste do Brasil (CBH ALPA, 2016).

Figura 1 - Distribuição espacial de biomas presentes na Unidade de Gerenciamento Hídrico Integrado Alto Paranapanema (UGRHI-14), sudoeste do estado de São Paulo.



Fonte: Biomas (IBGE, 2004); Limite de Sub-UGRHIS (SP Águas, 2025)

Fonte: Autoria própria, 2025

Dessa forma, ecótonos tornam-se ambientes críticos para estudar a interação entre o uso do solo e o ciclo hidrológico, fornecendo informações essenciais para a gestão sustentável de recursos hídricos em paisagens de transição entre Cerrado e Mata Atlântica, como na bacia do Alto Paranapanema (UGRHI-14). A diversidade estrutural e a composição florística dessas áreas determinam padrões diferenciados de retenção hídrica e redistribuição de água, sendo também sensíveis às alterações antrópicas, como expansão de silvicultura, desmatamento e fragmentação de habitats.

A substituição da cobertura vegetal nativa por monoculturas homogêneas pode transformar as propriedades da superfície do solo (Moura; Zaidan, 2017). Essas mudanças frequentemente ocorreram sem a devida consideração dos limiares ecológicos da região, resultando em impactos tanto na biodiversidade quanto na estabilidade hidrológica.

Neste contexto de análise hidrológica, o solo apresenta grande relevância e está relacionado com a dinâmica superficial e com o armazenamento das águas em perfil ou profundidade e para que seus componentes e estruturas não sofram grandes impactos negativos se faz necessária a presença da cobertura vegetal (Oliveira *et al.*, 2015). Podemos destacar que o solo recebe a proteção das copas e raízes das árvores, porém quando expostos diretamente aos eventos pluviométricos tendem a sofrer alterações geradas pelos processos erosivos de impacto direto (Loureiro *et al.*, 2023). Além da mitigação de impactos, a vegetação contribui para a recarga das áreas subterrâneas, denominadas insaturadas e saturadas (Zhang *et al.*, 2022).

Em locais com cobertura vegetal e sem impermeabilização artificial da superfície, a água da precipitação líquida atravessa a zona não saturada do perfil de solo e chega à zona saturada. Neste contexto, a vegetação intercepta a precipitação diminuindo sua velocidade e permitindo a percolação tardia (Tundisi; Tundisi, 2011), podendo causar alteração na quantidade de água a ser infiltrada. A água que precipita sobre as árvores pode ser armazenada no dossel ou atingir diretamente o solo. De uma forma genérica, é esperado que a água armazenada nas folhas e caules retorne à atmosfera por evaporação ou siga em direção ao solo por drenagem (das folhas e caules do dossel) ou por fluxo do tronco (de caules e troncos saturados) (Yue *et al.*, 2021). A porção que passa diretamente pelo dossel, atingindo o solo, somada a porção que é drenada do dossel são consideradas precipitação interna e podem ser monitoradas por pluviômetros instalados próximos ao solo.

Assim, a UGRHI-14 fornece um contexto valioso para investigar como a intersecção de biomas e a intensificação do uso do solo influenciam a sustentabilidade dos recursos hídricos em paisagens de transição (CBH ALPA, 2016).

Neste sentido, o presente projeto teve como objetivo avaliar o volume captado pela interceptação de precipitação por árvores de eucalipto através do monitoramento pluviométrico, entre 2024 e 2025, realizado na Universidade Federal de São Carlos Campus Lagoa do Sino, presente na cidade de Buri (SP).

Com este estudo, foi possível identificar a influência do dossel nos eventos pluviométricos e analisar as diferenças de interceptação em pontos variados, mais especificamente analisando a presença de eucaliptos em fragmentos florestais e próximos de áreas agricultáveis. Correlacionando estes dados com algumas variáveis meteorológicas para entender suas influências e ligações, este trabalho buscou fomentar o desenvolvimento de pesquisas em torno da manutenção do ciclo hidrológico, através da geração de dados para os estudos de monitoramento integrado de recursos hídricos e investigação da relação entre a interceptação e a percolação de chuva no solo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo principal avaliar a interceptação da precipitação em um plantio de eucalipto no Campus Lagoa do Sino da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar-LS), visando fornecer informações para a análise do ciclo hidrológico local e para o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos.

2.2 Objetivos específicos

Dentre os principais objetivos do projeto, podemos destacar:

- Compreender a interceptação da precipitação e seus principais componentes: a precipitação total; a precipitação interna (*throughfall*), correspondente à água que atravessa o dossel e alcança o solo; e o escoamento pelo tronco (*stemflow*), que representa a água que flui ao longo do caule das árvores;
- Analisar como as condições meteorológicas, incluindo intensidade e duração da chuva, umidade relativa do ar, temperatura e velocidade do vento, podem influenciar a interceptação e a redistribuição da água no dossel e no tronco;
- Fornecer subsídios para o planejamento e gestão sustentável de recursos hídricos que possam futuramente orientar práticas de manejo florestal.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Ciclo hidrológico

A água é imprescindível para a manutenção da vida e para a dinâmica dos ecossistemas naturais, estando presente na biosfera nos estados líquido, sólido e gasoso. O ciclo hidrológico representa o movimento contínuo da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, envolvendo processos interdependentes como evaporação, transpiração, precipitação, infiltração, percolação e drenagem (Tundisi, 2003).

A transferência de água entre esses compartimentos é controlada por fatores meteorológicos, como temperatura, radiação solar e vento. Esses elementos influenciam diretamente a evaporação, processo em que a água líquida presente em superfícies terrestres, como solos úmidos, rios e corpos d'água, transforma-se em vapor e é transferida para a atmosfera (Parajuli *et al.*, 2019). Paralelamente, a transpiração ocorre quando as plantas liberam vapor d'água proveniente da absorção radicular e do metabolismo vegetal. A soma dos fluxos de evaporação e transpiração é denominada evapotranspiração (Pinto *et al.*, 1976), e constitui um dos principais mecanismos de retorno da água do sistema terrestre para a atmosfera, influenciando o balanço hídrico e o microclima local.

As árvores exercem papel fundamental nesse ciclo da água natural, uma vez que suas copas interceptam parte da precipitação antes que ela alcance o solo, armazenando temporariamente a água sobre folhas, galhos e troncos. Essa interceptação da chuva reduz o impacto direto das gotas sobre o solo, minimizando processos erosivos e favorecendo a infiltração. Parte da água interceptada evapora novamente para a atmosfera, enquanto outra parte escoar pelo tronco ou penetra no solo, contribuindo para a recarga hídrica e para a regulação dos fluxos superficiais. Dessa forma, a vegetação arbórea atua como um importante moderador da dinâmica hidrológica, promovendo maior estabilidade hídrica em ecossistemas florestais (Tonello *et al.*, 2025).

A infiltração é o processo que corresponde à entrada de água no solo pela superfície, através dos seus poros e agregados estruturais. Esse processo é fortemente influenciado pela textura, estrutura, teor de matéria orgânica e umidade antecedente do solo, além da densidade da cobertura vegetal (Binda; Fritzen, 2011). Após infiltrar-se, a água pode mover-se verticalmente através do perfil, processo denominado percolação. Durante a percolação, parte da água é retida nas camadas mais rasas, enquanto o excedente continua seu percurso até atingir zonas mais profundas. Quando a água percolada atinge formações geológicas permeáveis e saturadas, ocorre a recarga dos lençóis freáticos e aquíferos subterrâneos, contribuindo para a

manutenção dos fluxos de base em cursos d'água e para o abastecimento de sistemas subterrâneos.

Quando a precipitação total e efetiva é maior do que a capacidade de infiltração e de armazenamento do solo, o excesso de água escoar superficialmente, formando as redes de drenagem (Varejão-Silva, 2006). O equilíbrio entre infiltração, percolação e escoamento superficial é fortemente controlado pela estrutura da vegetação, pelas características físicas do solo e pela intensidade e duração das chuvas.

Finalmente, a precipitação é definida como toda a água proveniente da atmosfera que atinge a superfície terrestre (Klassen *et al.*, 1996). Ela pode ocorrer sob diversas formas, como chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geada, sendo a chuva o tipo mais frequente. As chuvas podem ser classificadas em convectivas, de curta duração e alta intensidade; orográficas, de longa duração e baixa intensidade; e frontais, de média intensidade e longa duração. A quantificação e o acompanhamento desses eventos são realizados por meio de pluviômetros manuais, pluviógrafos automáticos e radares meteorológicos (Oliveira, 2016).

Os monitoramentos hidrometeorológicos têm como objetivo compreender a distribuição temporal e espacial da precipitação, bem como avaliar os processos associados à infiltração, percolação, interceptação e escoamento (Silva, 2021). Em áreas florestadas, as medições incluem a instalação de pluviômetros sob e fora da copa das árvores, para determinar a precipitação interna e o escoamento pelo tronco, além da estimativa da fração de chuva interceptada (Zabret; Sraj, 2021). Sensores de umidade do solo, piezômetros e medições de vazão complementam a análise, permitindo avaliar a recarga de aquíferos e a dinâmica do escoamento superficial. Esses dados podem ser fundamentais para compreender a influência das árvores na regulação do ciclo hidrológico e na manutenção dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (Manziona *et al.*, 2012).

Assim, compreender o papel da vegetação, especialmente das árvores, nos processos de interceptação, infiltração, percolação e evapotranspiração é essencial para o manejo sustentável dos ecossistemas e para a conservação dos recursos hídricos que sustentam a biodiversidade e as atividades humanas (Perez *et al.*, 2018).

3.2 Intercepção da precipitação por espécies arbóreas

As copas das árvores podem realizar o processo de intercepção da precipitação, retendo temporariamente a chuva, que pode ser redistribuída para o solo pela precipitação interna, precipitação tardia, escoada pelo tronco ou ser evaporada para atmosfera (Lima, 1976). O volume que não chega ao solo, poderia ser caracterizado como perda por intercepção, transformando-se em evapotranspiração. Há casos em que a água fica armazenada de forma temporária nas copas e sofre escoamento tardio (Tonello *et al.*, 2014).

A precipitação que atinge o solo passando entre as folhas das árvores denomina-se precipitação interna, enquanto a massa de chuva que escoar pelo tronco é chamada de escoamento pelo tronco (Arcova *et al.*, 2003). Estes eventos são influenciados diretamente pelo tipo de formação florestal e pelo clima da região de estudo (Cuartas *et al.*, 2007).

Tanto a precipitação interna quanto a perda por intercepção, têm ligação direta com os estudos de infiltração e percolação de água no solo, influenciando na circulação de nutrientes nos ecossistemas florestais (Leopoldo; Conte, 1985). A intercepção pelas copas das árvores tem relação direta com o tempo de duração da precipitação no solo e diminuem a velocidade de queda das gotas, mitigando os processos erosivos (Thomaz, 2007).

Para estimar os volumes totais de chuva, é necessário que não haja obstrução da precipitação¹ até o recipiente de coleta, de modo a adotar algumas metodologias para determinar essa quantidade interceptada. Lloyd e Marques (1988) encontraram o volume de pluviosidade coletando dados em três pontos de referência para obter uma média dos eventos. Com o propósito de separar os valores em períodos de folhagem, queda de folhas, galhos sem folhas e folhas em crescimento. Zabret e Sraj (2021) coletaram os valores de precipitação em uma estação meteorológica e em uma clareira próxima a área experimental. Thomaz (2005) distribuiu quatro pluviômetros, dois coletores de garrafa plástica e dois do tipo *hellmann* com altura total de 300 mm, diâmetro do bocal de 110 mm e área de captação de 110 cm², dispostos em diferentes distâncias, para obter a média dos volumes de chuva.

A fim de escolher os indivíduos a serem analisados no estudo de intercepção, Izídio *et al.* (2013), criaram classes com base no diâmetro à altura do peito (DAP), que foram divididas entre as amplitudes encontradas nos troncos em uma área de 200 m². Com a problemática de comparar locais desmatados e intactos em uma região da Amazônia, Ferreira *et al.* (2005), escolheram seis pontos e os distribuíram em duas regiões. Por outro lado, Thomaz (2005), fragmentou dois lotes de 100 m², o primeiro em uma floresta secundária e o segundo em uma

¹ A precipitação é a queda de água vinda da atmosfera para a superfície da Terra

vegetação de capoeira. Zabret e Sraj (2021) demonstram que, para o acompanhamento de dois grupos em 600 m², pode-se dividir o espaço entre face sul e face norte, e nesta divisão cada classe de indivíduos é determinada pelo DAP e altura próximos e, depois de selecionados, escolhidos de forma aleatória.

No sentido de determinar a disposição dos pluviômetros receptores de precipitação interna, Zabret e Sraj (2021) apresentaram a disposição de doze medidores, dois fixos e dez com variações nas posições sob a copa da árvore analisada, coletando seus valores a cada evento pluviométrico. Ribeiro Filho *et al.* (2019) distribuíram dez recipientes de plástico elevados a 1,5 m de altura no interior das copas observadas, realizando leituras a cada chuva. Ferreira *et al.* (2005), colocaram sete medidores em sua área de controle e treze nas áreas que sofreram desmatamento, dispostos de forma aleatória sob as copas, e realizaram leituras semanalmente. Thomaz (2005), inseriu sete coletores na área de capoeira e cinco na área de floresta e acompanhou todos os eventos pluviométricos do ano de estudo.

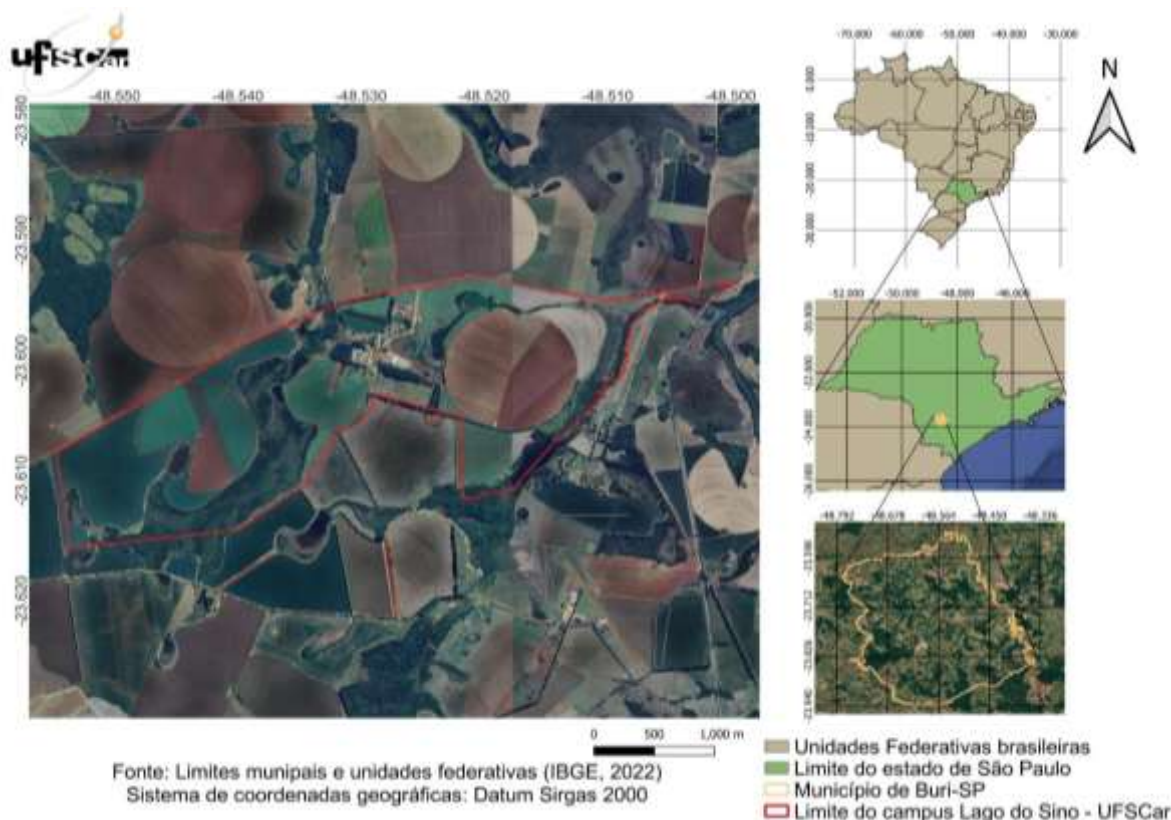
Zabret e Sraj (2021) compreenderam que há semelhanças no comportamento de interceptação das espécies analisadas e que os principais influenciadores das variações na interceptação pelas copas, são: a intensidade e duração dos eventos pluviométricos. Ribeiro Filho *et al.* (2019) com sua pesquisa, chegaram aos valores de 44,9 % para perda por interceptação, 52,9 % para precipitação interna e 2,2 % para o escoamento pelo tronco das chuvas monitoradas. Neste mesmo sentido, Ferreira *et al.* (2005) observaram que as medições de precipitação interna em áreas de desmatamento seletivo não foram influenciadas de forma substancial, mas que houve diminuição na quantidade de água evapotranspirada ocasionada pela supressão dos indivíduos. Finalmente, Thomaz (2005) evidenciou uma perda por interceptação de 52,4 % e uma precipitação interna de 47,6 % para área de capoeira, e para área de floresta uma perda por interceptação de 23 % e uma precipitação interna de 77 %.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em um fragmento florestal misto com indivíduos nativos e exóticos localizado no Campus Lagoa do Sino da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar-LS) em Buri, SP (latitude -23.6043 e longitude -48.5396; Figura 2). A perda de cobertura nativa aumenta a suscetibilidade do solo à erosão e à compactação, diminuindo sua capacidade de infiltração e armazenamento hídrico (Lourerio; Guerra, 2024). Como consequência, mesmo precipitações de intensidade moderada podem gerar escoamentos superficiais mais elevados, transportar sedimentos e reduzir a eficiência dos ecossistemas em manter a disponibilidade de água durante períodos de seca (Ferreira *et al.*, 2005).

Figura 2 - Figura 2 – Localização da área de estudo no Campus Lagoa do Sino da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar-LS), município de Buri, estado de São Paulo, Brasil. O mapa apresenta a delimitação do campus (polígono em vermelho) sobre imagem de satélite, com destaque para o contexto regional e nacional.



Fonte: Autoria própria, 2025.

Acredita-se que a fragmentação da vegetação pode contribuir para desequilíbrios no ciclo hidrológico local, pois altera a distribuição da precipitação interna e o escoamento pelo tronco, elementos críticos para a manutenção da umidade do solo e da estabilidade hídrica. O

fragmento florestal analisado está inserido em uma matriz agrícola e é composto por indivíduos nativos e exóticos. Assim, a espécie escolhida para investigação da interceptação pluviométrica foi o eucalipto, para que se possa analisar a dinâmica destes indivíduos na redistribuição da água em um fragmento florestal. Na Figura 3, são apresentados o perímetro da área de estudo, a distribuição dos indivíduos de *Eucalyptus* selecionados para a quantificação do escoamento pelo tronco e da precipitação interna, bem como a localização dos pluviômetros em campo aberto.

Figura 3 - Área de estudo e localização dos indivíduos arbóreos selecionados para a coleta de escoamento pelo tronco (*stemflow*) e precipitação interna (*throughfall*). O perímetro do fragmento florestal inserido em matriz agrícola é delimitado, bem como são indicadas a distribuição espacial dos indivíduos de *Eucalyptus* monitorados e a localização dos pluviômetros instalados em campo aberto, utilizados como referência para a precipitação total. Sistemas de coordenadas em Sirgas 2000.



Fonte: Autoria própria, 2025

O clima da área de estudo pode ser classificado como tropical com estação chuvosa entre outubro e maio (Cfa - Clima subtropical, na classificação de Köppen-Geiger), com temperatura média anual de 22 °C e precipitação média anual de 1400 mm. Vale ressaltar que dados complementares das condições climáticas foram coletados junto à estação de monitoramento da UFSCar-LS (temperatura, umidade, vento, radiação etc.). O local de estudo fica localizado em uma área de transição entre o Cerrado e a Mata Atlântica.

4.2 Análise simplificada de uso do solo na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Integrado Alto Paranapanema

A análise do uso e ocupação do solo na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Integrados do Alto Paranapanema (UGRHI-14) foi realizada a partir de dados disponibilizados pela plataforma MapBiomas (Coleção 9.0), considerando o período entre 1985 e 2024. Foram selecionadas as classes de cobertura vegetal correspondentes às formações florestais nativas (formações florestais e savânicas) e à silvicultura, de modo a permitir a comparação temporal entre áreas de vegetação natural e áreas com cobertura florestal plantada.

Os dados espaciais foram processados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), no qual foram aplicados filtros para a extração das classes de interesse e o recorte da área correspondente aos limites da UGRHI-14. As áreas ocupadas por cada classe foram quantificadas para os anos selecionados, possibilitando a avaliação da variação temporal da cobertura do solo associada à silvicultura e à vegetação florestal nativa. A evolução temporal do uso e ocupação do solo foi representada por meio de mapas temáticos e gráficos comparativos, elaborados a partir dos dados processados. Esses produtos permitiram a visualização da distribuição espacial das classes analisadas e a comparação das áreas ocupadas ao longo do período estudado, servindo de base para a análise das transformações ocorridas na paisagem da UGRHI-14.

4.3 Monitoramento ambiental realizado para análise de particionamento de água precipitada em um fragmento florestal no campus Lagoa do Sino (UFSCar-LS)

Nesta seção são apresentados os procedimentos metodológicos adotados para o monitoramento ambiental e a análise do particionamento da precipitação no fragmento florestal estudado. Além disso, estão descritos os critérios de seleção dos indivíduos arbóreos, as medições dendrométricas utilizadas para sua caracterização, a instrumentação empregada para o registro da precipitação total e interna, bem como os métodos de coleta do escoamento pelo tronco.

Por fim, são detalhados os procedimentos utilizados para a estimativa do volume de interceptação da precipitação pelo dossel, permitindo a avaliação da redistribuição da água da chuva no ambiente florestal.

4.3.1 Seleção de árvores para monitoramento da precipitação interna

Foram selecionadas cinco árvores para monitoramento do escoamento pelo tronco e dentre essas, três para o monitoramento da precipitação interna, sendo estes indivíduos da espécie *Eucalyptus spp.* Os critérios para a seleção das árvores monitoradas incluíram a distância entre as copas de indivíduos próximos (evitando sobreposição), a proximidade das árvores amostradas (raio de 15 m) para comparar árvores em uso e cobertura do solo (do inglês “*Land Use and Land Cover*” - LULC) semelhantes; e diferentes tamanhos de árvores, a fim de observar os efeitos das características dendrométricas nesse processo como observadas na metodologia de Valente (2020). As árvores selecionadas foram monitoradas principalmente entre os meses de dezembro de 2024 e março de 2025, período chuvoso na região do Alto do Paranapanema e estendidas até o mês de junho de 2025 para maior conjunto amostral.

4.3.2 Medições dendrométricas simplificadas

Dentre os dados que foram coletados para caracterização dos indivíduos arbóreos monitorados visou-se especificar o diâmetro à altura do peito (DAP). O DAP é um método padrão para expressar o diâmetro do tronco de uma árvore em pé. Seguindo a metodologia de Tonini e Arcoverde (2005) o DAP foi medido a 1,30 m do ponto mais alto do solo na base da árvore e estimado usando uma fita métrica. O DAP, medido a 1,30 m do solo, foi utilizado para a estimativa do perímetro do tronco de cada indivíduo. A partir desse valor, o raio e o diâmetro do tronco foram estimados, assumindo-se uma seção transversal aproximadamente circular. Com base nessa aproximação geométrica, a área basal de cada árvore foi calculada considerando a área de uma circunferência, permitindo a comparação entre as dimensões estruturais dos indivíduos monitorados.

4.3.3 Monitoramento da pluviometria local

Os dados da série de precipitação total foram obtidos utilizando três pluviômetros instalados em suportes de madeira de 50 cm em áreas abertas, longe de árvores ou culturas agrícolas. Esses pluviômetros externos foram utilizados como referência para comparar os registros coletados pelo equipamento instalado sob o dossel das árvores selecionadas para avaliar a precipitação interna, os eventos foram monitorados de dezembro de 2024 à junho de 2025.

Sob cada árvore, foram medidos dois círculos concêntricos de um e três metros a partir do tronco e dispostos seis pluviômetros, três no perímetro do círculo de um metro e três no círculo de três metros, visando captar a variação de interceptação entre essas duas áreas. Analogamente à precipitação total, a precipitação interna ou efetiva foi monitorada usando pluviômetros graduados de 2 à 150 mm/m².

Figura 4 - Pluviômetros utilizados para captação de dados em campo, sendo (a) o pluviômetro utilizado para captação de *throughfall* N° 18, e (b) o pluviômetro de campo aberto utilizado para captação da precipitação total N°3.

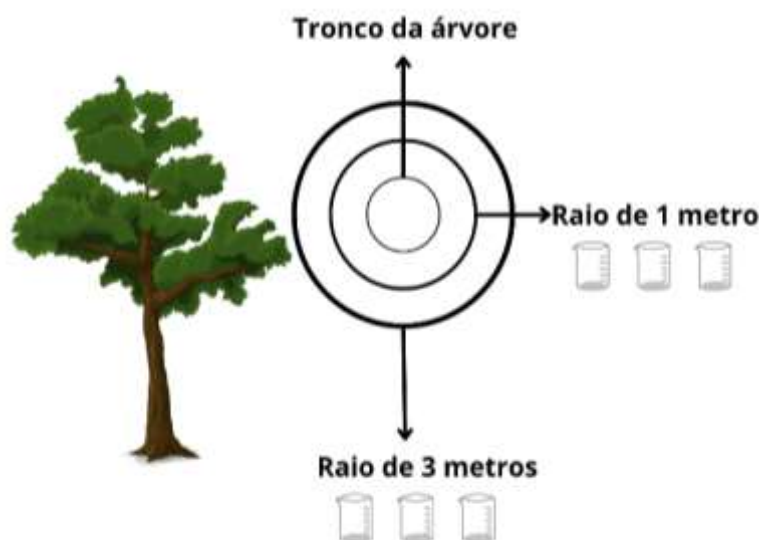


Fonte: Autoria própria, 2025

A distribuição ao redor do tronco de cada árvore escolhida foi baseada na metodologia desenvolvida por Valente (2020) ao estudar a interceptação da água da chuva por oliveiras (*Olea europaea L.*) com pluviômetros alocados ao longo de três círculos concêntricos. Mas, por não se tratar de árvores esparsas, a metodologia foi adaptada com a disposição de dois círculos concêntricos com raios de 1 e 3 m como apresentado na Figura 5.

Os pluviômetros analógicos que foram utilizados para coleta do volume acumulado de precipitação foram medidos manualmente no dia seguinte à ocorrência de eventos chuvosos. Para padronizar os procedimentos de medição da precipitação, o monitoramento foi realizado entre 12:00h. e 13:00h.

Figura 5 - Disposição dos pluviômetros ao redor do tronco das árvores amostradas, distribuídos em dois círculos concêntricos (1 m e 3 m) para monitoramento da precipitação interna sob o dossel.



Fonte: Autoria própria, 2025.

4.3.4 Escoamento da precipitação interceptada pelo tronco

O monitoramento do escoamento pelo tronco (*stemflow*) foi realizado por meio de um sistema de coleta manual de baixo custo, desenvolvido a partir de materiais simples e de fácil aquisição. O sistema consistiu em uma mangueira flexível instalada ao redor do tronco da árvore e conectada diretamente a um reservatório com capacidade de 20 L, destinado à coleta do volume de água escoado durante eventos de precipitação.

A mangueira foi posicionada em configuração espiral, desde a base do tronco até aproximadamente 1,50 m de altura, de modo a interceptar o fluxo descendente da água ao longo da superfície do tronco. Na extremidade superior da mangueira, foi realizado um corte longitudinal com comprimento definido (AB), inferior à circunferência total do tronco, permitindo a captação parcial do escoamento superficial ao longo da casca.

O volume de *stemflow* coletado ao longo da abertura AB (SF_{AB}) correspondeu ao escoamento interceptado nesse segmento do tronco. Para estimar o volume total de *stemflow* (SF_{total}) por indivíduo arbóreo aplicou-se uma correção proporcional baseada na circunferência total do tronco (C), assumindo-se uma seção transversal aproximadamente circular do tronco. Essa extrapolação baseia-se na premissa de que o escoamento pelo tronco apresenta distribuição aproximadamente homogênea ao longo da circunferência, reconhecendo-

se, contudo, que variações na rugosidade da casca e na arquitetura do tronco podem introduzir heterogeneidades locais.

$$SF_{TOTAL} = SF_{AB} \cdot \frac{C}{AB} \quad (\text{Equação 1})$$

O sistema permaneceu instalado por períodos contínuos de 24 horas durante eventos chuvosos, possibilitando o monitoramento integrado do *stemflow* ao longo de cada evento de precipitação. Ao final de cada período de coleta, o volume acumulado no reservatório foi quantificado com o auxílio de um copo medidor de 2,5 L e de uma proveta graduada de 100 mL, assegurando maior precisão na leitura de volumes reduzidos.

Figura 6 – Sistema de monitoramento do escoamento da precipitação pelo tronco (*stemflow*), composto por mangueira flexível instalada em espiral ao redor do tronco e conectada diretamente a um reservatório de 20 L para coleta do volume escoado.



Fonte: Autoria própria, 2025

4.3.5 Estimativa de volume de interceptação

A precipitação interceptada (PI) corresponde à fração da chuva retida temporariamente pelas copas das árvores e que não atinge diretamente o solo, sendo posteriormente evaporada ou armazenada na biomassa vegetal. Neste estudo, a interceptação foi estimada de forma indireta, por meio do balanço entre a precipitação total incidente e os fluxos hidrológicos que efetivamente alcançam o solo, conforme abordagem amplamente adotada em estudos de interceptação florestal. O volume (PI) pode ser estimado pela subtração do volume de *stemflow* (*ST*) e *throughfall* (Precipitação interna ou efetiva; $P_{efetiva}$) com a precipitação total (P_{total}) como apontado na Equação (2).

$$PI = P_{Total} - (ST + P_{efetiva}) \quad (\text{Equação 2})$$

Em que P_{total} , ST e $P_{efetiva}$ são expressos em milímetros (mm), padronizados por unidade de área, permitindo a comparação direta entre os componentes do balanço hídrico. A estimativa da interceptação foi realizada para cada evento de precipitação monitorado, possibilitando a análise da variabilidade da PI em função das condições climáticas e estruturais do dossel.

4.4 Análise estatística de dados

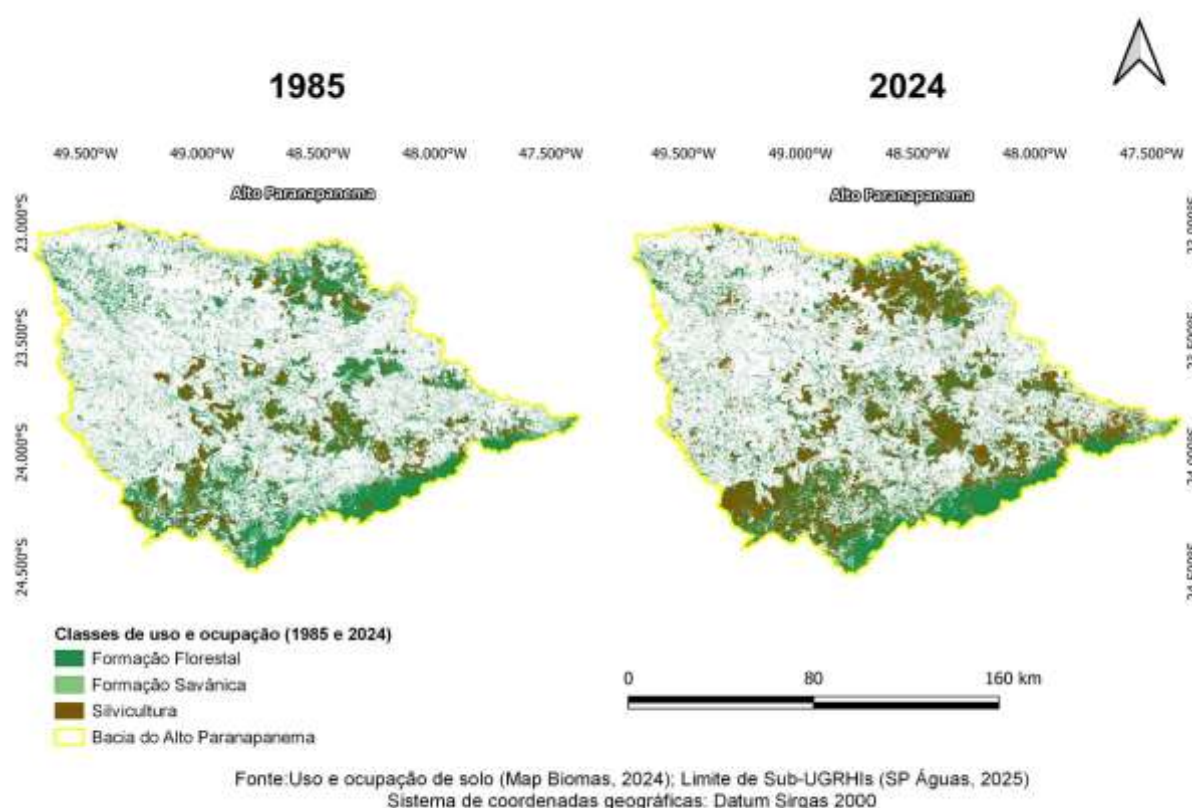
Os dados coletados foram analisados utilizando Box-Cox, Kaiser–Meyer–Olkin e PCA após verificação da distribuição dos dados, com o intuito de comparar a precipitação total com a precipitação interna e avaliar os efeitos das características dendrométricas nas taxas de precipitação interna. Foram obtidos dados climáticos junto à estação meteorológica da Fazenda Escola Lagoa do Sino (FELS) e realizados testes de normalidade como *Shapiro-Wilk*, *Anderson Darlin*, *Lilliefors* e *Jarque-Bera* para análise da distribuição dos dados. Todos os dados quantitativos coletados (precipitação, temperatura, medidas dendrométricas, entre outros) foram utilizados para uma análise de correlação estatística, para verificar os fatores interrelacionados e como essas variáveis podem influenciar a interceptação da precipitação pelas copas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise simplificada de uso do solo na Unidade de Gerenciamento Alto Paranapanema

Na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Integrados Alto Paranapanema, UGRHI-14, os dados do MapBiomas (2024) nos permitem analisar que podem ter ocorrido mudanças significativas na cobertura florestal entre 1985 e 2024 (Figura 7).

Figura 7 – Evolução temporal da ocupação da URGHI por cobertura vegetal nativa (formação florestal e savânica) e alterada (Silvicultura) dos anos de 1985 e 2024.



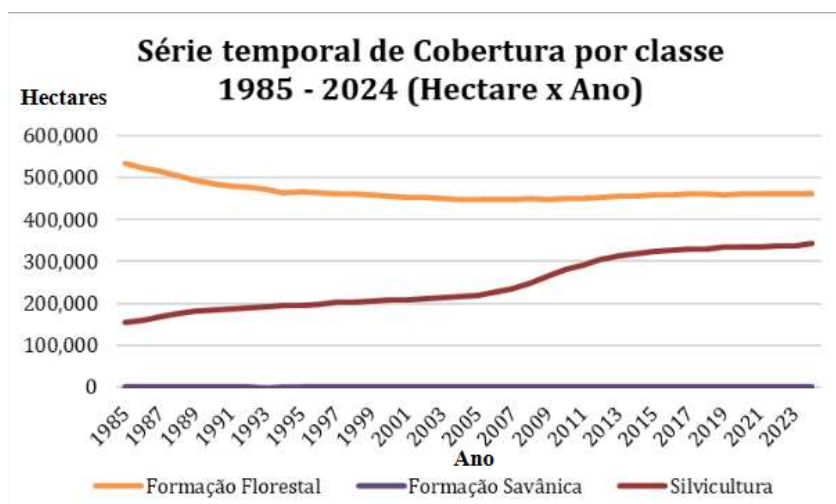
Fonte: Autoria própria 2025

Em 1985, a área ocupada por formações florestais nativas era estimada em 533.194 hectares, enquanto as áreas de silvicultura abrangiam aproximadamente 155.806 hectares. Em 2024, esses valores passaram para 460.596 hectares de formações florestais e 343.433 hectares de áreas destinadas à silvicultura.

As variações de cobertura do solo sugerem uma redução de cerca de 72.600 hectares de vegetação florestal nativa e um aumento aproximado de 187.600 hectares em plantios florestais homogêneos. Essa tendência pode indicar um processo gradual de substituição de ecossistemas naturais por áreas voltadas à produção florestal, possivelmente compostas por espécies exóticas

de rápido crescimento, como *Eucalyptus* e *Pinus*. Assim, podemos observar ainda que, nas últimas décadas, a UGRHI-14 passou por consideráveis transformações no uso do solo, incluindo a expansão de plantações florestais comerciais com espécies exóticas, como eucalipto e pinus em área ecotonal (Figura 7).

Figura 8 - Evolução temporal do uso e ocupação do solo na UGRHI-14, destacando as formações florestais naturais, áreas de silvicultura e outras classes de vegetação (1985–2024).



Fonte: Adapto de MapBiomass, 2024

Na Figura 8, é evidenciada uma redução contínua das formações florestais naturais entre 1985 e 2023, passando de aproximadamente 47% para cerca de 39% da área total da UGRHI-14. Essa diminuição foi mais acentuada nas décadas de 1980 e 1990, período em que se intensificaram a conversão de florestas nativas e a expansão de atividades agropecuárias. Em contraste, a silvicultura apresentou crescimento expressivo, aumentando de menos de 5% em 1985 para cerca de 15% em 2023, com maior aceleração entre 2000 e 2015, fase associada à expansão dos plantios de espécies exóticas, especialmente *Eucalyptus*. As demais classes de vegetação mantiveram proporções estáveis ao longo de toda a série histórica, representando frações residuais da paisagem. A tendência geral indica um processo de substituição gradual da vegetação nativa por monocultivos florestais, o que implica modificações significativas na estrutura ecológica e no funcionamento dos ecossistemas da região.

Do ponto de vista hidrológico, tais alterações na cobertura vegetal podem estar associadas a mudanças nos processos de interceptação, infiltração, evapotranspiração e escoamento superficial. É provável que as florestas nativas, devido à sua maior complexidade estrutural e diversidade de espécies, tendem a favorecer maior interceptação da chuva e infiltração do solo, contribuindo para a regulação dos fluxos hídricos ao longo do tempo. Por

outro lado, os plantios homogêneos de silvicultura podem apresentar menor capacidade de interceptação foliar e maior demanda hídrica, o que poderia resultar em redução na recarga de aquíferos e em maior variabilidade do regime hidrológico local.

Embora tais efeitos ainda dependam de verificações empíricas específicas para a região, é possível que a substituição de formações florestais nativas por silvicultura esteja influenciando de forma gradual o balanço hídrico da paisagem. Essas transformações, portanto, provavelmente implicam em alterações sutis, porém cumulativas, na dinâmica dos recursos hídricos, com potenciais repercussões sobre a disponibilidade de água, a qualidade hídrica e a resiliência ecológica da UGRHI-14.

Com isso, podemos enfatizar que os ecótonos funcionam como zonas de transição sensíveis, onde a sobreposição de características do Cerrado e da Mata Atlântica cria mosaicos de vegetação que desempenham funções hidrológicas e ecológicas essenciais. A conversão para silvicultura homogênea poderia reduzir a conectividade ecológica, comprometendo a biodiversidade e alterando os padrões de interceptação de água, o que poderia impactar negativamente a sustentabilidade hídrica da bacia do Alto Paranapanema.

Podemos, então, destacar que a vegetação arbórea influencia diretamente a dinâmica do ciclo hidrológico, afetando processos como interceptação, evapotranspiração, infiltração e percolação. Nas áreas ecotonais da UGRHI-14, a complexidade estrutural das florestas poderia contribuir para maior retenção de água, favorecendo a recarga de aquíferos e auxiliando a estabilizar os fluxos superficiais. No entanto, a expansão de plantios homogêneos de silvicultura, especialmente de espécies exóticas, tende a reduzir a interceptação pelas copas e a alterar a distribuição temporal e espacial da água no solo. Como consequência, essas mudanças podem impactar gradualmente o balanço hídrico e a resiliência ecológica da região, com possíveis reflexos sobre a disponibilidade de água e os serviços ecossistêmicos associados.

Além disso, o aumento da temperatura média e a maior frequência de eventos extremos de precipitação, previstos pelas mudanças climáticas, provavelmente poderão intensificar a variabilidade hidrológica, afetando a interceptação, o escoamento superficial e a percolação. Diante desse cenário, a preservação de mosaicos florestais diversificados e o manejo cuidadoso florestal podem ajudar a reduzir os impactos do estresse hídrico e térmico, contribuindo para a manutenção dos processos ecológicos e hidrológicos. Desta forma, a conservação das florestas aliada ao monitoramento contínuo dos recursos hídricos surge como estratégia para garantir a sustentabilidade ambiental e hídrica da UGRHI-14, assegurando que os ecossistemas e as comunidades humanas continuem a se beneficiar de seus serviços.

5.2 Monitoramento ambiental: estimativas de *Stemflow*, *throughfall* e interceptação da precipitação

Os dados coletados em cinco árvores de eucalipto presentes no Apêndice (C) permitiram analisar a redistribuição da precipitação em um fragmento florestal, mesmo sem medições diretas da copa. A pluviometria total nos eventos analisados variou de 1,4 mm até 51 mm, oferecendo uma ampla gama de situações para avaliar a relação entre chuva, *throughfall* (água que atinge o solo), *stemflow* ST (escoamento pelo tronco) e interceptação PI (quantidade retida temporariamente na vegetação). Neste trabalho inicial, o fragmento florestal presente no *campus* da Universidade Federal de São Carlos, Campus Lagoa do Sino foi estudado e esses parâmetros foram utilizados para compreender de modo preliminar como a vegetação modula o fluxo de água para o solo.

O *stemflow* apresentou grande variabilidade entre árvores e eventos. Considerando todos os eventos estudados, o volume médio de *stemflow* por árvore foi de aproximadamente 4,05 L, com valores máximos de 32,65 L para a Árvore 1 e 33,63 L para a Árvore 5 em eventos intensos, como em 03/06/2025. Em eventos menores, como em 30/01/2025, a Árvore 1 apresentou *stemflow* de 1,73 L, enquanto a Árvore 3 registrou apenas 0,41 L. Em termos relativos, o *stemflow* representou de 1,5% a cerca de 11% da precipitação total, mostrando que a eficiência do tronco em conduzir água aumenta proporcionalmente em chuvas de baixa a média intensidade.

Os dados referentes às árvores amostradas da Tabela 1 indicam que o perímetro à altura do peito (C) variou entre 0,57 m e 0,85 m, com média de 0,74 m e desvio padrão de 0,10 m, evidenciando um grupo relativamente homogêneo em termos de tamanho. A área basal apresentou valores entre 0,0259 m² e 0,0575 m², com média de 0,0440 m² e desvio padrão de 0,0116 m², refletindo a proporcionalidade entre do diâmetro na altura do peito (DAP) e área basal (estimada a partir do perímetro das árvores).

Tabela 1 – Características dendrométricas dos indivíduos monitorados e volumes médios de escoamento pelo tronco (*stemflow*). São apresentados o perímetro da árvore (C) a 1,30 m do solo, o diâmetro à altura do peito (DAP), medido a 1,30 m do solo, o raio estimado, a área basal de cada indivíduo e o volume médio de *stemflow* coletado durante os eventos de precipitação monitorados, evidenciando a variabilidade do escoamento pelo tronco entre árvores com dimensões estruturais semelhantes.

Variável	Árvore 1	Árvore 2	Árvore 3	Árvore 4	Árvore 5
C (m)	0,79	0,85	0,57	0,71	0,768
Raio (m)	0,1257	0,1353	0,0907	0,1130	0,1222
DAP (m)	0.2514	0.2706	0.1814	0.2260	0.2444
Área da árvore (m ²)	0,0497	0,0575	0,0259	0,0401	0,0469
<i>Stemflow</i> médio (L)	9.6973	1,0265	2,0501	2,7754	5,7877

Fonte: Autoria própria, 2025

O *stemflow* individual das árvores variou de 0,01 L a 9,70 L, com média de 4,05 L e desvio padrão de 3,52 L, indicando considerável variabilidade no volume de água que esco pelos troncos, possivelmente relacionada à arquitetura dos indivíduos e à intensidade dos eventos de precipitação. Esses valores mostram que, embora o DAP e a área basal sejam relativamente similares, as variações existentes em suas estimativas podem fazer com que o *stemflow* apresente heterogeneidade mesmo em uma população com características estruturais semelhantes.

A heterogeneidade entre árvores é evidente quando se consideram características individuais. Árvores com maior DAP e área basal, como a Árvore 1 (Circunferência 79 cm; área 0,0497 m²) e a Árvore 5 (Circunferência 76,8 cm; área 0,0469 m²), apresentaram maiores volumes de *stemflow* e, em alguns eventos, maior *throughfall*. Árvores menores, como a Árvore 3 (Circunferência de 57 cm; área 0,0259 m²), registraram volumes menores de *stemflow* e *throughfall*, destacando a necessidade de considerar diferenças individuais em estudos de interceptação.

A interceptação também varia entre eventos e árvores. Em 12/03/2024, com chuva de 51 mm, o *throughfall* médio foi de 43,56 mm e o *stemflow* médio de 4,13 L, resultando em interceptação de 3,31 mm, equivalente a 6,5% da chuva. Já em 19/01/2025, com precipitação de 5,67 mm, o *throughfall* médio foi de 3,33 mm e o *stemflow* de 1,03 L, resultando em interceptação de 1,31 mm, ou cerca de 23% da chuva. Isso demonstra que eventos mais fracos têm proporção relativa de interceptação maior, enquanto eventos intensos tendem a saturar a

capacidade de retenção da vegetação.

A componente *throughfall* mostrou-se responsável pela maior parte da água que alcança o solo, com valores médios variando de 0,42 mm até 51 mm. Por exemplo, no evento de 18/01/2025, com precipitação total de 45,33 mm, o valor de *throughfall* médio foi de 33,61 mm, representando cerca de 74% da chuva, enquanto o *stemflow* foi de 0,66 L. Em chuvas menores, como em 02/02/2025 (45 mm), o *throughfall* foi de 35,5 mm, representando 79% da precipitação, e o *stemflow* 0,45 L, indicando interceptação de aproximadamente 8,05 mm (17,8% da chuva total). Esses valores evidenciam que a interceptação é maior em chuvas fracas e tende a diminuir conforme aumenta a intensidade do evento.

Neste contexto, com os dados desta pesquisa, podemos concluir que o *throughfall* ou precipitação efetiva é realmente o principal componente do balanço hídrico que atinge o solo, variando entre 60% e 90% da chuva dependendo do evento. O *stemflow*, embora represente menor fração, concentra água próximo à base das árvores, podendo influenciar a umidade do solo e processos de transporte de nutrientes. A interceptação, calculada como a diferença entre a precipitação total e a soma de *throughfall* e *stemflow*, pode atingir até 23% em chuvas fracas e diminuir em eventos intensos. Esses resultados fornecem uma compreensão da redistribuição da água da chuva e da dinâmica de interceptação em um fragmento florestal de eucalipto, permitindo análises hidrológicas precisas mesmo sem dados diretos da copa.

5.3 Comparação de dados de monitoramento pluviométrico com dados meteorológicos extraídos da estação de monitoramento da FELS

A análise dos dados meteorológicos em conjunto com as medições de *throughfall* e *stemflow* permitiu compreender como diferentes variáveis climáticas influenciam a redistribuição da água da chuva na copa e no solo. Em eventos com precipitação elevada, como observado em 12/03/2024 (P_{total} 51 mm), a predominância do *throughfall* é evidente, com 43,56 mm registrados, enquanto o *stemflow* totalizou 4,13 mm. Nesses casos, a interceptação relativa da vegetação é baixa ($\approx 6,5\%$), indicando que a copa rapidamente se satura, permitindo que a maior parte da água alcançasse o solo diretamente. Por outro lado, em chuvas mais fracas, como em 19/01/2025 (P_{total} 5,67 mm), a *stemflow* representa uma fração menor, mas a interceptação relativa aumenta, evidenciando que a vegetação retém proporcionalmente mais água quando os eventos pluviométricos são de menor intensidade.

A temperatura, tanto máxima quanto mínima, parece exercer um papel importante na dinâmica de precipitação interceptada, seja na análise de *throughfall* quanto de *stemflow*.

Eventos com temperaturas máximas elevadas, como 31,9 °C em 19/01/2025, aumentam a evapotranspiração, contribuindo para a redução do volume efetivo de *throughfall*, especialmente em chuvas leves. Além disso, quando a temperatura mínima se aproxima do ponto de orvalho, como observado em 12/03/2024 (Temp Min 18,8 °C; Ponto de Orvalho 19,86 °C), a vegetação pode estar parcialmente saturada, o que facilita a ocorrência de *stemflow* e aumenta a eficiência de deposição de pequenas gotas no solo. Dessa forma, a interação entre temperatura e ponto de orvalho influencia diretamente a retenção de água na copa e a proporção de água que flui pelos troncos ou cai diretamente no solo.

A umidade relativa do ar se mostra um fator determinante, pois, em especial, em dias com alta umidade (>90%), a vegetação tende a reter água por mais tempo, mantendo o *stemflow* relativamente constante mesmo em eventos de chuva intensa. Por exemplo, em 02/02/2025, com umidade de 93,92% e Ptotal de 45 mm, o *stemflow* totalizou 3,88 mm, enquanto o *throughfall* alcançou 35,5 mm. Já em condições de menor umidade, como em 19/02/2025 (83,5%), mesmo eventos de chuva moderada apresentaram *stemflow* reduzido (1,40 mm) e proporção de *throughfall* menor, sugerindo que a água evapora mais rapidamente da copa antes de escoar pelo tronco ou alcançar o solo.

O vento também influencia a distribuição espacial do *throughfall*. Velocidades moderadas de vento (0,5–2,8 m/s) podem aumentar a quebra de gotas e a redistribuição da água, resultando em maior heterogeneidade entre árvores. Por exemplo, em 11/05/2025, vento de 2,76 m/s e precipitação total de 27 mm resultaram em *throughfall* variando entre 12 mm e 33 mm entre diferentes árvores, enquanto o *stemflow* apresentou menor variação absoluta (1,73 mm). Isso evidencia que o vento contribui para a dispersão da água captada pela copa, afetando localmente o escoamento superficial e a infiltração.

Assim, os dados demonstram que o *throughfall* e o *stemflow* são altamente dependentes da intensidade da chuva, da umidade relativa, da temperatura, do ponto de orvalho e do vento. Chuvas intensas favorecem o *throughfall* e reduzem a interceptação relativa, enquanto chuvas fracas aumentam a retenção de água na copa e a proporção relativa de *stemflow*.

Em um segundo momento, análises estatísticas foram realizadas levando-se em conta variáveis climatológicas de uma estação meteorológica presente na Fazenda em que está localizado o Campus Lagoa do Sino (UFSCar-LS). A interação entre esses fatores pode definir padrões complexos e heterogêneos de redistribuição hídrica, essenciais para entender o balanço hídrico em ecossistemas florestais e avaliar a disponibilidade de água no solo, com implicações diretas para manejo florestal e estudos de recursos hídricos.

Embora a Análise de Componentes Principais (PCA) seja frequentemente associada a

dados com distribuição aproximadamente normal, sua aplicação não está restrita a esse pressuposto. A PCA busca maximizar a variância total explicada por combinações lineares das variáveis originais, e, portanto, pode ser utilizada em conjuntos de dados não paramétricos, desde que sejam adotados cuidados metodológicos. Em situações de assimetria acentuada ou presença de valores extremos, recomenda-se a aplicação prévia de transformações (logarítmica, raiz quadrada ou Box–Cox) ou o uso de abordagens robustas, que minimizem a influência de *outliers*. Quando as relações entre as variáveis não são lineares, métodos alternativos, como a PCA mista, a Análise de Escalonamento Multidimensional Não Métrica (NMDS) ou a análise de Kernel, podem oferecer representações mais adequadas da estrutura dos dados. Dessa forma, a PCA permanece uma ferramenta útil para dados não paramétricos, desde que as limitações associadas à linearidade e à influência de valores extremos sejam devidamente consideradas.

Tabela 2– Valores mínimos, máximos, médios e de desvio padrão das variáveis utilizadas para análises estatísticas aplicada para melhor entendimento da dinâmica da água precipitada

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Temperatura média (°C)	16.5	24.9	21.6	2.8
Temperatura Máxima (°C)	19.3	33.9	26.8	4.4
Temperatura Mínima (°C)	13.8	21.0	18.7	2.2
THW (°C)	16.9	27.2	23.1	3.5
Umidade (%)	82.7	95.9	90.1	3.7
Ponto de Orvalho (°C)	14.7	22.2	19.8	2.4
Velocidade do vento (m/s)	0.5	2.8	1.1	0.5
Radiação Solar (W/m ²)	34.6	286.6	150.2	74.0
Energia Solar (MJ/m ²)	69.9	591.7	308.3	152.7
Pico Radiação (W/m ²)	244.0	1348.0	1024.7	307.3
Pluviometria total média (mm)	1.7	51.0	15.1	14.5
<i>Throughfall</i> (%)	0.4	0.9	0.7	0.1
<i>Stemflow</i> (L)	33.6	0.0	4.0	3.5

Fonte: Autoria própria, 2025

Os resultados dos testes de normalidade (Shapiro–Wilk, Anderson–Darling, Lilliefors e Jarque–Bera) indicaram que as variáveis Temperatura Máxima e Umidade apresentaram distribuição compatível com a normalidade, enquanto Temperatura Média, Temperatura

Mínima, Pluviometria Total, *Throughfall* e *Stemflow* não seguiram uma distribuição normal. No Apêndice (A), há uma tabela síntese dos testes de normalidade realizados, bem como a conclusão com as principais variáveis realizadas. Vale destacar que, para as variáveis que não atenderam ao pressuposto de normalidade, há a recomendação de aplicação de testes não paramétricos, como os de Spearman, Kruskal–Wallis ou Mann–Whitney, ou ainda a tentativa de transformação dos dados (logarítmica, raiz quadrada ou Box–Cox) seguida de nova verificação da normalidade. O principal objetivo das análises estatísticas é compreender as relações entre as variáveis que podem influenciar na interceptação florestal da precipitação e, para tanto, podem ser observados (Tabela 2) os dados resumidos utilizados.

As análises estatísticas multivariadas foram aplicadas para identificar os fatores que mais contribuem para a redistribuição da precipitação no fragmento florestal monitorado. Inicialmente, para a análise de correlação foram aplicados os métodos de Spearman e Pearson. Como a PCA mais significativa foi obtida pelos coeficientes de Pearson, a análise de Spearman, que analisa uma relação não paramétrica e não linear, também pode ser visualizada no Apêndice B.

A análise de correlação de Pearson e a Análise de Componentes Principais (PCA) foram aplicadas para compreender os principais fatores que controlam a redistribuição da precipitação sob o dossel do plantio de eucalipto. As correlações de Pearson (Tabela 3) indicaram relações significativas entre as variáveis meteorológicas e hidrológicas, revelando a estrutura de dependência entre o regime pluviométrico, as condições atmosféricas e os fluxos de interceptação, *throughfall* e *stemflow*.

A pluviometria total apresentou correlação positiva quase perfeita com o *throughfall* absoluto ($r = 0,998$), evidenciando que o volume precipitado é o principal determinante da quantidade de água que atravessa a copa e atinge o solo. Essa relação direta confirma que o *throughfall* em mm acompanha fielmente a magnitude dos eventos pluviométricos, sem limitação aparente por saturação da copa. De modo complementar, a correlação entre pluviometria total e *throughfall* relativo (%) foi positiva e moderada ($r = 0,673$), indicando que, embora o aumento da chuva intensifique o escoamento direto, a fração relativa retida no dossel tende a diminuir progressivamente.

Por outro lado, podemos observar que o comportamento do *stemflow* apresentou correlações negativas expressivas com as condições energéticas do ambiente, especialmente com temperatura média ($r = -0,741$) e ponto de orvalho ($r = -0,763$). Tais valores sugerem que maiores volumes de escoamento pelo tronco ocorrem sob condições mais frias e úmidas, possivelmente associadas à saturação superficial da copa e ao prolongamento da precipitação

de baixa intensidade. Em contrapartida, a correlação entre *stemflow* e umidade relativa foi fraca ($r = -0,257$), indicando que a umidade do ar isoladamente não é um bom preditor do escoamento pelo tronco. A velocidade do vento apresentou correlação negativa moderada com o *throughfall* absoluto ($r = -0,412$), refletindo que a turbulência e a movimentação do dossel podem aumentar a dispersão das gotas e promover perdas evaporativas adicionais. Essas relações são coerentes com o comportamento hidrodinâmico da interceptação em florestas densas, nas quais a magnitude da chuva e as condições microclimáticas modulam a partição entre retenção foliar, drenagem direta e escoamento pelo tronco.

Tabela 3 - Correlação de Pearson relacionando as variáveis monitoradas e estimadas no projeto, comparando-as às variáveis climatológicas. Os tons em vermelho indicam correlações negativas enquanto os tons em azul indicam correlações positivas. A significância estatística é indicada com o negrito da fonte. Os valores em negritos (*bold*) representam os coeficientes lineares significativos estatisticamente e a coloração foi utilizada para facilitar a interpretação da análise, sendo os valores de relações negativas representados por tons de vermelho e os valores positivos representados por tons de azul.

Variables	Temp (°C)	Temp Máx (°C)	Temp Mín (°C)	Umidade (%)	Ponto de Orvalho (°C)	Veloc. Vento (m/s)	THW (°C)	Radiação Solar (W/m²)	Energia Solar (MJ/m²)	Pico Radiação (W/m²)	Índice UV	Dose UV	Máx UV	Evapo transpiração (mm)	Pluviometria total (média em mm)	Dp-pluvi (mm)	Throughfall (média em mm)	Dp-Thr (mm)	Throughfall (%)	Stemflow (L)	Dp Stemflow (L)
Temp (°C)	1.0	1.0	1.0	0.1	1.0	-0.3	1.0	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	0.8	0.4	0.0	0.4	0.3	0.5	-0.7	-0.7
Temp Máx (°C)	1.0	1.0	0.8	0.0	0.9	-0.3	1.0	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	0.9	0.5	0.1	0.5	0.4	0.6	-0.6	-0.5
Temp Mín (°C)	1.0	0.8	1.0	0.2	1.0	-0.3	1.0	0.7	0.7	0.9	0.8	0.8	0.9	0.7	0.3	-0.1	0.3	0.3	0.4	-0.9	-0.8
Umidade (%)	0.1	0.0	0.2	1.0	0.2	-0.8	0.1	-0.4	-0.3	0.0	-0.2	-0.2	0.2	-0.4	0.3	0.0	0.3	0.4	0.3	-0.3	-0.2
Ponto de Orvalho (°C)	1.0	0.9	1.0	0.2	1.0	-0.4	1.0	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	0.8	0.4	0.0	0.4	0.4	0.5	-0.8	-0.7
Veloc. Vento (m/s)	-0.3	-0.3	-0.3	-0.8	-0.4	1.0	-0.3	0.1	0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.3	0.1	-0.4	-0.2	-0.4	-0.5	-0.7	0.0	0.0
THW (°C)	1.0	1.0	1.0	0.1	1.0	-0.3	1.0	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	0.8	0.4	0.0	0.4	0.3	0.5	-0.7	-0.7
Radiação Solar (W/m²)	0.8	0.9	0.7	-0.4	0.8	0.1	0.8	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	0.8	1.0	0.4	0.1	0.4	0.2	0.4	-0.5	-0.5
Energia Solar (MJ/m²)	0.8	0.9	0.7	-0.3	0.8	0.1	0.8	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	0.8	1.0	0.4	0.1	0.4	0.2	0.4	-0.6	-0.5
Pico Radiação (W/m²)	0.9	0.9	0.9	0.0	0.9	-0.1	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9	1.0	0.9	0.5	0.2	0.5	0.5	0.5	-0.7	-0.7
Índice UV	0.9	1.0	0.8	-0.2	0.9	-0.1	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	0.4	0.1	0.4	0.3	0.5	-0.6	-0.6
Dose UV	0.9	1.0	0.8	-0.2	0.9	0.0	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	0.4	0.1	0.4	0.3	0.5	-0.6	-0.6
Máx UV	1.0	1.0	0.9	0.2	1.0	-0.3	1.0	0.8	0.8	1.0	0.9	0.9	1.0	0.8	0.6	0.1	0.6	0.5	0.6	-0.7	-0.7
Evapo-transpiração (mm)	0.8	0.9	0.7	-0.4	0.8	0.1	0.8	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	0.8	1.0	0.4	0.2	0.3	0.2	0.4	-0.5	-0.4
Pluviometria total (média)	0.4	0.5	0.3	0.3	0.4	-0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.6	0.4	1.0	0.5	1.0	0.9	0.7	-0.3	-0.4
Dp-pluvi (mm)	0.0	0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.2	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	1.0	0.5	0.7	0.5	0.3	0.3
Throughfall (média em mm)	0.4	0.5	0.3	0.3	0.4	-0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.6	0.3	1.0	0.5	1.0	0.9	0.7	-0.3	-0.4
Dp-Thr (mm)	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	-0.5	0.3	0.2	0.2	0.5	0.3	0.3	0.5	0.2	0.9	0.7	0.9	1.0	0.7	-0.3	-0.3
Throughfall (%)	0.5	0.6	0.4	0.3	0.5	-0.7	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.4	0.7	0.5	0.7	0.7	1.0	-0.1	-0.2
Stemflow (L)	-0.7	-0.6	-0.9	-0.3	-0.8	0.0	-0.7	-0.5	-0.6	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.5	-0.3	0.3	-0.3	-0.3	-0.1	1.0	1.0
Dp Stemflow (L)	-0.7	-0.5	-0.8	-0.2	-0.7	0.0	-0.7	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.4	-0.4	0.3	-0.4	-0.3	-0.2	1.0	1.0

Fonte: Autoria própria, 2025

Para analisar a estrutura de covariância entre as variáveis e identificar os principais gradientes ambientais atuantes no sistema, aplicou-se a matriz de correlação padronizada (z-score). O teste de Kaiser–Meyer–Olkin (KMO = 0,579) indicou adequação amostral mediana, suficiente para a extração de componentes, embora com valores individuais baixos (<0,50) para variáveis como umidade relativa (0,226) e velocidade do vento (0,219), apontando baixa comunalidade desses parâmetros. O teste de esfericidade de Bartlett não pôde ser calculado devido à multicolinearidade elevada entre variáveis de radiação e temperatura, confirmando redundância entre os parâmetros energéticos. Mesmo assim, o modelo gerado foi satisfatório para identificar padrões dominantes de variância.

Complementarmente, ao analisarmos os fatores (componentes principais) na Figura 9 derivados da análise multivariada, percebemos que a decomposição por autovalores revelou que os três primeiros componentes explicam 90,23% da variância total, sendo o Componente 1 (F1) responsável por 59,00%, o Componente 2 (F2) por 18,76%, e o Componente 3 (F3) por 12,48%.

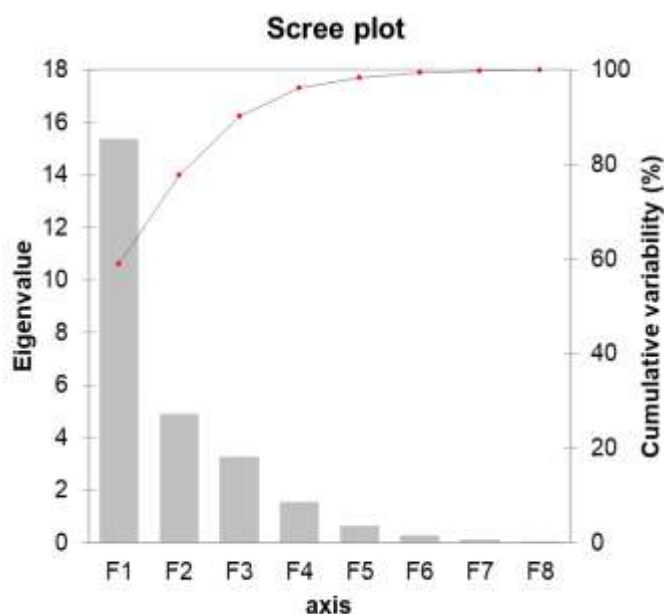
Figura 9 - Distribuição das variáveis pelas componentes

Variáveis	F1	F2	F3	F4	F5
Temp (°C)	0.941	0.000	0.005	0.039	0.000
Temp Máx (°C)	0.840	0.054	0.040	0.064	0.002
Temp Min (°C)	0.911	0.024	0.020	0.021	0.009
Umidade (%)	0.012	0.020	0.848	0.058	0.002
Ponto de Orvalho (°C)	0.933	0.001	0.003	0.051	0.001
Veloc. Vento (m/s)	0.038	0.219	0.322	0.403	0.003
THW (°C)	0.943	0.000	0.005	0.042	0.000
Radiação Solar (W/m ²)	0.729	0.009	0.249	0.003	0.001
Energia Solar (MJ/m ²)	0.740	0.007	0.239	0.004	0.001
Pico Radiação (W/m ²)	0.911	0.013	0.015	0.002	0.052
Índice UV	0.845	0.011	0.131	0.001	0.007
Dose UV	0.849	0.010	0.129	0.001	0.007
Máx UV	0.945	0.038	0.000	0.009	0.000
Evapo transpiração (mm)	0.666	0.016	0.310	0.000	0.001
Pluviometria total média (mm)	0.220	0.542	0.054	0.110	0.053
Dp-pluvi (mm)	0.000	0.685	0.021	0.040	0.250
Throughfall médio (mm)	0.222	0.561	0.071	0.094	0.043
Dp-Thr (mm)	0.158	0.569	0.158	0.088	0.025
Throughfall (%)	0.233	0.521	0.030	0.067	0.005
Stemflow (L)	0.707	0.133	0.096	0.062	0.000
Dp Stemflow (L)	0.639	0.088	0.114	0.143	0.008

Fonte: Autoria própria, 2025.

O *scree plot* (Figura 10) apresenta a distribuição dos autovalores associados a cada componente principal (F1, F2, F3, etc.) e permite identificar o número ideal de componentes a serem retidos na análise. O gráfico mostra a contribuição de cada componente para a variabilidade total dos dados, sendo que os autovalores indicam a quantidade de variância explicada individualmente, enquanto a linha acumulada expressa a proporção cumulativa da variabilidade explicada.

Figura 10 - *Scree plot* dos autovalores obtidos na análise de componentes principais (PCA) para o conjunto de variáveis microclimáticas e hidrológicas associadas à interceptação pluvial.

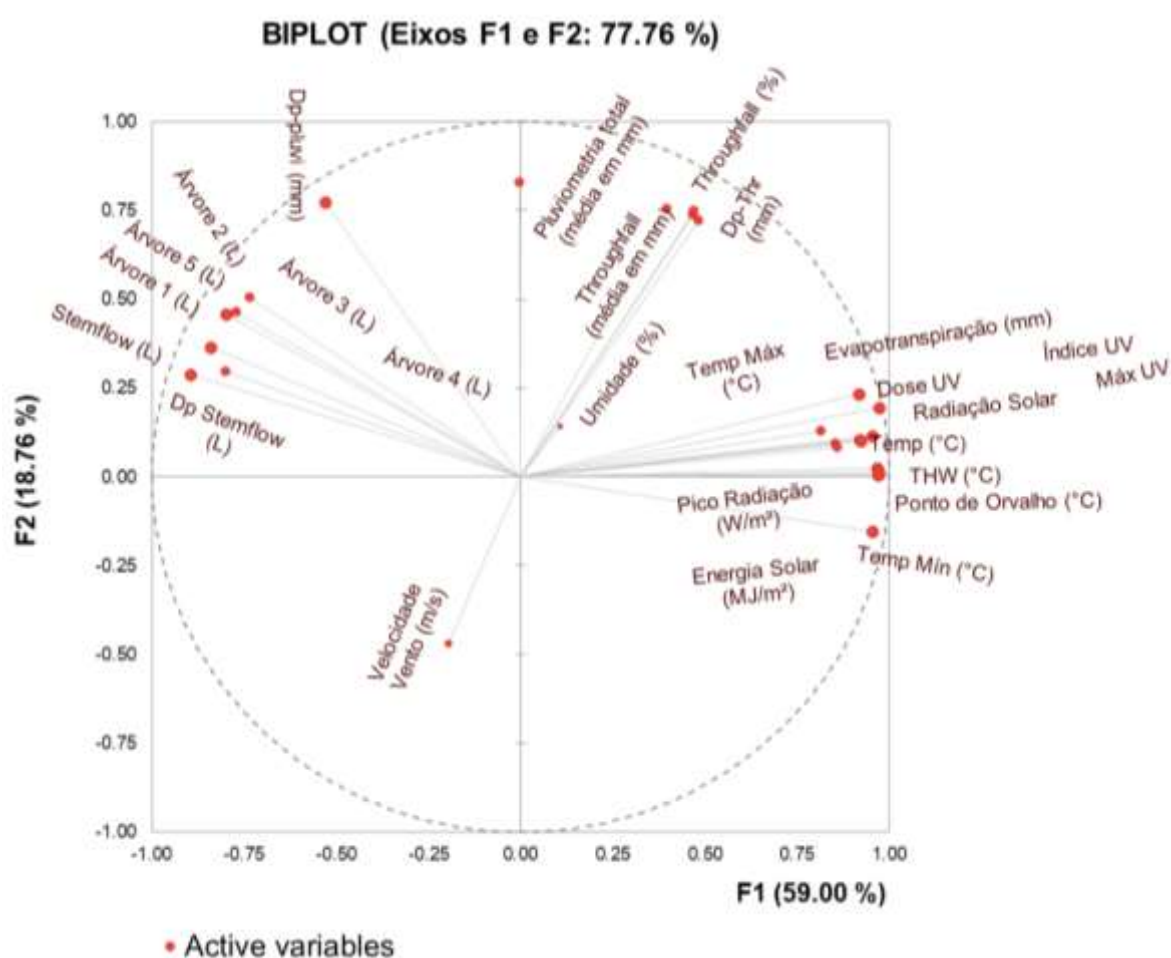


Fonte: Autoria própria, 2025.

No presente estudo, observa-se um declínio acentuado nos autovalores entre as componentes 1 e 2, seguido de uma estabilização gradual a partir da Componente 3. Esse padrão caracteriza o chamado “ponto de inflexão” ou *elbow point*, que indica o limite a partir do qual as componentes adicionais passam a explicar parcelas marginais da variância total. As duas primeiras componentes (F1 e F2) apresentaram autovalores superiores a 1, correspondendo a 59,00 % e 18,76 % da variabilidade total, respectivamente, o que totaliza 77,76 % de variância explicada. Esse resultado demonstra que a maior parte da estrutura de correlação entre as variáveis está concentrada nessas duas dimensões, sendo, portanto, suficiente restringir a interpretação aos eixos F1 e F2. O ponto de inflexão entre as componentes F1 e F2 sugeriu que duas componentes principais eram suficientes para representar mais de 77 % da variância total dos dados.

Assim, o *biplot* dos componentes F1 e F2, que juntos explicam 77,76% da variância total (Figura 11), evidencia essa separação de regimes: as variáveis de radiação e temperatura agrupam-se fortemente no quadrante positivo de F1, enquanto as variáveis pluviométricas e de *throughfall* concentram-se no quadrante positivo de F2. As medidas de *stemflow* e suas repetições individuais (Árvores 1 a 5) situam-se no quadrante oposto, indicando correlação negativa com o eixo energético.

Figura 11 - Biplot da Análise de Componentes Principais (PCA) baseada na matriz de correlação de Pearson entre variáveis microclimáticas e hidrológicas associadas à interceptação pluvial em eucaliptos.



Fonte: Autoria própria, 2025

A estrutura espacial das variáveis observada na PCA reflete a oposição física entre condições de alta energia e baixa umidade (F1 positivo) e condições de saturação e precipitação elevada (F2 positivo), que controlam o balanço hídrico superficial e a redistribuição da chuva pelo dossel.

O Componente Principal 1 (F1) apresentou cargas muito elevadas para variáveis de

natureza térmica e radiativa: temperatura média ($r = 0,970$), THW ($r = 0,971$), ponto de orvalho ($r = 0,966$), máximo UV ($r = 0,972$), pico de radiação ($r = 0,955$) e energia solar ($r = 0,947$). Além disso, houve correlações positivas com evapotranspiração ($r = 0,891$). Esse conjunto define o gradiente de energia térmica e disponibilidade radiativa, representando o principal eixo de variação ambiental do sistema. O *stemflow* apresenta correlação negativa alta com F1 ($r = -0,841$), indicando que volumes maiores de escoamento pelo tronco estão associados a condições menos radiativas e de menor temperatura, enquanto a velocidade do vento também possui correlação negativa moderada com esse componente ($r = -0,412$). Assim, F1 reflete essencialmente o estado energético-atmosférico dos eventos de chuva, onde valores elevados correspondem a dias quentes e ensolarados, que favorecem a evaporação e reduzem a retenção hídrica no dossel.

O Componente Principal 2 (F2) apresentou maiores cargas para variáveis pluviométricas e hidrológicas, como pluviometria total ($r = 0,736$), *throughfall* médio ($r = 0,749$) e desvio-padrão da pluviometria ($r = 0,828$), caracterizando um gradiente de intensidade e variabilidade da precipitação. Valores altos de F2 representam eventos de chuva mais intensa e volumosa, com maior *throughfall* absoluto e menor interceptação relativa. Em contrapartida, valores baixos de F2 indicam eventos de menor magnitude, em que a interceptação pela copa e o *stemflow* tendem a ser mais relevantes na redistribuição da água.

A análise conjunta dos componentes evidencia dois regimes principais de funcionamento hidrológico sob o dossel: (i) um regime energeticamente intenso, representado por altos valores de F1 e baixos de F2, típico de eventos curtos e radiativos, em que predominam perdas por evaporação e baixa eficiência de *stemflow*; e (ii) um regime pluviometricamente dominado, com altos valores de F2 e baixos de F1, caracterizado por precipitações mais volumosas e frias, que aumentam a saturação da copa, reduzem as perdas evaporativas e favorecem o escoamento pelo tronco. A interpretação conjunta do *scree plot* e do *biplot* confirma que a Componente 1 (F1) está fortemente associada às variáveis climáticas (temperatura do ar, radiação solar, energia solar e índices UV) refletindo condições de maior disponibilidade energética e evapotranspiração. Já a Componente 2 (F2) agrupa variáveis relacionadas à precipitação e redistribuição da água de chuva, como pluviometria total, *throughfall* e *stemflow*, descrevendo a influência direta dos eventos pluviométricos sobre a interceptação pelo dossel. Assim, o *scree plot* evidencia a robustez do modelo reduzido a duas dimensões, garantindo uma representação adequada da variabilidade ambiental associada aos processos de interceptação pluvial em eucaliptais.

De tal forma, a análise multivariada demonstrou que a interceptação em plantio de

eucalipto é governada por dois gradientes dominantes: a intensidade energética da atmosfera (F1) e a magnitude pluviométrica (F2). O primeiro regula as perdas evaporativas e a retenção de água na copa, enquanto o segundo define a fração efetivamente transmitida ao solo por *throughfall* e *stemflow*. O cruzamento entre esses gradientes determina o padrão de redistribuição da água no sistema vegetação–solo, refletindo a resposta física da cobertura vegetal aos diferentes regimes de chuva e energia. Ainda que a presença de multicolinearidade entre variáveis radiativas e o KMO limítrofe indiquem necessidade de ajustes em futuras análises (como a exclusão de variáveis redundantes ou o uso de PCA robusta), o modelo atual oferece uma síntese quantitativa consistente da interação entre fatores meteorológicos e fluxos hidrológicos sob o dossel, consolidando a base estatística para interpretação da interceptação em ecossistemas florestais manejados.

A distribuição das cargas fatoriais evidencia uma organização coerente das variáveis em gradientes ambientais distintos, sugerindo que os processos de interceptação pluviométrica são controlados por conjuntos específicos de condições climáticas. Observa-se que as variáveis associadas ao balanço energético se concentram predominantemente em um mesmo eixo fatorial, indicando forte interdependência entre radiação, temperatura e variáveis termodinâmicas correlatas. Esse agrupamento reforça a atuação conjunta desses parâmetros na modulação dos fluxos de energia e, conseqüentemente, na dinâmica de evaporação e secagem das superfícies vegetais. Em contraste, as variáveis diretamente relacionadas à precipitação e à redistribuição da água no dossel apresentam maior associação com componentes distintos, refletindo a influência dos eventos pluviométricos sobre o *throughfall* e o *stemflow* de forma relativamente independente do controle energético. As cargas fatoriais moderadas ou dispersas observadas para variáveis como umidade relativa e vento sugerem que esses parâmetros exercem papel secundário ou condicionado ao contexto climático dos eventos analisados, atuando mais como moduladores do que como fatores dominantes. De modo geral, a estrutura fatorial obtida indica que a interceptação pluviométrica resulta da interação entre gradientes energéticos e hidrológicos, cuja influência relativa varia conforme a intensidade dos eventos e as condições microclimáticas associadas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o presente trabalho foi possível monitorar e avaliar a interceptação pluviométrica de *Eucalyptus* em fragmento florestal na UFSCar-LS, fornecer dados sobre o fluxo hidrológico local, partição da interceptação e componentes principais. Ao desenvolvimento do projeto foi observado a necessidade de desenvolvimento de mais estudos para a construção de documentos que possam auxiliar nas tomadas de decisão acerca da UGRHI-14.

O trabalho visou demonstrar que a partir da separação e análise dos dados de *throughfall*, *stemflow* e variáveis climáticas é possível determinar a influência das variáveis ambientais na interceptação de chuvas por árvores de eucalipto. Observou-se que entre os eventos monitorados a precipitação efetiva *throughfall* variou de 60 à 90%, o *stemflow* variou 1.5 % a 11% e as copas das árvores interceptaram um volume de até 23% dos eventos pluviométricos. Nos monitoramentos de *stemflow* foi possível visualizar que mesmo em indivíduos com características próximas de DAP há uma heterogeneidade de volumes captados. Assim, os dados nos mostram que o *throughfall* e o *stemflow* são dependentes da intensidade da pluviosidade, da umidade relativa, da temperatura, do ponto de orvalho e do vento.

Após a utilização das análises multivariadas foi encontrado uma representação de 77% da variância total dos dados, a componente F1 relacionou-se com a radiação e temperatura e a componente F2 foi relacionada a variáveis pluviométricas e *throughfall*. A dinâmica de comportamento dessas variáveis nos indicou que, o *stemflow* tem uma relação negativa com as variáveis da componente F1 pois encontra maiores valores proporcionais em cenários com temperaturas médias e ponto de orvalho e que valores altos em F2 representam eventos de chuva mais intensos e volumosos e conseqüentemente maiores valores de *throughfall*. Deste modo as perspectivas encontradas exibiram grande importância para a construção de análises sobre as influências climáticas nos estudos de interceptação em indivíduos de eucalipto.

É possível observar que indivíduos arbóreos realizam uma grande função ecossistêmica relacionada ao fluxo hídrico e que sua presença na dinamicidade hidrológica pode ser considerada relevante para a proteção deste recurso inestimável. Eucaliptos compreendem grande parte das espécies utilizadas para o plantio de silvicultura, prática que constantemente realiza cortes para a venda de madeira, ao chegar neste estágio suas funções de captação de água da chuva são finalizadas e os locais das florestas plantadas passam a sofrer uma intensa transformação do seu uso e ocupação impactando toda a bacia hidrográfica.

7 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. C.; SOARES, J. V. Comparação entre uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e floresta ombrófila densa (Mata Atlântica) na costa leste do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 159-170, 2003.
- ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V.; ROCHA, P. B. R. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha - São Paulo. **Journal of Brazilian Forest science**. 27 (2). Abr 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000200014>.
- BINDA, A. L.; FRITZEN, M. Alterações no ciclo hidrológico em áreas urbanas: cidade, hidrologia e impactos no ambiente. **Ateliê Geográfico**, Goiânia-GO v. 5, n. 3 p.239-254. dez. 2011.
- BUENO, M. M.; VALCARCEL, R.; PEREIRA, M. G.; MATEUS, F. A. Fornecimento sustentável de água bruta com base na gestão de serviços ecossistêmicos em pequenas bacias hidrográficas. **Rev. Ambient.** Água 15 (2) 2020.doi.org/10.4136/ambi-agua.2439.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARANAPANEMA – CBH-ALPA. **Plano de Bacia do CBH-ALPA: 2016-2027**. Disponível em: <https://cbhalpa.org/>. 2016
- CUARTAS, L. A. et al. Interception water-partitioning dynamics for a pristine rainforest in Central Amazonia: marked differences between normal and dry years. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 145, n. 1/2, p. 69-83, 2007.
- FERREIRA, S. J. F.; LUIZÃO, F. J.; DALLAROSA, R. L. G. Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, 35(1), 55–62. 2005 doi:10.1590/s0044-59672005000100009.
- Haidar, R. F.; FAGG, J. M. F.; PINTO, J. R. R.; DIAS, R. R.; DAMASCO, G.; SILVA, L. C. R.; FAGG, C. W. Florestas estacionais e áreas de ecótono no estado do Tocantins, Brasil: parâmetros estruturais, classificação das fitofisionomias florestais e subsídios para conservação. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 3, p. 261-276, set. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672013000300003>.
- IPCC: **Climate Change 2023: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647. 2023.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Malha territorial brasileira**: 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais.html> Acesso em: 10 jun. 2024.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Mapa de biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil. **Diversidade Ambiental- Biomas Continentais**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://atlascolar.ibge.gov.br/brasil/diversidade-ambiental/biomas/21780-bioma>

IZIDIO, N. S. C.; PALACIO, H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; ARAUJO NETO, J. R. Interceptação da chuva pela vegetação da caatinga em microbacia no semiárido cearense. **Brazilian Journal of Agrarian and Environmental Science**. v.7, p.44-52, 2013.

KLASSEN, W.; LANKREIJER, H. J. M.; VEEN, A. W. L. Rainfall interception near a forest edge. **Journal of Hydrology**, n.185, p.349-361, 1996.

LEOPOLDO, P. R.; CONTE, M. L. Repartição da água de chuva em cobertura vegetal com características de cerradão. In: simpósio brasileiro de hidrologia e recursos hídricos e simpósio internacional de recursos hídricos em regiões metropolitanas, 6., 1985, São Paulo. **Anais... São Paulo: ABRH**, 1985. v. 3. p. 212-220.

LIMA, W. P. Interceptação da chuva por povoamentos de eucaliptos e de pinheiros. **Revista IPEF**, Piracicaba, v. 13, p. 75-90, 1976.

LLOYD, C.; MARQUES, A. D. O. Spatial variability of throughfall and stemflow measurements in Amazonian rainforest. **Agricultural and Forest Meteorology**, 42(1), 63–73. 1988
doi:10.1016/0168-1923(88)90067-6.

LOUREIRO, H. A. S.; GUERRA, A. J. T. (org.). **Erosão em áreas tropicais**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2023. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 01 jul. 2024.

MANZIONE, R. L., MARCUZZO, F. F. N., WENDLAND, E., 2012; Integração de modelos espaciais e temporais para predições de níveis freáticos extremos. **Solos**, Pesq. agropec. bras. 47 (9) • Set 2012 • <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000900022>

MAPBIOMAS – Coleção [10] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, 2024 acessado em [10 set. 2025] através do link: [<https://brasil.mapbiomas.org/codigos-de-legenda/>]

MOURA, A.B.A.P, ZAIDAN, R. T. Análise multitemporal e possíveis impactos da expansão da silvicultura de eucalipto no município de Carrancas –MG, um estudo para os anos de 2005, 2008, 2013 e 2015. **Caderno de Geografia**, v.27, n.48,. 2017. DOI 10.5752/p.2318-2962.2017v27n48p142142

OLIVEIRA, D. B. (org.). **Hidrologia**. São Paulo: Pearson, 2016. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 03 jul. 2024.

OLIVEIRA, P.T.S, NEARING, M.A, MORAN, M.S, GOODRICH, D.C, WENDLAND, E., GUPTA, H.V, 2014. Tendências nos componentes do balanço hídrico no Cerrado brasileiro. **Recursos Hídricos**. Res. 5375–5377. <https://doi.org/10.1002/2013WR014979>.

OLIVEIRA, L. C. de; BERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; CAMPOS, M. L.; MECABÔ JUNIOR, J. PERDAS DE SOLO, ÁGUA E NUTRIENTES POR EROSÃO HÍDRICA EM UMA ESTRADA FLORESTAL NA SERRA CATARINENSE. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 25, n. 3, p. 655–665, 2015. DOI: 10.5902/1980509819616. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/19616>. Acesso em: 21 out. 2025.

OLIVEIRA, P. T. S.; NEARING, M. A.; MORAN, M. S.; GOODRICH, D. C.; WENDLAND, E.; GUPTA, H. V. *Tendências nos componentes do balanço hídrico no Cerrado brasileiro*. **Water Resources Research**, v. 50, p. 5375–5377, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1002/2013WR014979>

PENEREIRO, J. C.; BADINGER, A.; MACCHERI, N. A.; MESCHIATTI, M. C. Distribuições de tendências sazonais de temperatura média e precipitação nos biomas brasileiros. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 33, n. 1, p. 71-85, jan./mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786331012>.

PÉREZ MIRANDA, R.; SANTILLÁN FERNÁNDEZ, A.; NARVÁEZ ÁLVAREZ, F. D.; GALEOTE LEYVA, B.; VÁSQUEZ BAUTISTA, N. Riesgo del arbolado urbano: estudio de caso en el Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, México, ME, v. 9, n. 45, 2018. DOI: 10.29298/rmcf.v9i45.143. Disponível em: <https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/143>. Acesso em: 17 jul. 2024.

PINTO, N.L.S.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. *Hidrologia básica*. 1. ed. São Paulo: Blucher, 1976. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 22 jun. 2024.

RIBEIRO FILHO, J. C.; LEMOS FILHO, L. C. A.; SANTOS, J. C. N.; BRASIL, J. B.; PALÁCIO, H. A. Q. Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow, and interception loss in the Brazilian Northeastern Atlantic Forest. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, n.1, p.21-26, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n1p21-26>.

SANDKER, M., NEEFF, T.; TODD, K.; POULTOUCHIDOU, A.; CÓNDOR-GÓLEC, R.; FELICANI-ROBLES, F.; SANTOS-ACUÑA, L.; DUCHELLE, A. 2022. **Dos níveis de referência aos resultados: relatórios REDD+ por países – atualização de 2022**. Forestry Working Paper No. 35. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc2899en>

SIEFERT, C. A. C.; DOS SANTOS, I. Áreas hidrologicamente sensíveis: teoria e aplicação para a bacia do rio Barigui, PR, Brasil. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 5, n. 2, p. 61-76, 2010. (doi:10.4136/ambi-agua.137)

SILVA, G. S. **Precipitação interna de árvores esparsas em área urbana**. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande - MS, 2023.

SILVA, R. L. S. Monitoramento hidrometeorológico no Brasil: uma análise sob a ótica da coordenação de políticas públicas. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, V18e3. JAN/DEZ 2021. <https://doi.org/10.21168/rega.v18e3>.

TELLES, D. D.; COSTA, R. P. (coord.). **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 01 jul. 2024.

THOMAZ, E. L. Avaliação de interceptação e precipitação interna em capoeira e floresta secundária em Guarapuava-pr1. *geografia Revista do Departamento de Geociências* v. 14, n. 1, jan./jun. 2005. Doi <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2005v14n1p47>.

THOMAZ, E. L. processo hidrológico superficial e uso da terra em guarapuava-pr: mensurações em parcelas pequenas. *Geografia*. V.32 n.1 (2007)

TONELLO K. C. | OLIVEIRA, J. C, STARZYNSKI, R, SERGIO D. C. Scaling Up Bark Hydrology: Tree Size and Functional Traits Shape Water Storage in a Tropical Cloud Forest. *Hidrological processes*, Vol. 39, Issue 7, July 2025. <https://doi.org/10.1002/hyp.70211>

TONELLO, K. C.; GASPAROTO, E. A.G.; SHINZATO, E. T.; VALENTE, R. D. O. A.; DIAS, H. C. T. (2014). Precipitação efetiva em diferentes formações florestais na Floresta Nacional de Ipanema. **Revista Árvore**, 38(2),383-390.

TUNDISI, J. G. ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Revista Scielo, Cienc. Cult.** vol.55 no.4 São Paulo Oct./Dec. 2003

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Recursos hídricos no século XXI**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 01 jul. 2024.

TONINI, H., ARCOVERDE, M. F., Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia **Dasonomia**. *Pesq. agropec. bras.* 40 (7). Jul 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000700002>

VALENTE, F.; GASH, J. H.; NÓBREGA, C.; DAVID, J. S.; PEREIRA, F. L. Modelling rainfall interception by an olive-grove/pasture system with a sparse tree canopy. *Journal of Hydrology*, v. 581, 124417, fev. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124417>

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Recife, mar. 2006. (versão digital 2)

VIEIRA, L. T. A.; AZEVEDO, T. N.; CASTRO, A. A. J. F.; MARTINS, F. R. Revisando os limites do Cerrado, os padrões de distribuição da flora e o estado de conservação para decisões políticas. **Land Use Policy**, v. 119, 106038, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106038>.

YUE, K.; DE FRENNE, P.; FORNARA, D. A.; VAN MEERBEEK, K.; LI, W.; PENG, X.; NI, X.; PENG, Y.; WU, F.; YANG, Y.; PEÑUELAS, J. *Global patterns and drivers of rainfall partitioning by trees and shrubs*. **Global Change Biology**, v. 27, p. 3350–3357, 2021.

ZABRET, K.; ŠRAJ, M. Relation of influencing variables and weather conditions on rainfall partitioning by birch and pine trees. **Journal of Hydrology and Hydromechanics**. V.69 P.456-466; doi:10.3390/w11122659.

ZAIATZ, A. P. S. R.; ZOLIN, C. A.; VENDRUSCULO, L. G.; LOPES, T. R.; PAULINO, J. *Agricultural land use and cover change in the Cerrado/Amazon ecotone: a case study of the upper Teles Pires River*. **Acta Amazônica**, v. 48, n. 2, p. 128–136, abr./jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201701930>

ZHANG, S.; VERHEYEN, K.; DE FRENNE, P.; LANDUYT, D. *Tree species mixing affects throughfall in a young temperate forest plantation*. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 327, 109220, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.109220>

8 APÊNDICE A - RESULTADOS DOS TESTES DE NORMALIDADE

Na Tabela A-1, são apresentados os resultados resumidos dos testes de normalidade aplicados às variáveis estudadas, incluindo Shapiro–Wilk, Anderson–Darling, Lilliefors e Jarque–Bera, com o objetivo de orientar a seleção das estatísticas a serem aplicadas.

Tabela A-1 - Resultados sintetizados dos testes de normalidade (shapiro–wilk, anderson–darling, lilliefors e jarque–bera) para escolha de estatísticas aplicadas

Variável	Shapiro-Wilk	Anderson-Darling	Lilliefors	Jarque-Bera	Classificação
Temp (°C)	2	0	0	206	Não normal
Temp Máx (°C)	274	379	717	507	Normal
Temp Mín (°C)	1	<0.0001	1	129	Não normal
Umidade (%)	386	477	405	538	Normal
Pluviometria total (mm)	0	<0.0001	<0.0001	20	Não normal
<i>Throughfall</i> (mm)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	4	Não normal
<i>Stemflow</i> (mm)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	20	Não normal

Fonte: Autoria própria, 2025.

Foi constatado que as variáveis temperatura mínima, temperatura, precipitação total, *throughfall* e *stemflow* não seguiram distribuição normal na maioria dos testes, enquanto temperatura máxima e umidade relativa foram classificadas como compatíveis com distribuição normal. A partir desses resultados, é possível inferir que testes paramétricos devem ser aplicados às variáveis com distribuição normal, enquanto métodos não paramétricos são recomendados para aquelas que não atenderam à normalidade, assegurando maior robustez nas análises estatísticas.

9 APÊNDICE B - ANÁLISES DE CORRELAÇÃO

Os dados de pluviometria total, *throughfall* e *stemflow* foram obtidos a partir de medições realizadas em campo, enquanto as demais variáveis climáticas foram fornecidas pela estação climatológica da UFSCar – Lagoa do Sino. As matrizes evidenciam relações positivas (tons de azul) e negativas (tons de vermelho) entre os parâmetros, permitindo avaliar associações relevantes para o balanço hídrico e a dinâmica de interceptação em áreas florestais.

Na Tabela B1, são apresentados os coeficientes de correlação de Pearson entre variáveis como temperatura, temperatura máxima e mínima, umidade relativa, ponto de orvalho, velocidade do vento, radiação solar, evapotranspiração, precipitação total, *throughfall* e *stemflow*. Ou seja, nove dias monitorados com dados de interceptação foram considerados e apenas as relações lineares podem ser analisadas. Por outro lado, na Tabela B2, os coeficientes apresentados são de Spearman e, portanto, têm relações não-lineares apresentadas. No texto do trabalho, foi apresentada apenas a Tabela B1, por ser a de valores maiores e ter uma boa representatividade nas análises posteriores de Componentes Principais, sem prejuízo com a diminuição de dias analisados de monitoramento pluviométrico.

Nas Tabelas B3 e B4 estão apresentadas as matrizes de Correlação de Pearson de Spearman apenas para os dados de precipitação efetiva (). Essa análise foi realizada para verificar se a diferente no número de amostras (dias monitorados) alterava significativamente as análises, o que não pôde ser observado ao longo dos 25 dias de eventos chuvosos.

Tabela B1 – Matriz de correlação de Pearson entre variáveis meteorológicas e hidrológicas monitoradas de nove (9) eventos pluviométricos monitorados. Valores em negrito indicam correlações estatisticamente significativas ($\alpha = 0,05$). Relações positivas estão representadas em azul e relações negativas estão representadas por tons de vermelho.

Variables	Temp (°C)	Temp Máx (°C)	Temp Mín (°C)	Umidade (%)	Ponto de Orvalho (°C)	Veloc. Vento (m/s)	THW (°C)	Radiação Solar (W/m ²)	Energia Solar (MJ/m ²)	Pico Radiação (W/m ²)	Índice UV	Dose UV	Máx UV	Evapo transpiração (mm)	Pluviometria total (média em mm)	Throughfall (média em mm)	Stemflow (L)
Temp (°C)	1.00	0.95	0.96	0.07	0.99	-0.27	1.00	0.84	0.85	0.94	0.92	0.92	0.96	0.83	0.38	0.38	-0.74
Temp Máx (°C)	0.95	1.00	0.84	0.01	0.94	-0.34	0.96	0.89	0.89	0.91	0.95	0.95	0.95	0.89	0.48	0.48	-0.56
Temp Mín (°C)	0.96	0.84	1.00	0.23	0.97	-0.27	0.95	0.71	0.72	0.89	0.80	0.80	0.92	0.67	0.29	0.30	-0.87
Umidade (%)	0.07	0.01	0.23	1.00	0.21	-0.76	0.08	-0.35	-0.35	0.01	-0.20	-0.20	0.19	-0.39	0.31	0.33	-0.26
Ponto de Orvalho	0.99	0.94	0.97	0.21	1.00	-0.37	0.99	0.78	0.78	0.92	0.87	0.87	0.97	0.76	0.41	0.42	-0.76
Veloc. Vento (m/s)	-0.27	-0.34	-0.27	-0.76	-0.37	1.00	-0.28	0.10	0.10	-0.12	-0.05	-0.05	-0.34	0.08	-0.37	-0.41	0.01
THW (°C)	1.00	0.96	0.95	0.08	0.99	-0.28	1.00	0.85	0.85	0.93	0.92	0.92	0.96	0.83	0.39	0.39	-0.74
Radiação Solar	0.84	0.89	0.71	-0.35	0.78	0.10	0.85	1.00	1.00	0.88	0.98	0.98	0.83	0.99	0.38	0.36	-0.54
Energia Solar (MJ/m ²)	0.85	0.89	0.72	-0.35	0.78	0.10	0.85	1.00	1.00	0.89	0.98	0.98	0.84	0.99	0.38	0.36	-0.56
Pico Radiação (W/m ²)	0.94	0.91	0.89	0.01	0.92	-0.12	0.93	0.88	0.89	1.00	0.91	0.92	0.95	0.85	0.47	0.47	-0.73
Índice UV	0.92	0.95	0.80	-0.20	0.87	-0.05	0.92	0.98	0.98	0.91	1.00	1.00	0.91	0.97	0.44	0.42	-0.61
Dose UV	0.92	0.95	0.80	-0.20	0.87	-0.05	0.92	0.98	0.98	0.92	1.00	1.00	0.91	0.97	0.44	0.43	-0.62
Máx UV	0.96	0.95	0.92	0.19	0.97	-0.34	0.96	0.83	0.84	0.95	0.91	0.91	1.00	0.81	0.57	0.58	-0.73
Evapo transpiração	0.83	0.89	0.67	-0.39	0.76	0.08	0.83	0.99	0.99	0.85	0.97	0.97	0.81	1.00	0.36	0.34	-0.46
Pluviometria total	0.38	0.48	0.29	0.31	0.41	-0.37	0.39	0.38	0.38	0.47	0.44	0.44	0.57	0.36	1.00	1.00	-0.27
Dp-pluvi (mm)	-0.02	0.15	-0.14	-0.04	-0.03	-0.16	-0.03	0.15	0.14	0.23	0.09	0.09	0.14	0.17	0.53	0.54	0.30
Throughfall (mm)	0.38	0.48	0.30	0.33	0.42	-0.41	0.39	0.36	0.36	0.47	0.42	0.43	0.58	0.34	1.00	1.00	-0.28
Dp-Thr (mm)	0.30	0.38	0.29	0.45	0.36	-0.46	0.30	0.22	0.23	0.46	0.28	0.28	0.51	0.19	0.89	0.91	-0.26
Throughfall (%)	0.50	0.64	0.43	0.31	0.53	-0.69	0.51	0.38	0.37	0.48	0.46	0.45	0.63	0.38	0.67	0.71	-0.14
Árvore 1 (L)	-0.67	-0.50	-0.79	-0.18	-0.68	-0.06	-0.67	-0.51	-0.52	-0.60	-0.58	-0.59	-0.64	-0.43	-0.21	-0.20	0.96
Árvore 2 (L)	-0.55	-0.36	-0.66	-0.10	-0.55	-0.05	-0.55	-0.35	-0.36	-0.42	-0.40	-0.40	-0.39	-0.32	0.42	0.42	0.67
Árvore 3 (L)	-0.64	-0.43	-0.82	-0.34	-0.68	0.03	-0.64	-0.39	-0.41	-0.62	-0.46	-0.47	-0.60	-0.31	-0.09	-0.10	0.97
Árvore 4 (L)	-0.85	-0.69	-0.95	-0.37	-0.88	0.24	-0.85	-0.57	-0.59	-0.79	-0.67	-0.68	-0.82	-0.51	-0.27	-0.28	0.96
Árvore 5 (L)	-0.71	-0.51	-0.85	-0.15	-0.72	-0.11	-0.70	-0.54	-0.55	-0.74	-0.58	-0.59	-0.67	-0.46	-0.11	-0.12	0.97
Stemflow (L)	-0.74	-0.56	-0.87	-0.26	-0.76	0.01	-0.74	-0.54	-0.56	-0.73	-0.61	-0.62	-0.73	-0.46	-0.27	-0.28	1.00
Dp Stemflow (L)	-0.68	-0.50	-0.80	-0.24	-0.70	-0.03	-0.67	-0.50	-0.52	-0.68	-0.57	-0.58	-0.69	-0.42	-0.37	-0.37	0.98

Values in bold are different from 0 with a significance level $\alpha=0.05$

THW: combinação de temperatura, umidade e vento; UV: índice de radiação ultravioleta

Tabela B2 – Matriz de correlação de Spearman entre variáveis meteorológicas e hidrológicas monitoradas de nove (9) eventos pluviométricos monitorados. Valores em negrito indicam correlações estatisticamente significativas ($\alpha = 0,05$). Relações positivas estão representadas em azul e relações negativas estão representadas por tons de vermelho.

Variáveis	Temp (°C)	Temp Máx (°C)	Temp Mín (°C)	Umidade (%)	Ponto de Orvalho (°C)	Veloc. Vento (m/s)	THW (°C)	Radiação Solar (W/m ²)	Energia Solar (MJ/m ²)	Pico Radiação (W/m ²)	Índice UV	Dose UV	Máx UV	Evapo transpiração (mm)	Precipitação total (média em mm)	Throughfall (média em mm)	Stemflow (L)
Temp (°C)	1.00	0.88	0.74	0.03	0.88	-0.03	1.00	0.88	0.88	0.60	0.88	0.88	0.78	0.88	0.43	0.37	-0.72
Temp Máx (°C)	0.88	1.00	0.64	0.07	0.77	-0.15	0.88	0.92	0.92	0.76	0.92	0.92	0.87	0.92	0.74	0.68	-0.67
Temp Mín (°C)	0.74	0.64	1.00	0.06	0.76	0.24	0.74	0.64	0.64	0.66	0.64	0.64	0.61	0.64	0.17	0.17	-0.55
Umidade (%)	0.03	0.07	0.06	1.00	0.23	-0.58	0.03	-0.10	-0.10	0.13	-0.10	-0.10	0.37	-0.10	0.11	0.10	-0.20
Orvalho (°C)	0.88	0.77	0.76	0.23	1.00	0.08	0.88	0.80	0.80	0.57	0.80	0.80	0.80	0.80	0.40	0.30	-0.67
Veloc. Vento (m/s)	-0.03	-0.15	0.24	-0.58	0.08	1.00	-0.03	0.18	0.18	0.12	0.18	0.18	-0.22	0.18	-0.39	-0.45	0.30
THW (°C)	1.00	0.88	0.74	0.03	0.88	-0.03	1.00	0.88	0.88	0.60	0.88	0.88	0.78	0.88	0.43	0.37	-0.72
Radiação Solar (W/m ²)	0.88	0.92	0.64	-0.10	0.80	0.18	0.88	1.00	1.00	0.79	1.00	1.00	0.80	1.00	0.58	0.50	-0.62
Energia Solar (MJ/m ²)	0.88	0.92	0.64	-0.10	0.80	0.18	0.88	1.00	1.00	0.79	1.00	1.00	0.80	1.00	0.58	0.50	-0.62
Pico Radiação (W/m ²)	0.60	0.76	0.66	0.13	0.57	0.12	0.60	0.79	0.79	1.00	0.79	0.79	0.82	0.79	0.57	0.58	-0.61
Índice UV	0.88	0.92	0.64	-0.10	0.80	0.18	0.88	1.00	1.00	0.79	1.00	1.00	0.80	1.00	0.58	0.50	-0.62
Dose UV	0.88	0.92	0.64	-0.10	0.80	0.18	0.88	1.00	1.00	0.79	1.00	1.00	0.80	1.00	0.58	0.50	-0.62
Máx UV	0.78	0.87	0.61	0.37	0.80	-0.22	0.78	0.80	0.80	0.82	0.80	0.80	1.00	0.80	0.71	0.67	-0.80
Evapo transpiração (mm)	0.88	0.92	0.64	-0.10	0.80	0.18	0.88	1.00	1.00	0.79	1.00	1.00	0.80	1.00	0.58	0.50	-0.62
Pluviometria total (média em mm)	0.43	0.74	0.17	0.11	0.40	-0.39	0.43	0.58	0.58	0.57	0.58	0.58	0.71	0.58	1.00	0.98	-0.62
Throughfall (média em mm)	0.37	0.68	0.17	0.10	0.30	-0.45	0.37	0.50	0.50	0.58	0.50	0.50	0.67	0.50	0.98	1.00	-0.65
Throughfall (%)	0.35	0.63	0.21	0.18	0.22	-0.65	0.35	0.33	0.33	0.44	0.33	0.33	0.60	0.33	0.86	0.92	-0.60
Stemflow (L)	-0.72	-0.67	-0.55	-0.20	-0.67	0.30	-0.72	-0.62	-0.62	-0.61	-0.62	-0.62	-0.80	-0.62	-0.62	-0.65	1.00

Values in bold are different from 0 with a significance level $\alpha=0.05$

THW: combinação de temperatura, umidade e vento; UV: índice de radiação ultravioleta

Tabela B3 – Matriz de correlação de Pearson entre variáveis meteorológicas e hidrológicas monitoradas ao longo de 25 dias de eventos pluviométricos monitorados, com o cálculo estimado apenas da precipitação efetiva (*throughfall*). Valores em negrito indicam correlações estatisticamente significativas ($\alpha = 0,05$). Relações positivas estão representadas em azul e relações negativas estão representadas por tons de vermelho.

Variables	Temp (°C)	Temp Máx (°C)	Temp Mín (°C)	Umidade (%)	Ponto de Orvalho (°C)	Veloc. Vento (m/s)	THW (°C)	Radiação Solar (W/m ²)	Energia Solar (MJ/m ²)	Pico Radiação (W/m ²)	Índice UV	Dose UV	Máx UV	Evapo transpiração (mm)	Pluviometria total (média em mm)	Throughfall (média em mm)	Throughfall (%)
Temp (°C)	1.00	0.95	0.92	-0.58	0.97	-0.25	1.00	0.87	0.87	0.87	0.92	0.91	0.91	0.87	-0.26	-0.23	-0.08
Temp Máx (°C)	0.95	1.00	0.78	-0.70	0.87	-0.31	0.96	0.94	0.94	0.77	0.96	0.96	0.81	0.95	-0.35	-0.32	-0.05
Temp Mín (°C)	0.92	0.78	1.00	-0.29	0.97	-0.21	0.91	0.65	0.65	0.88	0.73	0.74	0.92	0.64	-0.15	-0.12	-0.09
Umidade (%)	-0.58	-0.70	-0.29	1.00	-0.35	-0.13	-0.58	-0.82	-0.81	-0.39	-0.75	-0.74	-0.36	-0.85	0.48	0.47	0.13
Ponto de Orvalho (°C)	0.97	0.87	0.97	-0.35	1.00	-0.31	0.96	0.74	0.74	0.88	0.81	0.81	0.94	0.73	-0.14	-0.11	-0.06
Veloc. Vento (m/s)	-0.25	-0.31	-0.21	-0.13	-0.31	1.00	-0.28	-0.17	-0.16	-0.02	-0.19	-0.19	-0.07	-0.16	0.31	0.30	0.09
THW (°C)	1.00	0.96	0.91	-0.58	0.96	-0.28	1.00	0.88	0.88	0.86	0.92	0.92	0.90	0.88	-0.26	-0.23	-0.07
Radiação Solar (W/m ²)	0.87	0.94	0.65	-0.82	0.74	-0.17	0.88	1.00	1.00	0.68	0.99	0.98	0.70	0.99	-0.38	-0.37	-0.11
Energia Solar (MJ/m ²)	0.87	0.94	0.65	-0.81	0.74	-0.16	0.88	1.00	1.00	0.68	0.99	0.99	0.70	0.99	-0.37	-0.36	-0.10
Pico Radiação (W/m ²)	0.87	0.77	0.88	-0.39	0.88	-0.02	0.86	0.68	0.68	1.00	0.74	0.74	0.96	0.68	0.01	0.03	-0.05
Índice UV	0.92	0.96	0.73	-0.75	0.81	-0.19	0.92	0.99	0.99	0.74	1.00	1.00	0.77	0.98	-0.32	-0.31	-0.06
Dose UV	0.91	0.96	0.74	-0.74	0.81	-0.19	0.92	0.98	0.99	0.74	1.00	1.00	0.78	0.97	-0.32	-0.30	-0.05
Máx UV	0.91	0.81	0.92	-0.36	0.94	-0.07	0.90	0.70	0.70	0.96	0.77	0.78	1.00	0.69	0.04	0.06	-0.01
Evapo transpiração (mm)	0.87	0.95	0.64	-0.85	0.73	-0.16	0.88	0.99	0.99	0.68	0.98	0.97	0.69	1.00	-0.38	-0.37	-0.11
Pluviometria total (média em mm)	-0.26	-0.35	-0.15	0.48	-0.14	0.31	-0.26	-0.38	-0.37	0.01	-0.32	-0.32	0.04	-0.38	1.00	0.99	0.53
Dp-pluvi (mm)	-0.23	-0.33	-0.14	0.33	-0.16	0.45	-0.25	-0.38	-0.38	0.10	-0.36	-0.35	0.06	-0.37	0.70	0.73	0.41
Throughfall (média em mm)	-0.23	-0.32	-0.12	0.47	-0.11	0.30	-0.23	-0.37	-0.36	0.03	-0.31	-0.30	0.06	-0.37	0.99	1.00	0.59
Dp-Thr (mm)	-0.33	-0.37	-0.21	0.50	-0.22	0.04	-0.33	-0.37	-0.37	-0.09	-0.34	-0.33	-0.09	-0.40	0.82	0.80	0.46
Throughfall (%)	-0.08	-0.05	-0.09	0.13	-0.06	0.09	-0.07	-0.11	-0.10	-0.05	-0.06	-0.05	-0.01	-0.11	0.53	0.59	1.00

THW: combinação de temperatura, umidade e vento; UV: índice de radiação ultravioleta

Tabela B4 – Matriz de correlação de Spearman entre variáveis meteorológicas e hidrológicas monitoradas ao longo de 25 dias de eventos pluviométricos monitorados, com o cálculo estimado apenas da precipitação efetiva (*throughfall*). Valores em negrito indicam correlações estatisticamente significativas ($\alpha = 0,05$). Relações positivas estão representadas em azul e relações negativas estão representadas por tons de vermelho.

Variables	Temp (°C)	Temp Máx (°C)	Temp Mín (°C)	Umidade (%)	Ponto de Orvalho (°C)	Veloc. Vento (m/s)	THW (°C)	Radiação Solar (W/m ²)	Energia Solar (MJ/m ²)	Pico Radiação (W/m ²)	Índice UV	Dose UV	Máx UV	Evapo transpiração (mm)	Pluviometria total (média em mm)	Throughfall (média em mm)	Throughfall (%)
Temp (°C)	1.00	0.96	0.65	-0.70	0.80	0.04	1.00	0.93	0.93	0.58	0.94	0.94	0.56	0.95	-0.53	-0.51	-0.06
Temp Máx (°C)	0.96	1.00	0.55	-0.73	0.70	-0.01	0.96	0.95	0.94	0.57	0.96	0.95	0.57	0.97	-0.53	-0.50	-0.02
Temp Mín (°C)	0.65	0.55	1.00	-0.24	0.85	0.18	0.65	0.54	0.55	0.68	0.56	0.56	0.66	0.56	-0.28	-0.27	-0.18
Umidade (%)	-0.70	-0.73	-0.24	1.00	-0.32	-0.25	-0.68	-0.78	-0.77	-0.20	-0.73	-0.73	-0.15	-0.78	0.58	0.58	0.19
Ponto de Orvalho (°C)	0.80	0.70	0.85	-0.32	1.00	0.07	0.82	0.73	0.74	0.71	0.76	0.76	0.71	0.71	-0.25	-0.23	-0.16
Veloc. Vento (m/s)	0.04	-0.01	0.18	-0.25	0.07	1.00	0.01	0.07	0.07	0.11	0.09	0.09	0.08	0.10	0.03	0.04	0.10
THW (°C)	1.00	0.96	0.65	-0.68	0.82	0.01	1.00	0.93	0.93	0.59	0.94	0.94	0.58	0.94	-0.51	-0.49	-0.07
Radiação Solar (W/m ²)	0.93	0.95	0.54	-0.78	0.73	0.07	0.93	1.00	1.00	0.56	0.99	0.99	0.54	0.99	-0.50	-0.48	-0.12
Energia Solar (MJ/m ²)	0.93	0.94	0.55	-0.77	0.74	0.07	0.93	1.00	1.00	0.58	0.99	0.99	0.55	0.99	-0.50	-0.47	-0.11
Pico Radiação (W/m ²)	0.58	0.57	0.68	-0.20	0.71	0.11	0.59	0.56	0.58	1.00	0.59	0.59	0.89	0.55	0.07	0.08	0.03
Índice UV	0.94	0.96	0.56	-0.73	0.76	0.09	0.94	0.99	0.99	0.59	1.00	1.00	0.59	0.98	-0.47	-0.44	-0.07
Dose UV	0.94	0.95	0.56	-0.73	0.76	0.09	0.94	0.99	0.99	0.59	1.00	1.00	0.59	0.98	-0.46	-0.44	-0.07
Máx UV	0.56	0.57	0.66	-0.15	0.71	0.08	0.58	0.54	0.55	0.89	0.59	0.59	1.00	0.53	0.13	0.12	0.07
Evapotranspiração (mm)	0.95	0.97	0.56	-0.78	0.71	0.10	0.94	0.99	0.99	0.55	0.98	0.98	0.53	1.00	-0.52	-0.50	-0.09
Ptotal (média; mm)	-0.53	-0.53	-0.28	0.58	-0.25	0.03	-0.51	-0.50	-0.50	0.07	-0.47	-0.46	0.13	-0.52	1.00	0.98	0.45
Throughfall (média; mm)	-0.51	-0.50	-0.27	0.58	-0.23	0.04	-0.49	-0.48	-0.47	0.08	-0.44	-0.44	0.12	-0.50	0.98	1.00	0.54
Throughfall (%)	-0.06	-0.02	-0.18	0.19	-0.16	0.10	-0.07	-0.12	-0.11	0.03	-0.07	-0.07	0.07	-0.09	0.45	0.54	1.00

THW: combinação de temperatura, umidade e vento; UV: índice de radiação ultravioleta

10 APÊNDICE C – DADOS DE MONITORAMENTO PLUVIOMÉTRICOS E DADOS CLIMÁTICOS

Na Tabela C1, estão apresentados os dados de monitoramento pluviométrico e os registros climáticos coletados entre dezembro de 2024 e junho de 2025. Os valores de pluviometria total, *throughfall* e *stemflow* foram obtidos diretamente no campo por meio de coletas realizadas nas áreas de estudo, enquanto as demais variáveis meteorológicas, incluindo temperatura, umidade relativa, ponto de orvalho, velocidade do vento, radiação solar e evapotranspiração, foram disponibilizadas pela estação climatológica da UFSCar – Lagoa do Sino.

A coluna Data refere-se ao dia de registro. Temp, Temp Máx e Temp Mín correspondem, respectivamente, à temperatura média diária, temperatura máxima diária e temperatura mínima diária do ar ($^{\circ}\text{C}$). Umidade indica a umidade relativa média do ar (%). Ponto de Orvalho representa a temperatura de condensação do vapor d'água ($^{\circ}\text{C}$). Veloc. Vento corresponde à velocidade média diária do vento (m s^{-1}).

O índice THW (*Temperature–Humidity–Wind*) expressa a temperatura aparente, calculada a partir da combinação entre temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento, representando as condições térmicas percebidas. Radiação Solar refere-se à irradiância média diária (W m^{-2}), enquanto Energia Solar representa a energia solar acumulada diária (MJ m^{-2}). Índice UV corresponde ao índice ultravioleta médio diário. Evapotranspiração indica a evapotranspiração diária estimada (mm).

A Pluviometria total corresponde à precipitação média diária registrada em campo (mm), e Dp-pluvi representa o desvio padrão associado a essa medida. *Throughfall* indica a precipitação interna média coletada sob o dossel (mm), enquanto Dp-Thr corresponde ao desvio padrão dos valores de *throughfall*, refletindo a variabilidade espacial da precipitação interna entre os coletores. Por fim, *Throughfall* (%) representa a razão percentual entre a precipitação interna e a precipitação total incidente.

Tabela C1 – Dados diários de monitoramento pluviométrico e variáveis climáticas. Os valores de pluviometria total, *throughfall* e *stemflow* foram obtidos em campo, enquanto as demais variáveis meteorológicas foram fornecidas pela estação climatológica da UFSCar – Lagoa do Sino.

Data (mm/dd/aaaa)	Temp (°C)	Temp Máx (°C)	Temp Mín (°C)	Umidade (%)	Ponto de Orvalho (°C)	Veloc. Vento (m/s)	THW (°C)	Radiação Solar (W/m ²)	Energia Solar (MJ/m ²)	Índice UV	Evapo transpiração (mm)	Pluviometria total (média em mm)	Dp- pluvi (mm)	Throughfall (média em mm)	Dp- Thr (mm)	Throughfall (%)
12/03/2024	21,16	23,7	18,8	92,38	19,86	2,38	22,3	74,15	153,07	0,57	1,37	51,00	5,20	43,56	4,13	0,85
12/09/2024	20,33	24,6	18,1	94,56	19,42	1,11	21,49	96,63	199,48	0,79	1,68	33,00	1,00	25,06	4,65	0,76
1/18/2025	23,59	29,6	20,1	91,25	22,00	0,92	25,74	196,25	405,12	1,7	3,12	45,33	1,53	33,61	6,46	0,74
1/19/2025	24,56	31,9	20,3	87,44	22,21	0,8	27,19	252,63	521,5	1,81	4,01	5,67	1,15	3,33	1,03	0,59
1/22/2025	24,53	33,1	19,2	84,1	21,29	0,82	27,02	286,63	591,67	2,25	4,75	5,33	0,58	3,28	1,53	0,61
1/23/2025	24,85	32,7	19,8	82,65	21,4	1,03	27,13	280,54	579,12	2,2	4,58	3,67	0,58	3,00	0,91	0,82
1/28/2025	22,69	29,6	19,6	91,04	21,07	0,79	24,46	173,17	357,46	1,44	2,73	6,67	0,58	4,50	0,99	0,68
1/29/2025	23,3	29,8	20,2	89,02	21,25	1,14	25,21	198,92	410,6	1,6	3,24	4,67	0,58	3,39	0,78	0,73
1/30/2025	23,19	28,6	21	90,54	21,49	1,04	24,98	178,17	367,78	1,43	2,77	13,00	1,73	10,06	4,28	0,77
1/31/2025	23,27	27,7	20,7	89,92	21,45	1,02	25,04	153,15	316,13	1,26	2,43	9,33	1,15	6,22	1,59	0,67
02/01/2025	23,02	28,4	20,2	91,13	21,43	1,05	24,92	184,63	381,09	1,47	2,93	12,00	2,00	7,33	3,03	0,61
02/02/2025	22,09	26,9	20,1	93,92	21,03	0,58	23,6	122,04	251,91	0,99	1,82	45,00	3,00	35,50	12,55	0,79
02/03/2025	22,94	26,8	20,7	92,06	21,54	1,07	24,61	128,96	266,21	1,07	2,11	9,33	1,15	5,61	1,79	0,60
02/04/2025	22,65	26,1	20,6	92,31	21,33	1,09	24,12	140,04	289,08	1,16	2,21	4,50	0,50	2,00	0,77	0,44
02/05/2025	22,88	28,1	20,2	89,98	21,09	0,75	24,61	150,19	310,03	1,16	2,71	10,67	1,15	4,89	1,45	0,46
02/06/2025	23,94	30,3	19,8	85,47	21,22	0,62	26,05	221,16	428	1,6	3,72	2,33	0,58	1,11	0,58	0,48
2/19/2025	24,46	33,9	19,3	83,5	21,14	0,8	26,66	260,98	538,72	1,93	4,64	7,00	0,00	4,78	1,40	0,68
04/01/2025	23,79	30,2	20,3	85,5	21,03	1,14	25,68	170,04	351,01	1,31	3,16	1,67	0,58	1,22	0,43	0,73
4/26/2025	18,67	22,4	17,3	94,43	17,76	0,64	19,54	41,23	78,02	0,26	0,51	5,33	0,58	3,22	1,56	0,60
05/11/2025	16,81	19,7	14,9	87,54	14,68	2,76	16,85	99,52	205,42	0,6	1,59	27,00	1,73	18,39	5,73	0,68
5/23/2025	18,28	21,9	16,1	88,83	16,35	2,08	18,82	110,85	228,83	0,64	1,64	8,33	1,53	4,06	1,51	0,49
06/03/2025	17,59	23,3	13,8	90,04	15,88	0,93	18,08	77,87	150,71	0,42	1,39	12,33	2,52	8,28	2,74	0,67
06/05/2025	16,53	19,5	14,9	95,3	15,78	0,5	17,05	34,6	69,92	0,14	0,42	18,00	2,00	14,44	3,88	0,80
06/06/2025	17,18	19,3	15,3	95,88	16,51	0,74	17,82	47,31	97,65	0,23	0,55	28,33	0,58	19,83	7,52	0,70
06/07/2025	17,84	21,5	15,8	92,81	16,64	0,71	18,5	76,44	157,79	0,42	1,18	7,67	0,58	4,94	2,36	0,64