

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**THIAGO ALLAIN MARTINS SIQUEIRA MOURA**

**INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS DE ESPÉCIES  
FLORESTAIS NA INTERCEPTAÇÃO PLUVIAL DA FLORESTA  
URBANA TROPICAL**

**RECIFE-PE  
2023**

**THIAGO ALLAIN MARTINS SIQUEIRA MOURA**

**INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS NA  
INTERCEPTAÇÃO PLUVIAL DA FLORESTA URBANA TROPICAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Florestal da  
Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
como parte das exigências para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador (a): Prof. Dr. Everaldo Marques  
de Lima Neto

**RECIFE-PE  
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

M929i Moura, Thiago Allain Martins Siqueira  
INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS NA INTERCEPTAÇÃO PLUVIAL DA  
FLORESTA URBANA TROPICAL / Thiago Allain Martins Siqueira Moura. - 2023.  
54 f.

Orientador: Everaldo Marques de Lima Neto.  
Inclui referências e anexo(s).

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em  
Engenharia Florestal, Recife, 2023.

1. Serviços ecossistêmicos. 2. Regulação hídrica. 3. Enchentes. 4. Mudanças climáticas. I. Neto, Everaldo Marques de  
Lima, orient. II. Título

CDD 634.9

---

**INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS NA  
INTERCEPTAÇÃO PLUVIAL DA FLORESTA URBANA TROPICAL**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profª. Dra. Ana Paula Fernandes  
(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

---

Prof. Dr. Marcone Moreira Santos  
(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

---

Prof. Dr. Everaldo Marques de Lima Neto  
(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

**RECIFE-PE**

**2023**

## AGRADECIMENTOS

Nunca esqueço de quem me ajudou e me fez percorrer os meus caminhos dentro e fora da universidade. Meus primeiros agradecimentos vão aos meus pais, por sempre terem insistido na minha educação e por me ensinarem que é a educação que vai me levar para frente. Agradeço à minha mãe por sempre me incentivar e me apoiar em tudo que eu me proponho a fazer. Por não ter me permitido desistir em nenhum momento e por ter comemorado cada vitória minha, desde o primeiro estágio, assim como o meu pai. Agradeço ao meu pai por ter passado para mim o amor pelas plantas, a quem ele aprendeu com o pai, que nunca conheci, mas a ele (vovô Nezinho) também estou agradecendo neste momento, pois me influenciou indiretamente a seguir pelo caminho das ciências agrárias. Agradeço a minha vovó Dalvinha, esposa de vovô Nezinho, que também teve em sua vida sempre uma ligação com o mundo rural e a educação. Agradeço por sempre ter conversado comigo, de igual para igual, em todos os momentos e sobre todos os assuntos. Ela, que foi professora durante a vida toda, me ajudou principalmente na minha vivência na monitoria. Agradeço a todos meus orientadores que tive durante a graduação. Não foram poucos. Professora Maria Rodal por ter sido minha primeira orientadora e ter me ensinado redação científica e despertado interesse pela ecologia. Professora Sheila por ter sido minha orientadora da monitoria em geologia e introdução à ciência do solo por dois anos. Professor Everaldo (meu orientador atual) por ter me aceito como voluntário de iniciação científica e por ter permanecido comigo durante todos esses anos, produzindo este trabalho mesmo que às vezes de forma não oficial, além de sempre incentivar o meu caminho acadêmico mais do que qualquer um. Agradeço à Paula pela participação no projeto de extensão no museu de solos e agradeço ao professor Marcone, meu último orientador de iniciação científica. Agradeço também à professora Giselle Fracetto, a melhor professora que tive, foi ela que me incentivou a estudar cada vez mais. Agradeço também à professora Isabelle Meunier, pois sempre me emprestou livros e me incentivou das mais diversas formas a continuar na vida acadêmica. Obrigado a Adélia e Frank por sempre estarem me animando e conversando comigo. Quanto aos colegas de universidade, meus agradecimentos especiais vão para Daiza, por ter me ajudado a buscar sempre melhorar o meu trabalho, terem ido comigo a campo e ajudado a revisar o meu trabalho. Agradeço à Universidade Federal Rural de Pernambuco, à Capes e à Facepe pelas bolsas recebidas durante a minha graduação.



## RESUMO

**Resumo:** As florestas urbanas são importantes reguladoras da água pois reduzem a sobrecarga nos reservatórios hídricos, diminuindo a intensidade das enchentes. As árvores retêm a água pluvial e auxiliam na penetração gradual da água no subsolo, tornando-se importantes para a regulação hídrica em áreas urbanas. Esta capacidade varia de acordo com características biométricas de cada espécie e indivíduo, sendo a maioria variáveis relacionadas com a copa. Para quantificar e classificar os benefícios da floresta urbana como ferramenta de regulação hídrica, é necessário um estudo aprofundado dos serviços prestados pelas árvores. Nesse sentido, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar a influência das variáveis biométricas de indivíduos de *Senna siamea* e *Paubrasilia echinata* na interceptação pluvial. Foi testada a hipótese de que há diferença significativa entre o volume de água interceptado pelas espécies de acordo com seus diferentes padrões biométricos conferidos pelas variáveis morfológicas, dendrométricas e índices morfométricos. Para testar a hipótese, foram selecionados indivíduos de ambas espécies presentes na floresta urbana tropical de Recife - PE. A seleção das árvores foi baseada em critérios como tamanho, idade, saúde e localização geográfica. Foram medidas as variáveis morfológicas, dendrométricas e índices morfométricos de cada árvore selecionada, bem como o volume de água interceptado pelas árvores durante os eventos pluviométricos. Os resultados foram discutidos em relação à hipótese formulada, com a identificação das diferenças significativas encontradas entre as variáveis estudadas. Dessa forma, observou-se que as taxas de interceptação pluvial entre as duas espécies foram acima de 50% na maioria dos eventos. Em caráter comparativo, a espécie *P. echinata* apresentou uma interceptação pluvial ligeiramente maior do que a espécie *S. siamea* em quase todos os eventos. A média da interceptação do grupo *P. echinata* (55,99%) foi maior do que a do grupo *S. siamea* (46,97%). Esses resultados indicam que a espécie *P. echinata* pode ter uma maior capacidade de interceptação pluvial do que a espécie *S. siamea*. Foi avaliado que a intensidade da chuva afetou diretamente a interceptação pluvial de ambas as espécies. Em eventos com intensidade de chuva menor (0,3mm/h), os percentuais médios de interceptação das espécies foram mais elevadas (85,5%), sendo (84%) para *P. echinata* e (87%) para *S. siamea*, enquanto que em eventos com intensidade de chuva mais alta (8,5mm/h), as porcentagens médias de interceptação foram mais baixas (36%) sendo (41,3%) para *P. echinata* e (30,83%) para *S. siamea*. Para *P. echinata*, a correlação de Spearman revelou que a proporção de copa apresentou-se positiva significativa com a interceptação média (0,76), enquanto a forma de copa e o índice de abrangência apresentaram correlações negativas (-0,71). Para *P. echinata*, indivíduos com maiores proporções de copas mais arredondadas e menos ramificadas estiveram relacionados a uma maior interceptação pluvial. Outras variáveis avaliadas não apresentaram correlação significativa com a interceptação média. Para *S. siamea*, foi constatado que o estudo não encontrou correlação significativa a 5% entre interceptação pluvial e as variáveis biométricas avaliadas, sugerindo a necessidade de aumentar o tamanho da amostra e assim melhorar a precisão das estimativas e aumentar o poder estatístico do teste. No entanto, é importante destacar que a correlação não implica causalidade entre as variáveis. Foi observado que indivíduos de *S. siamea* da amostra apresentam características morfológicas que podem favorecer uma maior cobertura de copa e, conseqüentemente, maior potencial para oferta de serviços ecossistêmicos quando bem desenvolvidos, mas estão sofrendo de desbastes excessivos.

**Palavras-chave:** Serviços ecossistêmicos, Regulação hídrica, Enchentes, Mudanças climáticas

## ABSTRACT

**Abstract:** Urban forests are important water regulators as they reduce the overload on water reservoirs, decreasing the intensity of floods. Trees retain rainwater and aid in the gradual penetration of water into the soil, making them important for water regulation in urban areas. This ability varies according to the biometric characteristics of each species and individual, with the majority of variables related to the canopy. To quantify and classify the benefits of urban forests as a tool for water regulation, a thorough study of the services provided by trees is necessary. In this sense, the present research aimed to evaluate the influence of biometric variables of individuals of *Senna siamea* and *Paubrasilia echinata* on rainwater interception. The hypothesis tested was that there is a significant difference in the volume of water intercepted by the species according to their different biometric patterns conferred by morphological, dendrometric, and morphometric variables. To test the hypothesis, individuals of both species present in the tropical urban forest of Recife - PE were selected. The selection of trees was based on criteria such as size, age, health, and geographical location. The morphological, dendrometric, and morphometric variables of each selected tree were measured, as well as the volume of water intercepted by the trees during rainfall events. The results were discussed in relation to the formulated hypothesis, with the identification of significant differences found between the studied variables. Thus, it was observed that the rates of rainwater interception between the two species were above 50% in most events. In a comparative nature, the species *P. echinata* showed slightly higher rainwater interception than the species *S. siamea* in almost all events. The average interception of the *P. echinata* group (55.99%) was higher than that of the *S. siamea* group (46.97%). These results indicate that the *P. echinata* species may have a greater capacity for rainwater interception than the *S. siamea* species. It was evaluated that the intensity of the rain directly affected the rainwater interception of both species. In events with lower rainfall intensity (0.3mm/h), the average percentages of interception of the species were higher (85.5%), being (84%) for *P. echinata* and (87%) for *S. siamea*, while in events with higher rainfall intensity (8.5mm/h), the average percentages of interception were lower (36%), being (41.3%) for *P. echinata* and (30.83%) for *S. siamea*. For *P. echinata*, the Spearman correlation revealed that the canopy proportion presented a significant positive correlation with the average interception (0.76), while the canopy shape and coverage index presented negative correlations (-0.71). For *P. echinata*, individuals with larger proportions of more rounded and less branched canopies were related to higher rainwater interception. Other evaluated variables did not present a significant correlation with the average interception. For *S. siamea*, it was found that the study did not find a significant correlation at 5% between rainwater interception and the evaluated biometric variables, suggesting the need to increase the sample size and thus improve the precision of the estimates and increase the statistical power of the test. However, it is important to highlight that correlation does not imply causality between variables. It was observed that individuals of *S. siamea* from the sample have morphological characteristics that can favor greater canopy coverage and, consequently, greater potential for the provision of ecosystem services when well developed, but are suffering from excessive pruning.

**Keywords:** Ecosystem services, Water regulation, Floods, Climate change



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo da água pluvial em cenário urbanizado e não urbanizado.....	17
Figura 2 Associação entre valor de formal de copa e tendência de forma geométrica assumida pela árvore.....	23
Figura 3 Localização geográfica da área de estudo.....	26
Figura 4 Descrição visual da <i>S. siamea</i> .....	27
Figura 5 Descrição visual de <i>P. echinata</i> .....	28
Figura 6 Procedimentos para cálculo de área foliar.....	30
Figura 7 Geometrização e definição dos pontos das fotos e das medições.....	31
Figura 8 Índices morfométricos utilizados para análise das espécies florestais plantadas nas calçadas.....	32
Figura 9 Coletor de água abaixo de um dos indivíduos estudados.....	33
Figura 10 Relação entre acumulado mensal e intensidade de chuva para os dias de coleta.....	38
Figura 11 Interceptação pluvial média de <i>P.echinata</i> e <i>S.siamea</i> .....	39
Figura 12 Percentual de permeabilidade de copa.....	40
Figura 13 Áreas foliares dos indivíduos de <i>P.echinata</i> e <i>S. siamea</i> .....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.....	35
Tabela 2.....	40
Tabela 3.....	43
Tabela 4.....	45

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2.OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3.REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 Relação da problemática hidrológica com o planejamento das cidades	16
3.2 A gestão da floresta urbana para o planejamento de cidades inteligentes	18
3.3 Fatores que influenciam na interceptação pluvial	19
3.4 Influência do meio urbano nos Índices morfométricos	21
3.5 Descrição das espécies estudadas	24
4. MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1 Caracterização da área de estudo	26
4.2 Procedimentos Metodológicos	27
4.2.1 Seleção das espécies estudadas	27
4.2.2. Seleção e Categorização de indivíduos amostrados	27
4.2.3 Coleta de Variáveis Dendrométricas	28
4.2.4 Coleta de Variáveis Morfológicas	28
4.2.5 Coleta de Variáveis Pluviométricas	31
4.2.5.1 Cálculo de volume pluviométrico e interceptação pluvial	33
4.3. Processamento e análises estatísticas das variáveis aferidas	33
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1. Caracterização e descrição dendrométrica dos indivíduos amostrados	35
5.2 Precipitação e intensidade de chuva	37
5.4. Permeabilidade de copa	39
5.5 Índices morfométricos	40
5.6 Área foliar	41
5.7 Análise de Correlação entre a interceptação e as variáveis biométricas	42
5.7.1 P. echinata	42
5.7..2 S. siamea	44
6.CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS	48
ANEXOS	54

## 1. INTRODUÇÃO

A regulação hídrica, um dos serviços ecossistêmicos proporcionados pela floresta urbana, afeta na intensidade de enchentes, por atuar no tempo de escoamento superficial provocado pelas chuvas, evitando ou minimizando a sobrecarga dos reservatórios de água (TUCCI, 2007; SILVA E; SANTOS, 2018). É sabido que a interceptação das águas pluviais pela cobertura arbórea tem um papel importante nesse processo, por outro lado, é comum na história do Brasil um desenvolvimento urbano aliado à remoção destas superfícies verdes permeáveis nas cidades. Estes fatores, somados com fortes chuvas que são fruto do microclima urbano, são agentes agravantes nos fenômenos de alagamentos e enchentes (NYTCH, MELÉNDEZ-ACKERMAN E ORTIZ-ZAYAS; SILVA; SANTOS; ALVES E FORMIGA, 2018).

Nas cidades costeiras de todo o mundo, mudanças na intensidade ou volume da precipitação são responsáveis pelo aumento das inundações, que também podem ser afetadas pelo aumento do nível do mar e aumento da incidência de tempestades tropicais devido ao aquecimento global, aumentando a vulnerabilidade ao risco de inundação (CHANG; FRANCZYK, 2008). No Brasil, a cidade do Recife sofre anualmente de fortes chuvas que vulnerabilizam a paisagem urbana e a população ali inserida, causando prejuízos socioeconômicos. Segundo dados do Plano Diretor de Drenagem, existem cerca de 159 pontos críticos de alagamentos na cidade, onde 52% da população encontra-se em áreas vulneráveis aos eventos chuvosos (RECIFE, 2020).

Tucci (2007) afirma que indivíduos arbóreos atuam como agentes de retenção do fluxo hídrico, auxiliando em parte a penetração gradual da água no subsolo. Ademais, para que seja viabilizada a ideia da floresta urbana como ferramenta de regulação hídrica, disponível ao poder público no combate aos desequilíbrios hidrológicos, muito mais do que saber os seus benefícios, é preciso quantificar e classificar os serviços prestados pelas árvores ao ambiente urbano (LIVESLEY et al., 2016).

Em 2019 a análise de Riscos e Vulnerabilidades do Recife identificou as inundações, os deslizamentos como algumas das principais ameaças climáticas à cidade (RECIFE, 2019). O uso da floresta urbana está inserido no plano local de

ação climática do Recife, estando prevista para até 2025 a revisão do Sistema municipal de Unidades protegidas. Neste plano, se propõe a revisão do plano de arborização da cidade em busca da inserção de espécies potenciais para adaptação aos cenários de mudanças climáticas (RECIFE, 2020). Apesar do proposto, poucas são as pesquisas que buscam quantificar o potencial de interceptação pluvial de espécies arbóreas nas cidades.

Mas qual a importância de realizar estudos de capacidade de interceptação pluvial de espécies em locais específicos? Segundo Xiao e Mcpherson (2016), a capacidade de armazenamento de água superficial varia de maneira desigual entre espécies devido diferentes formas de arquitetura da copa, morfologia e área foliar, padrão dos espaços vazios entre os galhos e a textura do tronco, sendo estes obstáculos que irão juntos atuar na capacidade de interceptação pluvial. Além disso, autores como Nytech, Meléndez-Ackerman e Ortiz-Zayas (2018) comentam que os valores de interceptação dependem da intensidade dos eventos chuvosos, assim como seu ângulo.

Partindo do suposto que diferentes cidades detêm de diferentes configurações microclimáticas, torna-se importante a realização de estudos para descoberta de espécies chave que irão atender o plano diretor de diferentes municípios. Nesse sentido, ‘Espécies Chave’ apresentam as características morfológicas que melhor se adequam para as performances de serviços ecossistêmicos, dentro das condições climáticas e geográficas dos ambientes, junto com potencial estético (BIONDI; ALTHAUS, 2005).

Na copa das árvores (cobertura arbórea) estão localizadas o maior número de variáveis influentes para o atraso do acúmulo de água na superfície do solo, por meio de uma drenagem gradual ocorrente por meio do escoamento do tronco e gotejamento das folhas, sendo mais eficiente para diminuição de enchentes e inundações do que uma cobertura vegetal herbácea comum (TUCCI, 2007). Tais atributos são importantes uma vez que nas cidades, como um reflexo da impermeabilização do solo, o aumento da vazão máxima e antecipação do pico, junto ao aumento do volume do escoamento superficial, são os principais efeitos da urbanização causadores de enchentes e alagamentos (SILVA; SANTOS, 2018; POHL; TARGA; ALMEIDA, 2019).

A forma das árvores pode sofrer alterações devido a diversos fatores como

tratos culturais, solo, clima, genótipo e idade. (CAMPOS, 1970). Apesar de pouco utilizados, os índices morfométricos são ferramentas aplicáveis ao manejo e planejamento inteligente da arborização de ruas, por expressarem conformações e alterações das características naturais de crescimento das espécies (DURLO; DENARDI, 1998; BOBROWSKI e BIONDI, 2017). Estes índices são utilizados para traçar relações morfométricas das espécies arbóreas ao expressarem relações dimensionais entre o diâmetro à altura do peito, largura de copa, altura de copa e altura total da árvore, sendo distribuídos em índice de saliência, abrangência, grau de esbeltez, formal e proporção de copa (DURLO; DENARDI, 1998).

Estas relações interdimensionais aplicadas nos cálculos dos índices morfométricos, permitem a análise dos serviços ecossistêmicos (JONES; MCDERMOTT, 2018). Segundo Bobrowski (2015), os maiores valores de proporção da copa estão associados a uma maior oferta de benefícios ambientais, econômicos e estéticos. Apesar disso, pouco ainda são utilizadas as práticas de análises morfométricas para o manejo e planejamento da silvicultura urbana.

Estando o estado da copa relacionado com o potencial de interceptação pluvial, podas erradas ou uma má condução das árvores podem vir a prejudicar a performance dos serviços ecossistêmicos (NYTCH, MELÉNDEZ-ACKERMAN e ORTIZ-ZAYAS, 2018). Diante disso, a presente pesquisa busca responder os questionamentos seguintes: O padrão biométrico das espécies da floresta urbana apresenta correlação com a quantidade de interceptação pluvial? As espécies presentes na arborização de ruas atenuam os efeitos dos eventos de chuva, auxiliando na regulação hídrica? É possível determinar a capacidade de interceptação pluvial de espécies da floresta urbana em diferentes intensidades de precipitação?

Para suprir a carência de informação a respeito do potencial de interceptação de espécies da floresta urbana tropical, o presente estudo tem como objetivo quantificar a interceptação pluvial em duas espécies frequentes na arborização de ruas e correlacionar com as suas variáveis biométricas, a fim de determinar o potencial de interceptação pluvial. A hipótese a ser testada é que há diferença significativa entre os eventos pluviométricos, o volume de água interceptado pelas árvores e os padrões biométricos de copa, conferidos pelas variáveis morfológicas, dendrométricas e índices morfométricos em espécies da

floresta urbana tropical de Recife - PE.

## **2.OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a influência das variáveis biométricas na interceptação pluvial nas espécies *Senna siamea* (Lam). H. S. Irwin & R. C. Barneby e *Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C.Lima e G.P.Lewis, presentes na floresta urbana em Recife – PE.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- a) Mensurar as variáveis biométricas nos indivíduos estudados;
- b) Acompanhar os eventos de precipitação na área estudada;
- c) Quantificar a interceptação pluvial dos indivíduos de *S. siamea* e *P. echinata*;
- d) Correlacionar as variáveis biométricas com as variáveis pluviométricas das espécies estudadas.



### 3.REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Relação da problemática hidrológica com o planejamento das cidades

Segundo a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade), há três tipos de eventos relacionados à água: inundações, enxurradas e alagamentos. As inundações ocorrem quando a água ultrapassa os limites normais de um curso de água, geralmente causada por chuvas prolongadas em áreas planas; As enxurradas, por sua vez, são causadas por chuvas intensas em pequenas bacias de relevo acidentado, com elevação repentina das vazões e transbordamento brusco da calha fluvial; Já os alagamentos ocorrem quando a capacidade de escoamento dos sistemas de drenagem urbana é excedida e há acumulação de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, devido às chuvas intensas (COBRADE, 2012).

A falta de planejamento urbano é uma das principais causas destes eventos negativos relacionados à água. Com a urbanização desordenada, há uma grande impermeabilização do solo, o que dificulta a infiltração da água e aumenta a sua escorrência superficial (TUCCI, 2012). Esse processo prejudica o ciclo da água, interferindo na distribuição das chuvas e na sua capacidade de absorção pelo solo, o que pode provocar enchentes, alagamentos e enxurradas (COBRADE; TUCCI, 2012).

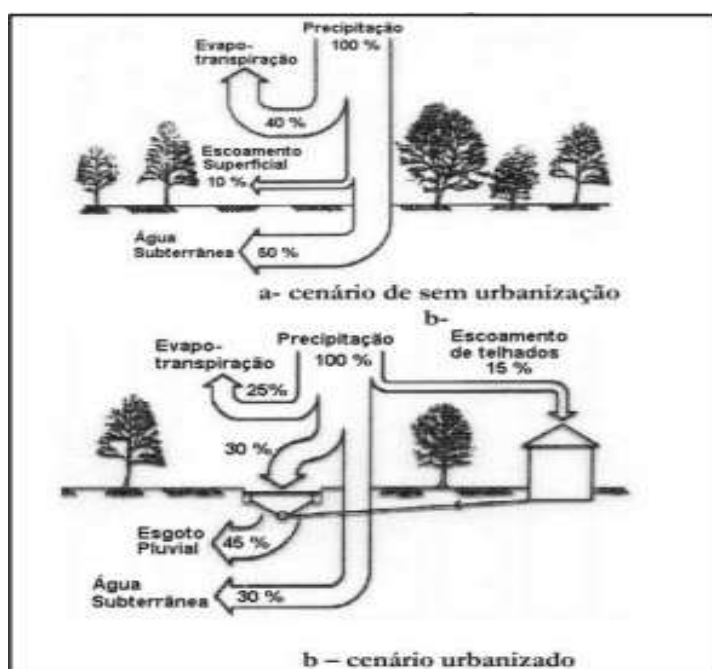
Além disso, o crescimento urbano muitas vezes ocorre sem o devido planejamento das infraestruturas de drenagem, o que agrava ainda mais a situação em períodos de chuvas intensas (SILVA JUNIOR *et al.*, 2016). É fundamental, portanto, que haja uma gestão adequada do uso do solo e um planejamento urbano que leve em consideração as características do meio ambiente e a capacidade de suporte das áreas urbanas, a fim de minimizar os impactos negativos sobre o ciclo da água e evitar prejuízos para a população e o meio ambiente.

Diversos autores abordam ativamente a respeito das questões climáticas e o impacto da urbanização no ciclo da água (SOUZA, AZEVEDO e ARAÚJO., 2012; SILVA e SANTOS, 2018; ALVES e FORMIGA, 2018). Estes impactos devem ser considerados por urbanistas, planejadores urbanos e gestores públicos para desenvolver políticas e práticas mais sustentáveis e reduzir os impactos negativos da urbanização no meio ambiente.

No planejamento urbano, o regime pluviométrico é importante para a elaboração de projetos de infraestrutura e drenagem urbana, visando garantir que as cidades sejam capazes de lidar com eventos extremos de precipitação, como enchentes e alagamentos.

É importante compreender que essas inundações também ocorrem em condições naturais em ambientes não antropizados. Quando comparado o acúmulo de água em um ambiente urbano ao ambiente rural, em áreas verdes permeáveis, a vegetação atua como agente de retenção do fluxo hídrico (Figura 1), auxiliando em parte a penetração gradual no subsolo (TUCCI, 2007).

Figura 1. Diferença entre o ciclo da água pluvial em cenário urbanizado e não urbanizado.



Fonte: Tucci (2005)

De acordo com Tucci (2005), em áreas sem urbanização, 60% da precipitação total acaba sendo direcionada para águas subterrâneas, enquanto em áreas urbanizadas esse percentual cai para a metade. Isso pode ocorrer pela existência da impermeabilização, sistemas de drenagem, entre eles esgoto pluvial e calhas.

Tucci (2007) afirma que esse aumento de superfícies impermeáveis é ocasionado pela construção de telhados, calçadas e ruas que atuam como áreas impermeabilizantes, maiores em número do que as áreas de permeabilidade. Uma vez impossibilitada de penetrar no solo, a água pluvial, impedida por essas superfícies, segue para acumular no

montante do escoamento superficial, prejudicando a malha urbana, que na maioria dos casos não foi projetada para lidar com essa problemática (TUCCI, 2007; ALVES e FORMIGA., 2019).

Eventos negativos provocados pelas chuvas são comuns em quase todas as cidades grandes do país, onde em grande parte dos casos as soluções para tais problemas se encontram em ações demasiadamente custosas ao poder público, que muitas vezes não detém do montante necessário para sua aplicabilidade, muito menos apresenta soluções adequadas no Plano Diretor Urbano para evitar futuros eventos (TUCCI, 2007; LIVESLEY, MCPHERSON; CALFAPIETRA, 2016). Logo, tais problemas devem ser vistos como reflexo da organização urbana, sendo a distribuição do terreno um fator agravante.

### 3.2 A gestão da floresta urbana para o planejamento de cidades inteligentes

Em comparação à outras alternativas custosas, a floresta urbana pode ser instrumento de baixo custo para mitigação de problemas de ordem hidrológica causados pelas mudanças climáticas. Algumas alternativas custosas para mitigação de problemas hidrológicos incluem a construção de barragens, sistemas de drenagem urbana, canais de desvio e diques (XIAO; MCPHERSON, 2016; BERLAND *et al.*, 2017; NYTCH, MELÉNDEZ-ACKERMAN; ORTIZ-ZAYAS, 2018; SILVA; SANTOS, 2018). No entanto, a floresta urbana pode ser uma opção de baixo custo para reduzir o impacto das mudanças climáticas, absorvendo água da chuva e reduzindo o escoamento superficial, além de oferecer benefícios adicionais para as comunidades locais como o bem-estar e acesso à educação ambiental (SILVA; OLIVEIRA., 2020).

Sendo uma ferramenta importante diante da problemática apresentada, é necessário planejar de forma inteligente a ocupação do espaço da floresta no meio urbano, para que se gerem condições que evitem (ou ao menos minimizem) impactos econômicos e sociais sobre a sociedade (TUCCI, 2007; SOUZA, AZEVEDO e ARAÚJO, 2012).

Dessa forma, antes e durante o planejamento da cidade, é preciso compreender como as árvores interagem com o meio urbano e quais suas influências benéficas de atuação na regulação hídrica (SILVA e SANTOS, 2018). Os planejadores urbanos precisam de evidências científicas para justificar a implementação de ferramentas. Em outras

palavras, é necessário quantificar os benefícios dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelas árvores para a cidade (LIVESLEY, MCPHERSON E CALFAPIETRA, 2016).

Podemos identificar as espécies que melhor servem o meio urbano analisando suas características e habilidades, como a capacidade de interceptar água da chuva. É importante compreender quais são as qualidades que distinguem essas espécies de outras para encontrar as "espécies chave" que podem desempenhar seu papel ecológico e atender às necessidades dos planejadores urbanos (BIONDI e ALTHAUS, 2005).

Essas evidências trazidas pelas espécies chave devem servir de base para o Plano Diretor de Arborização Urbana do município que deseje lidar com a mitigação dos impactos de ordem hidrológica, uma vez que cada cidade apresenta diferentes carências a serem supridas, devendo ser objetivo do plano diretor buscar solucioná-las (PINHEIRO *et al.*, 2018).

### 3.3 Fatores que influenciam na interceptação pluvial

Segundo Xiao e Mcpherson. (2016), existem diferentes tipos de armazenamento de água por indivíduos arbóreos, são eles: saturação mínima e armazenamento máximo. A saturação mínima se trata da fina lâmina d'água que recobre a superfície da árvore antes do escoamento começar. Sendo o tipo de saturação que nunca chega ao solo, posteriormente evaporada pela ação do calor e dos ventos. Já o armazenamento máximo se refere à água retida temporariamente na superfície da árvore, podendo respingar para o solo pelas folhas, fluir pelo tronco ou até mesmo evaporar antes de chegar ao solo.

Xiao e Mcpherson (2016) comentam que a capacidade de armazenamento de água superficial varia de maneira desigual entre espécies, assim como as localidades onde se encontram. Logo, foram as características climáticas do ambiente, somadas com as características morfológicas e texturais de folha e caule dos indivíduos, que irão juntos atuar na capacidade de interceptação pluvial daqueles indivíduos.

Asadian e Weiler (2009) apontaram que as árvores inseridas em meio urbano detêm uma maior capacidade de armazenamento de água em eventos pluviais. Em sua pesquisa, as perdas de interceptação (o retorno da água captada à atmosfera) calculadas para árvores urbanas foram aproximadamente duas vezes maiores do que as calculadas para árvores naturais. Nytch, Meléndez-Ackerman e Ortiz-Zayas (2018) explicam que essas

características favorecem um maior índice de evaporação, devido à uma maior incidência de vento nas copas.

Apesar de estudos realizados em áreas rurais servirem de base norteadora para aplicação de metodologias de estudos em localidade urbana, não é cabível utilizar dos mesmos parâmetros para o meio urbano a nível de valores, levando em consideração que a floresta urbana e a floresta rural são sistemas diferentes. Árvores assumem diferentes morfologias de acordo com o ambiente em que se encontram e, diferente de florestas rurais, o meio urbano tende a possibilitar um maior desenvolvimento de copa quando comparadas com formações naturais. (NYTCH, MELÉNDEZ-ACKERMAN E ORTIZ-ZAYAS,2018).

Silva e Santos (2018) seguiram a mesma lógica de metodologias anteriormente aplicadas em florestas naturais. Ao envolverem em seu estudo espécies presentes na arborização urbana, os autores encontraram valores de precipitação interna média que variaram de 34,48% a 49,13% dentre as três espécies. Através da soma da precipitação interna e escoamento de tronco subtraídas da precipitação bruta do ambiente, onde variáveis biométricas como DAP, área basal e rugosidade do tronco foram importantes para medição dessa característica.

Quando jovens, indivíduos arbóreos ainda não detém de todo potencial de interceptação encontrado quando desenvolvidos. Sendo fator comum que prejudica as performances de espécies, como ocorreu nos estudos de (ALVES E FORMIGA, 2019). Por conta disso, a fim de se obter o máximo dos benefícios, torna-se importante que a escolha das espécies a serem utilizadas deve ser feita de forma que vise seu desenvolvimento pleno, para que se evite perdas nas capacidades de performance dos serviços ecossistêmicos.

As variáveis do meio urbano (espaçamento, rede aérea, tamanho da calçada, qualidade do solo) podem tanto promover uma melhor performance dos indivíduos quanto as prejudicar. São variáveis que potencializam o desenvolvimento de um indivíduo para uma melhor performance de serviços ecossistêmicos, a exemplo de adequados espaços para desenvolvimento radicular e o espaçamento entre indivíduos, também podem ser um fator limitante quando inadequadas.

No meio urbano, encontramos árvores que apresentam conflitos com as redes aéreas de distribuição de energia, calçadas, canteiros e ainda com redes de esgoto e água

(BOHNER *et al.*, 2011). Esses são alguns dos fatores que podem impactar negativamente o desenvolvimento pleno das espécies.

Segundo Nytch, Meléndez-Ackerman e Ortiz-Zayas (2018), a prática de podas irregulares pode reduzir significativamente a capacidade antes vantajada de interceptação das copas de árvores urbanas. Partindo disso, é necessário entender como outras variáveis influenciam na performance dos indivíduos arbóreos dentro do meio urbano. Vogt *et al.* (2017) ressaltam que para que se obtenha os serviços ecossistêmicos da maneira que se deseja, é preciso conhecer profundamente a maneira com que as árvores se desenvolvem dentro do meio urbano, uma vez que assim, a partir de um manejo inteligente, permitir que atinjam seu potencial máximo.

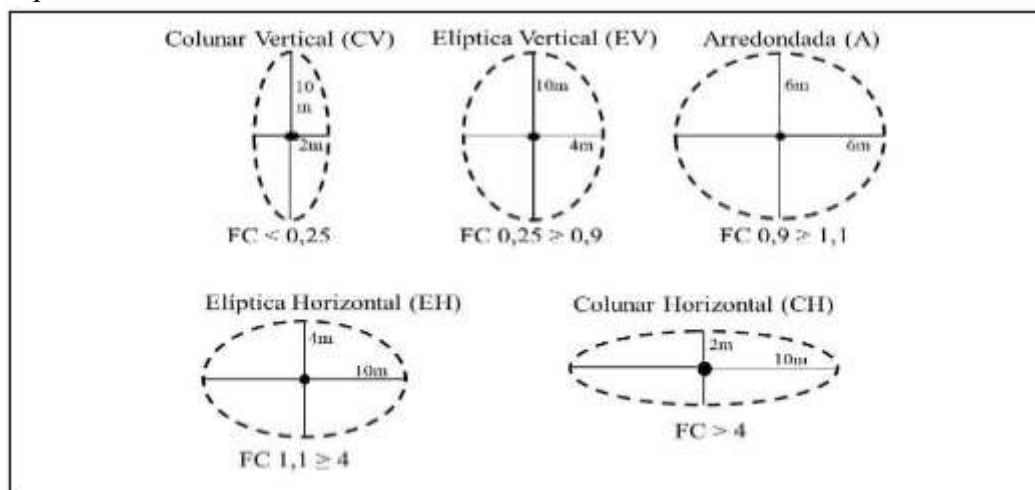
### 3.4 Influência do meio urbano nos Índices morfométricos

Os índices morfométricos são parâmetros que permitem uma análise do desenvolvimento das árvores em diferentes contextos, como na arborização de ruas (BOBROWSKI, LIMA NETO e BIONDI, 2013). Dentre os índices morfométricos utilizados, podemos citar a abrangência, formal, saliência, esbeltez e proporção de copa.

O Índice de Abrangência (IA) é um índice que mede a área ocupada pela copa da árvore em relação à sua altura. Quanto maior a abrangência, maior é a capacidade da árvore de projetar a sua copa (DURLO, 1998). Um baixo índice de abrangência pode indicar que a árvore não está se desenvolvendo adequadamente. Caso haja uma relação entre o índice de abrangência e a altura das árvores, é possível empregar o índice de abrangência como um indicador de desbaste durante o ciclo de vida do povoamento (BOBROWSKI, LIMA NETO e BIONDI, 2013).

O Formal de Copa (FC), é utilizado para avaliar a forma da copa da árvore. Esse índice pode indicar se houve alguma alteração na arquitetura da espécie devido a podas excessivas ou inadequadas, que podem fazer com que a forma da copa se diferencie do padrão descrito na literatura (IVASKO-JÚNIOR *et al.*, 2021). De acordo com Bobrowski e Biondi (2017), valores de formal de copa abaixo de 0,25 indicam uma copa colunar vertical, valores entre 0,25 e 0,9 indicam uma forma elíptica vertical, valores entre 0,9 e 1,1 indicam uma forma arredondada, valores entre 1,1 e 4 indicam uma forma elíptica horizontal e valores acima de 4 indicam uma copa colunar horizontal. (Figura 2)

Figura 2.: Associação entre valor de formal de copa e tendência de forma geométrica assumida pela árvore.



Fonte: Ivasko-Júnior et al. (2021).

O Índice de Saliência (IS) é um parâmetro que relaciona o diâmetro de copa de uma árvore com o seu diâmetro à altura do peito (DAP), ou seja, quantas vezes o diâmetro da copa é maior que o DAP. Com base nesse índice, é possível estimar o número máximo de indivíduos que poderiam ser plantados em um hectare sem que houvesse competição entre as árvores. (HELLMAN *et al.*, 2020, JÚNIOR, 2021). Além disso, o índice de saliência pode ser utilizado como um indicador de desbaste, que é a remoção de árvores para permitir um melhor crescimento e desenvolvimento das restantes (ROMAN *et al.*, 2009).

A Esbeltez é um índice que avalia a relação entre a altura e o diâmetro da copa da árvore. Uma árvore com baixa esbeltez pode indicar que está se desenvolvendo de forma desequilibrada e que pode estar sofrendo com problemas de ventos fortes e tempestades (BOBROWSKI; BIONDI, 2017).

A Proporção de Copa (PC), também conhecida como porcentagem de copa, é um parâmetro que relaciona o tamanho da copa de uma árvore com a sua altura total. Embora seja difícil determinar o ponto exato em que a copa se inicia, essa medida é um indicador importante da saúde das árvores, juntamente com outras características da copa (DURLO e DENARDI, 1998). Segundo (BOBROWSKI, 2015) árvores com uma porcentagem de copa maior são geralmente mais saudáveis e produtivas.

Dessa forma, a análise desses índices morfométricos é fundamental para avaliar o desenvolvimento das árvores e garantir que elas estejam em adequação para o ambiente

urbano. Com a utilização desses índices, é possível identificar possíveis problemas no desenvolvimento das árvores e adotar medidas para solucioná-los.

Existem alguns fatores que podem influenciar na formação de uma árvore no meio urbano e que devem ser levados em consideração para a busca de uma aplicação correta de indivíduos arbóreos. Quanto aos tratamentos silviculturais, podas excessivas podem afetar diretamente a forma da copa da árvore, levando a uma redução na abrangência e na proporção de copa (BOBROWSKI; LIMA NETO e BIONDI, 2013). As arquiteturas das copas das árvores nem sempre são respeitadas no ambiente urbano, devido a diversos fatores, como a necessidade de manutenção das árvores para garantir a segurança pública, a falta de espaço adequado para o desenvolvimento das árvores e a falta de planejamento urbano adequado (LUTTGE E BUCKERIDGE, 2020). Esses fatores podem levar a podas inadequadas que comprometem a arquitetura natural das copas das árvores, afetando sua saúde e seu desenvolvimento.

Os espaçamentos inadequados para o plantio das árvores também podem influenciar nos índices morfométricos. Uma árvore plantada em um espaço muito pequeno pode apresentar uma redução na abrangência e na esbeltez, enquanto uma árvore plantada em um espaço muito grande pode apresentar um baixo índice de saliência e proporção de copa. De acordo com Lima Neto e Biondi (2011), a existência de áreas de canteiro pode afetar o surgimento de raízes superficiais. Em casos em que a área de canteiro é muito pequena, a infiltração adequada de água pode ser dificultada. O desenvolvimento da espécie e a compatibilidade com a calçada podem ser melhorados através do aumento da área de canteiro e do uso de solos com propriedades físico-químicas mais favoráveis.

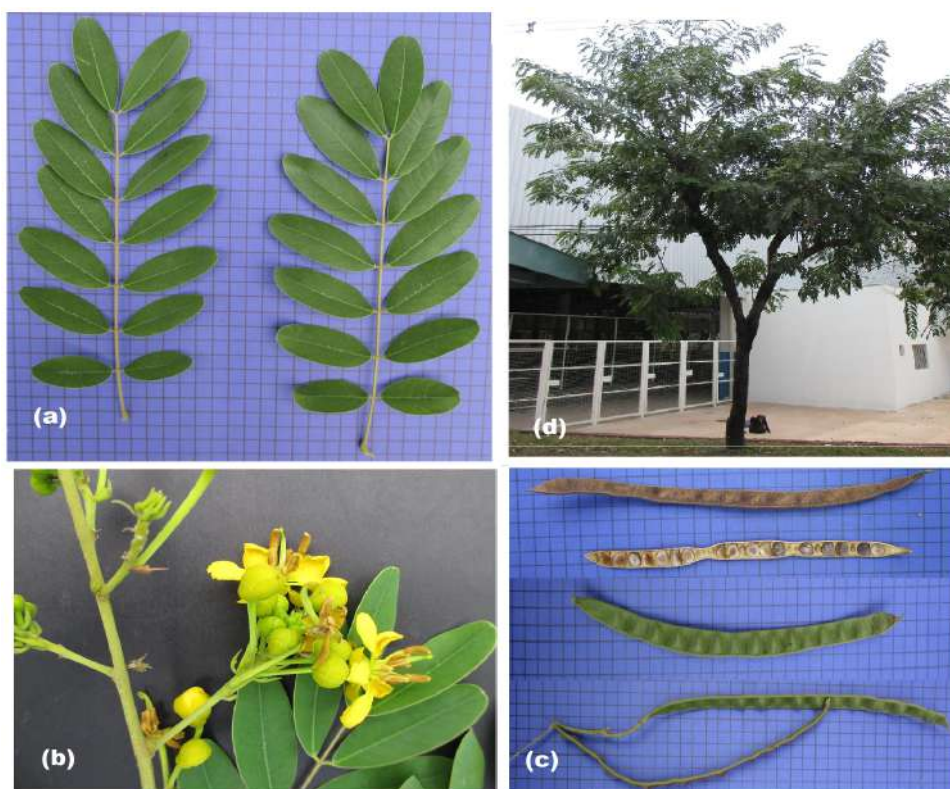
Porém, é visível o desafio de manter a forma adequada de espécies, uma vez que é justamente no ambiente urbano onde condições de solo e clima estão altamente alteradas devido à antropização. Assim como a arquitetura das espécies, frequentemente não é respeitada durante as atividades de poda.



### 3.5 Descrição das espécies estudadas

A espécie *Senna siamea* (LAM.) H.S. IRWIN e R.C. BARNEBY atualmente não se encontra no manual de arborização do Recife, porém está presente como uma das árvores mais frequentes em inventários da cidade (SILVA e MEUNIER., 2007). A espécie é heliófita originária da Ásia tropical. Trata-se de uma espécie da família Fabaceae (Caesalpinioideae). A espécie apresenta de 12-20 metros de altura, tendo tronco cilíndrico, lenticelado, de folhas compostas parimpinadas de folíolos ovalados com 7-9 pares, glabra. (BORTOLUZZI *et al.*,2020). Suas flores são de coloração amarela apresentadas em inflorescências cacheadas. Seus frutos são apresentados em forma de vagens longas e achatadas, de coloração marrom escura. Apresenta copa larga (HANUM, 1997; BORTOLUZZI *et al.*,2020) (Figura 4).

Figura. 4: Descrição visual da *Senna siamea*, representando (a): Folha; (b): Flor; (c) :Fruto; (d): Forma

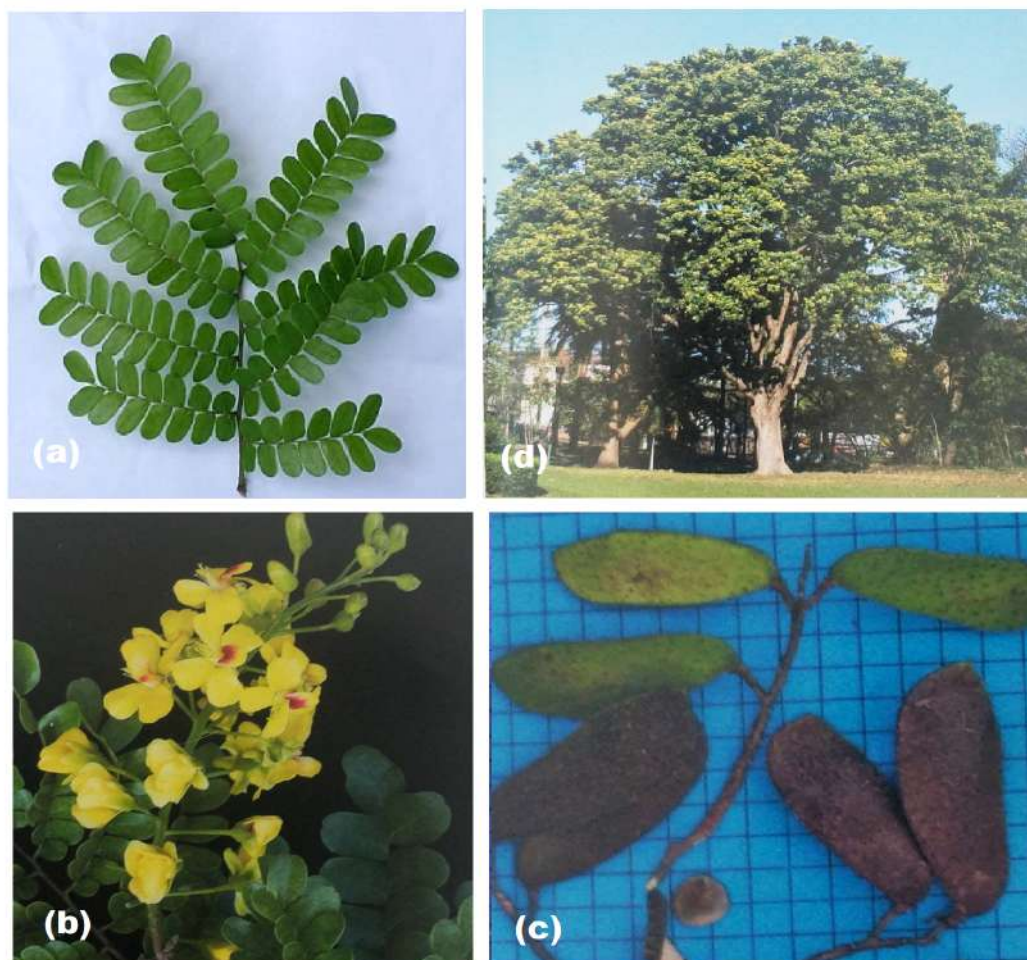


Fonte: CAMPUS, BOSQUES FLORESTA (2023).

*Paubrasilia echinata* (Lam.). Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis (Figura 5) é uma espécie heliófita conhecida como pau-brasil, sendo nativa da Mata Atlântica brasileira,

pertencente à família Fabaceae (Caesalpinioideae). Seus indivíduos apresentam altura média de 10-15m, tendo tronco reto e cilíndrico de diâmetro médio de 30-60cm, de casca marrom acinzentada, apresentando aspereza. Suas folhas são compostas, pinadas e alternas. De flores pequenas, amarelas dispostas em inflorescências terminais, apresentando frutos em forma de vagem deiscente. Apresenta com característica densa e arredondada (LORENZI, 2002; GAGNON *et al.*, 2023).

Figura 5.:Descrição visual de *P. echinata*, representando (a): Folha; (b): Flor; (c) :Fruto; (d): Espécie



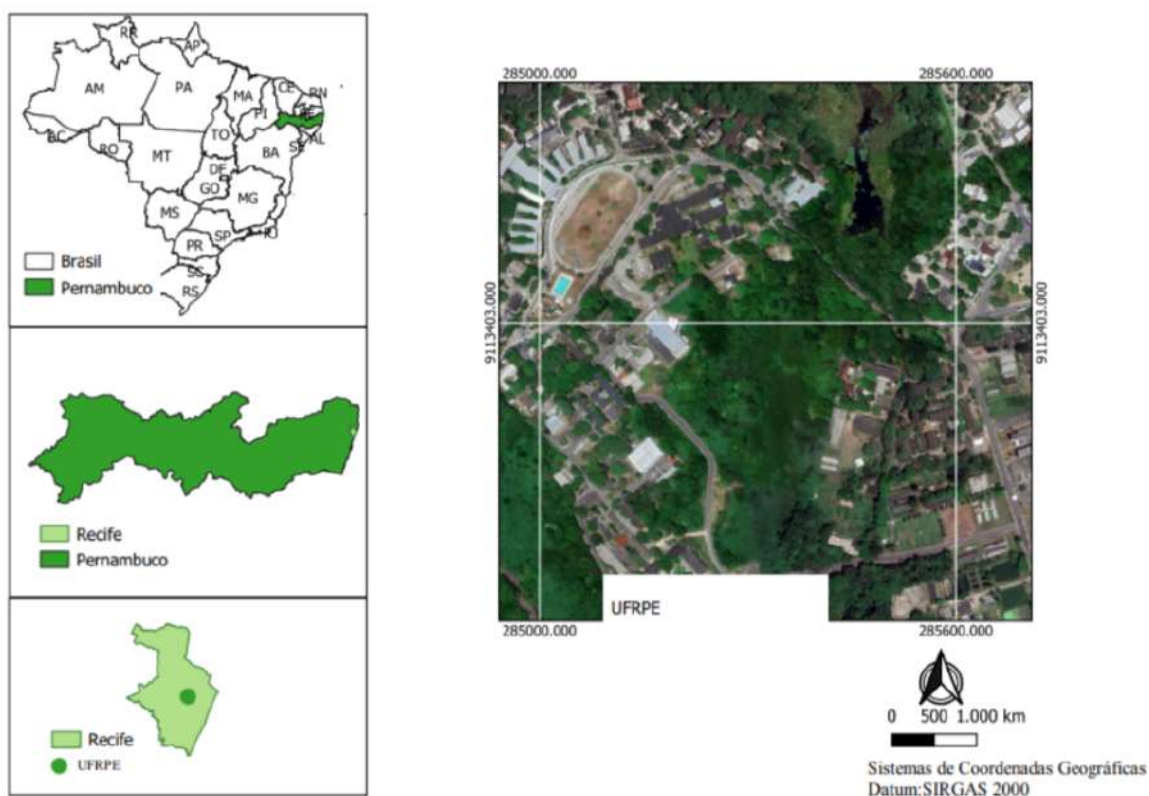
Fonte: LORENZI (2002).

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

#### 4.1 Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada na cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco, localizado na Região Nordeste do Brasil, coordenadas 08°03'14"S e 34°52'52"O (Figura 3), detendo uma área territorial de aproximadamente 218 km<sup>2</sup>, a 4,0 m de altitude, com mais de 1,6 milhão de habitantes (RECIFE, 2020), mais precisamente na Universidade Federal Rural de Pernambuco. O Recife possui um clima tropical úmido, tipo As', na classificação climática de Köppen-Geiger, com chuvas no inverno, com temperaturas médias mensais sempre superiores a 18°C, baixas amplitudes térmicas e precipitações abundantes ao longo do ano. A temperatura média anual é de 25,5°C, chegando a 30°C no verão (Figura 3).

Figura.3: Localização geográfica da área de estudo



Fonte: O Autor (2023).

Os solos predominantes na região metropolitana do Recife são: Podzólicos Amarelos, Latossolos Amarelos, Planossolos e Solonetz Solodizados, Gleissolos,

Vertissolos. A cidade está situada sobre uma planície aluvial (flúvio marinha), constituída por ilhas, penínsulas, alagados e manguezais envolvidos por cinco rios: Beberibe, Capibaribe, Tejipió e braços do Jaboatão e do Pirapama, conferindo-lhe características peculiares. Na cidade, acontece o encontro dos rios Beberibe e Capibaribe que deságuam no Oceano Atlântico. Essa planície é circundada por colinas em arco que se estendem do norte ao sul, de Olinda até Jaboatão. Recife é conhecido como "Veneza Brasileira", graças à semelhança fluvial com a cidade europeia de Veneza, cercada por rios e cortada por pontes, cheia de ilhas e mangues (NUNES, 2008).

## 4.2 Procedimentos Metodológicos

### 4.2.1 Seleção dos indivíduos das espécies estudadas

Foram selecionadas as espécies *Senna siamea* (Lam).H.S. Irwin & R. C. Barneby e *Paubrasilia echinata* Lam. Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis, por se apresentarem frequentes em inventários florestais urbanos no município de Recife-PE (SILVA e MEUNIER., 2007; CELESTINO, 2019). Nesse sentido, foi estabelecido o critério de serem encontradas na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), facilitando a instalação e monitoramento dos equipamentos de coleta de dados.

### 4.2.2. Seleção e Categorização de indivíduos amostrados

Foram selecionados 16 indivíduos, sendo 8 de *S. siamea* e 8 de *P. echinata*, presentes na Universidade Federal Rural de Pernambuco. A escolha do ambiente se deu pelas condições seguras de implantação dos experimentos para acompanhamento periódico. Os indivíduos selecionados deveriam estar isolados em toda sua área de copa, evitando assim a superestimação e subestimação da precipitação que foram coletadas. Com relação à distribuição dos indivíduos, devido ao campus universitário da UFRPE apresentar poucos indivíduos isolados, o método de amostragem escolhido foi aleatório e por conveniência. Os 16 indivíduos selecionados foram georreferenciados, com GPS (Sistema de posicionamento global) para formulação de um mapa de localização dos indivíduos para facilitar a rota de coletas de informações.

Dentro dos indivíduos disponíveis para a amostragem, se procurou inserir aqueles com idades e/ou aparência e tamanho semelhantes.

Para a mensuração das variáveis biométricas foram considerados a divisão em:

variáveis dendrométricas (circunferência a altura do peito (CAP); Altura total; Altura da primeira bifurcação e áreas de copas de cada indivíduo), variáveis morfológicas (área foliar, tamanho da copa, volume e permeabilidade de copa) e índices morfométricos (ANEXO I), descritos a seguir.

#### 4.2.3 Coleta de Variáveis Dendrométricas

Após a demarcação dos indivíduos selecionados foi realizada a aferição de variáveis dendrométricas dos indivíduos escolhidos: circunferência a altura do peito (CAP); Altura total; Altura da primeira bifurcação e áreas de copas de cada indivíduo. Seguindo a metodologia utilizada por Alves e Formiga (2019), as áreas das copas foram registradas por medição com trena e auxílio de estacas para a projeção de copas e diâmetros médios. Para isso, os materiais utilizados foram uma fita métrica de 1,5 metros, uma trena de 20 metros e balizas. Para medição de altura e diâmetro foi utilizado fita métrica e clinômetro florestal.

#### 4.2.4 Coleta de Variáveis Morfológicas

As variáveis morfológicas coletadas foram área foliar, tamanho da copa, volume e permeabilidade de copa. Para o cálculo das áreas foliares utilizou-se a metodologia adaptada da proposta por Zeist et al. (2014). Foram coletadas aleatoriamente folhas de diferentes locais da copa das árvores selecionadas, as quais foram digitalizadas separadamente para fins de organização. Todas as folhas foram identificadas e colocadas sobre um scanner de mesa do modelo HP® Deskjet F4280, acoplado a um computador, sobre um papel A4. As imagens escaneadas em preto e branco foram salvas na extensão ".jpg". Posteriormente, foi utilizado o software Matlab (MATLAB, 2012) para calcular a área das folhas após o tratamento das imagens em um programa de edição de imagem, a fim de torná-las totalmente pretas e, assim, calcular a área que elas ocupavam. A porcentagem ocupada pela folha na imagem (Figura 6) foi verificada para o cálculo da área em relação a folha de tamanho A4, adaptando a metodologia utilizada por (VASCONCELLOS, 2022).

Figura 6- Procedimentos para cálculo de área foliar: (a): Folha de *P. echinata* escaneada; (b); método para calcular a porcentagem ocupada pela folha.



**(a)**

```
>> yourimage= imread('FOLHAPB1-BAIXO.jpg');
imshow(yourimage);
```



```
>> percentageWhite = nnz(yourimage) /
numel(yourimage)
```

```
percentageWhite =
    0.8930
```

```
>> percentageBlack = nnz(~yourimage) /
numel(yourimage)
```

```
percentageBlack =
    0.1070
```

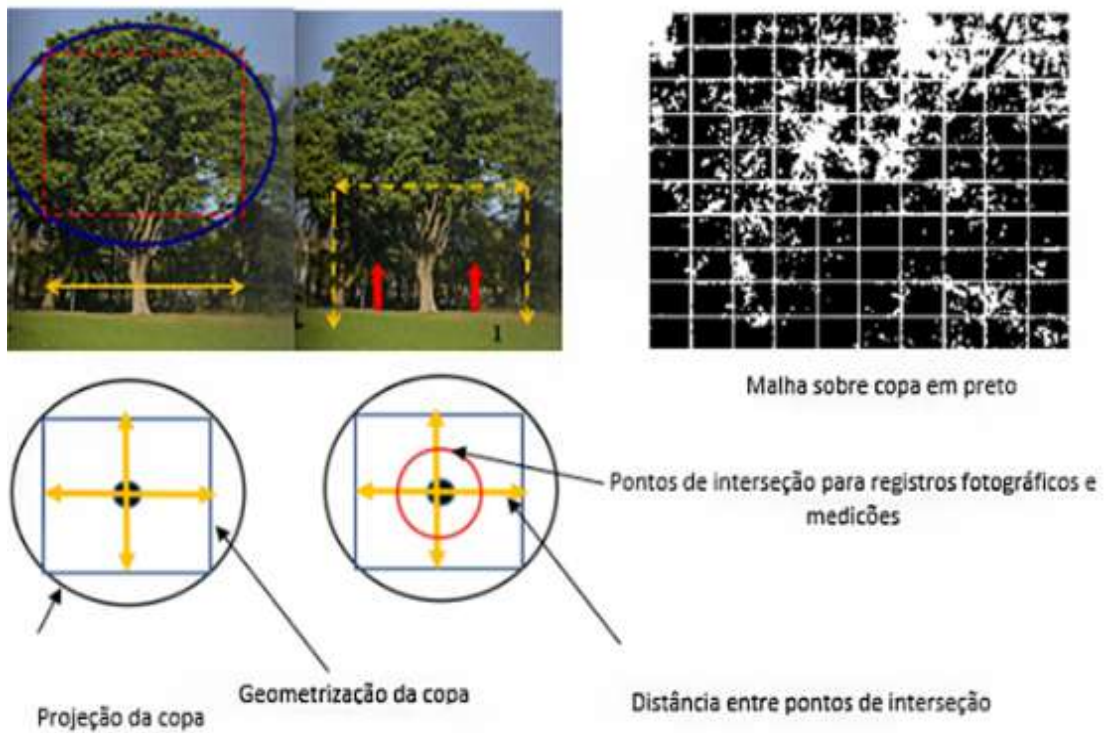
**(b)**

Fonte: O Autor (2023)

Seguindo a metodologia proposta por Vasconcellos (2022), foram realizados registros fotográficos das copas dos indivíduos da espécie escolhida, no sentido de baixo para cima, no mínimo em três pontos da copa. Os pontos para registro fotográfico foram determinados a partir da geometrização das copas e dos pontos médios entre tronco e intersecção da figura geométrica.

Quadrados e retângulos foram inseridos nas copas e os pontos de intersecção borda da copa-quadrado ou retângulo estarão no ponto externo da linha imaginária que limita o espaço, estando o tronco do indivíduo no outro extremo. Após isso, as fotos são realizadas no centro médio destes dois pontos (Figura 7). Posteriormente, para a obtenção dos percentuais de áreas cheias e vazias, as imagens foram processadas no Programa Matlab (MATLAB, 2012).

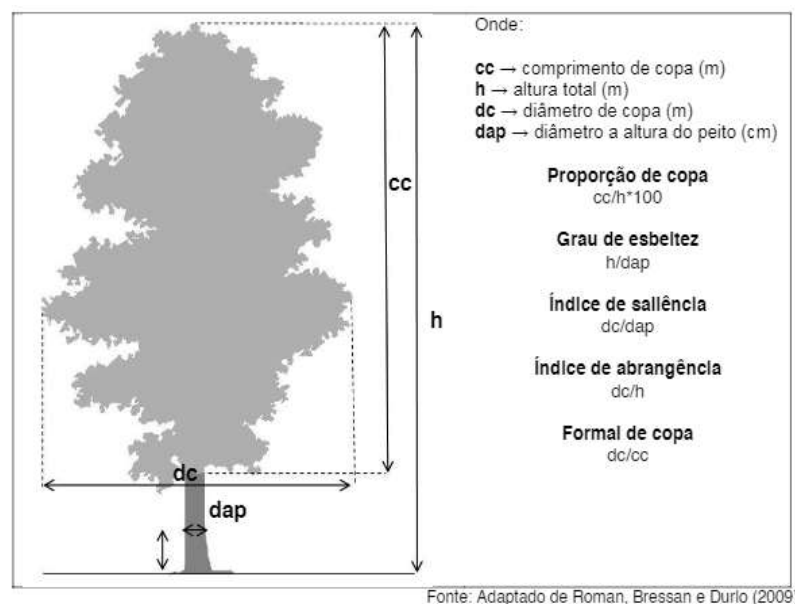
Figura 7: Geometrização e definição dos pontos das fotos e das medições e inserção da malha para contagem dos vazios de folhas.



Fonte: Vasconcellos (2022)

Para as análises interdimensionais, foram calculados os índices morfométricos de proporção de copa e cálculo formal de copa (Figura 8).

Figura. 8: Índices morfométricos utilizados para análise das espécies florestais plantadas nas calçadas



Fonte: Adaptado de Roman, Bressan e Durlo (2009)

Fonte: Bobrowski e Biondi (2017)

#### 4.2.5 Coleta de Variáveis Pluviométricas

Seguindo a metodologia de Silva e Santos (2018), foram confeccionados 21 pluviômetros caseiros de garrafa PET, uma régua 30cm e fita adesiva amarrados a um cano em altura de 1,5 metros do solo, para obtenção da interceptação pluvial, para cada indivíduo arbóreo.

Os pluviômetros foram calibrados no intuito de compreender o valor de chuva para cada linha da régua. Além disso, utilizou-se uma proveta graduada (1000mL) para coletar a água dos pluviômetros, o valor posteriormente foi convertido para milímetros.

Os equipamentos permaneceram instalados durante o período de dezembro de 2022 a fevereiro de 2023, suas localizações sob as copas alteradas a cada 15 dias, de modo a obter dados mais representativos (Figura 9). Após cada evento chuvoso, procedeu-se à aferição de dados dos coletores de chuva.

Figura. 9 : Coletor de água abaixo de um dos indivíduos estudados.



Fonte: O autor (2023)



Os dados pluviométricos referentes ao período de 28 de dezembro de 2022 a 23 de fevereiro de 2023 foram obtidos a partir das informações fornecidas pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden). Para cada evento chuvoso, realizou-se a coleta de água em campo no local onde os pluviômetros caseiros foram instalados. A intensidade de chuva, calculada em (mm/h) foi classificada de acordo com a metodologia descrita por Oliveira (2007). Para este trabalho, foram considerados 8 eventos chuvosos.

Foram calculadas a precipitação bruta (PB) e a precipitação interna (PI) referente a cada árvore. Em relação ao cálculo de interceptação pluvial, para cada indivíduo arbóreo foi instalado um pluviômetro abaixo da copa para o cálculo da precipitação interna (PI). Para o cálculo da precipitação bruta (PB), um pluviômetro foi localizado na parte externa da copa dos indivíduos, seguindo a metodologia de Silva (2018). Os dados do pluviômetro foram comparados com o pluviômetro da estação da UFRPE (pertencente ao CEMADEN), para medidas de controle

Todos os pluviômetros foram instalados a 1,50 m de altura do solo, conforme padrão adotado pela Agência Nacional de Águas para instalação de estações hidrométricas (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2012).

#### 4.2.5.1 Cálculo de volume pluviométrico e interceptação pluvial

A interceptação pela copa para cada evento chuvoso foi calculada pela seguinte metodologia, adaptada da metodologia proposta por Livesley et al. (2014):

$$IC = PB - PI$$

Em que:

(IC): Interceptação de Copa;

PB: Precipitação bruta (precipitação acumulada total em cada evento chuvoso medido no pluviômetro externo à copa) (mm);

PI: Precipitação total acumulada sob a copa.

Na equação original, Livesley et al. (2014) também incluíram a variável Escoamento de Tronco (ET), que não será abordada nesta pesquisa devido aos indivíduos selecionados serem regados semanalmente por jardineiros, o que superestimaram os valores de escoamento.

#### 4.3. Processamento e análises estatísticas das variáveis aferidas

A fim de quantificar a interceptação pluvial, foi realizada uma análise estatística para comparar a média de interceptação entre duas espécies. Para avaliar se há diferença significativa no contexto da interceptação pluvial, utilizou-se o teste t-Student (Lopes, 2015).

Além disso, com o intuito de correlacionar as variáveis morfométricas (Altura, Diâmetro de copa, Área de copa, Proporção de copa, Altura de copa, Formas de copa, Índice de abrangência, Índice de saliência, permeabilidade de copa e área foliar) com a interceptação média de ambas espécies, foram procedidas as matrizes de correlações Spearman.

Ao correlacionar as variáveis morfológicas e dendrométricas com as variáveis pluviométricas, é possível que algumas dessas variáveis não sigam uma distribuição normal ou apresentem valores discrepantes. Nessa pesquisa, a correlação de Spearman foi escolhida para avaliar a relação entre as variáveis sem depender de pressupostos sobre a distribuição dos dados (SPEARMAN, 1961; RESTREPO E GONZÁLEZ, 2007).

Uma matriz de correlação de Spearman é uma tabela que mostra as correlações entre pares de variáveis, calculadas usando a correlação de Spearman. Essa matriz é uma

ferramenta útil para avaliar a força e a direção da relação entre as variáveis em um conjunto de dados. A matriz de correlação de Spearman apresenta valores numéricos que variam de -1 a +1, onde -1 representa uma correlação perfeitamente negativa, +1 representa uma correlação perfeitamente positiva e 0 representa ausência de correlação (SPEARMAN, 1961). Valores indicam uma correção forte foram aqueles acima de 0,70, já a correlação fraca: foram valores abaixo de 0,25 e moderada entre 0,25 e 0,50.

Ao analisar a matriz de correlação de Spearman, é possível identificar quais variáveis estão mais fortemente correlacionadas e qual a direção dessa correlação. Na matriz, dados significativos são aqueles que apresentam uma diferença estatisticamente significativa em relação a outros dados ou em relação a um valor de referência. Essa diferença pode ser usada para inferir relações causais entre variáveis ou para validar hipóteses em estudos científicos (SPEARMAN, 1961). A correlação de Spearman é uma medida de associação, e não de causalidade. Ou seja, não é possível afirmar com certeza que uma variável causa a outra, apenas que elas estão relacionadas de alguma forma (SPEARMAN, 1961; RESTREPO e GONZÁLEZ, 2007). Todas as análises estatísticas foram realizadas em Linguagem Python (PYTHON, 2023).

## 5.RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Caracterização e descrição dendrométrica dos indivíduos amostrados

A caracterização dendrométrica dos indivíduos amostrados permitiu observar se estes estavam de acordo com suas descrições na literatura, além de possibilitar uma análise posterior em relação com a interceptação pluvial que cada espécie atuou (Tabela 2).

Tabela 1. Análise descritiva das variáveis dendrométricas das espécies *P. echinata* e *S. Siamea* amostradas na Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Parâmetros	<i>P. echinata</i>				<i>S. Siamea</i>			
	H (m)	DAP (cm)	Ac (m <sup>2</sup> )	Hcopa (m)	H (m)	DAP (cm)	Ac (m <sup>2</sup> )	Hcopa (m)
Mínimo	5,11	9,14	28,89	2,54	7,89	31,83	23,89	5,01
Máximo	12,93	33,74	67,49	7,48	12,02	45,84	145,59	10,19
Amplitude	7,82	24,61	38,60	4,94	4,13	14,01	121,70	5,18
Média	8,68	22,11	39,74	5,14	10,75	38,99	67,14	7,99
Desvio padrão	2,64	9,35	12,12	1,69	1,44	5,33	39,39	2,05
Variância	6,97	87,37	146,98	2,86	2,07	28,43	1551,53	4,19
Coefficiente de variação	30%	42%	31%	33%	13%	14%	59%	26%

Legenda: H (m): altura total, em metros; DAP (cm): diâmetro à altura do peito, em centímetros; Ac (m<sup>2</sup>): área de copa, em metros quadrados; Hcopa (m): altura de copa, em metros.

Quanto à altura total, observa-se a média para *P. echinata* de 8,68 m, com a altura dos indivíduos analisados variando de 5,11 m a 12,93 m. Isso indica que as árvores amostradas estão nos três estratos arbóreos (pequeno, médio e grande porte), evidenciando uma heterogeneidade da amostra quanto à altura.

Já para *S. Siamea*, a média foi de 10,75 m, com um mínimo de 7,89 m e um máximo de 12,02 m, revelando que os indivíduos se encontram em médio e grande porte. Essa constatação pode evidenciar que a arborização em análise está em desenvolvimento,

ou mesmo ter sido influenciada por práticas de podas. Lima Neto (2011), ao analisar a distribuição hipsométrica da arborização viária de Boa Vista-RR, afirma que quando há uma variação na distribuição de altura é revelada uma tendência ao crescimento dos indivíduos que estão em intervalos de altura inferiores para os intervalos subsequentes, ou seja, espécies de médio porte tornar-se-ão de grande porte com o passar do tempo. Bobrowski (2011) afirma que a distribuição de classes de altura da arborização é influenciada pelo tipo de poda realizada, principalmente por podas drásticas e de rebaixamento que alteram as características naturais de altura a forma da copa das árvores, ou seja, a expressão da arquitetura típica das espécies.

Quanto ao diâmetro à altura do peito, ou DAP, *P. echinata* apresentou uma média de 22,11 cm, com um mínimo de 9,14 cm e um máximo de 33,74 cm. Já *S. Siamea* apresentou uma média de 38,99 cm, com um mínimo de 23,89 cm e um máximo de 45,84 cm. Para Lima Neto (2011) isso significa que as espécies apresentam diferentes estágios de desenvolvimento em relação à estrutura diamétrica, ou seja, podem ser encontradas em classes iniciais da distribuição e já ter atingido a idade adulta; enquanto outras estarão em classes intermediárias e ainda não atingiram a maturidade.

Em relação à área de copa, quando comparadas, a área de copa de *S. Siamea* (67,14m<sup>2</sup>) foi, em média, maior do que a de *P. echinata* (39,74m<sup>2</sup>). No entanto, o coeficiente de variação foi de 59% para a *S. Siamea*, revelando uma maior variabilidade na forma e tamanho de suas copas em comparação com *P. echinata*. Segundo Alves (2015), maiores valores de interceptação são proporcionais à arquitetura, densidade e área das copas.

Em relação à altura da copa (Hcopa), observou-se uma média de 5,14 m para *P. echinata*, com um mínimo de 2,54 m e um máximo de 7,48 m. Já para *S. Siamea*, a média foi de 7,99 m, com um mínimo de 5,18 m e um máximo de 10,19 m. A altura da copa pode indicar o volume de copa para cada uma das espécies, o que pode ser uma variável interessante para a interceptação, uma vez que está atrelada à forma de copa (ALVES, 2015; XIAO e MCPHERSON; 2016).

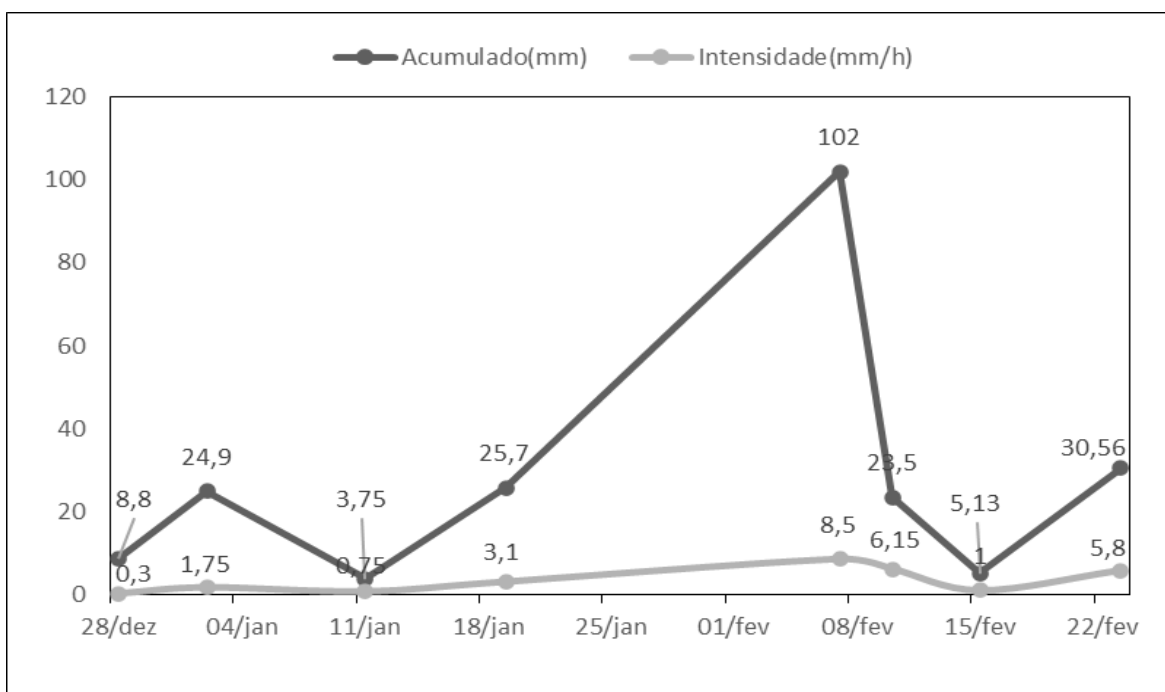
É possível estabelecer uma conexão em relação ao porte das espécies, considerando as diferenças e semelhanças encontradas na Tabela 1. Pode-se observar que *S. Siamea* apresentou uma média maior em relação à altura total, ao DAP e à área de copa em comparação com *P. echinata*. Isso sugere que, dentro da amostragem, *S. Siamea* é uma espécie de maior porte em relação a *P. echinata*, o que condiz com a literatura, onde seu porte médio acaba sendo superior (sendo *S. siamea* em média de 20 metros e *P. echinata*

em média 15 metros.) (LORENZI, 2002; BORTOLUZZI et al., 2020; GAGNON et al., 2023). No entanto, ambas as espécies apresentaram uma grande variação em relação às variáveis analisadas, indicando diferentes idades ou plantios realizados em períodos distintos dentro de cada espécie.

## 5.2 Precipitação e intensidade de chuva

Foi observada a maior quantidade de chuva acumulada registrada em 7 de fevereiro, totalizando 102 mm. Além disso, nessa mesma data, foi registrada a maior intensidade de chuva, com uma média de 8,5 mm/h (Figura 10). Este valor representa quase o dobro do valor crítico para ocorrência de alagamentos na cidade do Recife (55mm) identificado por Souza e Azevedo (2012), sendo também classificado como chuva extremamente forte por Wanderley et al. (2018) (>50mm).

Figura 10: Relação entre acumulado mensal e intensidade de chuva para os dias de coleta.



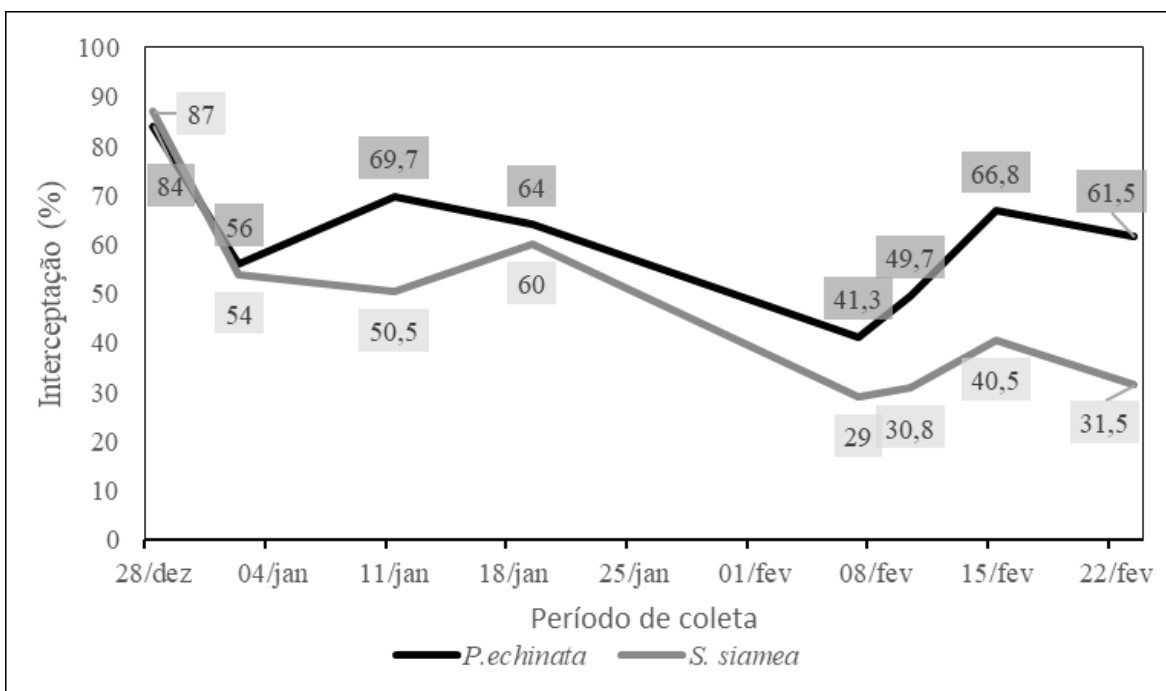
Fonte: O Autor (2023)

Outra data que se destaca é 23 de fevereiro, quando ocorreu a segunda maior quantidade acumulada de chuva, totalizando 30,56 mm, com uma média de 5,8 mm/h, o que segundo Wanderley et al. (2018) indicam chuvas também fortes para a cidade do Recife (>25 mm).

### 5.3 Intercepção pluvial das espécies

Em relação à intercepção pluvial das espécies, foi observado que, em geral, ambas as espécies apresentaram taxas de intercepção pluvial com porcentagens acima de 50% na maioria dos eventos (Figura 11).

Figura 11: Intercepção pluvial média de *P.echinata* e *S.siamea* ao decorrer de dois meses.



Fonte: O Autor (2023)

A intensidade da chuva afetou diretamente a intercepção pluvial de ambas as espécies. Em eventos com intensidade de chuva mais baixa, as porcentagens de intercepção são mais elevadas, enquanto que em eventos com intensidade de chuva mais alta, as porcentagens de intercepção foram mais baixas. Para *P. echinata* e *S. siamea*, a maior intercepção pluvial ocorreu em 28 de dezembro, com 84% e 87% respectivamente, sendo o único evento onde a espécie *S. siamea* apresentou uma maior taxa de intercepção pluvial quando comparada, já a menor intercepção ocorreu em 7 de fevereiro, com 41,38% e 30,83% respectivamente. Comparando as figuras 10 e 11, é possível perceber que em eventos com intensidade de chuva mais baixa, as porcentagens de intercepção são mais elevadas, enquanto que em eventos com intensidade de chuva mais alta, as porcentagens de intercepção foram mais baixas.

Observou-se a partir do teste t-student (5% de significância) que há diferença significativa entre as médias de interceptação pluvial de *S.siamea* (46,97%) e *P.echinata* (55,99%). Esses resultados indicam que a espécie *P. echinata* pode ter uma maior capacidade de interceptação pluvial do que a espécie *S. siamea*.

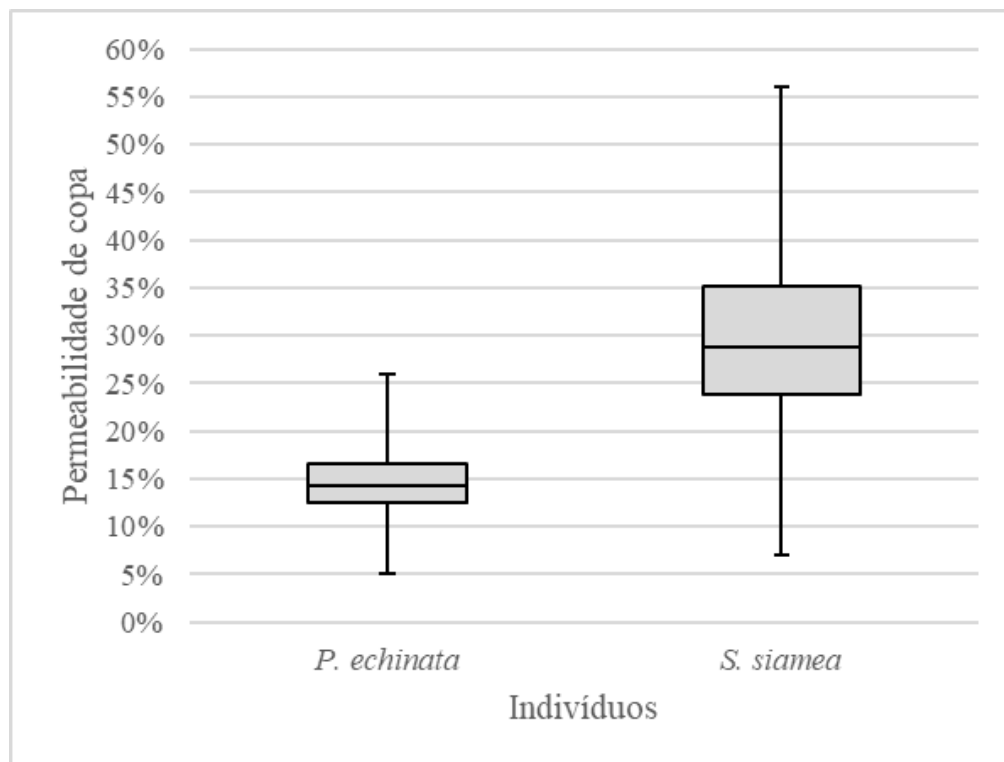
<b>Grupos comparados</b>	<b>Diferença das médias</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Valor de t</b>	<b>Valor-p</b>	<b>Nível de significância</b>
S.siamea P.echinata	-0.181335367 19999993	0.060832549 9269219	-2.977820202 6554866	0.00915325 62582604	0.05

#### 5.4. Permeabilidade de copa

Quanto à permeabilidade da copa observou-se que os indivíduos da espécie *S. siamea* apresentaram maior média percentual que *P. echinata*, (Figura 12). Além disso, verificou-se que a maior parte dos indivíduos de *S.siamea* tem mais 30% de permeabilidade de copa.

Figura 12 – Percentual de permeabilidade de copa dos indivíduos de *S. siamea* e *P. echinata* na área de estudo.





Fonte: O Autor (2023).

Embora os indivíduos estejam em estágios de maturidade diferentes, *S. siamea* apresentou o maior desenvolvimento (altura e diâmetro). Dessa forma, pode-se inferir que os indivíduos da amostra tem o hábito de densidade de copa rala, ou seja, uma copa com mais espaços vazios. Isso sugere que é menos eficiente na interceptação de água pluvial, enquanto *P. echinata* pode reter mais água em sua superfície.

Xiao e McPherson, (2016) afirmam que os vazios na copa são um dos fatores que permitem que mais chuva atinja o solo, em contrapartida uma copa com baixa permeabilidade reteria mais água em sua superfície.

### 5.5 Índices morfométricos

Em relação aos índices morfométricos das duas espécies estudadas, o valor máximo de proporção de copa (PC) foi encontrado em *S. siamea*, com valor de 86,650, enquanto *P. echinata* teve valor máximo de 73,695. Isso sugere que, em geral, *S. siamea* tende a ter copas mais amplas em relação à sua altura do que *P. echinata* (Tabela 2).

Tabela 2. Índices morfométricos entre as espécies estudadas.

Espécies		PC	FC	IA	IS
<i>P. echinata</i>	Mínimo	46,636	0,976	0,469	0,204
	Médio	61,113	1,545	0,935	0,388
	Máximo	73,695	2,717	1,520	0,708
	Desvio padrão	6,2761	0,4506	0,3645	0,1901
<i>S. Siamea</i>	Mínimo	41,681	0,541	0,469	0,147
	Médio	74,304	1,201	0,839	0,230
	Máximo	86,650	1,959	1,212	0,339
	Desvio padrão	18,6624	0,4506	0,3645	0,0819

Legenda: PC: proporção de copa; Fc: Formal de copa; Ia: Índice de abrangência; IS: Índice de saliência.

*P. echinata* apresentou valores maiores (1,545) de Formal de Copa (FC) em relação a *S. siamea* (1,201). Isso sugere que, na amostra, a forma da copa de *P. echinata* é mais arredondada/elíptica do que a de *S. siamea*, que tende a ser mais colunar horizontal (BOBROWSKI e BIONDI, 2017). Essa diferença pode estar relacionada à estratégia de crescimento e ocupação de espaço das duas espécies, uma vez que formas mais arredondadas tendem a maximizar a área foliar exposta à luz e, portanto, à fotossíntese, enquanto formas mais colunares podem ser vantajosas em ambientes mais estreitos, em que a ocupação vertical do espaço é mais importante. Todavia, na espécie *S. siamea*, essa verticalização não é natural, podendo ser resultado de podas (CARVALHO, 2014; BORTOLUZZI et al., 2020).

Entre as duas espécies, a que apresentou maior Índice de Abrangência (IA) foi *P. echinata*, com valor médio de 0,935, enquanto *S. siamea* teve valor médio de 0,839. Isso significa que, em termos gerais, *P. echinata* teve uma relação copa/diâmetro do tronco maior que os indivíduos de *S. siamea*.

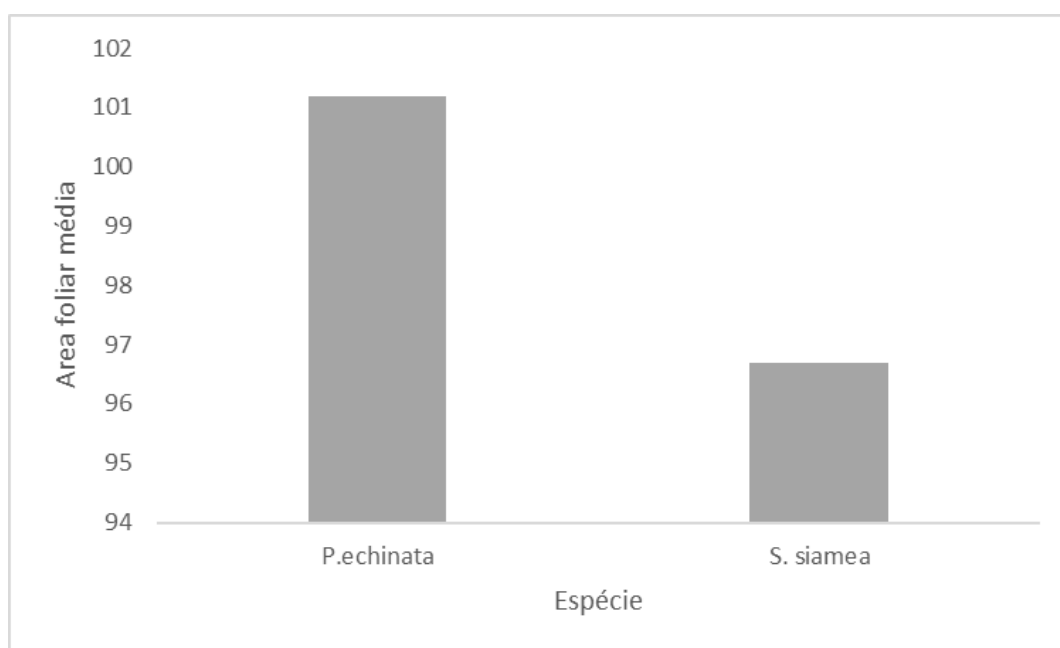
A relação entre o diâmetro de copa e o DAP, foi denominada Índice de Saliência (IS), que expressa quantas vezes o diâmetro da copa é maior que o DAP. Em outras palavras, quanto menor for este índice em média num povoamento, maior será sua área

basal. *S. siamea* apresentou os menores índices de saliência e os maiores diâmetros de tronco.

### 5.6 Área foliar

Foi observado que, em média, dentro da amostra estudada, a área foliar dos indivíduos de *P. echinata* é maior que a dos indivíduos da *S. siamea*. (Figura 13).

Figura 13. Áreas foliares dos indivíduos de *P. echinata* e *S. siamea* na área estudada.



Fonte: O autor (2023)

Considerando que a interceptação pluvial é influenciada pela área foliar (XIAO e MCPHERSON, 2016; NYTCH, MELÉNDEZ-ACKERMAN e ORTIZ-ZAYAS 2018), pode-se inferir que *P. echinata* tem uma capacidade maior de interceptação pluvial em relação à *S. siamea*. Isso é confirmado pelos dados obtidos de interceptação pluvial média, que apontam que a interceptação pluvial média do Pau Brasil foi de 55%, enquanto a da Senna foi de 46%. Essa diferença pode ser explicada pelas diferenças na área foliar das espécies, como mencionado anteriormente.

### 5.7 Análise de Correlação entre a interceptação e as variáveis arbóreas.

### 5.7.1 *P. echinata*

Em relação às variáveis proporção de copa, formal de copa e índice de abrangência, associadas à interceptação pluvial, observou-se que para *P. echinata*, na correlação de Spearman existe uma relação significativa entre as variáveis avaliadas a um nível de confiança de 95%.

A correlação positiva entre a proporção de copa e a Interceptação média ( $r=0,76$ ) indicou que quanto maior a proporção de copa em relação à altura da árvore, maior será a interceptação média da chuva (Tabela 3). Isso pode ocorrer porque uma copa maior tem uma maior capacidade de interceptar a chuva, resultando em uma maior interceptação média.

Tabela 3 – Matriz de correlação de Spearman de *P. echinata*

	IM	H	DC	AC	PC	HC	FC	IA	IS	P	AF
IM	1										
H	0,6	1									
DC	-0,07	-0,26	1								
AC	-0,07	-0,26	1	1							
PC	0,76*	0,86**	-0,07	-0,07	1						
HC	0,12	-0,02	0,71*	0,71*	0,36	1					
FC	-0,71*	-0,88*	0,14	0,14	0,98**	-0,29	1				
IA	-0,71*	-0,95*	0,36	0,36	-0,90*	-0,02	0,93**	1			
IS	-0,21	-0,29	0,07	0,07	-0,26	0,24	0,21	0,21	1		
P	-0,41	-0,13	0,06	0,06	0,04	0,42	-0,11	0,06	-0,04	1	
AF	0,07	-0,05	0,48	0,48	-0,05	0,05	0,14	0,14	-0,74**	-0,07	1

Legenda: IM: Interceptação média; H: Altura ;DC : Diâmetro de Copa; AC: Área de Copa; PC: Proporção de Copa; HC: Altura de Copa; FC: Formal de Copa; IA: Índice de Abrangência; IS: Índice de Saliência; PC: Permeabilidade de Copa; AF: Área foliar \*5%\*\* : 1%.

A correlação negativa entre a formal de copa ( $r=-0,71$ ) com a interceptação média indicaram que quanto mais arredondada a copa dos indivíduos de *P. echinata*, maior será a interceptação média. Se duas árvores da mesma espécie tiverem o mesmo diâmetro de

copa, interceptará mais por unidade de projeção de copa aquela que tiver um menor formal, ou seja, aquela que tiver copa mais arredondada, pois terá maior manto de copa, para uma mesma área de projeção. Em outras palavras, quanto menor o formal de copa, maior a interceptação, ou seja, nos indivíduos de *P.echinata*, copas mais arredondadas estão relacionadas com maior interceptação pluvial.

A proporção de copa também é indicativo de graus de concorrência. Em outras palavras, para se ter uma proporção de copa adequada, é necessário espaçamentos de plantios adequados para evitar a competição e permitir um bom desenvolvimento (DURLO, 1998)

As outras variáveis (H, DC, Área de copa, Índice de saliência, Permeabilidade de copa e Área foliar) não apresentaram correlação significativa com a Interceptação média. A ausência de correlação significativa entre as variáveis não implica necessariamente em uma ausência de relação entre elas, podendo indicar apenas uma relação mais complexa ou uma necessidade de ampliação da amostragem (WAZLAWICK, 2009)

Em relação às outras correlações significativas, observar que quanto maior a altura, maior a proporção de copa ( $r=0,86$ ), o que indica que os indivíduos de *P.echinata* da amostra tem a tendência a crescer mais em comprimento de copa. Todavia há também uma correlação entre quanto maior a altura, menor o formal de copa, o que indica que na amostragem os indivíduos menores de pau brasil apresentam a copa mais arredondada, tornando-se elípticas à medida que crescem em altura (Correlação de  $0,88^{**}$ ). Esse maior crescimento horizontal da copa está atrelado ao maior espaço aéreo de desenvolvimento para os indivíduos. (NYTCH, MELÉNDEZ-ACKERMAN E ORTIZ-ZAYAS, 2018).

É possível também observar que copas de maior comprimento estão correlacionadas a um maior diâmetro de copa. Isso indica que o crescimento da amostragem dos indivíduos não se caracteriza de forma apenas colunar, há um aumento em abrangência à medida que crescem (Correlação de  $0,71^*$ ). As copas mais altas estão relacionadas à área de copa (Correlação de  $0,71^*$ ). Por fim, quanto maior a forma de copa, maior a proporção de copa. Ou seja, indivíduos mais velhos tendem a ter uma maior proporção de copa mais elíptica e abrangente (Correlação formal de copa e proporção de copa  $0,98^{**}$  e proporção de copa índice de abrangência  $0,90^{**}$ ).

#### 5.7..2 *S. siamea*

Para *S. siamea*, o estudo não encontrou correlação significativa a 5% entre interceptação pluvial média (IM) e as variáveis biométricas avaliadas, sugerindo a necessidade de aumentar o tamanho da amostra ou coletar mais dados para melhorar a precisão das estimativas e aumentar o poder estatístico do teste. No entanto, mesmo sem correlações significativas com a variável interceptação média, os resultados de correlações entre variáveis biométricas ainda podem ser úteis para o estudo do fenômeno em questão (Tabela 4).

Tabela 4 – Matriz de correlação de Spearman de *S.siamea*

	IM	H	DC	AC	PC	HC	FC	IA	IS	P	AF
IM	1										
H	0,26	1									
DC	0,64	-0,31	1								
AC	0,64	-0,31	1	1							
PC	-0,12	0,10	-0,10	-0,10	1						
HC	-0,14	-0,02	-0,12	-0,12	0,98**	1					
FC	0,55	-0,19	0,67	0,67	-0,69	-0,64	1				
IA	0,40	-0,62	0,90**	0,90**	-0,17	-0,62*	0,71*	1			
IS	0,67	-0,02	0,88**	0,88**	-0,26	-0,29	0,83*	0,79*	1		
P	0,60	-0,05	0,57	-0,57	0,02	0,07	0,62	0,62	0,74	1	
AF	-0,05	-0,02	-0,29	-0,29	0,19	0,29	-0,31	-0,31	-0,38	-0,36	1

Legenda: IM: Interceptação média; H: Altura; DC : Diâmetro de Copa; AC: Área de Copa; PC: Proporção de Copa; HC: Altura de Copa; FC: Formar de Copa; IA: Índice de Abrangência; IS: Índice de Saliência; P: Permeabilidade de Copa; AF: Área foliar; \*: significativo; \*\*: muito significativo.

Em relação às correlações significativas entre variáveis biométricas, podemos observar que quanto maior o diâmetro, maior a abrangência e saliência da copa (IA e IS  $r = 0,90$  e  $0,88$ ), o que indica que os indivíduos de *S.siamea* da amostra tem a tendência a ter copas mais amplas e proeminentes à medida que aumentam de diâmetro e área de copa. Isso pode indicar a necessidade de podas mais frequentes e cuidados especiais para evitar que as árvores se tornem excessivamente grandes e possam causar problemas de segurança e infraestrutura urbana.

Foi possível observar uma correlação negativa entre altura de copa e índice de abrangência ( $r=-0,62$ ), significando que quanto maior a altura de copa geralmente menor está a abrangência dos indivíduos, o que pode ser um indicativo de desbastes.

A espécie *S. siamea* é conhecida por apresentar uma desrama natural deficiente, sendo necessária a realização de poda de condução e dos galhos o que muitas vezes se dá devido a conflitos com o meio urbano, onde são realizadas podas drásticas na espécie impedem que os indivíduos atinjam a forma específica em campo, prejudicando seu volume (CARVALHO, 2004).

Segundo Pavlis (2008), cada espécie vegetal requer proporções adequadas para cada tipo de poda, a fim de garantir sua estabilidade. É fundamental conduzir a poda de forma adequada, visando preservar a integridade da espécie e assegurar a segurança das vias públicas, com o intuito de minimizar os danos decorrentes da intervenção.

O estresse fisiológico proporcionado pela poda é estimulante para emissão de brotações epicórmicas, o que amplia os defeitos estruturais, conseqüentemente deformando sua arquitetura. Autores como Bobrowski, Lima Neto e Biondi (2013) comentam que o ideal nestes casos é a condução dos indivíduos jovens até a altura e espaço disponível, evitando intervenções pesadas em poda nos galhos de grande porte ou quando se há grande remoção de massa verde.

Em contraste a essas informações, podemos observar que quanto maior a altura de copa nos indivíduos de *S. siamea*, maior foi a proporção de copa e quanto mais horizontal for a copa, mais abrangente e saliente é a árvore. Que pode sugerir que os indivíduos de *S. siamea* da amostra apresentam características morfológicas que favorecem uma maior cobertura de copa e, conseqüentemente, maior oferta de serviços ecossistêmicos quando bem tratados, mas estão sofrendo de desbastes excessivos.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As espécies estudadas apresentam potencial para interceptar águas pluviais na cidade do Recife, tendo *P.echinata* valores superiores à *S. siamea*. Durante os eventos de precipitação, a intensidade da chuva afetou diretamente a interceptação pluvial em ambas as espécies. As taxas de interceptação pluvial entre as duas espécies foram altas, com porcentagens acima de 50% na maioria dos eventos.

As variáveis mais influentes na interceptação de *P.echinata* foram: Proporção de copa, Formas de copa e Índice de abrangência. Estando relacionados a uma maior interceptação pluvial os indivíduos com maiores proporções de copas mais arredondadas e menos ramificadas.

Para *S. siamea*, devido a falta de correlação significativa a 1% e 5%, entre as variáveis biométricas e a interceptação pluvial média, é recomendado aumentar o tamanho da amostra ou coletar mais dados para melhorar a precisão das estimativas e aumentar o poder estatístico do teste.



## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). HidroWeb: sistemas de informações hidrológicas. [2022]. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb> Acesso em: 13 jun. 2022.

ALVES, P. L., FORMIGA, K. T. M TRALDI, M. A. B. Interferências de espécies arbóreas na interceptação de águas pluviais urbanas, **RBCIAMB**, n. 47, p. 89-100, 2018. Disponível em: <<http://www.rbciamb.com.br>>.

ALVES, P. L.; FORMIGA, K. T. M. Efeitos da arborização urbana na redução do escoamento pluvial superficial e no atraso do pico de vazão. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 193-207, 2019.

ASADIAN, Y.; WEILER, M. A new approach in measuring rainfall interception by urban trees in coastal British Columbia. **Water Quality Research Journal of Canada**, v. 44, n. 1, p. 16–25, 2009.

BIONDI, D.; ALTHAUS, M. Árvores de rua de Curitiba: cultivo e manejo. Curitiba: FUPEF, 2005.  
BOBROWSKI, R. A floresta urbana e a arborização de ruas. In: BIONDI, D. **Floresta urbana**. Curitiba: O Autor, 2015.p-81-107.

BOBROWSKI, R.; LIMA NETO, E. M.; BIONDI, D. Alterações na arquitetura típica de Tipuana tipu (Benth.) O. Kuntze na arborização de ruas de Curitiba, Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.3, p.281-289, 2013.

BOBROWSKI, R; BIONDI, D. Morfometria de espécies florestais plantadas nas calçadas. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 12, n. 1, p. 1-16, 2017.

BOBROWSKI, Rogério; LIMA NETO, Everaldo Marques de; BIONDI, Daniela. Alterações na arquitetura típica de Tipuana tipu (Benth.) O. Kuntze na arborização de ruas de Curitiba, Paraná. **Ciência Florestal**, v. 23, p. 281-289, 2013.

BOHNER,T; GRACIOLI, C.R; REDIN,C.G; SILVA,D.T; LONGHI,S.J; ROSA,M.B. Análise Quali-Quantitativa da Arborização do município de Guatambu,SC. **Revista Eletrônica do Curso de Especialização em Educação Ambiental da UFSM**, v.3, n. 3, p.532-546, 2011.

BORTOLUZZI, R.L.C., LIMA, A.G., SOUZA, V.C., ROSIGNOLI-OLIVEIRA, L.G., CONCEIÇÃO, A.S. 2020. Senna in Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/FB83717>).

CAMPOS, JC . Principais fatores do meio que afetam o crescimento das árvores. **Floresta**, v. 2, n. 3, 1970.

CAMPUS, BOSQUES FLORESTA, (2023). Disponível em <<https://arvoresdaufmt.wixsite.com/campusbosques/senna-siamea>> ).

CELESTINO, P, C, G. **Parâmetros para avaliação da arborização viária : fitossociologia, morfometria, fitossanidade e índice de risco**. 2019. 184 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

CHANG, H; FRANCZYK, J. Climate change, land-use change, and floods: Toward an integrated assessment. **Geography Compass**, v. 2, n. 5, p. 1549-1579, 2008.

Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (**COBRADE**). 2012.

CUNHA, C. F. V.. **Avaliação de danos em Senna siamea (Caesalpinioideae) e Anadenanthera colubrina (Mimosoideae) realizados por Coccoderus novempunctatus (Germar, 1824)(COLEOPTERA: Cerambycidae) na Flona Mário Xavier, RJ**. 2011.

PAVLIS, M.; et al. The effects of pruning on drag and bending moment of shade trees. **Arboriculture and Urban Forestry**, Champaign, v. 34, n. 04, p.207-215, 2008.

SILVA JUNIOR, M. A. B.; DA SILVA, S. R; ALCOFORADO, R. M. G. Avaliação do sistema de microdrenagem visando à sustentabilidade de área urbana com problemas de alagamentos e influência das marés. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 4, n. 24, 2016.

SILVA, J. O. R; DE OLIVEIRA, M. S. Arborização urbana e a educação ambiental como fator conscientizador. **Scientia Generalis**, v. 1, n. 1, p. 49-59, 2020.

SILVA, L. R; MEUNIER, I. M. J; DE MIRANDA FREITAS, A. M. Riqueza e densidade de árvores, arvoretas e palmeiras em parques urbanos de Recife, Pernambuco, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 2, n. 4, p. 34-49, 2007.

Souza, W.M., Azevedo, P.V., 2012. Índice de detecção de mudanças climáticas derivados da precipitação pluviométrica e das temperaturas em Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**. 1, 143–159

DURLO, M. A; DENARDI, L.. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência florestal**, v. 8, p. 55-66, 1998.

GAGNON, E.; LEWIS, G.P.; LIMA, H.C. PAUBRASILIA IN FLORA E FUNGA DO BRASIL. JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB602728>>. Acesso em: 29 mar. 2023.

HANUM, I. F; VAN DER MAESEN, L. J. G. PROSEA: Plant Resources of South-East Asia 11, **Auxiliary Plants**. Yayasan Obor Indonesia, 1997.

HELLMANN, S.; WATZLAWICK, L. F.; LIMA, P. C. G.; LIMA, V. A. Morfometria e relações dendrométricas de *Eugenia pyriformis* Cambess. **Acta Biológica Catarinense**, Joinville, v.7, n.3, p.37-45, 2020.

HORA, L.L.P.; L. P; ALENCAR M.A. **Gerenciamento de risco: Uma abordagem comparativa da infraestrutura das cidades de Recife e Olinda**. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. João Pessoa, 2016.

HOFLE, H. E. Levantamento da arborização urbana do bairro Sagrado Coração de Jesus em São Miguel do Iguazu-PR. 63 f. **Monografia (Engenharia Ambiental)-Faculdade Dinâmica de Cataratas, Foz do Iguazu**, 2010.

JONES, B. A.; MCDERMOTT, S. M. The economics of urban afforestation: Insights from an integrated bioeconomic-health model. *Journal of Environmental Economics and Management*, v. 89, p. 116-135, 2018.

IVASKO-JÚNIOR, S. I.; BIONDI, D; REIS, A. Análise morfométrica de árvores em áreas verdes na região central de Curitiba, Paraná. **Nature and Conservation**, v. 14, n. 4, p. 137-147, 2021.

KOUBOURIS, G.; BOURANIS, D; VOGIATZIS, E.; NEJAD, A. R.; GIDAYE, H.; TSANIKLIDIS, G.; LIGOXIGAKIS, E. K.; BLAZAKIS, K.; KALAITZIS, P.; FANOURAKIS, D.. Leaf area estimation by considering leaf dimensions in olive tree. **Scientia Horticulturae, Amsterdam**, v. 240, p. 440-445, oct. 2018.

LIMA, I. P. **Inundações urbanas: desafios ao ordenamento do território. O caso da cidade da Praia (Cabo Verde)**. 2012. Tese de Doutorado.

LIVESLEY, S. J. et al. The Urban Forest and Ecosystem Services: impacts on urban water, heat, and pollution cycles at the tree, street, and city scale. **Journal Of Environmental Quality**, v. 45, n. 1, p. 119-124, jan. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.2134/jeq2015.11.0567>.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil, vol. 1. **Instituto Plantarum**, Nova Odessa, SP, 2002, 4a. edição.

LORENZON, A. S.; DIAS, H. C. T.; LEITE, H. G. Precipitação efetiva e interceptação da chuva em um fragmento florestal com diferentes estágios de regeneração. **Revista Árvore**, [S.L.], v. 37, n. 4, p. 619-627, ago. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622013000400005>.

LOPES, Aline Cristina Berbet; LEINIOSKI, Amanda da Cruz; CECCON, Larissa. Testes t para comparação de médias de dois grupos independentes. **S. I**, 2015.

MATLAB, Starting. Matlab. **The MathWorks, Natick, MA**, 2012.

NUNES, A.F. O impacto da “Lei dos 12 bairros” sobre a construção civil na cidade do Recife. Recife: UNICAP. 162f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil), 2008.

NYTCH, C. J.; MELÉNDEZ-ACKERMAN, E. J.; PÉREZ, M.; ORTIZ-ZAYAS, J. R.. Rainfall interception by six urban trees in San Juan, Puerto Rico. **Urban Ecosystems**, v. 22, n. 1, p. 103-115, 12 jun. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11252-018-0768-4>.

OLIVEIRA, A. S de. Fundamentos de meteorologia e climatologia. Núcleo de Engenharia, 2007

PINHEIRO, R. T.; MARCELINO, D. G.; MOURA, Dieyson Rodrigues. Espécies arbóreas de uso múltiplo e sua importância na conservação da biodiversidade nas áreas verdes urbanas de Palmas, Tocantins. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 49, 2018.

PIROLI, E. L. **Água e bacias hidrográficas: planejamento, gestão e manejo para enfrentamento das crises hídricas**. 2022.

POHL, E.; TARGA, M. S.; ALMEIDA, A. A. S. INTERCEPTAÇÃO E ESCOAMENTO DE ÁGUA PELO TRONCO EM ÁREA DE FLORESTA TROPICAL NA BACIA DO RIO UNA,

VALE DO PARAIBA DO SUL, BRASIL. Revista Técnica Ciências Ambientais, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 1-13, dec. 2019.

PYTHON. «Python 3.11.0». www.python.org (em inglês). 24 de outubro de 2022. Consultado em 26 de outubro de 2022.

RECIFE. (2019) **Análise de riscos e vulnerabilidades climáticas e estratégia de adaptação do município do recife – PE**. Resumo para tomadores de decisão. Recuperado de: [http://www2.recife.pe.gov.br/sites/default/files/sumario\\_clima\\_recife\\_portugues.pdf](http://www2.recife.pe.gov.br/sites/default/files/sumario_clima_recife_portugues.pdf).

RECIFE. **Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (SDSMA)**. Disponível em: [www.recife.pe.gov.br/meioambiente](http://www.recife.pe.gov.br/meioambiente). Acesso em: novembro, 2020.

RIBEIRO, W. C. **Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. Parcerias estratégicas**, v. 27, p. 297-321, 2008.

ROCHA, Y. T.; BARBEDO, A. S. C. Pau-brasil (Caesalpinia echinata LAM., LEGUMINOSAE) na arborização urbana de São Paulo (SP), Rio de Janeiro (RJ) e Recife (PE). **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 3, n. 2, p. 58-77, 2008.

ROMAN, M; BRESSAN, D. A.; DURLO, M. A. Variáveis morfométricas e relações interdimensionais para Cordia trichotoma (Vell.) Arráb. ex Steud. **Ciência Florestal**, v. 19, p. 473-480, 2009.

RESTREPO, L. F.; GONZÁLEZ, J. De Pearson a Spearman. **Revista Colombiana de Ciências Pecuarias**, v. 20, n. 2, p. 183-192, 2007.

SPEARMAN, C. The proof and measurement of association between two things. 1961.

SILVA, S. T.; SANTOS, R. F. M. A interceptação das águas pluviais através da arborização urbana. **INOVAE - Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation**. v. 6, p. 191-206, 2018.

SOUZA, W. M. ; AZEVEDO, P. V. ; ARAËJO, Lincoln Eloi de. Classificação da Precipitação Diária e Impactos Decorrentes dos Desastres Associados às Chuvas na Cidade do Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.I], p. 250-268, 20 abr. 2012.

TUCCI, C. E .M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**, Ministério das Cidades, Global Water Partnership, World Bank, Unesco. 2005.

TUCCI, C. E .M. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH, 389 p. 2007.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da drenagem urbana**. 2012.

VASCONCELLOS, V. M. N. **Método para a classificação da permeabilidade de copa de árvores** São Carlos, n. 20, 2020. [online]. Disponível em: <<http://www.nomads.usp.br/?sec=4eitem=13&lang=pt>>. Acesso em: 13 Set. 2022.

VOGT, J. GILLNER, S.; HOFMANN, M.; THARANG, A.; DETTMANN, S.; GERSTENBERG, T.; SCHMIDT, C.; GEBAUER, H.; VAN DE RIET, K.; BERGER U.; ROLOFF, A. Citree: A database supporting tree selection for urban areas in temperate climate. **Landscape and Urban Planning**, v.157.

WANDERLEY, Lucas Suassuna de Albuquerque et al. AS CHUVAS NA CIDADE DO RECIFE: UMA CLIMATOLOGIA DE EXTREMOS. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 22, fev. 2018. ISSN 2237-8642. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/56034/34877>>. Acesso em: 15 abr. 2023. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v22i0.56034>.

WAZLAWICK, Raul Sidnei. **Metodologia de pesquisa para ciência da computação**. Elsevier, 2009.

XIAO, Q.; MCPHERSON, E. Gregory. **Surface Water Storage Capacity of Twenty Tree Species in Davis, California**. **Journal Of Environmental Quality**, v. 45, n. 1, p. 188-198, jan. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.2134/jeq2015.02.0092>.

ZEIST, A. R.; DE OLIVEIRA, J. R. F.; DE LIMA FILHO , R. B.; SILVA, M. L. DE S.; DE RESENDE , J. T. V. Comparação de métodos de estimativa de área foliar em morangueiro. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 20, n. 1/2, p. 33-41, 2014.

