

**Universidade de São Paulo**  
**Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Interceptação da chuva nas espécies de Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa* DC.) e Tipuana (*Tipuana tipu* O. kuntze)**

**Luzia Ferreira da Silva**

**Tese apresentada para obtenção do título de  
doutor em Agronomia. Área de concentração:  
Fitotecnia**

**Piracicaba**

**2008**

**Luzia Ferreira da Silva  
Engenheiro Agrônomo**

**Interceptação da chuva nas espécies de Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa* DC.) e  
Tipuana (*Tipuana tipu* O. kuntze)**

**Orientador:**

**Prof<sup>a</sup>. Dra. ANA MARIA LINER PEREIRA LIMA**

**Tese apresentada para obtenção do título de doutor  
em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia**

**Piracicaba**

**2008**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Silva, Luzia Ferreira da  
Interceptação da chuva nas espécies de Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa* DC.) e  
Tipuana (*Tipuana tipu* O. kuntze) / Luiza Ferreira da Silva. -- Piracicaba, 2008.  
60 p. : il.

Tese (Doutorado) -- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.  
Bibliografia.

1. Arborização 2. Chuva 3. Climatologia tropical 4. Escoamento 5. Plantas  
urbanas 6. Precipitação atmosférica I. Título

CDD 634.9732  
L732i

**"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"**

**A Deus,  
Aos meus pais,  
Francisco Ferreira da Silva (*in memoriam*),  
Maria Ferreira da Silva (*in memoriam*)  
e ao meu esposo Dê (Ideval),  
pela paciência,  
dedicação e  
companheirismo,  
nos momentos difíceis.  
Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus que me concedeu vida, saúde e sabedoria para enfrentar os desafios e conduzir esta pesquisa.

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Maria Liner Pereira Lima, pela amizade, sugestões e confiança.

Ao Prof. Dr. Demóstenes Ferreira da Silva Filho, pelo incentivo, companheirismo e ajuda nos momentos difíceis.

Ao Prof. Dr. Hilton Thadeu Zarate Couto, pela paciência e orientação na interpretação dos dados estatísticos.

Ao Prof. Dr. Walter de Paula Lima, pelo carinho, paciência e sugestões para a montagem do experimento.

Ao Prof. Dr. Sérgio Oliveira Moraes, pela atenção e dedicação.

Ao Prof. Dr. Vagner Augusto Benedito, pelo carinho, amizade, traduções e dicas valiosíssimas.

Ao Prof. Dr. José Fernando Machado Menten, do Departamento de Zootecnia (não ruminantes), que sem a sua ajuda não teria acontecido esta pesquisa.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal, em especial, Bete, Célia, Chadad e Israel.

Aos professores da pós-graduação, pelo convívio e a secretária Luciane pela amizade, companheirismo e informações úteis.

À secretária Solizéte, pela amizade e os chás feitos na hora certa e aos amigos da pós-graduação, como Suane, Eliane (Li), Eliane, Francisco e Hector.

Aos meus companheiros de congresso e da salinha da pós, Giuliana, Andrea, Silvana, Hamilton e Francisco Rollo, pela amizade, dicas nos artigos e ajuda na coleta de água pelos baldes.

Ao amigo Jefferson Polizel, pela ajuda na elaboração dos dados e ao Ronan, pelo compromisso nos resumos de congressos.

Ao meu marido Ideval que me acompanhou em mais uma trajetória, com paciência, dedicação e companheirismo.

À CAPES que contribuiu com o financiamento do trabalho.

**Ainda que eu tivesse o dom da profecia,  
o conhecimento de todos os mistérios e  
de toda ciência;  
ainda que eu tivesse toda a fé,  
a ponto de transportar montanhas,  
se não tivesse o amor,  
eu não seria nada.**

**1Cor.13, 2**

## SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTAS DE TABELAS.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Alterações térmicas na área urbana e suas conseqüências.....	13
1.2 Clima urbano.....	14
1.3 Planejamento urbano e clima.....	16
1.4 Hidrologia urbana.....	17
1.5 Área permeável urbana e enchentes.....	18
1.6 Interceptação da água da chuva em área florestal.....	19
1.7 Processos de interceptação da chuva.....	21
1.8 Árvores urbanas e interceptação da água da chuva.....	23
Referências.....	24
2 INTERCEPTAÇÃO DA CHUVA POR DUAS ESPÉCIES ARBÓREAS, USADAS NA ARBORIZAÇÃO URBANA.....	28
Resumo.....	28
Abstract.....	28
2.1 Introdução.....	29
2.2 Desenvolvimento.....	30
2.2.1 Material e métodos.....	30
2.2.1.1 Local de estudo.....	30
2.2.1.2 Espécies estudadas.....	31
2.2.1.3 Medidas de interceptação.....	32
2.2.1.4 Análise dos dados.....	34
2.2.2 Resultados e discussões.....	34
2.3 Conclusão.....	45
Referências.....	45

3 INTERCEPTAÇÃO DA CHUVA PELAS COPAS DAS ESPÉCIES DE <i>CAESALPINIA PLUVIOSA</i> DC. (SIBIPIRUNA) E <i>TIPUANA TIPU</i> O. KUNTZE (TIPUANA).....		47
Resumo.....		47
Abstract.....		47
3.1 Introdução.....		48
3.2 Desenvolvimento.....		49
3.2.1 Material e métodos.....		49
3.2.1.1 Local de estudo.....		49
3.2.1.2 Medidas de interceptação.....		49
3.2.1.3 Análise dos dados.....		51
3.2.2 Resultados e discussões.....		51
3.3 Conclusão.....		59
Referências.....		59



## RESUMO

### Interceptação da chuva nas espécies de Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa* DC.) e Tipuana (*Tipuana tipu* O. kuntze)

Os estudos sobre o clima vêm adquirindo grande importância na área ambiental, principalmente em relação à qualidade do ar (poluição atmosférica), ao conforto térmico (ilhas de calor) e aos impactos pluviais (geradores de inundações urbanas). Nesses últimos, as chuvas causam muitos transtornos para a população e órgãos públicos competentes, devido aos eventos extremos, que estão acontecendo em toda parte do mundo. Esses eventos ocorrem desde uma chuva com muita intensidade, em curto espaço de tempo, até seca prolongada em certos lugares. O fato é preocupante e mesmo com tantas controvérsias sobre o assunto, é necessário um manejo, principalmente no sistema hidrológico, que se adeque a cada situação e que os prejuízos causados pelas enchentes não se tornem mais devastadores do que atualmente. Como a arborização pode amenizar tais efeitos impactantes, nesse propósito, foi realizado um estudo no campus da ESALQ/USP, durante o período de janeiro a fevereiro de 2007, para medir a interceptação da água da chuva pelas copas das árvores e verificar como algumas espécies poderiam minimizar enchentes em áreas urbanas. O processo de interceptação da água da chuva foi analisado em duas espécies muito comumente usadas na arborização urbana, visando obter estimativas da quantidade de interceptação (I) ou perda por interceptação, precipitação interna (PI), escoamento pelo tronco (Et) e precipitação total (PT). As espécies escolhidas foram *Caesalpinia pluviosa* DC. (Fabaceae: Caesalpinoideae), ou sibipiruna, e *Tipuana tipu* O. Kuntze (Fabaceae: Faboideae), ou tipuana, com mais de 50 anos de idade, sendo três indivíduos isolados e três em grupo de cada espécie. As medições foram feitas por meio de coleta da água não interceptada tanto nas extremidades como no centro da projeção das copas. A PI apresentou alta correlação com a quantidade de PT no centro da copa em tipuana, e na extremidade da copa em sibipiruna. O Et e a I tiveram baixa correlação com a quantidade de PT nas duas espécies. As médias de interceptação foram maiores na extremidade da copa nos indivíduos de sibipiruna, com 60,6%, e no centro da tipuana, com 59,4%. Para precipitações variando de 0 a 2,5 mm, a interceptação média foi de 78,7%, em um indivíduo de sibipiruna, na extremidade da copa e, de 80,9% nos indivíduos de tipuana, em grupo, no centro da copa. Enquanto que, para precipitação de 2,5 a 5,0 mm, a interceptação foi de 53,6% para tipuana em grupo, na extremidade e, de 51,9% na tipuana isolada, no centro da copa. A tipuana apresentou maior porcentagem média de interceptação no centro da copa, principalmente em eventos com mais de 2 horas de duração e com precipitação maior que 20,0 mm, tanto em indivíduos isolados como em grupo. Portanto, as duas espécies demonstraram grande potencial para serem plantadas no ambiente urbano, com capacidade de contribuir para possíveis reduções das enchentes nas cidades, principalmente a tipuana que mostrou mais predisposta a essa ação.

Palavras-chave: Interceptação da chuva; Precipitação interna; Escoamento pelo tronco; Espécies tropicais; Árvores urbanas

## ABSTRACT

### Rainfall interception in species of Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa* DC.) and Tipuana (*Tipuana tipu* O. Kuntze)

Climate studies are receiving more attention in the environmental field, especially concerning air quality (atmosphere pollution), thermal comfort (heat islands) and pluvial impacts (urban flood generators). In the latter, the rain causes disturbance of the population and the competent public organ, due the extreme events that are increasing in the whole world. Theses events can come as a precipitation of very intensity in a short period of time, as well as a prolonged drought in a given location. The issue is worrisome and controversial, however a managerial solution is necessary and urgent, particularly about the hydrologic system for each situation so that the losses caused by floods do not become more devastating than now. With these purpose in mind, a study was carried out at the campus of "Luiz de Queiroz" College of Agriculture (University of Sao Paulo), Piracicaba, Brazil, from January to February 2007, in order to measure the rainfall interception by the crowns of urban trees and estimate the rainfall interception that they provide to potentially minimize urban flood events. The rainfall interception was evaluated in the two commonly used species in forest urban spaces by the measurement of interception ( $I$ ) or interception losses, throughfall ( $Th$ ), stemflow ( $St$ ) and gross precipitation ( $Pg$ ). The chosen trees were more than 50 year-old specimens of *Caesalpinia pluviosa* DC. (Fabaceae: Caesalpinoideae) or sibipiruna, and *Tipuana tipu* O. Kuntze (Fabaceae: Faboideae) or tipuana, both displayed as three isolated individuals and three grouped individuals. Measurements were carried out by collecting the water falling by the edges and in the centre of the canopies. A high correlation of  $Th$  with  $Pg$  was observed on the centre of the crown of tipuana and by the edges of sibipiruna.  $St$  and  $I$  had low correlation with  $Pg$  for both species. . The rain interception mean was higher by the edges of the crown of sibipiruna individuals, 60.6%, and in the centre of the tipuana crown, 59.40%. The mean of the rainfall interception was 78.73% for one isolated sibipiruna by the edge of the crown and 80.94% for grouped tipuanas in centre of the crown, when the total precipitation ranged between 0 and 2.5 mm. For total precipitation values between 2.5 and 5.0 mm, the interception mean was 53.60% for grouped tipuanas by the edge and 51.89% in isolated tipuanas in the crown center. Thus, both species show a great potential to be planted in urban environmental, especially for the tipuana species, which presented the capacity of contributing better to reduce or minimize floods in cities.

Keywords: Rainfall interception; Throughfall; Stemflow; Tropical species; Urban tree

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1 - Distribuição dos baldes no terreno aberto, na extremidade e centro da copa (a) e o escoamento pelo tronco, conduzidos por espuma de poliuretano na espécie de *Caesalpinia pluviosa* DC. (sibipiruna) (b)..... 33
- Figura 2.2 - Porcentagem média de interceptação nas duas espécies: tipuanas isoladas (T1, T5 e T6) e grupo (T234) e sibipirunas isoladas (S1, S5 e S6) e grupo (S234), durante o período de janeiro a fevereiro, no campus da ESALQ/USP..... 36
- Figura 2.3 - Tipuanas: **(a)** relação entre a precipitação interna na extremidade (Pie) e centro da copa (Plc) e a precipitação total (PT), **(b)** escoamento pelo tronco (Et) e precipitação total (PT) e **(c)** interceptação na extremidade (Ie) e centro (Ic) e precipitação total (PT). Período de janeiro e fevereiro de 2007, no campus da ESALQ/USP..... 39
- Figura 2.4 - Sibipirunas: **(a)** relação entre a precipitação interna na extremidade (Pie) e centro da copa (Plc) e a precipitação total (PT), **(b)** escoamento pelo tronco (Et) e precipitação total (PT) e **(c)** interceptação na extremidade (Ie) e centro (Ic) e precipitação total (PT). Período de janeiro e fevereiro de 2007, no campus da ESALQ/USP..... 43
- Figura 3.1 - Precipitação total ocorrida em cada tempo, em minutos, durante os meses de janeiro e fevereiro de 2007, no campus da Esalq/USP – Piracicaba/SP..... 52
- Figura 3.2 - Porcentagem média de interceptação na extremidade e centro da copa, dos indivíduos de tipuana, no tempo, em minutos, durante os meses de janeiro e fevereiro de 2007, no campus da Esalq/USP – Piracicaba/SP..... 53
- Figura 3.3 - Porcentagem média de interceptação na extremidade e centro da copa, dos indivíduos de sibipiruna, no tempo, em minutos, durante os meses de janeiro a fevereiro de 2007, no campus da Esalq/USP – Piracicaba/SP..... 54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 -	Espécies avaliadas e precipitação geral, de janeiro a fevereiro de 2007, no campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba/SP.....	35
Tabela 2.2 -	Tipuanas isoladas e em grupo, nas condições de precipitação, durante o período de janeiro a fevereiro de 2007, no campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba/SP.....	38
Tabela 2.3 -	Sibipirunas isoladas e em grupo, nas condições de precipitação, durante o período de janeiro a fevereiro de 2007, no campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba/SP.....	41
Tabela 2.4 -	Diâmetro à altura do peito (DAP), porcentagem média da interceptação da chuva na extremidade e centro da copa, altura e diâmetro e área da copa, durante o período de janeiro a fevereiro de 2007, no campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba/SP, das espécies isoladas e em grupo de tipuana e sibipiruna.....	42
Tabela 2.5 -	Tipuanas e sibipirunas, isoladas e em grupo, precipitação total (PT), precipitação interna (PI) e escoamento pelo tronco (Et), durante o período de janeiro a fevereiro de 2007, no campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba/SP.....	44
Tabela 3.1 -	Porcentagem média de interceptação e dados em milímetros pelas copas de sibipiruna isolada (S1, S5 e S6) e em grupo (S234) e tipuana isolada (T1, T5 e T6) e em grupo (T234), no período de janeiro a fevereiro de 2007, no campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba/SP.....	55
Tabela 3.2 -	Porcentagem média de interceptação pelas copas de sibipiruna isolada (S1, S5 e S6) e em grupo (S234) e tipuana isolada (T1, T5 e T6) e em grupo (T234), no período de janeiro a fevereiro de 2007, no campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba/SP.....	57
Tabela 3.3 -	Porcentagem média de interceptação pelas copas de sibipiruna isolada (S1, S5 e S6) e em grupo (S234) e tipuana isolada (T1, T5 e T6) e em grupo (T234), no centro e extremidade da copa, durante o período de janeiro a fevereiro de 2007, no campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba/SP.....	59

## 1 INTRODUÇÃO

Os benefícios oferecidos pela arborização urbana são poucos conhecidos pelas pessoas. De maneira geral, observa-se que a população vê nas árvores, apenas sua sombra como benefício e, em contrapartida, enfoca muitos problemas causados por ela, como danos em calçadas e encanamentos, acidentes com fiação elétrica e custos com podas.

No entanto, um dos benefícios oferecidos pela vegetação urbana é a amenização no volume de água da chuva pela interceptação nas copas, que distribui e reduz a taxa de escoamento superficial (SANDERS, 1986).

Esse benefício é pouco conhecido nas condições de árvores tropicais, sendo que a maioria dos trabalhos sobre interceptação é feito em latitudes temperadas (JACKSON, 1971).

A arborização urbana tem papel fundamental no ecossistema urbano, pois afeta todo processo hidrológico, como também a redistribuição da umidade temporal e espacial (XIAO; McPHERSON, 2003).

Ultimamente, as enchentes têm sido cada vez mais frequentes em nosso país. Elas tornam-se um problema que vem se agravando, em virtude da ausência de planejamento integrado e pequena participação da sociedade civil na gestão de problemas urbanos. Em decorrência desse fato, a administração pública contabiliza enormes prejuízos que afetam a qualidade de vida e o valor das propriedades.

Nos meses de verão as chuvas torrenciais, que advêm de tempestades, são habituais. A população que transita pelos grandes centros das cidades é vítima desses eventos, pois, a maioria deles é carente de vegetação, acarretando o aumento da temperatura, a diminuição da umidade relativa do ar e a distorção do campo de precipitação da cidade, associadas à ilha de calor (LOMBARDO, 1990); tais fatos tendem a levar essas regiões a apresentarem problemas com enchentes, principalmente, nas áreas com alto grau de impermeabilidade do solo e canalização do escoamento pluvial.

Esse cenário foi criado ao longo dos anos, principalmente, pela gerência pública inadequada do planejamento urbano e pela falta de infra-estrutura, como é o caso da

drenagem de águas pluviais, que sempre foi postergada, em virtude de outras necessidades mais urgentes e imediatas. Ainda, há uma visão local e setORIZADA dos problemas da drenagem, o que gera mais impactos do que os pré-existentes, além do desperdício dos recursos públicos (TUCCI, 2003).

Diante do exposto, verifica-se a necessidade de fazer novos estudos, mostrando que, além da sombra, as árvores produzem outros benefícios como a diminuição de enchentes, a maximização da rede hidrográfica e o aumento da permeabilidade do solo.

Os objetivos desta pesquisa são, primeiramente, observar os processos de interceptação da chuva pelas copas das árvores e, em seguida, a porcentagem de água que poderá ser retida pelas mesmas em árvores de *Caesalpinia pluviosa* DC. (Fabaceae: Caesalpinoideae) ou sibipiruna e *Tipuana tipu* O. Kuntze (Fabaceae: Faboideae) ou tipuana.

A redação da tese foi dividida em três capítulos: o primeiro versa sobre a introdução, o racional da pesquisa e a revisão de literatura; o segundo, demonstra os processos de interceptação da chuva, como a precipitação total, precipitação interna, escoamento pelo tronco e interceptação, avaliados. Já o terceiro capítulo aborda a porcentagem de interceptação, pelas espécies, considerando o tempo de duração de cada evento e as classes de precipitações.

### **1.1 Alterações térmicas na área urbana e suas conseqüências**

De acordo com estudos realizados por Oke (1978), o crescimento populacional exerce influência sobre o aumento da temperatura nos centros urbanos, em relação às áreas adjacentes, na medida em que o aumento populacional proporciona alterações das construções e dos fluxos urbanos, ocasionando, por conseguinte, maior concentração de poluentes, destacando-se o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e os Clorofluorcarbonos (CFCs) emitidos pela atividade humana.

Com o aumento desses gases na atmosfera haverá uma intensificação do efeito estufa e desta forma, estima-se que a temperatura média na superfície terrestre deverá elevar-se entre 1,5 a 5,8°C até 2100. Esse aumento poderá alterar todo o regime de

chuva, trazendo sérias conseqüências para a produção de energia, a pesca, o transporte, a irrigação, dentre outras atividades dependentes dos recursos hídricos. Além de considerar as catástrofes relacionadas às grandes inundações nos países baixos e em todas as regiões litorâneas, provocado pelo degelamento das calotas polares (IPCC-TAR, 2001).

Os maiores valores de temperatura estão relacionados aos elevados índices de poluição e a combinação desses efeitos provoca um clima artificial, semelhante ao de um deserto. Esse desconforto térmico urbano, principalmente nas regiões tropicais, pode causar malefícios à saúde humana tais como a perda excessiva de sais minerais pelo organismo, distúrbios cardiovasculares, sonolência coletiva, problemas respiratórios, além de favorecer a difusão de incêndios (LOMBARDO, 1985). O organismo das crianças mostra menor predisposição ao confrontar-se com as mudanças meteorológicas que são produzidas em dias quentes, o que pode causar diarreia de verão e problemas respiratórios (CASTRO, 2000).

Para Lombardo (1985), a distribuição das isotermas nas cidades mostra a tendência para o aumento das temperaturas em direção às áreas rurais, conforme o avanço da urbanização da cidade. No centro das áreas urbanas, local geralmente pobre em vegetação, as temperaturas alcançam valores máximos, enquanto valores mínimos são registrados nas áreas verdes, principalmente se tiver presença de reservatórios de água.

## **1.2 Clima urbano**

O clima urbano é um sistema que compreende as condições climáticas derivadas das transformações que o homem provoca no ambiente natural, na medida em que constrói as cidades. O Sistema Clima Urbano pode ser estudado de acordo com três subsistemas: o termodinâmico (conforto térmico), o físico-químico (qualidade do ar) e o hidrometeorológico (impacto meteorológico), que assumem destaque nos climas urbanos, refletindo as peculiaridades do clima na cidade (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003).

De acordo com Mendonça (1994), o subsistema hidrometeorológico tem pouca produção de estudos relacionados às realidades urbanas tropicais. É um fato

preocupante, pois, nessas condições, a torrencialidade da pluviosidade estival e suas conseqüências são bem representativas.

De acordo com Tarifa e Armani (2001), o conceito de unidade climática urbana é o estudo dos atributos atmosféricos (temperatura, umidade, qualidade do ar, conforto térmico, enchentes e outros) e os controles (uso do solo urbano, densidade populacional e de edificações, áreas verdes, favelas e fluxo de veículos).

As mudanças na paisagem, decorrentes do surgimento e crescimento das cidades, geram mudanças no comportamento da atmosfera sobre as mesmas. Existe um propósito de que as alterações na cobertura vegetal e no uso do solo, com a total ou parcial substituição da vegetação pela área urbana, em algumas partes das metrópoles, provocaram mudanças no clima local, levando a formação do Clima Urbano próprio (AMORIM, 2000).

No meio urbano e, especialmente, nas metrópoles, essas alterações irão significar perdas na economia e na qualidade de vida das populações. Com respeito ao clima urbano, destacam-se os efeitos sobre a formação de ilhas de calor, falta de condições para a dispersão da poluição atmosférica e a baixa umidade relativa do ar, bem como a ocorrência de chuvas concentradas em determinados períodos do ano que, associadas à intensa impermeabilização do solo, ocasionam as enchentes e os deslizamentos de encostas (LOMBARDO, 1985).

O fenômeno ilha de calor, associado à concentração de poluentes, facilita a condensação da água, provocando tempestades de chuvas localizadas, onde se registra a precipitação de grandes massas de água em uma única região, contribuindo para as ocorrências de enchentes (LOMBARDO, 1990).

Ainda, o clima urbano não pode ser dissociado de fatores como a localização da cidade (latitude, altitude, radiação solar incidente, regime dos ventos e relevo), a presença de grandes áreas com cobertura vegetal e a massa de água significativa. Esses condicionantes geoambientais e urbanos devem ser estudados pela climatologia, a fim de que sejam diagnosticadas as alterações presentes na atmosfera, para contribuir com o planejamento da cidade (AMORIM, 2000).

Todavia, faz-se necessário, além do planejamento, o entendimento dos problemas, segundo a percepção da população, que pode auxiliar nas obras de



intervenção urbanística na cidade. Caso isso não seja priorizado, nada será resolvido, na medida em que o espaço não é entendido como uma instância social e sim como um mero apoio das atividades econômicas. Afinal, o espaço físico é o reflexo, não somente dos processos naturais, como também, das contradições da sociedade, em que os interesses socioeconômicos constituem os determinantes das formas de apropriação e exploração desse espaço.

### **1.3 Planejamento urbano e clima**

O homem modifica o meio ambiente à procura da melhoria de qualidade de vida, com avanços tecnológicos e sociais que, desde o início da metade do século passado, com o incremento na industrialização e, principalmente agora, tornaram-se mais acelerados e profundos,.

Em virtude desses avanços foram introduzidos novos materiais de construção na cidade, em substituição aos ecossistemas naturais, criando um ambiente artificial, capaz de alterar o balanço de energia na atmosfera urbana.

Os elementos climáticos que mais interferem no balanço de energia são: a temperatura e umidade relativa do ar (ilha de calor, ilha de frescor, conforto e desconforto térmico), ventos (diretamente ligados à dispersão dos poluentes) e, nas cidades tropicais, precipitação (inundações) (MENDONÇA, 1994).

Os estudos elaborados na área de precipitação mostram a incompatibilidade entre as estratégias e técnicas do planejamento urbano com a realidade urbana tropical, pois tais pesquisas seguem as condições de clima temperado, cuja realidade climática é caracterizada por uma maior regularidade pluviométrica, o que não gera problema (BRANDÃO, 1996).

O planejamento urbano, privilegiando a preservação de áreas verdes, poderá minimizar os efeitos urbanos do clima, melhorar a qualidade de vida e criar locais para que a população possa usufruir de melhor conforto ambiental e térmico.

Pode-se perceber que os problemas ambientais emergem como resultado do processo de produção da própria cidade. Em conseqüência, o meio urbano tende a acumular e difundir, com a mesma intensidade, o caos, o desperdício e a degradação, que se tornam mais graves quanto maior for a cidade (GIACOMINI, 1981).

Segundo Sprin (1995), a causa da perda de importância da natureza, inserida na cidade, provoca uma péssima qualidade de vida urbana. Os ambientes naturais não são benignos nem hostis à humanidade, porque, uma vez reconhecidos e aproveitados, representam um poderoso recurso para a conformação de um habitat urbano benéfico.

A vegetação pode reduzir custos com reparos no asfalto, como foi verificado no trabalho de McPherson e Muchnick (2005), que demonstrou benefícios econômicos entre a durabilidade do asfalto e a redução do custo de manutenção, com árvores de médio porte, que poderiam reduzir o custo com reparos de danos em até 58%. Os danos acontecem quando a temperatura do asfalto aumenta, o que acarreta a volatilização e oxidação do chumbo que endurecem o mesmo e aumenta seu desgaste, quebrando e reduzindo sua durabilidade.

Planos diretores prevêm a obrigação de se deixar um percentual de área permeável nas áreas urbanas; entretanto, isto não acontece. É difícil constatar se o percentual de área permeável foi obedecido, porque, geralmente, essa área localiza-se em propriedades particulares e a resistência dos proprietários em permitir que os fiscais adentrem o local, torna-se obstáculo para fiscalização (CENTENO et al., 2003).

As leis ainda são tímidas diante da defasagem ambiental e o planejamento urbano é uma atividade muito recente em nível de instituições ligadas às gestões de cidades (MENDONÇA, 1994).

#### **1.4 Hidrologia urbana**

A hidrologia estuda a água em todas as suas formas na superfície da terra, incluindo sua distribuição, circulação, comportamento, propriedades físicas e químicas e suas reações com o meio. Para a hidrologia florestal consideram-se os efeitos sobre a erosão e a qualidade da água nas bacias hidrográficas e na hidrologia urbana, exige uma atenção maior, pois essa influi significativamente na qualidade das microbacias existentes na cidade (LIMA, 1986).

A hidrologia permite, com maior precisão, a caracterização e quantificação do escoamento superficial de chuvas intensas, além de prever a ocorrência de eventos extremos e suas conseqüências (CRUCIANI et al., 2002).

De acordo com McCulloch e Robinson (1993), a hidrologia, no campo da tecnologia, apresenta estudos de valores extremos em termos de aplicações práticas de inundações e secas. Enquanto que, como ciência, é conceituada como entendimento de vários componentes do ciclo hidrológico e estilos a qual a água move entre suas várias fases (gasosa, líquida e gasosa).

A permeabilidade do solo é um dos principais estudos da hidrologia urbana e o aumento indiscriminado de áreas impermeáveis é um dos principais agentes do incremento do escoamento superficial e a ocorrência de enchentes (CENTENO et al., 2003).

A quantidade de escoamento superficial aumenta com o grau de urbanização, pela mudança do uso do solo e não pela incapacidade das redes pluviais construídas nas cidades (OKE, 1978).

As árvores e arbustos são importantes para o ciclo hidrológico, tendo em vista que, interceptam a água da chuva e reduzem a velocidade de descida na superfície do solo, além de aumentarem a infiltração, diminuírem a enxurrada e a erosão do solo (GREY; DENEKE, 1978). Contudo, a árvore fornece maiores benefícios, levando-se em consideração o seu porte, arquitetura, área foliar e raízes mais profundas.

A precipitação total sofre uma divisão devido à interceptação da vegetação e é um componente importante em estudos hidrológicos (XIAO et al., 2000).

### **1.5 Área permeável urbana e enchentes**

A alta impermeabilização do solo, ao longo da microbacia, gera vários problemas, tais como, aumento no escoamento superficial, devido a pouca infiltração de água no solo; erosão, com mudanças das características originais; alteração no microclima, em virtude do aumento da temperatura e das precipitações convectivas, pela intensa urbanização e alterações no regime do rio, tanto para jusante (retificações e canalizações) como para montante (barragens). Esses problemas se agravam devido à gestão deficiente, que é resultado da falta de mecanismos legais e administrativos, provocado pela crescente e desordenada urbanização. Quando ocorrem chuvas

intensas, a situação se agrava mais, principalmente no verão, com enchentes em vários pontos da cidade (ZUFFO, 2006).

Em áreas urbanas, as superfícies impermeáveis influenciam fortemente a direção do escoamento das águas; dessa forma, tendem a ser altamente correlacionadas com o volume de chuva (BERTHIER et al., 2004).

Freqüentemente, as tempestades com trovão são do tipo convectivo, originando pancadas fortes de chuva, que despejam grande volume de água, em curto período de tempo e sobre uma área relativamente pequena. As chuvas convectivas resultam da ascensão do ar, cuja temperatura se torna maior que a do meio atmosférico e podendo variar de intensidade leve a pesada, dependendo das condições de umidade e do contraste térmico (LIMA, 1986c).

As enchentes são intensificadas, principalmente, pelo crescimento das áreas impermeabilizadas, pela pavimentação dos leitos carroçáveis e pelas edificações, em que as áreas de drenagem natural são substituídas por concreto, provocando um colapso no sistema das galerias de águas pluviais e de esgotos. Em conseqüência, acarreta o transbordamento de água da chuva pelas redes e rios que cortam a cidade, o que causa um significativo aumento de doenças de veiculação hídrica.

A permeabilidade do solo envolve vários fatores e, entre eles, estão as árvores que interceptam as chuvas. As árvores urbanas têm importante papel no processo hidrológico, por reduzirem a taxa e o volume de enxurradas das tempestades e evitarem danos causados por inundações que comprometem a qualidade da água (DWYER et al., 1992).

## **1.6 Interceptação da água da chuva em área florestal**

A área com floresta é três vezes maior do que a área agricultável; deste modo, faz-se necessário um bom entendimento do ambiente florestado, já que são de grande importância para os recursos hídricos do mundo (McCULLOCH; ROBINSON, 1993).

A expressão “influências da floresta” (KITREDGE, 1948) foi utilizada no início dos trabalhos, pelo autor, para incluir o estudo de todos os efeitos resultantes da

presença da floresta sobre o clima, o ciclo da água, a erosão, as enchentes e a produtividade do solo.

A falta de conhecimento sobre as florestas pode gerar alguns mitos, que com o passar dos anos, tornaram-se popularmente aceitos como verídicos. Um dos mitos de maior destaque é que a floresta “faz” chover, no entanto, este mito já foi derrubado pela pesquisa, que encontrou escalas maiores de precipitação em florestas ralas do que em florestas fechadas (McCULLOCH; ROBINSON, 1993).

No entanto, demorou um tempo para que esse mito fosse derrubado, porque alguns trabalhos provaram o contrário. No passado, o retorno da água à atmosfera, em áreas continentais, constituía a fonte principal de umidade para alimentar a precipitação em uma dada área e o aumento da evaporação local, portanto, deveria, necessariamente resultar num aumento da precipitação regional (ANDREÁSSIAN, 2004).

Em estudos na Europa, durante o período de 1927 a 1956, foram analisadas duas microbacias, uma de pastagem e outra de floresta e constatou-se que, a média anual de precipitação foi 1.641 mm para microbacia de floresta (48% de escoamento superficial), comparado com 1.719 mm (59% de escoamento superficial) na microbacia de gramíneas. Nesse sentido, a microbacia de floresta apresentou, aproximadamente, 11% a menos de deflúvio (volume). Quando houve picos altos de vazão (derretimento da neve e tempestades), o escoamento superficial foi baixo nas florestas, devido a sua alta capacidade de infiltração e baixa taxa de derretimento abaixo das copas. A diferença entre as duas microbacias, explicada pelo autor, foi de que a microbacia de pastagem sofreu corte raso da floresta e também possuía solos rasos, sem muita capacidade de infiltração, redundando numa maior vazão (McCULLOCH; ROBINSON, 1993).

Os tipos de vegetação respondem diferentemente na variação microclimática e a evapotranspiração está diretamente relacionada com a disponibilidade de radiação solar. Então, quando há maior radiação solar, há maior absorção solar nas florestas, maior perda de água do solo e maior transpiração, enquanto que as gramíneas não dependem dessas variáveis e respondem melhor à radiação solar (LIMA, 1986b).

Em escala regional, a influência da floresta sobre a precipitação é ainda mais difícil de ser estudada. Em regiões tropicais, como na bacia Amazônica, por exemplo, a precipitação interna de água pode ser um fator importante, uma vez que ela fica retida na copa por mais tempo e evapora mais, porém, é preciso levar em conta o fator escala de precipitação, que nesse caso, é maior (McCULLOCH; ROBINSON, 1993).

Com o corte raso da floresta, além do efeito significativo sobre a diminuição da transpiração, pode ocorrer, modificações no microclima da área cortada, com possíveis efeitos sobre a hidrologia local em termos de escoamento superficial, erosão e ciclagem de nutrientes (LIMA, 1986c).

### **1.7 Processos de interceptação da chuva**

A interceptação da chuva, pela cobertura florestal, representa uma importante parcela da chuva que cai e retorna à atmosfera, por evaporação, antes de chegar ao solo, contribuindo com a massa de vapor de água precipitável da atmosfera (FERREIRA et al., 2005).

Pelo processo de interceptação, a floresta desempenha importante papel na distribuição de energia e de água à superfície do solo, o que afeta a distribuição temporal e espacial da chuva que atinge a copa e diminui a quantidade de água que chega efetivamente ao solo (LIMA, 1986a).

A quantidade de chuva é medida em termos de volume de água precipitada por unidade de área ou altura de água, que se acumularia numa superfície plana e impermeável (mm de altura de água). A medição pode ser feita em qualquer recipiente com abertura cilíndrica (ou pluviômetro), no qual a altura (mm) de chuva é calculada em função da área desta abertura cilíndrica (REICHARDT, 1987).

Os processos de interceptação da chuva são caracterizados pela dimensão da chuva, em termos de intensidade e tipo, e também pela arquitetura da copa (XIAO et al., 2000).

Numa chuva de intensidade pequena, de 5 mm por exemplo, quase toda a água é retida pelas copas e evaporada diretamente e, conseqüentemente, há 100% de perda por interceptação. Enquanto que, uma chuva considerada de grande intensidade ou de

100 mm, serão perdidos, por interceptação, apenas 5 mm, com porcentagem de perda, evidentemente, menor (5 %) (LIMA, 1986a).

De acordo com Helvey e Patric (1965), a interceptação (I) da água da chuva é, temporariamente, retida pelas copas das árvores, sendo subseqüentemente redistribuída em: a) água que goteja ao solo; b) água que escoa pelo tronco; c) água que volta à atmosfera por evaporação direta. Nesse caso, ocorre a perda por interceptação (I).

A precipitação total (PT) é a quantidade total de chuva medida acima das copas ou diretamente ao chão, em terreno aberto adjacente à floresta. A precipitação interna (PI) é a chuva que atravessa o dossel florestal, incluindo as gotas que passam diretamente pelas aberturas existentes na copa, assim como as gotas que respingam da água retida na copa. O escoamento pelo tronco (Et) é a água da chuva que, depois de retida pela copa, escoam pelos troncos em direção à superfície (HELVEY; PATRIC, 1965; LIMA, 1976; XIAO et al., 1998).

Na escala de eventos, os termos “interceptação” e a “perda por interceptação” têm o mesmo significado, porém, quando se refere aos aspectos dinâmicos de interceptação, têm significados físicos diferentes. Por exemplo, a interceptação é a armazenagem da água da chuva retida temporariamente na superfície da copa, enquanto a perda por interceptação indica a evaporação da água da chuva armazenada temporariamente na superfície da copa (XIAO et al., 2000).

Em regiões que ocorrem chuvas prolongadas, mas com baixas intensidades, em que a copa da floresta permanece molhada durante longa parte do ano, a perda anual por interceptação pode ser alta (LIMA, 1986a).

### **1.8 Árvores urbanas e interceptação da água da chuva**

As copas das árvores fracionam a água da chuva, onde, temporariamente, uma parte é retida e outra é evaporada para atmosfera, processo denominado de interceptação (ARCOVA, 2003).

O processo de interceptação em árvores isoladas tem sido analisado apenas pela vertente da redistribuição da precipitação junto ao solo, não se quantificando a

perda por interceptação, na qual é feita pelo processo de evaporação. Neste sentido, o procedimento de cálculo da perda por interceptação, em árvores isoladas, é feito pela diferença entre os valores integrados da precipitação total e precipitação interna, numa área que englobe todos os efeitos induzidos pela presença da árvore (DAVID, 2002).

Para a mesma autora, a perda por interceptação, em florestas densas está bem definida, por não exercer tanta influência do meio, enquanto que para árvores urbanas isoladas é um fator limitante. As maiores taxas de evaporação durante o período chuvoso podem refletir na diferença de condições climáticas (contribuírem para mais chuva), de energia disponível ou rugosidade aerodinâmica (ventos).

Em árvores isoladas, a perda por interceptação pode ser influenciada pela sua fenologia, diversidade e densidade de espécies, num mesmo ambiente. Enquanto que, para florestas plantadas, as perdas por interceptação serão muito mais homogêneas e menores, devido ao espaçamento (3X2 m) sistematizado, considerando a mesma espécie e idade (LIMA, 1986a).

Teklehaimanot et al. (1991) verificaram um aumento na condutância aerodinâmica em árvores com espaçamento maior, em *Picea sitchensis* (Bong.) Carrière na Escócia, responsável por considerável perda de interceptação. Ainda, a evaporação da água interceptada é comandada pelo déficit de saturação do ar e pelo influxo vertical do ar mais quente e seco. Desse modo, as árvores isoladas estão condicionadas a terem taxas de evaporação mais altas do que em florestais densas (DAVID, 2002).

## Referências

AMORIM, M.C.C.T. **O clima urbano de Presidente Prudente–SP**. 2000. 374 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ANDREÁSSIAN, V. Water and forest: from historical controversy to scientific debate. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 291, p. 1-27, Dec. 2004.



ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V.; ROCHA, P.A.B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de mata atlântica em uma microbacia experimental em Cunha, São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 2, p. 257-262, Ago. 2003.

BERTHIER, E.; ANDRIEU, H.; CREUTIN, J. D. The role of soil in the generation of urban runoff development and evaluation of a 2D model. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 299, p. 252-266, Aug. 2004.

BRANDÃO, A.M.P. **O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro**. 1996. 362 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

CASTRO, A.W.S. **Clima urbano e saúde: as patologias do aparelho respiratório associadas aos tipos de tempo no inverno, em Rio Claro – SP**. 2000. 202 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2000.

CENTENO, J.A.S.; ANTUNES, A.F.B.; TREVIZAN, S.; CORREA, F. Mapeamento de áreas impermeáveis usando uma metodologia orientada a regiões e imagens de alta resolução. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 55, n.1, p. 48-56, nov. 2003.

CRUCIANI, D.E.; MACHADO R.E.; SENTELHAS, P.C. Modelos da distribuição temporal de chuvas intensas em Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 76-82, Jan. 2002.

DAVID, T.S. Interceptação da precipitação em árvores isoladas de *Quercus rotundifolia* Lam. **Silva Lusitana**, Lisboa, v. 10, n. 1, p. 1-15, Jun. 2002.

DWYER, F.; McPHERSON, E.G.; SCHOEDER, H.W.; ROWNTREE, R.A. Assessing the benefits and costs of the urban forest. **Journal of Arboriculture**, Illinois, v. 18, n. 5, p. 227-234, Sept. 1992.

FERREIRA, S.J.F.; LUIZÃO, F.J.; DALLAROSA, R.LG. Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 35, n. 1, p. 55-62, Nov. 2005.

GIACOMINI, V. Por um urbanismo mais humano. **Correio da Unesco**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 6, p. 23, 1981.

GREY, G.W.; DENEKE, F.J. **Urban forestry**. New York: John Willey, 1978. 279 p.

HELVEY, J.D.; PATRIC, J.H. Canopy and litter interception of rainfall by hardwood of Eastern United States. **Water Resources Research**, Washington, DC., v. 2, n. 1, p. 193-206, 1965.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability**. Contribution of Working Group 2 to the IPCC Third Assessment Report. Cambridge Univ. Press, 2001. 98p.

JACKSON, I.J. Problems of throughfall and interception assessment under tropical forest. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 12, p. 234 -254, 1971.

KITTERIDGE, J. **Forest Influences**. New York: McGraw-Hill, 1948. 394 p.

LIMA, W.P. Interceptação da chuva em povoamentos de eucalipto e de pinheiro. **Revista IPEF**, Piracicaba, n. 13, p. 75-90, 1976.

\_\_\_\_\_. **Interceptação da chuva pela floresta**. Piracicaba: CALQ, 1986a. 131 p.

\_\_\_\_\_. **Introdução à hidrologia florestal**. Piracicaba: CALQ, 1986b. 131 p.

\_\_\_\_\_. **Precipitação**. Piracicaba: CALQ, 1986c. 131 p.

LOMBARDO, M.A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985. 244 p.

\_\_\_\_\_. **Vegetação e clima**. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3., 1990, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1990. p. 1-13.

McCULLOCH, J.S.G.; ROBINSON, M. History of forest hydrology. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 150, p. 189-216, June 1993.

McPHERSON, E.G.; MUCHNICK, J. Effects of street tree shade on asphalt concrete pavement performance. **Journal of Arboriculture**, Illinois, v. 31, n.6, p. 303-310, Nov. 2005.

MENDONÇA, F.A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno**: proposição metodológica para estudo e sua aplicação 1ª cidade de Londrina/PR. 1994. 300 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia e Letras e Ciências humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F. **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. 192 p.

OKE, T. **Boundary layer climates**. London: Methuen, 1978. 369 p.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 188 p.

SANDERS, R.A. Urban vegetation impacts on the hydrology of Dayton, Ohio. **Urban Ecology**, New York, v. 9, p. 361-376, May 1986.

SPRIN, A.W. **O jardim de granito**: a natureza no desenho da cidade. São Paulo: EDUSP, 1996. 345 p.

TARIFA, J.R.; ARMANI, G. Os climas “naturais”. In: TARIFA, J.R.; AZEVEDO, T.R. (Org.). **Os climas na cidade de São Paulo**: teoria e prática. São Paulo: GEOUSP, 2001. cap. 3, p. 34 – 46.

TEKLEHAIMANOT, Z.; JARVIS, P.G.; LEDGER, D.C. Rainfall interception and boundary layer conductance in relation to tree spacing. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.123, p. 261-278, July 1991.

TUCCI, C.E.M. Drenagem urbana. **Ciência e Cultura**, São Paulo, n. 4, p. 36-37, out./dez. 2003.

XIAO, Q.; McPHERSON, E.G. Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest. **Urban Ecosystems**, Davis, v. 6, p. 291-302, Sept. 2003.

XIAO, Q.; McPHERSON, E.G.; SIMPSON, J.R.; USTIN, S.L. Rainfall interception by Sacramento's urban forest. **Journal of Arboriculture**, Davis, v.24, n.4, p.235-244, July 1998.

XIAO, Q.; McPHERSON, E.G.; USTIN, S.L.; GRISMER, M.E.; SIMPSON, J.R. Winter rainfall interception by two mature open-grow trees in Davis, California. **Hydrological Processes**, Davis, v. 14, p. 763-784, June 2000.

ZUFFO, A.C.; LEME, P.E. **Gradex e Santa Bárbara**: método híbrido para cálculo de vazão de projeto para macro drenagem urbana. Disponível em <<http://www.artigocientifico.com.br>>. Acesso em: 10 jun. 2006.

## 2 INTERCEPTAÇÃO DA CHUVA POR DUAS ESPÉCIES ARBÓREAS, USADAS NA ARBORIZAÇÃO URBANA

### Resumo

O processo de interceptação da água da chuva foi analisado em duas espécies muito usadas na arborização urbana, visando obter a quantidade de interceptação ( $I$ ) ou perda por interceptação, precipitação interna ( $PI$ ), escoamento pelo tronco ( $Et$ ) e precipitação total ( $PT$ ). As espécies escolhidas foram *Caesalpinia pluviosa* DC. (Fabaceae: Caesalpinoideae) ou sibipiruna e *Tipuana tipu* O. Kuntze (Fabaceae: Faboideae) ou tipuana, com mais de 50 anos de idade, sendo três indivíduos isolados e três em grupo de cada espécie, plantadas no campus da ESALQ/USP, onde o experimento foi realizado, durante o período de janeiro a fevereiro de 2007. As medições foram coletadas por meio de baldes de sete litros de capacidade de água, tanto na extremidade como no centro da copa. A  $PI$  apresentou alta correlação com a quantidade de  $PT$ , no centro da copa, em tipuana e na extremidade, em sibipiruna. O  $Et$  e a  $I$  tiveram baixa correlação com a quantidade de  $PT$ , nas duas espécies. As porcentagens médias de interceptação foram maiores na extremidade da copa nos indivíduos de sibipiruna, com 60,6%, e no centro da tipuana, com 59,40%. Desse modo, as duas espécies interceptaram até 60% das águas da chuva, o que indicou um grande potencial para plantio no ambiente urbano, com capacidade de contribuir com redução das enchentes nas cidades.

Palavras-chave: Interceptação da chuva; Precipitação interna; Escoamento pelo tronco; Árvores urbanas

## RAINFALL INTERCEPTION BY TWO ARBOREAL SPECIES USED IN ARBORIZATION OF TROPICAL URBAN SPACES

### Abstract

Rainfall interception was analysed in the two most usual species in forest urban spaces by measurement of interception ( $I$ ) or interception losses, throughfall ( $Th$ ), stemflow ( $St$ ) and gross precipitation ( $Pg$ ). The chosen species were *Caesalpinia pluviosa* DC. (Fabaceae: Caesalpinoideae) or sibipiruna, and *Tipuana tipu* O. Kuntze (Fabaceae: Faboideae) or tipuana. The individuals analysed were more than 50 years old, with three separate individuals and three individuals in group of each species being studied at the campus of "Luiz de Queiroz" College of Agriculture (University of Sao

Paulo), Piracicaba. The experiments were carried out during from January to February 2007. Water was collected using with seven-litre pails, by the edges and in the centre of the canopies. A high correlation of  $Th$  with  $Pg$  was observed on the centre of the crow of tipuana and by the edges of sibipiruna.  $St$  and  $I$  had low correlation with  $Pg$  for both species. The average of rain interception was greater by the edges of the crow of sibipiruna individuals, 60.6%, and in the centre of tipuana crow, 59.40%. Thus, both species intercepted up to 60% of the water rainfall, which indicates a great potential of both species for arborization in urban environments, with potential to contribute to reduce city flooding problems.

Keywords: Rainfall interception; Stemflow; Throughfall; Urban tree

## 2.1 Introdução

O ambiente urbano sofre grandes variações climáticas, que se sobressaem e afetam o clima urbano; dentre as variações mais comuns, verificam-se as ilhas de calor, a poluição atmosférica e as inundações. Essas variações ocorrem devido às altas taxas de urbanização que as grandes cidades vêm sofrendo, aumentando a impermeabilização do solo, a quantidade de veículos e indústrias e a canalização dos rios que as atravessam.

Em conseqüência, nota-se um problema comum, que vem se agravando nos últimos tempos, em várias cidades, que é a enchente. Esse fato traz grande preocupação, tanto para os cientistas como à população, pois envolve a área urbana, onde habita o maior contingente de pessoas.

Embora haja essa preocupação com o clima, as pessoas não observam o benefício que as árvores podem oferecer, pois, além da sombra, interceptam e armazenam a água da chuva por meio das folhas e da superfície dos ramos; em conseqüência, reduzem o volume do escoamento superficial e retardam a formação de correntezas (XIAO et al., 1998).

A interceptação pelas copas das árvores é um componente importante no ciclo hidrológico urbano, pois influencia na redistribuição da água da chuva, no amortecimento, no direcionamento e na retenção das gotas que chegam ao solo, afetando a dinâmica do escoamento superficial e o processo de infiltração (OLIVEIRA JÚNIOR; DIAS, 2005).

A interceptação da chuva pela cobertura florestal representa uma importante parcela de chuva que cai e retorna à atmosfera por evaporação, antes de chegar ao solo, contribuindo com a massa de vapor de água precipitável na atmosfera (FERREIRA et al., 2005).

Nas florestas, o estudo da interceptação tem o objetivo de elaborar normas de manejo das espécies, enquanto que, para as árvores urbanas isoladas, visa verificar a proteção da qualidade da água e o controle de poluentes e enchentes (XIAO; McPHERSON, 2003).

Na arborização urbana, de nossas condições tropicais, não há estudos suficientes sobre a interceptação da água da chuva pelas copas das árvores, principalmente em relação às enchentes. Ainda, existe um elevado índice de supressão ou substituição das árvores viárias por arbustos, deixando as cidades com poucas áreas verdes e sem sombreamento, além de mais impermeáveis, com concretos e asfaltos.

A *Caesalpinia pluviosa* DC. (Fabaceae: Caesalpinoideae) ou sibipiruna e a *Tipuana tipu* O. Kuntze (Fabaceae: Faboideae) ou tipuana tiveram grande destaque na arborização urbana em décadas passadas; porém, atualmente, constata-se a perda do interesse em seu uso pela população, que as enxerga como vilãs em dias de temporais e as substituem por arbustos, para evitar maiores riscos.

Nesse propósito, realizou-se um experimento no campus da ESALQ/USP, com essas duas espécies, para verificar a capacidade de interceptação da água da chuva pelas copas.

## **2.2 Desenvolvimento**

### **2.2.1 Material e Métodos**

#### **2.2.1.1 Local de estudo**

O município de Piracicaba se encontra entre as coordenadas geográficas de 22° 42' 30" de latitude sul à linha equatorial e 47° 38' 00" de longitude a oeste de Greenwich, com altitude de 546 m. O clima é do tipo mesotérmico de inverno seco. A precipitação média anual é, aproximadamente, 1.280 mm, sendo que, cerca de 1.000

mm ou 78% desse total, caem durante a estação chuvosa, que vai de outubro a março (verão). O período experimental ocorreu nos meses de janeiro a fevereiro de 2007. A temperatura média anual é de 20° C.

As sibipirunas e as tipuanas foram plantadas na década de 50, no Campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba/SP.

### **2.2.1.2 Espécies estudadas**

A sibipiruna é uma espécie ornamental e com potencial madeireiro. Ela é encontrada, principalmente, na região de Mata Atlântica do Rio de Janeiro, sul da Bahia e no Pantanal Mato-Grossense. A árvore é semidecídua e heliófita, produzindo, anualmente, grande quantidade de sementes. Suas flores são zigomórficas, racemosas terminais, amarelas, dispostas em cachos cônicos e eretos, com ocorrência na primavera. A folhagem cai parcialmente nos meses de inverno e é composta bi-pinadas, sem glândulas na ráquis e com pequenos folíolos. Os frutos são deiscentes, de cor bege-claro, tipo legume achatado, com cerca de 3 cm de diâmetro. Seu porte pode chegar até 20 metros de altura, com copa arredondada de, aproximadamente, 15 metros de diâmetro e seus ramos são ortotrópicos, que crescem verticalmente (HALLÉ et al., 1978; LORENZI, 1992; VIDAL; VIDAL, 1992; ENDRESS, 1994).

A tipuana é nativa da Argentina e da Bolívia e foi introduzida em vários outros países, onde é cultivada como ornamental e é mais comum no sul do Brasil. Tem florescimento na primavera, com cachos de flores amarelo-ouro, simetria zigomorfa e aroma agradável. Seus frutos são indeiscentes, tipo sâmara, com pericarpo seco e alado, monospermicos e mais freqüentes no outono; o tronco é rústico, de casca escura e superfície enrugada. As folhas são compostas pinadas, de folíolos ovais que caem no inverno e com pulvinos e estípulas. O porte pode atingir até 25 metros de altura, com copa larga de até 20 metros de diâmetro e seus ramos plagiotrópicos são quase horizontais (HALLÉ et al., 1978; VIDAL; VIDAL, 1992; MARTINS; OLIVEIRA, 2001).

As espécies apresentaram divergências nos modelos de ramificação (ortotrópicos e plagiotrópicos), na estrutura da folha (folíolos pequenos e formato oval), nas flores (terminais e não terminais), nos frutos (deiscente-legume e indeiscente-sâmara) e no caule (superfície menos enrugada e muito enrugada).



De cada espécie, estudou-se seis indivíduos, sendo três isolados de sibipiruna, com a identificação de S1, S5 e S6 e três em grupo ou com as copas próximas, indicados por S234 e três isolados de tipuanas, com a identificação T1, T5 e T6 e três em grupo ou com as copas próximas, definidas como T234. Eles estavam distribuídos em uma área de 1 hectare, aproximadamente, distanciados de 6 a 100 m; foram avaliados o diâmetro à altura do peito (DAP), a altura, o diâmetro e a área da copa.

Os valores do diâmetro e área da copa foram registrados por meio de trena e imagem aérea de videografia, obtida em agosto de 2005. Um hipsômetro foi usado para medir a altura das árvores. As medidas do DAP e da altura dos indivíduos, em grupo, foram feitas pela média aritmética dos três indivíduos.

### **2.2.1.3 Medidas de interceptação**

A precipitação foi coletada por meio de baldes de 7 litros de capacidade de água, com diâmetro de 23 cm e altura de 22 cm, e medida imediatamente após cada evento, por provetas graduadas de 100 ml e 1.000 ml.

O escoamento pelo tronco foi coletado por meio de canaletas feitas por espuma de poliuretano, colocadas em cada tronco até o término do experimento. Essa espuma é líquida e quando é agitada e aplicada no tronco, expande-se e alguns minutos depois, fica rígida (LIKENS, EATON, 1970). Antes de enrijecer, foi manuseada até adquirir formato de canaletas, onde escoaram as águas para os baldes.

Os baldes foram distribuídos aleatoriamente, tanto no centro como na extremidade da copa e amparados por estacas de ferro de 30 cm, para mantê-los fixos ao longo do período experimental. A medição do volume obtido na proveta graduada foi registrada em prancheta, após meia ou uma hora de cada evento de chuva. Posteriormente, os valores volumétricos coletados foram tabulados em milímetros de altura de água.

A precipitação total (PT), que é medida em terreno aberto, foi coletada por cinco baldes distribuídos em área próxima a cada indivíduo ou no grupo, com, aproximadamente, 5 a 20 m de distância entre eles. A precipitação interna (PI), que é a chuva que atinge o solo, tanto pelas gotas que passam diretamente pelas aberturas existentes entre as copas, como as que respingam, também foi medida por baldes

abaixo de cada copa, sendo cinco baldes colocados em sua extremidade e outros cinco no centro. O escoamento pelo tronco das árvores (Et), igualmente, foi medido por baldes que foram colocados sob as canaletas formadas pela espuma de poliuretano (Figura 2.1).

A medição do escoamento pelo tronco, nos indivíduos isolados, foi feita, com número de baldes, de acordo com a capacidade de escoamento de água e tamanho do diâmetro à altura do peito (DAP). Nas espécies em grupo, foi usada a média aritmética dos três troncos para conversão do volume coletado em milímetro de altura de água.

O volume de cada indivíduo isolado e do grupo foi medido pela média aritmética dos cinco baldes colocados em terreno aberto (PT), na extremidade e no centro (PI) das copas.



Figura 2.1 – Distribuição dos baldes no terreno aberto, na extremidade e centro da copa (a) e a coleta pelo escoamento pelo tronco, através da canaleta de espuma de poliuretano, na espécie de *Caesalpinia pluviosa* DC. (sibipiruna) (b)

A interceptação ou perda por interceptação (I) é a água interceptada pelas copas que não atinge o solo; pode ser calculada pela diferença entre a precipitação total (PT) e a precipitação interna (PI), sem levar em conta o aspecto físico ou a evaporação para a atmosfera.

#### **2.2.1.4 Análise dos dados**

Os dados de precipitação total, interna e escoamento pelo tronco foram analisados estatisticamente, utilizando a análise de variância e a comparação das médias pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, e submetidos ao programa Statistical Analysis System (SAS 9.1) e análise de regressão. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente aleatório, em esquema fatorial, com os seguintes níveis: indivíduos de duas espécies isolados ou em grupo (8), condições a que foram submetidas (3), e eventos (chuvas) durante o experimento (31). A subdivisão de cada nível foi sistematizada da seguinte forma: os indivíduos das espécies foram distribuídos em tipuana 1 (T1), tipuana grupo (T234), tipuana 5 (T5), tipuana 6 (T6), sibipiruna 1 (S1), sibipiruna grupo (S234), sibipiruna 5 (S5) e sibipiruna 6 (S6); as condições, em precipitação total (PT), precipitação interna (PI) e escoamento pelo tronco (Et) e os eventos de chuvas que ocorreram nos meses de janeiro a fevereiro de 2007, de E1 a E31.

A análise de regressão foi realizada para comparação entre precipitação interna, escoamento pelo tronco e interceptação com a precipitação total, nos indivíduos de tipuana e sibipiruna.

#### **2.2.2 Resultados e discussões**

Durante os meses de janeiro e fevereiro de 2007, choveu 34 dias, com média mensal de 259,0 mm e 228,3 mm, respectivamente, enquanto que, em 2006, teve dois dias a mais de chuva (36 dias), porém em menor intensidade, com 225,2 mm em janeiro e 164,8 mm em fevereiro, segundo a Estação Meteorológica da ESALQ/USP. Cruciani et al. (2002) constataram que o mês de março é o mais crítico em relação à intensidade de chuvas, pois choveu muito durante o período de 60 minutos, entre 1966 a 2000. No entanto, a partir de 2001, a precipitação no mês de janeiro vem apresentando maior índice pluviométrico, fato que justifica as coletas deste trabalho terem sido feitas durante o período de janeiro a fevereiro.

No período experimental foram medidos 31 eventos em 21 dias, com variações de chuvas entre o mínimo de 0,21 mm até o máximo de 30,82 mm. A maioria das

coletas realizadas foi em único evento por dia, mas sete delas ocorreram em dois ou três eventos diários, com intervalo de meia a uma hora entre eles.

O indivíduo de tipuana 1 (T1), na Tabela 2.1, apresentou diferença significativa e foi o único que melhor respondeu às precipitações ocorridas nas copas, durante a época do experimento, enquanto que os demais indivíduos sofreram alta variabilidade, principalmente os de sibipiruna. O coeficiente de variação (CV) demonstrou essa alta variabilidade, que pode estar relacionada com as diferenças de intensidade e duração de chuva.

Do mesmo modo, os indivíduos de sibipiruna também apresentaram alta variabilidade quanto à porcentagem média de interceptação da chuva, tanto na extremidade como no centro da copa (Figura 2.2) e, ainda, menor porcentagem de interceptação do que os indivíduos de tipuanas. Contudo, existe uma alta porcentagem de interceptação na extremidade da copa de S1 (60,06%) que pode estar relacionada com a baixa intervenção do vento, pois, quando esse não for tão evidente, pode aumentar a capacidade de armazenamento de água na copa, influenciando, positivamente, o fator interceptação.

Tabela 2.1 - Espécies avaliadas e precipitação geral, de janeiro a fevereiro de 2007, no campus da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba/SP

Tipuanas	Precipitação geral (mm)	Sibipirunas	Precipitação geral (mm)	Teste F	
T1	4,29 a	S1	4,12 c	F	623,42
T234	3,72 a b c	S234	4,18 a b	p>F	0,0001
T5	4,12 b c	S5	4,06 a b c	CV %	58,47
T6	4,11 a b c	S6	4,36 b c	Média Geral	4,12

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

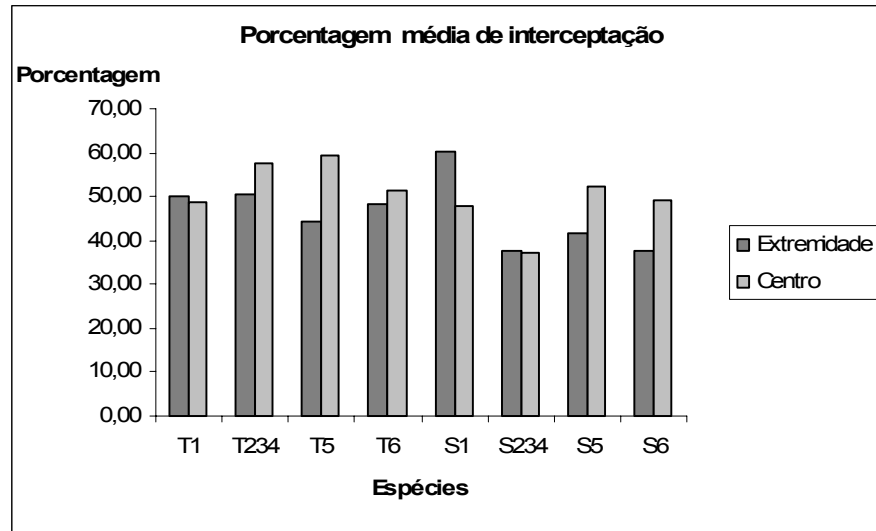


Figura 2.2 – Porcentagem média de interceptação nas duas espécies: tipuanas isoladas (T1, T5 e T6) e grupo (T234) e sibipirunas isoladas (S1, S5 e S6) e grupo (S234), durante o período de janeiro a fevereiro, no campus da ESALQ/USP

No trabalho de Xiao et al. (2000), não foi considerado a velocidade do vento maior que 15 Km/h, uma vez que essa velocidade não deixava gotas de água nas copas e não deveria ser considerada para análise da precipitação interna. Para os autores, o vento altera o ângulo de incidência da chuva, quebra o equilíbrio temporário de armazenagem da água nas copas e proporciona o gotejamento, que reduz a disponibilidade de água para evaporação.

No experimento, embora 42% dos eventos tivessem apresentado valores de velocidade do vento maiores do que 15 Km/h, as medições não foram afetadas, porque a correlação exponencial e quadrática foi baixa ( $R^2$  menores que 0,09) entre a velocidade do vento e a interceptação e o escoamento pelo tronco.

No entanto, a interceptação na extremidade da copa, em árvores isoladas, tem maior chance de sofrer interferências do meio, principalmente em relação à velocidade do vento, que contribui para menor precipitação interna em certos locais e, conseqüentemente, causa menor porcentagem de interceptação. Na maioria dos indivíduos analisados, a porcentagem média de interceptação foi maior no centro da copa do que na extremidade (Figura 2.2), tanto para as sibipirunas (S5 e S6) como para tipuanas, com exceção de T1.

No trabalho de Geiger (1961), foi observado que, em espécies de copas densas, com menor influência dos ventos, a interceptação na extremidade das copas foi maior, por volta de 80% em relação à precipitação total.

Em florestas de eucalipto e pinheiro, Lima (1976) observou valores médios de perda por interceptação de 12,2% e 6,6%, respectivamente, menores do que os encontrados nos indivíduos em grupo de T234 e S234, com 57,74% e 37,18%, respectivamente, no centro da copa. Esse fato pode estar relacionado ao espaçamento entre as árvores, pois as tipuanas apresentaram espaçamentos maiores, o que confere um bom desenvolvimento de copas, enquanto que o plantio de eucalipto e pinheiro tem espaçamento menor e sistematizado, de 3X2 m e suas copas têm limitações quanto ao desenvolvimento, em diâmetro.

Para Xiao e McPherson (2003), as árvores localizadas em parques (clareiras) e ruas (isoladas) possuem maior área de copa, o que proporciona maior capacidade de armazenamento de chuva.

Em todas as tipuanas, a precipitação total e o escoamento pelo tronco não tiveram diferença significativa, enquanto que, na precipitação interna, houve variação (Tabela 2.2). De acordo com Lima (1986), a precipitação interna (PI) apresenta alta variabilidade e requer a utilização de vários pluviômetros abaixo da copa para minimizar esse efeito. Nesse experimento, foram colocados 10 baldes sob cada copa (5 baldes na extremidade e 5 no centro), que substituíram os pluviômetros, para obter uma melhor estimativa dessa variação.

Para melhor aferir qualquer variabilidade, os dados de precipitação interna, escoamento pelo tronco e interceptação, em relação à precipitação total, foram submetidos à análise de regressão linear e quadrática, que podem ser conferidos na Figura 2.3.

Tabela 2.2 - Tipuanas isoladas e em grupo, nas condições de precipitação, durante o período de janeiro a fevereiro de 2007, no campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba/SP

Condições	Tipuanas isoladas e em grupo			
	T1	T234	T5	T6
<b>PT</b>	5,33 a	5,50 a	5,30 a	5,35 a
<b>PI</b>	4,19 b	3,94 b	3,93 b	3,90 b
<b>E t</b>	0,08 a	0,02 a	0,05 a	0,07 a
<b>Teste F</b>	86,71	63,03	111,42	129,32
<b>p&gt;F</b>	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
<b>CV %</b>	58,66	77,63	56,57	50,65
<b>Média Geral</b>	4,29	3,72	4,12	4,11

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A precipitação interna, tanto na extremidade como no centro da copa apresentou elevada correlação com a quantidade de precipitação total, com menor valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,9011, para a extremidade da copa (Figura 2.3a). O escoamento pelo tronco teve baixa correlação com a quantidade de precipitação total, com  $R^2$  igual a 0,5208, na Figura 2.3b.

A correlação entre interceptação, na extremidade e centro da copa, em relação à precipitação total, foi baixa, com  $R^2$  menor de 0,3233 para extremidade da copa (Figura 2.3c).

Essa baixa correlação entre o escoamento pelo tronco e a interceptação pode estar relacionada também pela grande distância que havia entre os indivíduos; desse modo, ocorre menos interação de interceptação de água entre as copas do que a observada em florestas naturais.

Outras possibilidades podem ser consideradas em outros trabalhos, como a velocidade do vento associada à chuva que muda a distribuição da precipitação interna e escoamento pelo tronco; o tamanho da árvore, com DAP alto; a grande diversidade de espécies com diferentes padrões fenológicos; as variações na superfície das folhas e caules; a alta variação espacial na cobertura da copa; a presença de epífitas; a área da superfície do caule e o ângulo de inclinação dos ramos (McPHERSON, 1998; XIAO et al., 2000; LEVIA; FROST, 2003).

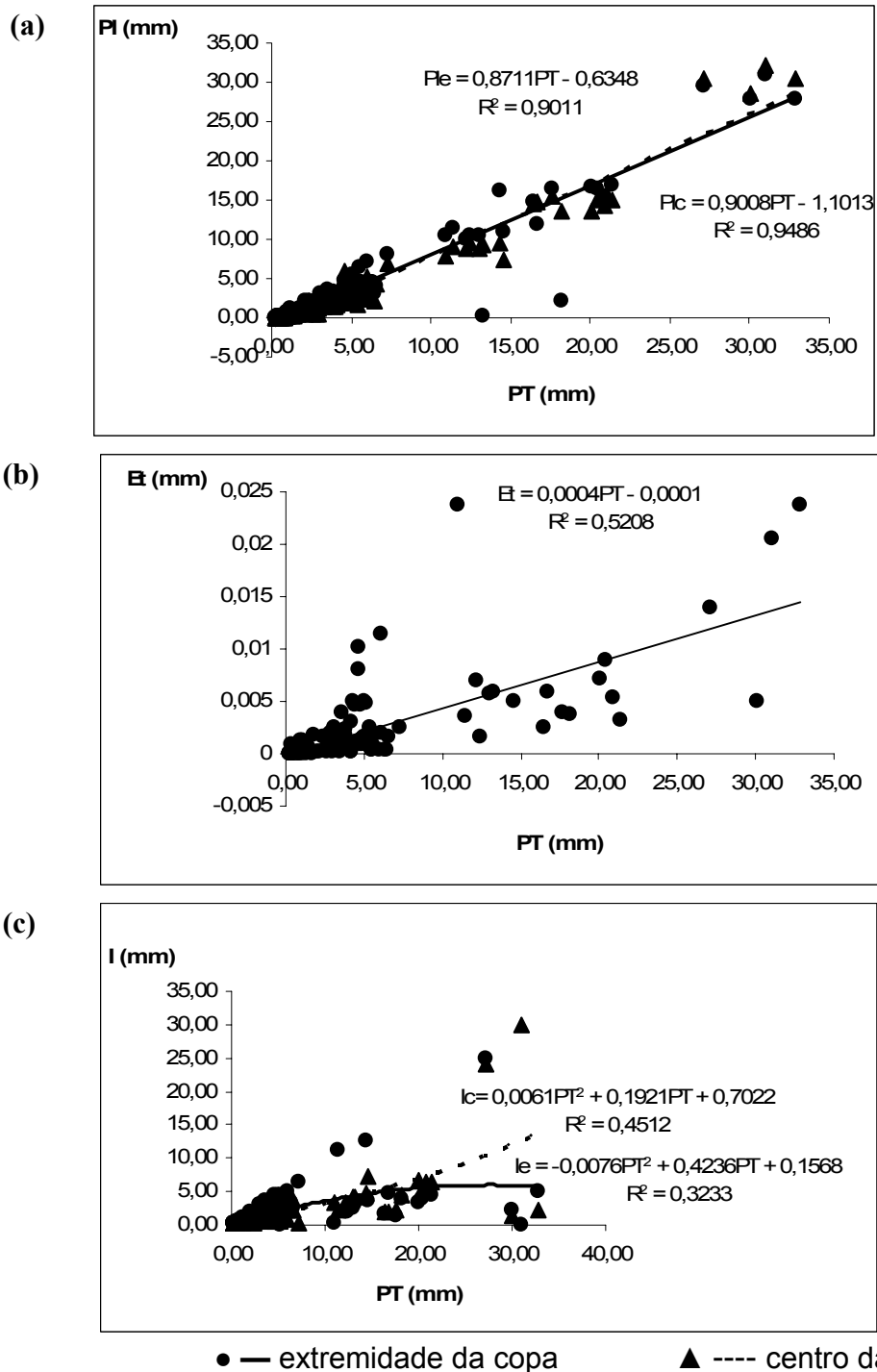


Figura 2.3 - Tipuanas: (a) relação entre a precipitação interna na extremidade (Ple) e centro da copa (Plc) e a precipitação total (PT), (b) escoamento pelo tronco (Et) e precipitação total (PT) e (c) interceptação na extremidade (le) e centro (lc) e precipitação total (PT). Período de janeiro a fevereiro de 2007, no campus da ESALQ/USP



Segundo Lima (1986), a medição do escoamento pelo tronco é muito difícil e vários estudos têm mostrado que tal resultado constitui-se, apenas, em uma fração muito pequena da interceptação, que varia de espécie para espécie e deve ser medida em diversas árvores, numa parcela florestal. Ainda, sofre intervenções em virtude da rugosidade da casca; em espécies de tronco liso o volume de escoamento é maior do que com casca rugosa. No trabalho, tal fato foi observado nos indivíduos de tipuana, cuja casca é rugosa, com média do volume do escoamento pelo tronco (Et) menor do que a sibipiruna.

Nesse sentido, a sibipiruna apresentou uma variação maior de 50% a 90% do volume coletado nos indivíduos isolados, enquanto que, nos indivíduos em grupo, este valor não foi alterado, como se pode conferir nas Tabelas 2.2 e 2.3.

Assim como a tipuana, a sibipiruna apresentou variabilidade na precipitação interna (Tabela 2.3); porém, também apresentou alta variabilidade nos resultados da precipitação total e de escoamento pelo tronco.

A análise por espécie confirma o que já foi observado na composição geral das espécies (Tabela 2.1), de que a sibipiruna sofreu maior variabilidade de precipitação e escoamento pelo tronco do que a tipuana.

Da mesma forma, os indivíduos de tipuana tiveram maiores porcentagens de interceptação, tanto na extremidade como no centro da copa, (Figura 2.2), fato que pode estar relacionado com a arquitetura da copa, pois seus ramos são plagiotrópicos, mais posicionados na horizontal, o que pode conferir maior porcentagem de interceptação.

Além disso, as médias do escoamento pelo tronco em sibipirunas (Tabela 2.3) foram maiores do que nas tipuanas (Tabela 2.2), o que confirma que a posição dos galhos interfere na interceptação e escoamento pelo tronco.

Návar (1993) mediu o escoamento pelo tronco em três espécies arbustivas mais cultivadas no México e verificou que a medida do escoamento pelo tronco, na espécie *Diospyrus texana* Scheele, foi maior do que em *Acacia farnesiana* (L.) Willd. e *Prosopis laevigata* (Willd.) M. Johnston.

Tabela 2.3 - Sibipirunas isoladas e em grupo, nas condições de precipitação, durante o período de janeiro a fevereiro de 2007, no campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba/SP

Condições	Sibipirunas isoladas e em grupo			
	S1	S234	S5	S6
<b>P T</b>	5,48 b	5,69 a	5,14 b	5,40 a
<b>PI</b>	3,76 c	4,67 b	3,91 b	4,26 b
<b>E t</b>	0,82 a	0,02 b	0,24 a	0,14 c
<b>Teste F</b>	101,54	75,83	127,26	132,20
<b>p&gt;F</b>	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
<b>CV %</b>	55,25	66,21	50,02	47,36
<b>Média Geral</b>	4,12	4,18	4,06	4,36

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Esse fato ocorreu devido ao ângulo de inclinação dos galhos de *D. texana* que eram maiores que 70° e 80°, como pode ser verificado em galhos de sibipiruna, que são mais voltados à posição vertical do que em tipuana. Tal observação foi constatada no trabalho de Xiao et al. (2000), na espécie *Pyrus calleryana* Dcne. que também obteve maior escoamento pelo tronco e, conseqüentemente, menor interceptação, pois seus galhos são, predominantemente, verticais.

Na tabela 2.4, nota-se que, apenas os indivíduos em grupo de sibipiruna (S234), obtiveram os menores valores de DAP, com 0,36 m, e, conseqüentemente, os valores mais baixos de média de porcentagem de interceptação. O indivíduo S6 teve menor porcentagem de interceptação na extremidade, menor diâmetro e área da copa, em virtude de seus galhos apresentarem-se quebrados pelo vento.

De acordo com Xiao e McPherson (2003), árvores adultas, com classes de DAP maiores que 0,30 m, tiveram maiores valores de interceptação, principalmente a *Liquidambar styraciflua* L., que apresentou 70% de interceptação, com desfolhamento no inverno e no período chuvoso.

Nas nossas condições, os valores de interceptação foram bem significativos, aproximando-se dos valores obtidos por Xiao e McPherson (2003).

Tabela 2.4 - Diâmetro à altura do peito (DAP), porcentagem média da interceptação da chuva na extremidade e centro da copa, altura e diâmetro e área da copa, durante o período de janeiro a fevereiro de 2007, no campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba/SP, das espécies isoladas e em grupo de tipuana e sibipiruna

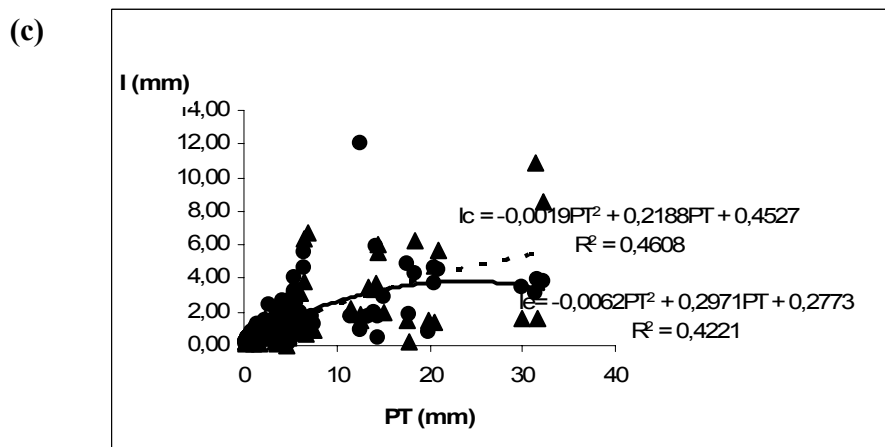
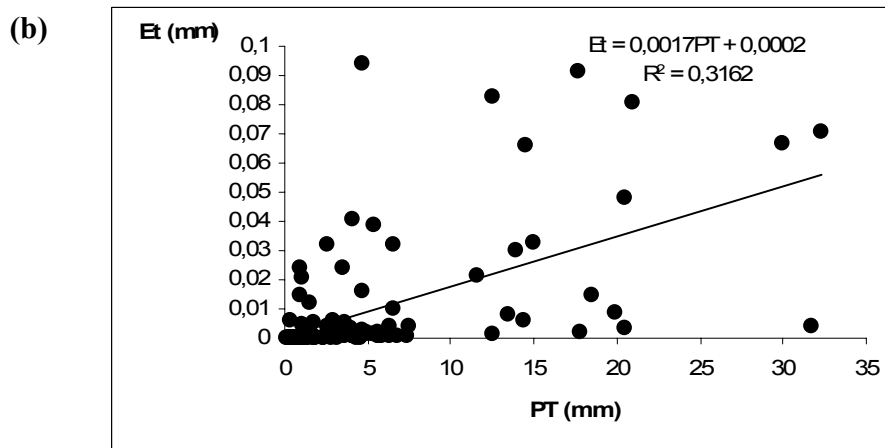
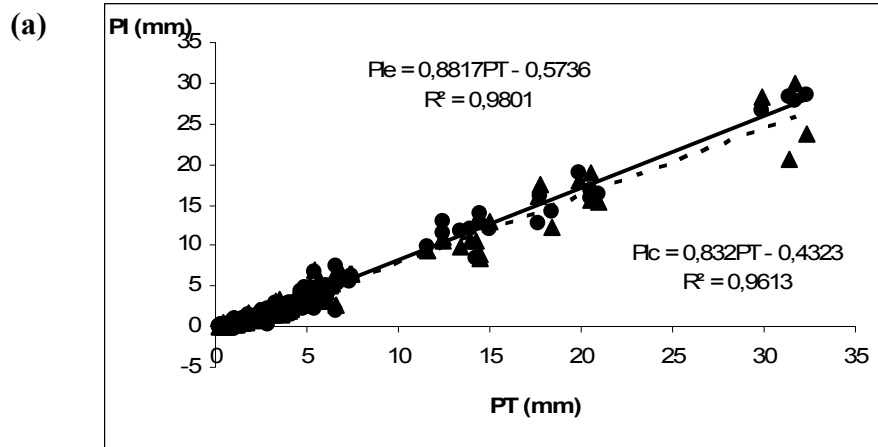
Espécies	DAP (m)	% Interceptação		Altura (m)	Copa (m <sup>2</sup> )	
		Extremidade	Centro		Diâmetro	Área
S1	0,75	60,06	47,91	16	16,04	165,78
S234	0,36	37,65	37,18	12,36	20,98	249,5
S5	0,76	41,79	52,47	13,2	21,12	266,46
S6	0,81	37,51	49,04	10,25	12,83	87,64
T1	0,87	50,06	48,76	13	17,49	215,31
T234	0,64	50,48	57,74	17	35,4	764,2
T5	0,7	44,43	59,40	14,25	18,29	202,53
T6	1,12	48,23	51,28	13,25	21,84	326,75

A sibipiruna apresentou alta correlação para a extremidade da copa, com maior valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,9801 (Figura 2.4a), ao contrário do que foi observado, anteriormente, no centro da copa de tipuana, em que a correlação foi maior, o que pode estar relacionado com a arquitetura da copa, que influenciou, diretamente, na precipitação interna, nas duas espécies.

Embora as tipuanas tenham apresentado tronco rugoso, menor média e menor volume coletado, foi nas sibipirunas que observou-se menor escoamento pelo tronco, uma vez que, estas tiveram baixa correlação com a quantidade de precipitação total, com  $R^2$  igual a 0,3162 (Figura 2.4b).

Quanto à interceptação da copa, a sibipiruna apresentou o mesmo comportamento que a tipuana (Figura 2.4c), com baixa correlação. Entretanto, a sibipiruna apresentou maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,4608 e 0,4221, tanto para o centro como para a extremidade da copa, ao contrário do que foi observado nas tipuanas (Figura 2.3c) e, também, na porcentagem média de interceptação (Figura 2.2).

Esse fato pode estar relacionado com a quantidade de folhas e galhos, pois a sibipiruna tem maior área foliar, o que é suficiente para apresentar essa pequena diferença na interceptação, enquanto que, na tipuana, existe maior área ocupada por galhos.



● — extremidade da copa      ▲ ---- centro da copa

Figura 2.4 - Sibipirunas: (a) relação entre a precipitação interna na extremidade (Ple) e centro da copa (Plc) e a precipitação total (PT), (b) escoamento pelo tronco (Et) e precipitação total (PT) e (c) interceptação na extremidade (le) e centro (lc) e precipitação total (PT). Período de janeiro a fevereiro de 2007, no campus da ESALQ/USP

Na interceptação, foi realizada a análise de regressão quadrática devido à baixa correlação linear que, segundo Xiao et al. (2000), pode estar relacionada a alguns eventos com valores menores que 1,5 mm, refletidos na umidade inicial da copa. Por outro lado, em eventos com valores maiores, a copa segura, apenas, uma pequena proporção da precipitação total e, conseqüentemente, a interceptação diminui, como pode ser observado em ambas as espécies, nas Figuras 2.3c e 2.4c.

Diante dos dados apresentados, verificou-se a necessidade de observar-se, concomitantemente, os dados de todas as espécies e de todas as condições dos eventos para melhor explicação das análises.

Nesse caso, tanto para a precipitação total como para a precipitação interna, os indivíduos em grupo (S234 e T234), das espécies sibipiruna e tipuana, foram os que mais responderam significativamente, enquanto que, para o escoamento pelo tronco, apenas o indivíduo S1 (Tabela 2.5). Portanto, na análise, espécies isoladas podem ocorrer certas interferências como a velocidade do vento e a distância entre elas.

Tabela 2.5 - Tipuanas e sibipirunas, isoladas e em grupo, precipitação total (PT), precipitação interna (PI) e escoamento pelo tronco (Et), durante o período de janeiro a fevereiro de 2007, no campus da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba/SP

<b>Espécies</b>	<b>P T</b>	<b>Espécies</b>	<b>PI</b>	<b>Espécies</b>	<b>Et</b>
<b>S234</b>	5,69 a	<b>S234</b>	4,67 a	<b>S1</b>	0,82 a
<b>T234</b>	5,50 a	<b>T1</b>	4,19 a b	<b>S5</b>	0,24 a b
<b>T1</b>	5,33 a b	<b>S6</b>	4,26 a b c	<b>T1</b>	0,08 b
<b>S1</b>	5,48 a b c	<b>S5</b>	3,91 b c d	<b>T6</b>	0,07 b
<b>T5</b>	5,30 a b c	<b>T6</b>	3,90 b c d	<b>T234</b>	0,01 b c
<b>S5</b>	5,14 b c	<b>T5</b>	3,93 c d	<b>T5</b>	0,05 b c
<b>T6</b>	5,35 b c	<b>T234</b>	3,94 d	<b>S234</b>	0,02 c
<b>S6</b>	5,40 c	<b>S1</b>	3,76 e	<b>S6</b>	0,14 c
<b>Teste F</b>	1176,65	<b>Teste F</b>	596,67	<b>Teste F</b>	42,26
<b>p&gt;F</b>	0,0001	<b>p&gt;F</b>	0,0001	<b>p&gt;F</b>	0,0001
<b>CV %</b>	20,55	<b>CV %</b>	291,11	<b>CV %</b>	86,25
<b>Média</b>	1,00	<b>Média</b>	0,20	<b>Média</b>	1,18
<b>Geral</b>		<b>Geral</b>		<b>Geral</b>	

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

### 2.3 Conclusão

Os indivíduos de sibipiruna apresentaram 60,6% de capacidade de interceptação, na extremidade da copa e os de tipuanas, 59,40% no centro, o que evidencia grande potencial, desses indivíduos, para serem plantadas no ambiente urbano, pois podem minimizar e evitar gastos e transtornos causados pelas enchentes.

A arquitetura da copa, a quantidade de área foliar e de galhos influenciaram, diretamente, na interceptação da água da chuva; por outro lado, a velocidade do vento não interferiu nessa interceptação e no escoamento pelo tronco.

### Referências

CRUCIANI, D.E.; MACHADO R.E.; SENTELHAS, P.C. Modelos da distribuição temporal de chuvas intensas em Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 76-82, Jan. 2002.

ENDRESS, P.K. **Diversity and evolutionary biology of tropical flowers**. Cambridge: British Library, 1994. 511 p.

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**, Manaus, v. 35, n. 1, p. 55-62, Nov. 2005.

GEIGER, R. **O clima da camada do ar junto ao solo**. 4. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961. 556 p.

HALLÉ, F.; OLDMAN, R.A.A.; TONLINSOM, P.B. **Tropical trees and forest: an architectural analysis**. Berlin: Springer Verlag, 1978. 200 p.

LEVIA, D.F. Jr.; FROST, E.E. A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems. **Journal of Hydrology**, Illinois, v. 274, p. 1-29, Nov. 2003.

LIKENS, G.E.; EATON, J.S. A polyurethane stemflow collector for trees and shrubs. **Ecology**, New York, v. 51, n. 5, p. 938-939, Sept. 1970.

LIMA, W.P. Interceptação da chuva em povoamentos de eucalipto e de pinheiro. **Revista IPEF**, Piracicaba, n. 13, p. 75-90, 1976.

\_\_\_\_\_. **Interceptação da chuva pela floresta**. Piracicaba: CALQ , 1986. 131 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 148 p.

MARTINS, M.A.G.; OLIVEIRA, D.M.T. Morfo-anatomia e ontogênese do fruto e da semente de *Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze (Fabaceae: Faboideae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 109-121, Mar. 2001.

McPHERSON, E.G. Structure and sustainability of Sacramento's urban forest. **Journal of Arboriculture**, Davis, v. 24, n. 4, p. 174-190, July 1998.

NÁVAR, J. The causes of stemflow variation in three semiarid growing species of Northeastern México. **Journal of Hidrology**, Illinois, v. 145, p. 175-190, Oct. 1993.

OLIVEIRA JÚNIOR, J.C.; DIAS, H.C.T. Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 1, p. 9-15, Nov. 2005.

VIDAL, W.N.; VIDAL, M.R.R. **Botânica organografia**. 3ª ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1992. 114 p.

XIAO, Q.; McPHERSON, E.G. Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest. **Urban Ecosystems**, Davis, v. 6, p. 291-302, Sept. 2003.

XIAO, Q.; McPHERSON, E.G.; SIMPSON, J.R.; USTIN, S.L. Rainfall interception by Sacramento's urban forest. **Journal of Arboriculture**, Davis, v. 24, n. 4, p. 235-244, July 1998.

XIAO, Q.; McPHERSON, E.G.; USTIN, S.L.; GRISMER, M.E.; SIMPSON, J.R. Winter rainfall interception by two mature open-grow trees in Davis, California. **Hydrological Processes**, Davis, v. 14, p. 763-784, June 2000.

### **3 INTERCEPTAÇÃO DA CHUVA, EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE PRECIPITADA E DA DURAÇÃO DO EVENTO, PELAS COPAS DAS ESPÉCIES DE *CAESALPINIA PLUVIOSA* DC. (SIBIPIRUNA) E *TIPUANA TIPU* O. KUNTZE (TIPUANA)**

#### **Resumo**

No intuito de se quantificar a interceptação da água da chuva pelas copas de duas das espécies mais utilizadas na arborização urbana, um experimento foi conduzido no campus da ESALQ/USP, Piracicaba/SP entre janeiro e fevereiro de 2007. Espécies de mais de 50 anos de *Caesalpinia pluviosa* DC. (Fabaceae: Caesalpinoideae), ou sibipiruna, e *Tipuana tipu* O. Kuntze (Fabaceae: Faboideae), ou tipuana foram analisadas para esse estudo. A avaliação foi conduzida com três indivíduos isolados e três indivíduos em grupo para cada espécie, sendo a precipitação interna feita pela coleta de água em recipientes depositados na extremidade e no centro da copa. A quantidade média de interceptação foi de 78,73% em um indivíduo de sibipiruna, na extremidade da copa e de 80,94%, no centro da copa das tipuanas em grupo, quando a precipitação total variou de 0 a 2,5 mm. Para a precipitação total de 2,5 a 5,0 mm, a interceptação foi de 53,60%, na extremidade das tipuanas em grupo e de 51,89%, no centro da copa das tipuanas isoladas. Ademais, a tipuana apresentou maior porcentagem média de interceptação no centro da copa, principalmente em eventos com mais de 2 horas de duração e com precipitação maior que 20,0 mm, tanto em indivíduos isolados como em grupo.

Palavras-chave: Interceptação da chuva; Espécies tropicais; Árvores urbanas

#### **RAINFALL INTERCEPTION BY THE CROWNS OF *CAESALPINIA PLUVIOSA* DC. (SIBIPIRUNA) AND *TIPUANA TIPU* O. KUNTZE (TIPUANA)**

#### **Abstract**

Aiming at quantifying the rainfall interception by the crowns of two species commonly used in urban arborization, an experiment was conducted at the campus of "Luiz de Queiroz" College of Agriculture (University of Sao Paulo), Piracicaba, Brazil, between January and February 2007. Individuals of more than 50 years old of *Caesalpinia pluviosa* DC. (Fabaceae: Caesalpinoideae), or sibipiruna, and *Tipuana tipu* O. Kuntze (Fabaceae: Faboideae), or tipuana were analyzed throughout this study. The evaluation was carried out with three isolated individuals as well as with three individuals in group for each species, with the estimation of throughfall done by measuring the water collected in containers deposited by the edges and in the center of the canopy. The mean of the rainfall interception was 78.73% for one isolated sibipiruna by the edge of the crown and 80.94% for grouped tipuanas in centre of the crown, when the total



precipitation ranged between 0 and 2.5 mm. For total precipitation values between 2.5 and 5.0 mm, the interception mean was 53.60% for grouped tipuanas by the edge and 51.89% in isolated tipuanas in the crow center. Moreover, the tipuana species presented higher means of interception in the crow centre, especially for rainfall events lasting more the two hours and for precipitation higher than 20.0 mm, for separated individuals as much as for the grouped ones.

Keywords: Rainfall interception; Tropical species; Urban tree

### 3.1 Introdução

As copas das árvores têm grande influência na redução do escoamento superficial pela interceptação da chuva e podem mitigar problemas causados pelas tempestades no meio urbano (SANDERS, 1986), como enchentes e transtornos no trânsito. A redução do escoamento superficial é muito importante no manejo das redes pluviais das cidades, pois ocorrerão menores gastos com manutenção de galerias e tratamento de poluentes nas redes de distribuição de água e esgoto (XIAO; McPHERSON, 2003).

A interceptação ocorre pelas folhas, pela superfície dos ramos das árvores, reduzindo o escoamento superficial, e pelas raízes que crescem e se decompõem, aumentando a capacidade de infiltração de água no solo, como também sua limpeza. Ainda, a cobertura da copa reduz a erosão do solo pela amenização do impacto das gotas das chuvas (XIAO et al., 1998).

Outros fatores também são observados em estudos de interceptação como a arquitetura da copa, área foliar, distribuição do ângulo de inserção da folha e suas características (lisa e pubescente), além de parasitas no caule, que contribuem com a variabilidade na interceptação entre diferentes espécies. Nesses estudos, devem-se considerar o local onde as árvores foram plantadas, pois, em florestas naturais, a arquitetura da copa e o espaçamento entre árvores são diferentes, em relação às árvores plantadas em áreas urbanas, além de fatores micrometeorológicos (XIAO et al., 2000).

Diante dessas observações, constata-se a falta de estudos referentes à interceptação da chuva em copas de árvores, principalmente na área urbana e nas condições tropicais, que poderiam propiciar vasto campo de estudos, no intuito de

reduzir as enchentes nas cidades.

Dessa forma, este trabalho procurou analisar a porcentagem de interceptação da chuva nas espécies de *Caesalpinia pluviosa* DC. (Fabaceae: Caesalpinoideae) ou *Sibipiruna* e *Tipuana tipu* O. Kuntze (Fabaceae:Faboideae) ou *Tipuana*, tanto na extremidade como no centro da copa e verificar qual delas ocorre maior interceptação, considerando o tempo de duração de cada evento e as classes de precipitações.

## **3.2 Desenvolvimento**

### **3.2.1 Material e Métodos**

#### **3.2.1.1 Local de estudo**

O município de Piracicaba localiza-se entre as coordenadas geográficas de 22° 42' 30" de latitude sul e 47° 38' 00" de longitude a oeste de Greenwich, com altitude de 546 m. O clima é do tipo mesotérmico de inverno seco. A precipitação média anual é, aproximadamente, 1.280 mm, sendo que, cerca de 1.000 mm ou 78% deste total, caem durante a estação chuvosa, que vai de outubro a março (verão). A temperatura do mês mais quente é superior a 22°C, enquanto a do mês mais frio é inferior a 18°C. O experimento ocorreu nos meses de janeiro e fevereiro de 2007, no Campus da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

#### **3.2.1.2 Medidas de interceptação**

A interceptação da água da chuva pelas copas das árvores foi realizada em seis indivíduos de *Sibipiruna*, sendo três isolados, com a identificação de S1, S5 e S6 e três em grupo, indicados por S234; de *Tipuana*, foram 6 indivíduos, com a identificação T1, T5 e T6 e três em grupo, definidos como T234, e a interceptação medida, tanto na extremidade como no centro da copa. Os exemplares estavam distribuídos em uma área de 1 hectare, aproximadamente, distanciados de 6 a 100 m, tendo avaliados o diâmetro à altura do peito (DAP), a altura, o diâmetro e a área da copa.

Os valores de diâmetro e área da copa foram registrados por meio de imagem aérea de videografia, obtida em agosto de 2005, e também pela trena métrica. O

aparelho hipsômetro foi usado para medir a altura das árvores. As medidas do DAP e da altura dos indivíduos, em grupo, foram feitas pela média aritmética dos três indivíduos.

A precipitação total (PT) e a precipitação interna (PI) foram medidas por 5 baldes colocados fora e sob as copas dos indivíduos isolados e em grupo.

Os baldes tinham 7 litros de capacidade, com diâmetro de 23 cm e altura de 22 cm e o volume coletado era medido imediatamente após cada evento, por provetas graduadas de 100 ml e 1000 ml.

Os baldes foram distribuídos aleatoriamente, tanto no centro como na extremidade da copa e amparados por estacas de ferro de 30 cm, para mantê-los fixos ao longo do período experimental. A medição do volume obtido na proveta graduada foi registrada em prancheta, após meia ou uma hora, de cada evento de chuva. Posteriormente, os valores volumétricos coletados foram tabulados em milímetros de altura de água.

No trabalho de Azevedo (2001) foram usados pluviômetros simplificados, constituídos de garrafa PET (politereftalato de etila) de dois litros de capacidade, com funil de plástico de 160 cm<sup>2</sup>, com inclinação de 60° em relação à vertical, com colarinho sobreposto na extremidade da mesma.

A precipitação total (PT), que é medida em terreno aberto, foi coletada por cinco baldes distribuídos em área próxima a cada indivíduo ou no grupo com, aproximadamente, 5 a 20 m de distância entre eles. A precipitação interna (PI), que é a chuva que atinge o solo, tanto pelas gotas que passam diretamente pelas aberturas existentes entre as copas, como as que respingam, também foi medida por baldes abaixo de cada copa, sendo cinco baldes colocados em sua extremidade e outros cinco no centro.

O volume de cada indivíduo isolado e do grupo foi medido pela média aritmética dos cinco baldes colocados em terreno aberto (PT), na extremidade e no centro (PI) das copas.

A interceptação ou perda por interceptação (I) é a água interceptada pelas copas que evapora para a atmosfera, não atingindo o solo e pode ser calculada pela diferença entre a precipitação total (PT) e a precipitação interna (PI).

### **3.2.1.3 Análise dos dados**

As médias de porcentagens de interceptação pela copa foram analisadas estatisticamente, utilizando a análise de variância e a comparação das médias pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, e submetidos ao programa Statistical Analysis System (SAS 9.1). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente aleatório, nos indivíduos das espécies de tipuana 1 (T1), tipuana grupo (T234), tipuana 5 (T5), tipuana 6 (T6), sibipiruna 1 (S1), sibipiruna grupo (S234), sibipiruna 5 (S5) e sibipiruna 6 (S6) e nos locais de interceptação, como extremidade e centro.

### **3.2.2 Resultados e discussões**

Os resultados foram analisados em classes de precipitação total, porque, segundo Llorens et al. (1997), assim são obtidos os melhores resultados de interceptação, uma vez que a duração e magnitude das mesmas têm grande efeito na interceptação. Segundo Xiao et al. (2000), para entender melhor o processo de interceptação, não há necessidade de uma escala temporal perfeita do tipo de chuva; basta que seja obtida a diferença das medidas de precipitação total e a interna. Dessa forma, na análise do experimento, considerou-se somente o tempo (em minutos) e a precipitação total de cada evento e não a distribuição temporal da intensidade de chuva ao longo dos anos.

Os 31 eventos ocorridos tiveram grande variabilidade de precipitação total, considerando-se o tempo de duração (Figura 3.1). As maiores precipitações ocorreram no tempo de 65 minutos (17, 23 mm e 20,56 mm), 75 minutos (12,51 mm), 164 minutos (30,82 mm) e 210 minutos (13,64 mm).

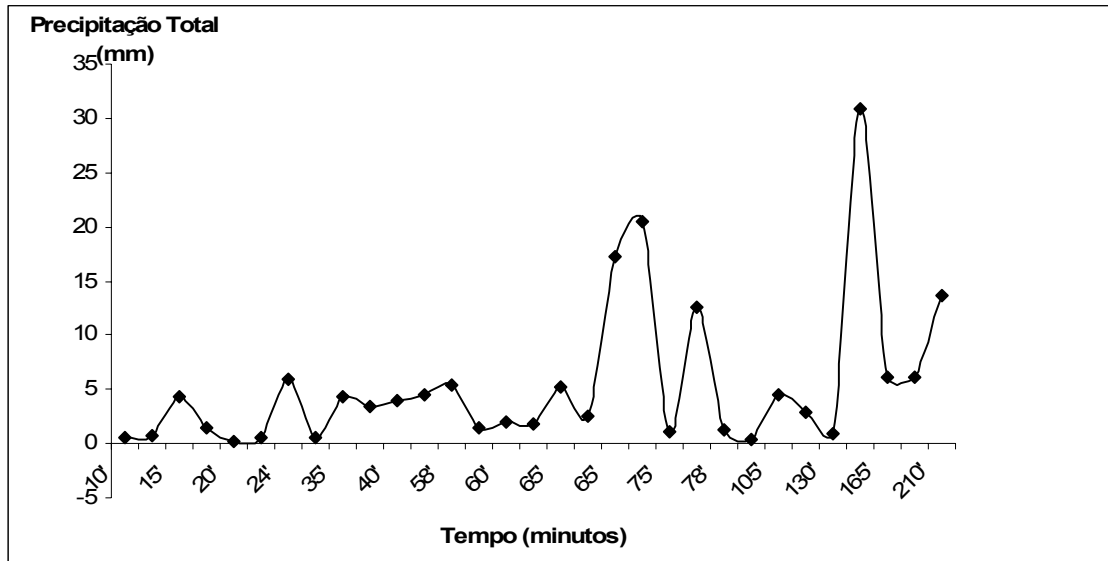


Figura 3.1 - Precipitação total ocorrida em cada tempo, em minutos, durante os meses de janeiro e fevereiro de 2007, no campus da ESALQ/USP – Piracicaba/SP

Nas chuvas pesadas, de duas horas de duração, ocorre maior precipitação no chão, por meio do gotejamento da folha, precipitação interna e escoamento pelo tronco, enquanto que, a interceptação pela copa decresce. Essa proporção deve-se à limitada superfície de armazenamento da copa, que é fortemente controlada pela sua arquitetura, relacionada com a quantidade de galhos e folhas. Nesse caso, para eventos de maior tempo, a copa somente intercepta uma proporção pequena de precipitação e, conseqüentemente, a porcentagem média de interceptação decresce (XIAO et al.; 1998, 2000).

Como a porcentagem média de interceptação está diretamente relacionada à arquitetura da copa, procurou-se analisar a precipitação, em função do tempo, para cada indivíduo nas duas espécies.

Em tipuanas, o centro da copa apresentou maior porcentagem média de interceptação e maior destaque para os tempos de 30, 58, 65, 75 e 78 minutos, com 93,52%, 70,41%, 90,37%, 83,11% e 77%, respectivamente (Figura 3.2). Entretanto, a partir do tempo de 120 minutos (2 horas), a porcentagem diminuiu, mas, em alguns eventos, foram maiores que 50% de interceptação, como 164 e 190 minutos, com 52,22% e 60,23%, respectivamente.

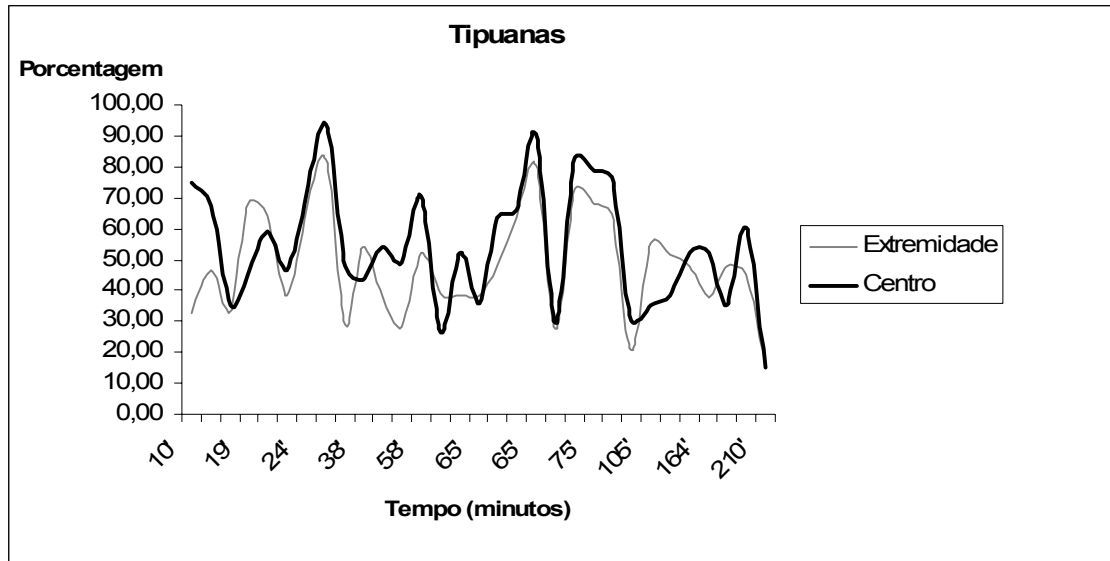


Figura 3.2 - Porcentagem média de interceptação na extremidade e centro da copa, dos indivíduos de tipuana, no tempo, em minutos, durante os meses de janeiro e fevereiro de 2007, no campus da ESALQ/USP – Piracicaba/SP

Em relação aos indivíduos de sibipiruna, exceto para o tempo de 58 minutos, as maiores porcentagens de interceptação também foram no centro (30 minutos = 95,03%; 65 minutos = 93,26%; 75 minutos = 95,90% e 78 minutos = 78,82% - Figura 3.3). Embora, os indivíduos de sibipiruna apresentassem maior porcentagem de interceptação do que tipuana, depois de 2 horas, houve um decréscimo de 50% nessa interceptação, diferentemente do que ocorreu na tipuana.

Diante dessas observações, é prematuro afirmar qual espécie interceptou mais, uma vez que, o tempo de duração da chuva influi na interceptação, assim como, também, a quantidade de precipitação total.

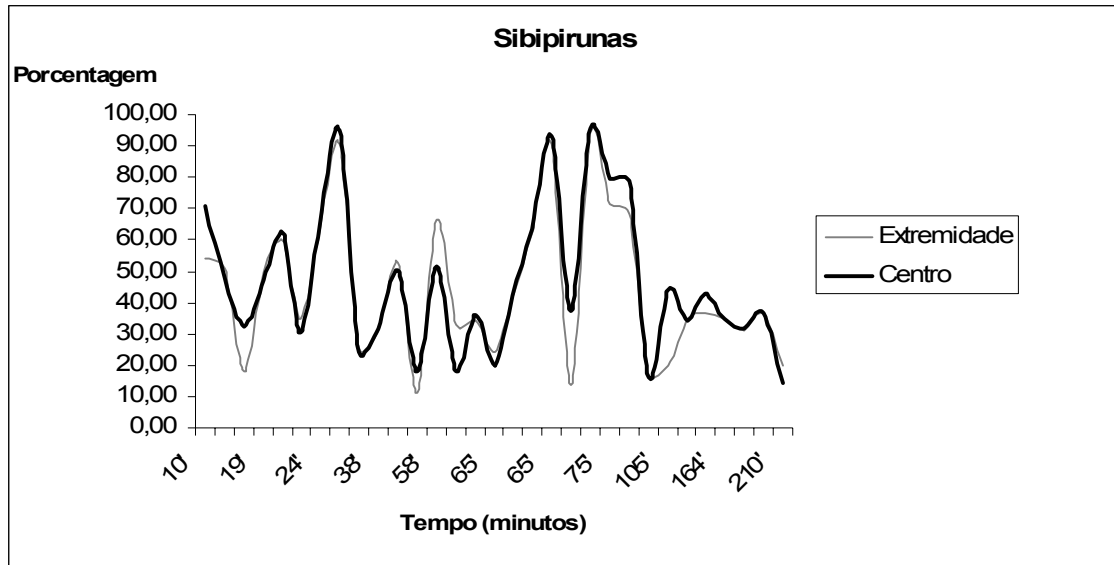


Figura 3.3 - Porcentagem média de interceptação na extremidade e centro da copa, dos indivíduos de sibipiruna, no tempo, em minutos, durante os meses de janeiro e fevereiro de 2007, no campus da ESALQ/USP – Piracicaba/SP

No experimento em questão, houve muitos eventos com intensidades baixas, menores que 2,5 mm, como são notados na Tabela 3.1; porém, foi possível verificar uma porcentagem média de interceptação, em todas as intensidades.

Existe ainda, uma diferença de interceptação entre árvores isoladas da área urbana e área rural, ou mesmo, em área florestal, como verificado no trabalho de Xiao et al. (1998), na cidade de Sacramento, Califórnia (Estados Unidos). Nesse estudo, em 30 eventos de tempestade de verão, a maioria (16) teve intensidade menor que 6,2 mm, sendo observada interceptação de 36% nas copas das árvores, na área rural e 18%, em área urbana. Eles atribuíram essa diferença de interceptação ao porte das árvores, pois na área rural, 55% das mesmas eram grandes (altura > 15 m) e com índice de área foliar de 6,1, já nas árvores da cidade, 58% eram de tamanho médio (altura entre 10 e 15 m) e índice de área foliar de 3,7.

Segundo McPherson (1998), as florestas urbanas estão em condições bem distintas da área rural, pois têm poucas árvores por unidades de área, a média do diâmetro à altura do peito é maior, existe grande diversidade de espécies com diferentes padrões fenológicos e elevada variação espacial na cobertura da copa.

Tabela 3.1 - Porcentagem média de interceptação e dados em milímetros pelas copas de sibipiruna isolada (S1, S5 e S6) e em grupo (S234) e tipuana isolada (T1, T5 e T6) e em grupo (T234), no período de janeiro a fevereiro de 2007, no campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba/SP

Classes de PT mm	Frequência	Espécies	Interceptação			
			Extremidade		Centro	
			%	mm	%	mm
0 - 2,5	13	T1	53,48	0,49	61,43	0,63
		T234	62,15	0,57	80,94	0,84
		T5	63,42	0,62	72,06	0,71
		T6	63,04	0,60	70,10	0,74
		S1	78,73	0,68	71,65	0,61
		S234	59,92	0,52	57,14	0,47
		S5	63,18	0,57	72,82	0,67
		S6	58,67	0,44	69,20	0,53
2,5 – 5,0	8	T1	42,81	1,66	36,76	1,42
		T234	53,60	1,97	51,49	1,96
		T5	32,51	1,20	51,89	1,93
		T6	52,79	2,08	41,26	1,60
		S1	52,98	1,97	36,97	1,40
		S234	28,20	1,16	21,52	0,88
		S5	29,20	1,02	44,74	1,56
		S6	22,94	0,89	39,74	1,05
5,0 – 10,0	5	T1	39,60	2,40	40,69	2,41
		T234	49,79	3,24	41,34	2,56
		T5	44,41	2,24	57,78	2,92
		T6	32,61	1,75	48,65	2,52
		S1	43,62	2,64	29,96	1,83
		S234	20,42	1,38	33,46	2,25
		S5	33,64	1,78	44,58	2,37
		S6	30,28	1,80	36,97	2,16
10,0 – 20,0	3	T1	69,20	9,24	26,31	3,90
		T234	16,96	2,43	28,11	4,00
		T5	14,81	2,00	24,32	3,28
		T6	18,57	2,77	24,02	3,10
		S1	54,96	7,57	15,40	2,22
		S234	9,96	1,51	19,36	2,71
		S5	12,80	1,74	23,48	3,24
		S6	16,51	2,62	27,92	4,36
20,0 – 31,0	2	T1	54,28	14,14	60,54	15,28
		T234	14,19	3,35	17,36	3,91
		T5	13,23	2,77	63,91	18,26
		T6	17,30	4,49	16,55	3,81
		S1	15,84	3,84	30,93	8,29
		S234	15,25	3,81	6,11	1,54
		S5	17,01	4,02	14,37	3,19
		S6	7,94	2,31	17,14	5,07



Em outro trabalho, Xiao et al. (2000), analisaram 38 eventos, no período de 1996 a 1997, onde 3 foram considerados grandes (chuva maior que 38 mm) e 20 pequenos (chuva menor que 3,17 mm). Para os autores, a intensidade da maioria dos eventos coletados foi realmente pequena (menor que 2 mm), o que resultou maior interceptação no início, devido ao processo inicial de umedecimento das folhas das copas.

Ao analisar os indivíduos separadamente, constatou-se que a porcentagem média de interceptação foi maior (78,73%) no indivíduo S1, na extremidade da copa e T234 (80,94%), no centro, na classe de precipitação total de 0 a 2,5 mm, (Tabela 3.1); contudo, a quantidade em água interceptada não alcançou 1 mm, enquanto que, para outras classes, a quantidade foi maior, o que pode servir de base para determinar o valor econômico de água armazenada pela superfície da copa, em lugares onde ocorrem enchentes mais freqüentes.

Para a classe de 2,5 a 5,0 mm, a interceptação foi maior (53,60%) para T234, na extremidade e T5 (51,89%), no centro da copa, enquanto que, para as demais classes a porcentagem de interceptação foi menor que 50% o que, segundo Jackson (1971), acontece em chuvas fortes acima de 20 mm.

Entretanto, na classe de precipitação de 20,0 a 31,0 mm, os indivíduos T1 (centro e extremidade) e T5 (centro) apresentaram mais da metade da porcentagem de interceptação (Tabela 3.1).

Dessa forma, os indivíduos de tipuana tiveram maiores porcentagens de interceptação em relação aos indivíduos de sibipiruna, principalmente em eventos com mais de 2 horas de duração (Figuras 3.2 e 3.3) e com classe de precipitação maior que 20,0 mm (Tabela 3.1).

Quando houve aumento na quantidade de precipitação em mm, constatou-se que a porcentagem de interceptação diminuiu 40,89%, na extremidade e 55,65%, no centro da copa de tipuanas e 21,51%, na extremidade e 25,31% no centro de sibipiruna. Esses resultados somente confirmam os dados dos trabalhos já realizados que, com aumento da precipitação, ocorre uma redução na interceptação e podem ser utilizados como referência para analisar enchentes locais.

Pelo teste estatístico, verificou-se que todas as tipuanas tiveram média de interceptação maior, com exceção da S1, na Tabela 3.2. Esse fato também foi

observado na Tabela 3.1, na extremidade da copa, em classe de precipitação de 0 a 2,5 mm. Essa variação do indivíduo de sibipiruna (S1) pode estar relacionada com a quantidade de área foliar, a fenologia (semidecídua), a posição dos ramos e a localização, o que demanda um outro estudo, futuramente.

Tabela 3.2 - Porcentagem média de interceptação pelas copas de sibipiruna isolada (S1, S5 e S6) e em grupo (S234) e tipuana isolada (T1, T5 e T6) e em grupo (T234), no período de janeiro a fevereiro de 2007, no campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba/SP

<b>Sibipiruna</b>	<b>Média</b>	<b>Tipuana</b>	<b>Média</b>
<b>S1</b>	3,83 a	<b>T234</b>	3,80 a
<b>S5</b>	3,66 a	<b>T1</b>	3,74 a
<b>S6</b>	3,48 a b	<b>T6</b>	3,73 a
<b>S234</b>	3,29 b	<b>T5</b>	3,65 a
<b>Teste F</b>	3,72	<b>Teste F</b>	1,64
<b>p&gt;F</b>	0,0008	<b>p&gt;F</b>	0,1237
<b>CV %</b>	21,41	<b>CV %</b>	21,70
<b>Média Geral</b>	3,56	<b>Média Geral</b>	3,73

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto aos indivíduos de tipuana, a maior porcentagem média de interceptação pode estar relacionada com a quantidade de área foliar presente na copa, o ano todo (perenifólia), com a quantidade e posição dos galhos mais na horizontal e pela presença de tronco áspero. Semelhante fato foi observado por Xiao et al. (2000), onde a espécie *Quercus suber* L., obteve maior interceptação do que *Pyrus calleryana* Dcne. devido às suas folhas terem orientações mais ou menos verticais e aprisionou mais água; ao tronco áspero, que providenciou grande superfície de armazenamento de água e a condição de ser perenifólia.

Nas tipuanas não houve diferença significativa, pois, tanto os indivíduos em grupo como os isolados tiveram o mesmo comportamento, com maior média apresentada pelos indivíduos em grupo (T234), enquanto que, nos indivíduos de sibipiruna houve variação, com menor média para o grupo (S234) (Tabela 3.2).

Para tanto, a porcentagem e a média de interceptação, para os indivíduos em grupo, podem estar relacionados com a espécie, pois cada uma apresentou

comportamento específico.

As sibipirunas isoladas (S1 e S5) e tipuanas em grupo (T234) apresentaram melhor média de porcentagem de interceptação (Tabela 3.2), o que comprova os dados discutidos anteriormente sobre a porcentagem média de interceptação (Tabela 3.1), na qual, para classe de precipitação total de 0 a 2,5 mm, a maior interceptação ocorreu nos indivíduos S1, na extremidade da copa e T234, no centro, enquanto que, para a classe de 2,5 a 5,0 mm, foi para T234, na extremidade e T5, no centro da copa.

Para uma melhor observação desses dados foi necessário analisar as médias de interceptação, tanto na extremidade como no centro da copa (Tabela 3.3) e verificou-se que a maior média de interceptação, em sibipiruna, ocorreu na extremidade, somente no indivíduo S1 e a maioria, no centro, principalmente em S5, o que comprova a observação feita anteriormente, para a porcentagem média de interceptação, no indivíduo S1.

Nas tipuanas ocorreu maior média de interceptação no centro da copa, no indivíduo T5 e, na extremidade da copa, nos indivíduos de T234 (Tabela 3.3); embora não se tenha notado diferença significativa entre os indivíduos, foi similar a observação, com a porcentagem média de interceptação para essa espécie.

Tabela 3.3 - Porcentagem média de interceptação pelas copas de sibipiruna isolada (S1, S5 e S6) e em grupo (S234) e tipuana isolada (T1, T5 e T6) e em grupo (T234), no centro e extremidade da copa, durante o período de janeiro a fevereiro de 2007, no campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba/SP

Sibipiruna				Tipuana			
Centro		Extremidade		Centro		Extremidade	
Indiv.	Média	Indiv.	Média	Indiv.	Média	Indiv.	Média
<b>S5</b>	3,81 a	<b>S1</b>	3,96 a	<b>T5</b>	3,97 a	<b>T234</b>	3,75 a
<b>S1</b>	3,69 a b	<b>S5</b>	3,51 a b	<b>T234</b>	3,85 a	<b>T1</b>	3,74 a
<b>S6</b>	3,67 a b	<b>S234</b>	3,39 b	<b>T6</b>	3,80 a	<b>T6</b>	3,66 a
<b>S234</b>	3,19 b	<b>S6</b>	3,30 b	<b>T1</b>	3,74 a	<b>T5</b>	3,33 a
<b>Teste F</b>	3,82	<b>Teste F</b>	4,82	<b>Teste F</b>	0,75	<b>Teste F</b>	1,31
<b>p&gt;F</b>	0,00117	<b>p&gt;F</b>	0,0033	<b>p&gt;F</b>	0,5242	<b>p&gt;F</b>	0,2752
<b>CV %</b>	21,74	<b>CV %</b>	21,05	<b>CV %</b>	16,28	<b>CV %</b>	26,49
<b>Média</b>	3,59	<b>Média</b>	3,54	<b>Média</b>	3,84	<b>Média</b>	3,62
<b>Geral</b>		<b>Geral</b>		<b>Geral</b>		<b>Geral</b>	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.3 Conclusão

Os indivíduos, isolados e em grupo, de tipuana apresentaram maior porcentagem média de interceptação no centro da copa, principalmente em eventos com mais de 2 horas de duração e com precipitação maior que 20,0 mm. Somente um indivíduo de sibipiruna apresentou interceptação maior na extremidade da copa.

Portanto, é necessário e urgente rever-se o tipo de manejo que tem sido oferecido a essas espécies, nas áreas urbanas, visto estarem sendo praticamente dizimadas, perdendo-se, com isso, potencial contribuição ao meio ambiente na amenização da grande quantidade de água de chuva, que escoam pelas ruas e avenidas, causadora de inúmeros transtornos.

### Referências

AZEVEDO, T.R. Distribuição espacial da chuva: um ensaio metodológico. In: TARIFA, J.R.; AZEVEDO, T.R. (Org.). **Os climas na cidade de São Paulo**: teoria e prática. São Paulo: GEOUSP, 2001. cap. 10, p. 155 – 164.

JACKSON, I. J. Problems of throughfall and interception assessment under tropical forest. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.12, p. 234-254, 1971.

LLORENS P.; POCH R.; LATRON J.; GALLART F. Rainfall interception by a *Pinus sylvestris* forest patch overgrown in a Mediterranean mountainous abandoned area. I. Monitoring design and results down to the event scale. **Journal of Hydrology**, Illinois, v. 199, p. 331-345, 1997.

McPHERSON, E.G. Structure and sustainability of Sacramento's urban forest. **Journal of Arboriculture**, Davis, v. 24, n. 4, p. 174-190, July 1998.

SANDERS, R.A. Urban vegetation impacts on the hydrology of Dayton, Ohio. **Urban Ecology**, New York, v. 9, p. 361-376, May 1986.

XIAO, Q. McPHERSON, E.G. Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest. **Urban Ecosystems**, Davis, v. 6, p. 291-302, Sept. 2003.

XIAO, Q.; McPHERSON, E.G.; SIMPSON, J.R.; USTIN, S.L. Rainfall interception by Sacramento's urban forest. **Journal of Arboriculture**, Davis, v. 24, n. 4, p. 235-244, July 1998.

XIAO, Q.; McPHERSON, E.G.; USTIN, S.L.; GRISMER, M.E.; SIMPSON, J.R. Winter rainfall interception by two mature open-grow trees in Davis, California. **Hydrological Processes**, Davis, v. 14, p. 763-784, June 2000.